

RESUMEN

El objetivo del presente proyecto es estudiar el sistema productivo de carpintería de Mobel Línea mediante el uso de la simulación con el fin de proponer mejoras encaminadas a aumentar su rendimiento. La necesidad de realizar dicho estudio deriva del cambio que la empresa está realizando actualmente. Mobel Línea está construyendo un almacén automatizado que eliminará el problema de espacio físico que les impide aumentar los niveles de producción. Con el nuevo almacén podrán utilizar toda su capacidad productiva y deberán reorganizar su producción.

El estudio ha consistido en la realización de un modelo de simulación, utilizando un lenguaje específico llamado Witness que permite la reproducción de diversos escenarios en los que se podrán introducir nuevas variables y estudiar su repercusión en el funcionamiento del sistema.

A partir de la información proporcionada por Mobel Línea se construyó un primer modelo con el que se pudo reproducir la situación actual y que fue validado para comprobar que respondía a las características reales del sistema. Después fueron introducidas diversas variaciones, principalmente sobre la forma de planificar la producción y se estudió su efecto con el fin de determinar su utilidad.

Los resultados observados en el primer modelo realizado pueden resumirse en el hecho de que la empresa tiene un excedente de capacidad productiva que no está utilizando, y que por tanto reorganizando la producción de una forma eficiente se lograrían disminuir las horas de trabajo empleadas en fabricación. Además es posible aumentar el beneficio generado mediante la disminución de los ciclos actuales de fabricación generadores de unos costes de stock muy elevados.

En conclusión se puede afirmar que sin necesidad de realizar nuevas inversiones y simplemente aprovechando los recursos de que dispone, si Mobel Línea mejora la planificación de su producción conseguirá mayor productividad y menor coste en sus procesos. Por tanto, cualquier esfuerzo en este sentido le podría resultar altamente beneficioso.





SUMARIO

RESUMEN.....	1
SUMARIO.....	3
1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. LA EMPRESA MOBEL LÍNEA	9
2.1 MOBEL LÍNEA	9
2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SECTOR DEL MUEBLE DE OFICINA	10
2.3 CONCLUSIONES Y APLICACIÓN A MOBEL LÍNEA.....	10
3. ANÁLISIS DE SISTEMAS INDUSTRIALES MEDIANTE SIMULACIÓN	13
3.1 EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES	13
3.2 LA SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE MODELIZACIÓN.....	14
3.3 GENERACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS.....	16
3.4 EFICIENCIA / EFICACIA DE LA SIMULACIÓN.....	18
3.4.1 Modelización	18
3.4.2 Ejecución.....	18
3.4.3 Experimentación.....	18
3.5 ELECCIÓN DEL MODELO Y DEL MÉTODO DE RESOLUCIÓN	19
3.6 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL WITNESS	20
4. EL SISTEMA PRODUCTIVO DE CARPINTERÍA.....	21
4.1 VISIÓN GENERAL.....	21
4.2 OBSERVACIONES GENERALES	22
4.3 TIPOS DE PRODUCTOS Y PROCESOS PRODUCTIVOS	22
4.4 MAQUINARIA Y LAYOUT.....	23
4.5 POLÍTICA ACTUAL DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN.....	26
4.6 MOTIVACIÓN DE LA SIMULACIÓN.....	27
5. MODELO DE SIMULACIÓN	29
5.1 TRENES DE CARPINTERÍA	31
5.1.1 Modelo.....	31
5.1.2 Juego de pruebas de validación.....	32
5.1.3 Averías, mantenimiento y especial.....	34
5.1.4 Resultados y conclusiones.....	35
5.2 TALADROS.....	37
5.2.1 Modelo.....	37
5.2.2 Juego de pruebas de validación.....	38
5.2.3 Averías, mantenimiento y especial.....	39



5.2.4 Resultados y conclusiones	39
5.3 PROCESO PANTÓGRAFOS-BAZ.....	42
5.3.1 Modelo	43
5.3.2 Juego de pruebas de validación	43
5.3.3 Averías, mantenimiento y especial	44
5.3.4 Resultados y conclusiones	44
5.4 PROCESO CHAPA (COSEDORA-PRENSA)	46
5.4.1 Modelo	46
5.4.2 Juego de pruebas de validación	47
5.4.3 Averías, mantenimiento y especial	48
5.4.4 Resultados y conclusiones	48
5.5 BARNIZADO DE LA CHAPA.....	49
5.5.1 Modelo	49
5.5.2 Juego de pruebas de validación	51
5.5.3 Averías, mantenimiento y especial	51
5.5.4 Resultados y conclusiones	51
6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO.....	53
6.1 VERIFICACIÓN DEL MODELO	54
6.6.1 Comportamiento de los Trenes de Carpintería.....	55
6.6.2 Comportamiento de los Taladros.....	55
6.6.3 Comportamiento de los Pantógrafos	56
6.6.4 Proceso de Chapa	56
6.6.5 Proceso de Barnizado de la Chapa	57
6.2 VALIDACIÓN DEL MODELO	57
6.2.1 Validación del aspecto del modelo.	57
6.2.2 Validación de las hipótesis del modelo.....	58
6.2.3 Simplificaciones y limitaciones del modelo.....	58
6.2.4 Validación de datos controvertidos.....	58
6.2.5 Validación de la correspondencia con un sistema real esperado.....	59
7. EXPERIMENTACIÓN	61
7.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN	61
7.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS	62
8. RESULTADOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN.....	63
8.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS	64
8.1.1 Introducción	64
8.1.2 Tipo de Experimentos.....	64
8.2 REDUCCIÓN DEL CICLO DE FABRICACIÓN	65



8.2.1 Modelo Base	65
8.2.2 Modelo Equilibrado.....	68
8.2.3 Modelo Ciclo Reducido	70
8.3 OTRAS PROPUESTAS DE MEJORA	71
8.3.1 Revisión del Orden de Fabricación	71
8.3.2 Reducción de la variedad de productos mediante estudio ABC	72
8.3.3 Capacidad Disponible	72
8.3.4 Rendimiento del personal – Reducción del personal	73
8.3.5 Substitución de carretilleros	73
9. VALORACIÓN ECONÓMICA	75
9.1 COSTE DEL ESTUDIO REALIZADO	75
9.2 BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA SIMULACIÓN.....	77
CONCLUSIONES DEL ESTUDIO.....	79
BIBLIOGRAFÍA.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	81
BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA	81
Anexo A: Listado de la información necesaria para iniciar el proyecto	83
Anexo B: Listas orden-trenes.....	85
Anexo C: Datos de encuadre del sector del mueble de oficina	87
Anexo D: Estudio de Mercado del sector del mueble de oficina	89
Anexo E: Experimentación realizada con el ciclo de 30 días	97
Anexo F: Plano Mobel Línea.....	99





1. INTRODUCCIÓN

Este proyecto se enmarca en un convenio de colaboración UPC-Mobel Línea para desarrollar la investigación referente a automatización e integración de los procesos de producción y almacenamiento en la citada empresa.

Objetivo: proponer mejoras tanto en el diseño como en la gestión del sistema productivo de carpintería mediante el uso de la simulación.

El principal objetivo de mejora perseguido es:

- × la reducción de horas extra manteniendo el nivel de producción

La posibilidad de reducción de horas extra manteniendo la producción se justifica en el hecho de que la empresa ha realizado recientemente inversiones en nueva maquinaria que no están siendo rentabilizadas al 100% debido a los problemas de planificación de la producción. Mobel Línea fabrica contrastock con un cubrimiento de alrededor de 60 días, pero el sistema de expedición es Just in Time con un plazo de tres a cinco días, por eso, si la programación de la producción no se ha realizado correctamente o surgen picos de demanda de determinados productos, el ciclo de producción normal se rompe y se debe fabricar primero todo lo especial, con lo cual los tiempos de preparación de las máquinas aumentan y se pierde tiempo de producción efectiva.

Descripción: el proyecto está basado en el diseño y construcción de un modelo de simulación del proceso productivo de carpintería de una empresa dedicada a la fabricación de muebles de oficina. Una vez realizado dicho modelo se analizará y se propondrán posibles mejoras que serán validadas mediante el uso de la simulación.

El análisis incluirá por una parte el *diseño del sistema productivo*, con posibles mejoras de la distribución en planta, estudio de los equipos tanto de producción como de manipulación y estudio de las propuestas realizadas por el personal involucrado en el proceso.

Por otra parte el proyecto también estudiará la *gestión del sistema productivo*, con todos los aspectos relacionados con la planificación de la producción, las secuencias y los lotes de producción, y la gestión del stock. También se estudiarán las propuestas de mejora surgidas del personal en cuanto a la gestión, secuencias de productos, lotes de productos, tiempos de espera, stock intermedio y cualquier aspecto que pueda ser de utilidad a la mejora del proceso.



Método: en primer lugar se deberá obtener la información relevante para conseguir el objetivo, es decir, la información necesaria para construir el modelo del sistema productivo de carpintería de Mobel Línea que permita su simulación y posteriormente estimar unos parámetros de funcionamiento que, una vez analizados, permitan proponer mejoras en el sistema productivo, validarlas y extraer y evaluar propuestas de mejora.

En los siguientes párrafos se detalla el contenido del proyecto.

En el segundo capítulo se presenta un estudio de la empresa en vistas a proporcionar una visión general de cual es su situación actual. También se ha realizado un estudio de mercado del sector del mueble que pretende dar a conocer las características principales del entorno en que se encuentra la empresa y de esta forma poder fijar objetivos de mejora acordes con las posibilidades reales de Mobel Línea.

En el capítulo siguiente se han estudiado los beneficios que la simulación de sistemas ofrece en temas relacionados con la producción. La simulación supone una forma rápida y fiable de estudiar la realidad, localizar los problemas existentes y sugerir cambios que puedan ayudar a mejorar los sistemas.

El capítulo 4 de la memoria describe de forma detallada la estructura de la empresa tanto nivel de sistema productivo, máquinas, layout y organización de la producción.

En el siguiente capítulo se desarrolla todo el modelo que servirá de base para realizar la simulación. El modelo se divide en diversos submodelos que facilitan la comprensión de los mismos y permiten conocer todos los detalles. Se muestran los datos que servirán como pruebas de validación y se explica como se realiza el cálculo del resto de tiempos que intervienen en la simulación. De estos modelos iniciales se derivan las primeras conclusiones útiles.

Una vez el modelo de simulación construido, en el capítulo 6 se verifica y valida el mismo con el propósito de sentar las bases de fiabilidad necesarias para acreditar que la experimentación realizada posee un grado suficiente de credibilidad.

En el capítulo 7 se han determinado los parámetros de simulación.

El capítulo 8 muestra los resultados de la experimentación, explicando detalladamente como han evolucionado los modelos y como se ha utilizado de forma progresiva la información obtenida en cada uno de ellos, así como cuales son las propuestas de mejora surgidas.

El siguiente capítulo muestra una valoración económica del coste del proyecto por una parte, y de los beneficios que su aplicación podría reportar a la empresa.

Por último se presentan las conclusiones del proyecto.



2. LA EMPRESA MOBEL LÍNEA

Para poder conocer el entorno económico y social de *Mobel Línea* se ha realizado un estudio del sector del mueble de oficina español en general. En este capítulo solo se presentarán los rasgos principales y las conclusiones derivadas del estudio, el resto de información relativa al sector de la madera puede ser consultada en el anexo D. Los datos se han obtenido principalmente de un estudio realizado por el Dirce en el año 2000.

2.1 MOBEL LÍNEA

Mobel Línea es una empresa que se dedica a la fabricación de muebles de oficina.

Fue fundada en el año 1976 y está ubicada en Cervera, municipio situado en la provincia de Lérida, y actualmente es una empresa líder en su sector siendo una de las principales de Europa. Desde su fundación su crecimiento ha sido moderado pero constante, lo cual les ha permitido crear unas bases muy sólidas para atender con la mayor satisfacción posible a sus clientes.

La unidad productiva de *Mobel Línea* consta actualmente de tres centros: MOBEL I con 30.000 m², MOBEL II con 7.000 m² y MOBEL III con 3.000 m². Asimismo disponen de 100.000m² en terrenos contiguos a sus instalaciones para futuras ampliaciones.

Cuentan con una flota de 30 camiones y 15 remolques que les permiten hacer las entregas a sus clientes europeos y cumplir los términos fijados.

Está presente en las principales ferias de mobiliario entre las que destacan:

- ORGATEC (Polonia)
- NEOCON (Chicago)
- OFITEC (Madrid)
- WORKPLACE (Londres)

En 1999 fue seleccionada Empresa Gacela por la Dirección General de Industria de la Generalitat de Cataluña por la elevada rentabilidad sobre sus propios recursos.

La constante reinversión de sus beneficios les ha permitido adquirir máquinas de la más alta tecnología capaces de realizar todo tipo de formas y acabados con una relación calidad-precio muy competitiva.

Mobel Línea está presente en los principales mercados europeos, con un nivel de exportación del 50% sobre el total de su producción.



2.2 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL SECTOR DEL MUEBLE DE OFICINA

El sector de la madera y el mueble cuenta con un gran peso dentro de la industria del país por su número de empresas (36.861. Datos DIRCE 2000) y por el empleo que genera, ya que ocupa a 216.884 trabajadores, de los que 131.234 corresponden al sector del mueble – es decir, más del 60% - y el resto a otras industrias transformadoras.

En un sentido global, la industria de la madera abarca la transformación de la madera en productos de consumo. Haciendo una clasificación sencilla, distinguimos entre industria de primera transformación, que origina productos semielaborados (empresas de tableros y de aserrado y preparación industrial de la madera), y de segunda transformación, que proporciona productos finales (empresas de envases y de embalajes, de muebles, carpinterías...). Así, el sector presenta una gran multiplicidad en cuanto al número de actividades y de empresas que lo componen, siendo estas fundamentalmente PYMES (el 94% de las empresas tienen menos de veinte empleados y 24.142 empresas tienen dos o menos de dos, lo que equivale a cerca del 65% del total de empresas).

Otro dato relevante del sector de la madera en España es su concentración en unas cuantas Comunidades Autónomas. Así, respecto al nivel de negocio generado, ocupan los primeros puestos la Comunidad Valenciana y Cataluña; la primera destaca también por ser la que cuenta con mayor número de empleados, seguida de Cataluña, Andalucía y Madrid.

2.3 CONCLUSIONES Y APLICACIÓN A MOBEL LÍNEA

Un análisis de los puntos fuertes y de los puntos débiles que podemos extraer del estudio de mercado nos aporta los siguientes resultados:

Puntos fuertes:

- ✓ El mercado en Cataluña (comunidad a la que pertenece Mobel Línea) es muy amplio. En dicha región el crecimiento ha sido espectacular, 40% en el año 2000.
- ✓ El subsector de Mobiliario presenta una evolución muy elevada (62% de crecimiento acumulado en la última década).
- ✓ Un reducido grupo de empresas ha mantenido tasas de crecimiento muy elevadas (sobre un 10%).



Puntos débiles:

- ✓ La evolución del mercado responde a las variaciones de coyuntura económica (responde a la simple variación de la confianza empresarial).
- ✓ Las perspectivas inmediatas son de: "incertidumbre con probabilidad de estancamiento".

Por tanto, la situación en que se encuentra Mobel Línea, tanto de posicionamiento con respecto a las demás empresas (es líder en su sector) como de entorno adecuado (en Cataluña el mercado del mueble está creciendo mucho) hacen que a pesar de que la tendencia general es de estancamiento, la empresa pueda aprovechar el aumento en las exportaciones respaldada por la elevada competitividad del producto nacional.

Las recientes inversiones realizadas por Mobel Línea, tanto a nivel de modernización de la maquinaria como de aumento de la capacidad de stock derivada de la construcción del nuevo almacén automatizado, pueden ser rentabilizadas consiguiendo un aumento de la producción y un aumento de la cifra de ventas.





3. ANÁLISIS DE SISTEMAS INDUSTRIALES MEDIANTE SIMULACIÓN

En la actualidad las dificultades del mercado condicionan el éxito de las compañías. A menudo, para conseguir mantenerse en una posición adecuada como empresa competitiva, las compañías se ven sometidas a una continua revisión de sus procesos con sus oportunos cambios, cambios que pueden representar un fuerte impacto financiero en la buena marcha de la empresa y que siempre suponen un alto riesgo.

Este riesgo puede ser reducido en gran medida si antes de efectuar las modificaciones se pudiese valorar en una escala real las distintas opciones. Un software de simulación permite construir por ordenador, por ejemplo, un modelo de la cadena de producción de una empresa y simular el funcionamiento del sistema bajo unos determinados escenarios, lo que permite generar y comparar alternativas al sistema actual.

El sistema utilizado para realizar el proyecto de estudio y mejora de Mobel Línea es la simulación mediante el programa informático Witness.

La Universidad Politécnica de Cataluña posee una amplia experiencia de uso de dicho método, ya que en anteriores proyectos ha sido aplicado con éxito.

En este capítulo se explica como se utilizan este tipo de programas y cuales son sus beneficios y características.

3.1 EL PROCESO DE TOMA DE DECISIONES

En sus inicios la simulación surgió como una forma de conseguir un reflejo fiel de la realidad para, intuitivamente, tomar mejores decisiones. Por métodos de prueba y error se introducían en el modelo una serie de alternativas sencillas, que producían mejoras económicas a la empresa. La investigación académica se enfocaba a la validación estadística del modelo y así lo reflejan libros de texto [Dunning 1985, Pritsker 1986, Taha 1988].

Posteriormente, y a medida que aumenta el número de variables que afectan al sistema logístico y las medidas de rendimiento de dicho sistema, el análisis se complica y los métodos de prueba y error pierden eficacia.

Por tanto empiezan a surgir distintas metodologías de análisis y selección de alternativas en las que se compensa la *eficacia*, o distancia a los valores ideales de cada criterio, y *eficiencia*, tiempo de obtención de la solución, para identificar una alternativa satisfactoria en un tiempo razonable.



3.2 LA SIMULACIÓN COMO HERRAMIENTA DE MODELIZACIÓN

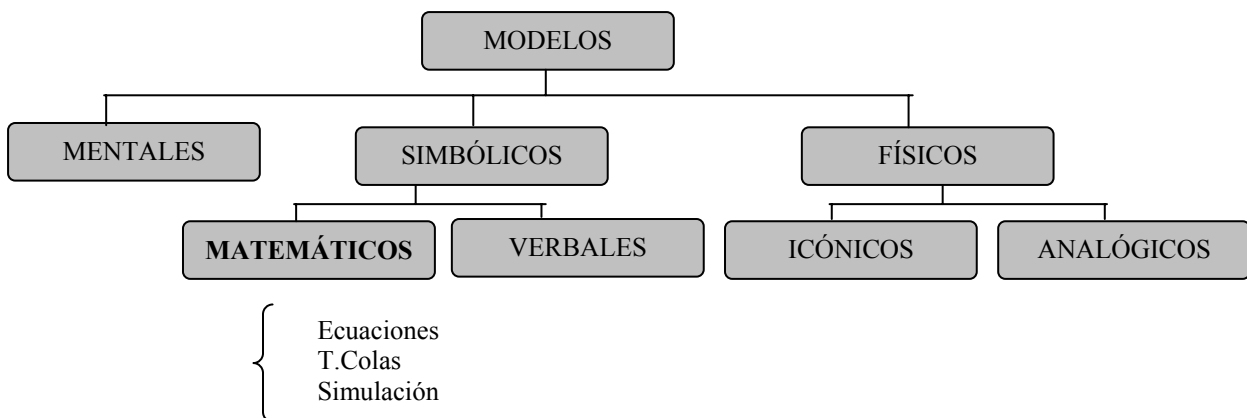
El software de simulación permite representar y analizar un sistema real mediante la creación de un modelo y su ejecución.

Dada la complejidad de los sistemas productivos, se suele realizar un proceso de abstracción simplificación y descripción cuyo resultado es un modelo que representa un sistema real.

Podemos definir **modelo** como:

“Una abstracción de la realidad, una descripción de los sistemas reales” [Springer 1965]

Existen muchos tipos de modelos, una clasificación tradicional de modelos que representan la realidad es [Springer 1965]:



Una de las herramientas más interesantes para desarrollar modelos matemáticos es la simulación, debido a que se dispone de mejores prestaciones informáticas que permiten el análisis de sistemas más complejos en un tiempo razonable.

La **simulación** se puede definir como sigue:

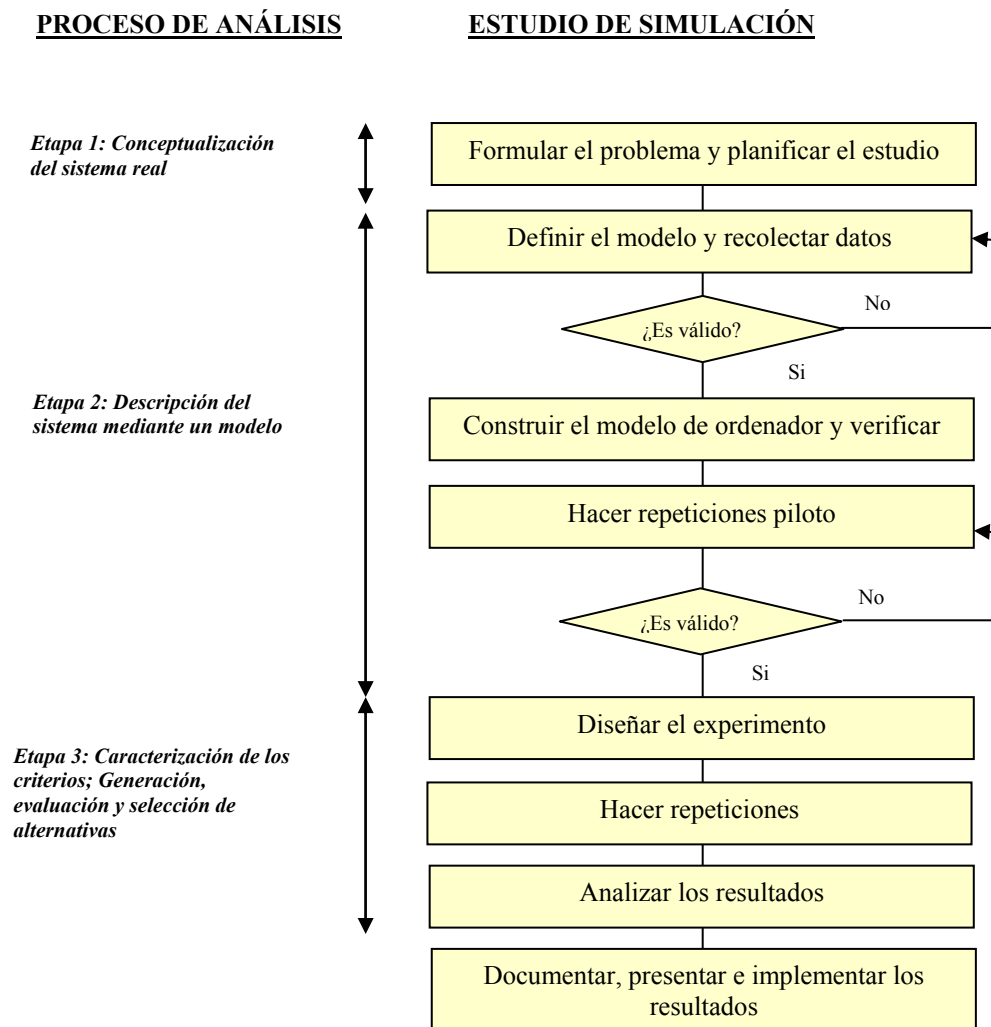
“La simulación es el proceso de experimentación a través de un modelo lógico-matemático construido en un ordenador a imagen y semejanza de un sistema real” [Taha 1988]

La experimentación con el modelo permite sacar conclusiones sobre el comportamiento y la eficiencia de las posibles variaciones del sistema real [Sprintker 1986]:

- ✓ Sin construirlo, si se trata de nuevas alternativas de diseño.
- ✓ Sin perturbarlo, si se trata de un sistema en operación.
- ✓ Sin destruirlo, si se trata de obtener sus límites de funcionamiento



El proceso de análisis de un modelo de simulación sigue las siguientes fases [Law 1991]:



En primer lugar, se formula el problema y se construye el modelo que representa el sistema. La simulación permite incluir simultáneamente relaciones matemáticas y lógicas, así como variables aleatorias que representen los datos.

El modelo ha de ser verificado para demostrar que se comporta como el modelador quiere. Una vez representada la realidad se realizan pruebas mediante la repetición sucesiva del modelo. En cada repetición se tomará una muestra de las variables aleatorias correspondientes a los datos de entrada, lo que proporcionará una muestra de las variables aleatorias correspondientes a la salida, que son las que se deben estimar.

Una vez que se dispone de esta estimación se debe validar el modelo, es decir, comprobar que el modelo es representativo de la realidad.



Con el sistema validado, se pueden estudiar distintas alternativas como si se tratara de un sistema real y estudiar su comportamiento. De esta forma se pueden determinar las variables principales del sistema y elegir sus valores óptimos conociendo de antemano su influencia en el comportamiento del sistema real.

Para realizar un estudio de simulación se pueden utilizar diversos softwares, aunque debido a la complejidad de los sistemas industriales son los softwares específicos, frente a la opción de hojas de cálculo, los que cobran mayor importancia, puesto que reducen el tiempo de desarrollo durante la etapa de modelización y se facilita la etapa de ejecución, y por tanto la experimentación.

Si se trabaja con un software específico (como es el caso del Witness), en la etapa de modelización, se crea primero la representación física del sistema, a partir de unas librerías de objetos generales que todo software específico incluye, particularizándolos según el caso concreto.

A continuación, se especifica el flujo de entidades a través del sistema mediante reglas de interconexión de objetos. Por último se particularizan los gráficos de resultados que van a resumir el comportamiento del sistema.

3.3 GENERACIÓN, EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS

Además de representar la situación real mediante un modelo matemático, debemos derivar conclusiones válidas estadísticamente de las repeticiones que se realizan de los modelos programados y elegir una alternativa para su implantación.

La fase de generación de alternativas es un proceso completamente manual que consiste en, a partir de la información inicialmente disponible o bien, a medida que el estudio se va desarrollando a partir de resultados intermedios, dibujar los distintos escenarios que responden a la realidad o realidades que la empresa puede ofrecer. Las alternativas pueden surgir de la idea que los mismos trabajadores tienen de cómo se podría mejorar el funcionamiento de la empresa.

Sí el número total de alternativas no es excesivo y se puede analizar cada una de ellas en un tiempo reducido, es posible evaluar todas las alternativas. En caso contrario analizaremos un subconjunto y extrapolaremos los resultados a todo el conjunto.



Los métodos de análisis son muy variados, pero se pueden agrupar en: *decisión discreta* (sí las variables de decisión sólo pueden tomar valores discretos definidos a priori) y *decisión continua* (variables de decisión continuas)

En el caso que nos ocupa el tipo de simulación responde a un modelo de decisión discreta en la que podemos encontrar dos casos posibles: *la Decisión discreta exhaustiva y la parcial*.

Decisión discreta exhaustiva: existe un número finito de alternativas y es posible evaluarlas todas.

El método tradicional es la comparación de alternativas en medias [Law 1991], se realizan intervalos de confianza sobre la diferencia de la puntuación media obtenida por cada alternativa. La eficacia depende en gran medida de la dispersión de las variables de salida, ya que estamos comparando las medias.

Decisión discreta parcial: se genera un subconjunto finito de alternativas que permita tomar la decisión.

Este subconjunto se puede generar de muchas formas:

- 1) Generación aleatoria de puntos
- 2) Creación de una MALLA determinado por las combinaciones de los niveles de los factores con los que se quiere experimentar

Métodos meta heurísticos u optimización combinatoria: “Búsqueda Tabú” [Karaboga 1997], el “Recocido Simulado” [Eglese 1990, Fleischer 1995, Jonson 1998] y los “Algoritmos Genéticos” [Goldberg 1989]. Se eligen alternativas para simular en función de las alternativas ya evaluadas, de forma iterativa a partir de una alternativa inicial. Se detiene el proceso cuando ya se ha evaluado un porcentaje fijado del total o cuando no se ha logrado mejorar en las últimas etapas de generación. En particular el Witness posee algoritmos como el “Recocido Simulado” que facilitan la experimentación.

En el caso de decisión continua el proceso de optimización más utilizado es la estimación de las respuestas mediante “Métodos de superficie de respuesta” [Rees 1985, Law 1991] que constan de dos fases:

- ✓ Búsqueda de la región donde reside el óptimo mediante la utilización de un modelo lineal localmente para identificar una dirección de máxima mejora.
- ✓ Consecución del óptimo local mediante la utilización de un modelo cuadrático.



3.4 EFICIENCIA / EFICACIA DE LA SIMULACIÓN

La mejora que han experimentado el software y el hardware en los últimos años nos permite conseguir una utilización eficiente y eficaz de los modelos de simulación en todas las etapas del proceso de análisis: *Modelización, Ejecución y Experimentación*

3.4.1 Modelización

La eficiencia depende de la calidad del software y la eficacia del nivel de detalle en la representación que se quiera conseguir. Los softwares específicos son muy eficientes ya que incluyen los elementos que representan la realidad tanto en sus características físicas como visuales.

3.4.2 Ejecución

La eficiencia viene determinada por el hardware empleado, ya que la mejora en las prestaciones de los ordenadores permite ejecutar los modelos en un tiempo cada vez menor.

Por otro lado la interconexión entre las herramientas dentro del entorno Windows (Excel, Access...) y extensiva a los programas de simulación permiten ejecutar los modelos desde un entorno familiar. Witness, por ejemplo, puede ser ejecutado desde Excel sin que el usuario vea la ejecución del simulador.

3.4.3 Experimentación

La eficiencia, medida en tiempo de obtención de la solución, y la eficacia, o distancia de los valores ideales de cada criterio de evaluación, depende del número de alternativas y del método de búsqueda utilizado para encontrar la mejor.

En la actualidad las metodologías más utilizadas son las llamadas “fuerza bruta inteligente”, que van realizando experimentos de forma secuencial sin apoyarse en hipótesis restrictivas. Los meta heurísticos van analizando alternativas individuales de forma inteligente.



3.5 ELECCIÓN DEL MODELO Y DEL MÉTODO DE RESOLUCIÓN

El modelo de simulación desarrollado para este proyecto se define como:

- *Dinámico*: puesto que pretende representar la evolución del sistema a través del tiempo.
- *Discreto*: ya que las variables de estado cambian sólo en puntos discretos o contables en el tiempo.
- *Estocástico*: ya que contiene procesos afectados por variables aleatorias.

Por tanto el modelo utilizado corresponderá a las siguientes características:

- *Modelo aleatorio*: el modelo contiene procesos controlados por variables aleatorias.
- *Simulación discreta*: simulación de sistemas cuyo estado sólo se modifica en instantes de tiempos discretos.

Una vez determinado el modelo debemos decidirnos por un método de resolución. En general existen dos grandes tipos:

- ✓ *Lenguajes de simulación*: Son paquetes informáticos de tratamiento de datos. Su utilización es sencilla y rápida, aunque no son tan flexibles como los lenguajes informáticos.
- ✓ *Lenguajes informáticos*: Son lenguajes de alto nivel, por lo que son más versátiles pero la construcción de los modelos es más compleja.

Entre las razones que nos llevan a adoptar un método de resolución basado en un software de simulación podemos destacar:

- I. Un paquete de simulación provee muchas funcionalidades de origen que permiten simular adecuadamente los elementos requeridos en la modelización y que si tuviéramos que diseñar llevarían un tiempo y un dinero adicional.
- II. Los errores son más fácilmente detectables en una fase de verificación del modelo ya que normalmente se realiza un chequeo automático y paulatino durante la construcción del modelo.

El Departamento de Ingeniería de Transportes de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial de Barcelona (E.T.S.E.I.B.) dispone del paquete Witness 9.30 y experiencias



previas avalan la capacidad para estudiar problemas como el que aquí se expone con dicho paquete, por eso se ha elegido como software específico de resolución.

3.6 CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES DEL WITNESS

El Witness es un programa de simulación que permite analizar problemas y formular soluciones para un amplio espectro de aplicaciones, entre las que cabe destacar el análisis logístico, producción, control de flujos, análisis de costes, etc. Mediante Witness se pueden simplificar los mecanismos de toma de decisiones sin necesidad de asumir riesgos innecesarios y cuantificar e identificar la relación costes / beneficios mediante la representación de las operaciones del mundo real para encontrar las posibles soluciones buscadas. Una de las grandes ventajas de los modelos creados con Witness es que permite la comprobación en una amplia variedad de escenarios, que son cuantificados y comparados. De esta forma, el usuario implementa la mejor solución. No obstante, como el programa permite probar con tantas opciones como se desee, siempre se podrá escoger aquella que mejor se adapte a las necesidades de la empresa.

En cuanto a las características técnicas, Witness posee una interfaz gráfica que permite comprender y mejorar los procesos. Su enfoque se basa en la creación de representaciones visuales de los sistemas de la vida real que, a través de modelos dinámicos, consiguen transformar simples datos en medidas productivas al mismo tiempo que fomentan el trabajo en equipo y la creatividad.

Entre sus prestaciones destacan:

- Dibujo del proceso de su negocio.
- Técnicas y métodos de optimización.
- Visualización en 3D.
- Análisis de minería de datos.
- Predicciones, planes y scheduling.

Los principales beneficios que podemos obtener del uso de Witness son

- ✓ Reducción de costes de capital.
- ✓ Evitar inversiones de capital innecesarias.
- ✓ Aumentar la productividad (instalaciones, mano de obra, etc.)



4. EL SISTEMA PRODUCTIVO DE CARPINTERÍA

En este capítulo se analiza el funcionamiento general de las distintas secciones que forman Mobel Línea para poder situar la sección de carpintería (en la cual está centrado el estudio) dentro del conjunto.

4.1 VISIÓN GENERAL

La empresa está dividida en tres secciones diferenciadas:

- ✓ fabricación
- ✓ almacén
- ✓ expediciones

Dentro de la sección de *fabricación* se incluye *carpintería* y barnizado, hierro y pintura del hierro y tapicería de sillas. Se trabaja en un solo turno de ocho horas más las horas extras que puedan ser necesarias y que variarán de un día a otro.

Ésta es la sección que trabaja *contrastock* cubriendo las necesidades de la empresa para un ciclo de 60 días, ciclo que puede variar ente 50 y 70 días dependiendo del volumen de demanda y siempre incluye un margen de seguridad de unos diez días.

La sección de *almacén* recibe la materia prima y las piezas que se obtienen de fabricación y que permanecerán en stock hasta que sean requeridas por algún cliente.

Debe quedar claro que las piezas de fabricación son piezas individuales y no productos completos, y que se guardan también de forma individual.

La sección de *expediciones* recoge los pedidos de los clientes y los prepara, es decir, obtiene del almacén las piezas necesarias para completar los pedidos, monta aquellos productos que son demasiado complejos para que los pueda montar el cliente y empaqueta las piezas que conforman los otros productos.

Esta sección trabaja en dos turnos de ocho horas y también son susceptibles de realizarse las horas extras que se consideren necesarias.



4.2 OBSERVACIONES GENERALES

En cuanto al personal que trabaja en la sección de carpintería:

- ✓ Se dispone de 45 operarios
- ✓ Los operarios tienen un puesto prioritario y una categoría, pero si es necesario pueden realizar otras funciones que no sean las propias de su puesto

4.3 TIPOS DE PRODUCTOS Y PROCESOS PRODUCTIVOS

Los principales productos fabricados por Mobel Línea son:

- Sillas
 - ✓ Operativas
 - ✓ Colectividades
 - ✓ Dirección
 - ✓ Recepción
- Mobiliario
 - ✓ Operativo
 - ✓ Dirección
- Divisorias
 - ✓ Altas
 - ✓ Bajas
 - ✓ Instalaciones

Aunque de todos ellos, en carpintería sólo se fabrican el mobiliario y las divisorias.

Todos estos productos desde el punto de vista de la producción pueden dividirse en dos tipos según el material en el que son fabricados, los de *melamina* y los de *chapa barnizada*.

Los productos de *melamina* siguen el proceso siguiente:

Los tableros de materia prima pasan por una *seccionadora* que los corta dándoles unas medidas aproximadas a su forma definitiva.

El 95% de las piezas de melamina pasan por los *trenes*, que son grupos de máquinas que realizan dos funciones principales, “escuadrar”, es decir ajustar las medidas de la pieza a las exactas requeridas y “arreglar cantos”. Después son llevadas a uno de los dos *taladros* disponibles y una vez taladradas son llevadas al almacén.



Los productos procesados por los *trenes* están organizados en familias, y las familias forman tres grupos según tengan que ser tratados por el *tren 1*, el 2 o el 3.

Todas las piezas que forman parte de una misma familia pueden ser tratadas como de un solo tipo ya que el tiempo de cambio para ajustar el *tren* es prácticamente nulo, en cambio los tiempos de preparación cuando cambiamos de una familia a otra pueden ser importantes (entre 0.5 y 8 horas)

El otro 5% de las piezas de melamina son aquellas que tienen formas curvas y que no pueden ser realizadas por los *trenes*. Estas piezas (sobretudo sobres y faldones) son procesadas bien por los *pantógrafos* para luego pasar por cualquiera de los *trenes* que simplemente les pondrá el canto o bien por los BAZ, en cuyo caso las piezas ya saldrán acabadas. Por último son llevadas al almacén.

Los productos de *chapa barnizada* siguen el proceso siguiente:

La materia prima se corta a medida en la *seccionadora* y llega a la sección de chapado. Primero la *cosedora* une las láminas de chapa cosiéndolas con un hilo adecuado para formar una única superficie con la extensión necesaria y después la *prensa* unirá la chapa con la madera haciendo desaparecer el hilo y consiguiendo que el conjunto sea uniforme.

Los trenes se encargarán de ajustar las piezas a las medidas requeridas y por último la madera chapada será llevada al *túnel de pintura*, donde tras un proceso de preparado de la madera y barnizado quedará dispuesta en uno de los dos colores disponibles, haya o mogano, para pasar después al almacén.

4.4 MAQUINARIA Y LAYOUT

Las principales maquinas usadas en carpintería son:

Seccionadoras (A): se usan para cortar la materia prima y todas las piezas pasan por ellas. En el taller hay dos *seccionadoras*, la principal, que es una máquina automática de reciente adquisición y de gran capacidad de corte, y la auxiliar, que es la que se utilizaba antes y que ahora se reserva para la fabricación de muebles especiales y para casos de avería o mantenimiento en la principal.

Trenes escuadradores (B): se trata de un conjunto de máquinas cuya finalidad es ajustar el corte y acabar los cantos de los tableros. Hay tres *trenes* y cada uno de ellos tiene una fabricación asignada.

El *tren 1* es el más lento y el que menos producción cubre. Hasta él sólo llegan cuatro de las cuarenta y cuatro familias existentes y no trabaja durante todo el tiempo del ciclo.



El *tren 2* cubre la producción de once familias de productos. En caso de estar saturado, una de sus familias puede ser fabricada por el *tren 3*, y otras tres pueden fabricarse en el *tren 1*. El *tren 3* es también de reciente adquisición y con una capacidad mucho mayor que los dos anteriores, absorbiendo la fabricación de veintinueve familias. Es el que tiene mayor rendimiento y todos sus productos excepto uno pueden ser también fabricados por el *tren 2*.

Taladros (C): disponen sólo de dos *taladros* y suelen estar bastante saturados. Es importante destacar que los *taladros* son considerados como un cuello de botella por la dirección de la fábrica.

Pantógrafos (D): este grupo de dos máquinas se usa para procesar las piezas con formas curvas.

BAZ (D'): consta de dos máquinas que realizan las funciones de un pantógrafo pero además pueden poner por si solos los cantos.

Cosedora de chapa (E): se emplea para fabricar la chapa y solo hay un ejemplar.

Prensa de chapa (F): sirve para unir la chapa con la madera y también existe un único ejemplar.

Tren de barnizado (G): es una estancia cerrada dónde se realiza el proceso de barnizado de las piezas de chapa. Sólo se barniza en dos tonos, haya y mogano.

Además también existen una serie de pequeñas máquinas que se emplean para fabricación especial.



De forma esquemática, la distribución de la fábrica es:

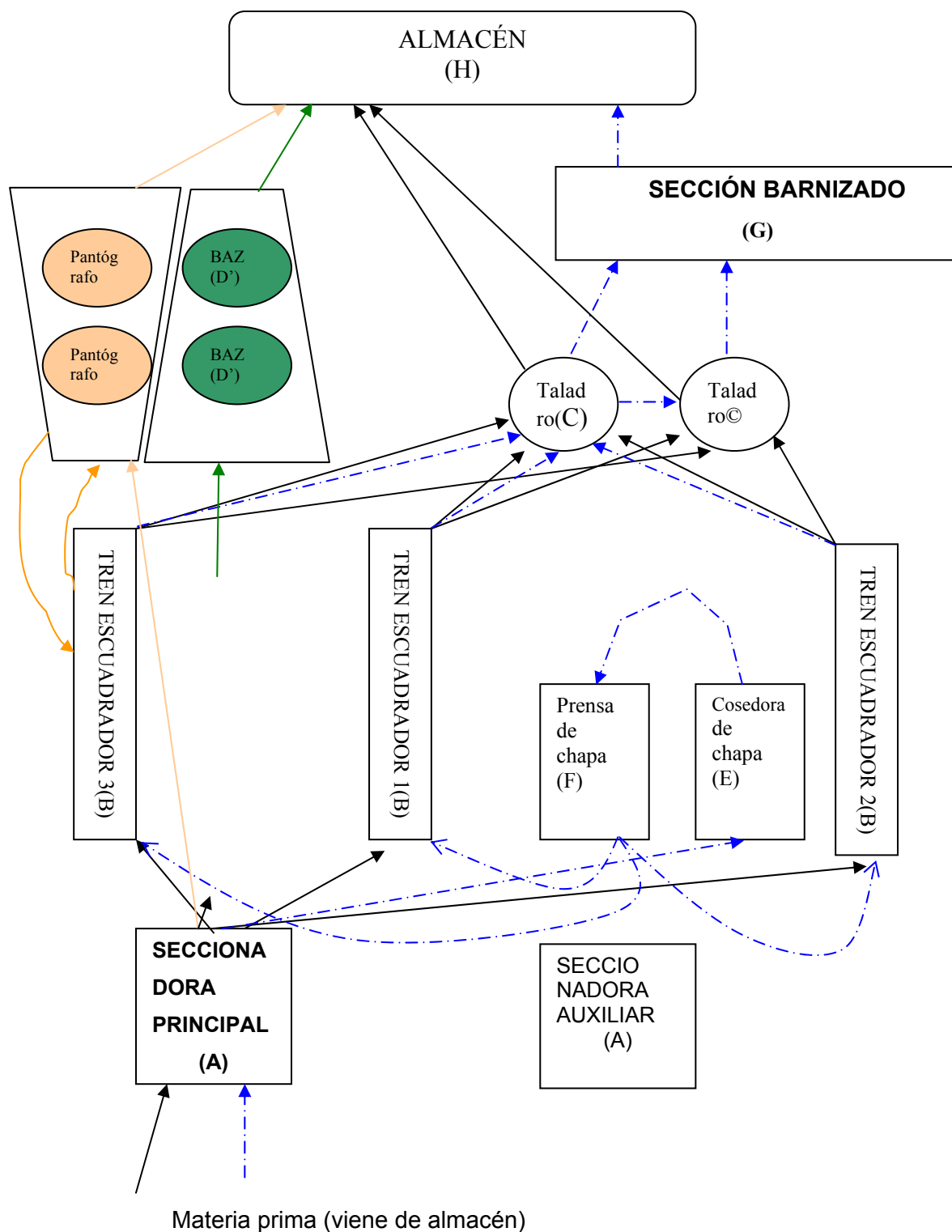


Figura 4.1 Distribución en planta de Mobel Línea.



Donde se ha representado:

- Proceso de las piezas de melamina en los trenes.
- - - - -→ Proceso de chapa-barnizado
- Proceso Pantógrafos
- Proceso BAZ

4.5 POLÍTICA ACTUAL DE PLANIFICACIÓN Y PROGRAMACIÓN

Mobel Línea entrega sus pedidos en un plazo de tres a cinco días pero la sección de carpintería, como ya hemos comentado, trabaja contrastock cubriendo un ciclo de 60 días, con un margen de unos diez días. La producción es rotativa y está organizada de forma que la variación entre un tipo de pieza y la siguiente a fabricar sea lo mínima posible. Se dispone de unas listas “Lista orden-trenes”, donde se desglosa este orden preestablecido para cada tren (ver Anexo II). Análogamente, este orden también es respetado por la seccionadora, que procesará de forma prioritaria las piezas que se fabrican primero en cada tren.

Para planificar la producción se basan en otro tipo de listas, “Lista piezas” que incluyen todas las piezas que forman los productos ofrecidos por la empresa y en las que se recogen los datos que necesitan para determinar la cantidad a fabricar de cada uno de ellos. Para entender mejor el proceso analizaremos un ejemplo en particular.

Ejemplo:

Gru	Cod.	Descr.	Stock	Cur-Fab	Pedidos	Mín.	Disp.	Días	Actual	Ant-1	Ant-2	Ant-3
E-O	1010	Sobre semicir.	6	26	10	18	22	37	3	18	8	27

Figura 4.2 Ejemplo “Lista de piezas”.

La tabla nos indica que para este tipo de pieza, modelo E-O 1010 (sobre semicircular), tenemos un stock de 6 unidades, se están fabricando 26 y los pedidos pendientes son 10, por tanto la disponibilidad es de:

$$\text{Dispon.} = 6 + 26 - 10 = 22 \text{ unidades}$$

La columna *Mínimo* nos indica el stock mínimo con el que trabaja la empresa y que coincide con el consumo medio de los últimos tres meses en base 30 días (columnas Ant-1, Ant-2, Ant-3) por tanto tendríamos:

$$\text{Mínimo} = (18 + 8 + 27) / 3 = 18 \text{ unidades}$$



Por tanto el consumo medio diario será de 0.6 piezas / día.

Como el objetivo es cubrir 60 días tendremos:

Necesidades brutas = 0.6 piezas / día * 60 días = 36 piezas

Y considerando que la disponibilidad es de 22 piezas las piezas a fabricar son:

Piezas a fabricar = 36 - 22 = 14 piezas

Es decir, el plan de producción indica que el taller fabricará un total de 14 unidades del modelo E-O 1010.

El ciclo de producción, es decir el orden en que se fabrican las familias establecido por las "Listas orden-trenes", es respetado siempre y cuando no haya una ruptura de stock en el almacén, en ese caso la producción se para y se preparan las máquinas para fabricar todo lo que haga falta para que los camiones puedan salir completos y en el tiempo requerido. Esta fabricación "especial" es una de las causas de pérdida de eficiencia del sistema ya que se invierte mucho tiempo preparando las máquinas para fabricar los imprevistos.

Este proceso se repite para todas y cada una de las referencias con las que la empresa trabaja, lo cual les permite saber qué fabricar y en qué cantidad. El orden, como se ha comentado al principio, está preestablecido en unas listas que minimizan el tiempo de cambio.

4.6 MOTIVACIÓN DE LA SIMULACIÓN

A partir del estudio del sistema productivo de carpintería y evaluando cual es la situación actual de la empresa podemos concluir que, si bien Mobel Línea ha obtenido hasta el momento muy buenos resultados, con la incorporación del nuevo almacén y la adquisición de maquinaria de mayor capacidad, se hace necesaria una reestructuración de la producción que permita aprovechar las capacidades en su totalidad y que reduzca los costes de producción para aumentar los beneficios.

Dicha reestructuración engloba la totalidad de la empresa, y es por ello que un estudio de simulación puede resultar muy beneficioso para Mobel Línea, ya que les permitiría conocer las posibles alternativas y elegir la que mas se adecue a su nueva situación.





5. MODELO DE SIMULACIÓN

Los resultados que pretendemos obtener son tanto el análisis del actual funcionamiento del taller, como el análisis de nuevas propuestas que puedan mejorar el rendimiento del mismo. Por eso en primer lugar deberemos construir un modelo de simulación que refleje el funcionamiento actual real, para luego sobre esa base experimentar con diferentes propuestas.

Al plantear un modelo de simulación debemos estudiar cuáles son los elementos clave que van a determinar el funcionamiento y cuáles son los elementos secundarios que no influyen de forma decisiva, ya que si conseguimos simplificar el modelo será más fácil de estudiar y de mejorar.

Algunas de las características generales que pueden aplicarse a la simulación de la cual es objeto este proyecto son:

- la demanda (según fuentes de la empresa) no sufre ningún tipo de estacionalidad, por tanto la simulación de un periodo de 60 días será representativa del funcionamiento durante el resto del año. De todas formas comprobaremos como podría afectar una posible estacionalidad a la marcha de la empresa.
- en cuanto a averías se nos ha indicado que la suma entre averías y tiempo dedicado a mantenimiento es de un 15% del total de horas productivas.
- en la fabricación de imprevistos hay que tener en cuenta que cuando se produce una demanda de un producto no disponible en el almacén, si el tiempo de preparación requerido por la máquina se considera excesivo (en función de la saturación de los trenes), no se fabricará.
- si una máquina no tiene material para trabajar se para, pero hay que asegurar que cuando se vuelva a poner en marcha trabaje, ya que el consumo eléctrico del encendido es muy elevado.

La simulación se hará en base a la política actual de fabricación, pero teniendo en cuenta que en este momento se está llevando a cabo la construcción y puesta en marcha de un almacén automatizado que sustituirá al actual almacén de materia prima y producto intermedio y que tendrá repercusiones importantes en el taller de carpintería, sobretodo a nivel de espacio disponible, uno de los cuellos de botella indicados por el director de fábrica. Por tanto supondremos que el nuevo almacén ya está en funcionamiento y que por tanto



disponemos de todo el espacio necesario para almacenar la materia prima inicial que llega al almacén.

En el modelo de simulación se ha dividido el proceso productivo en los siguientes submodelos:

- ✓ trenes de carpintería
- ✓ taladros
- ✓ proceso pantógrafos-BAZ
- ✓ proceso chapa (cosedora-prensa)
- ✓ barnizado de la chapa

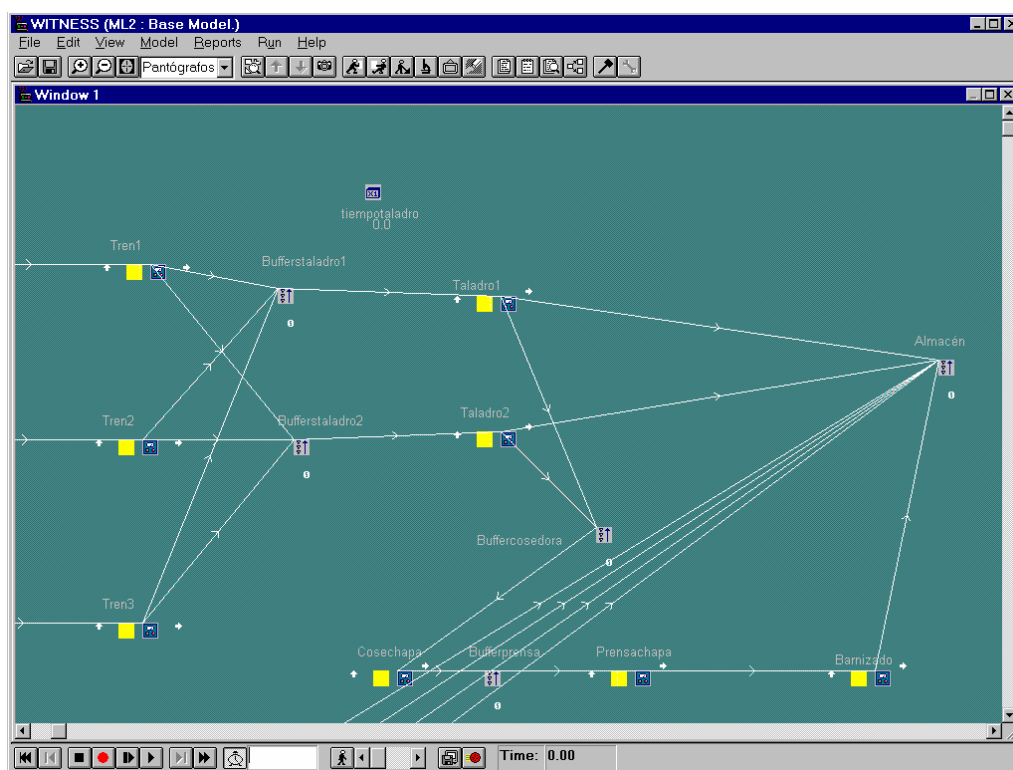


Figura 5.1 Vista en Witness de la zona.

La figura anterior presenta una vista general del aspecto que presenta la pantalla de la simulación, posteriormente presentaremos los diferentes submodelos de forma detallada.

En los siguientes apartados del capítulo trataremos por separado cada uno de los submodelos, explicando tanto su construcción como las primeras conclusiones extraídas de su verificación y validación.



5.1 TRENES DE CARPINTERÍA

5.1.1 Modelo

La primera fase simulada es la de los trenes de carpintería, que componen la parte más importante del proceso, ya que un 95% de las piezas pasarán por ellos.

Los elementos de Witness utilizados en la construcción de esta parte del modelo son:

- ✓ **parts:** representan la materia prima que se mueve a lo largo del proceso.
- ✓ **buffers:** en ellos se almacenan la materia prima (parts), es decir, representan el espacio disponible.
- ✓ **machines:** son los elementos físicos que transforman la materia prima (parts). En este caso se trata de una *Single Machine*, ya que procesan las piezas de una en una.

Cuando la materia prima llega al almacén, antes de ser tratada por los trenes pasa por la seccionadora, pero según la información facilitada por la empresa, la capacidad de dicha máquina es superior a la necesaria, por tanto en ningún caso supondrá un cuello de botella. Si esto es cierto, la simulación del proceso de la seccionadora no reportará ningún dato de interés, por ello se ha eliminado de la simulación.

Una vez que la materia prima sale de la seccionadora es llevada al tren por un carretillero. El carretillero podría ser cualquiera de los operarios que se encuentre disponible en ese momento y en el proceso se invierte una media de dos minutos entre que se carga, se traslada y se descarga. Para simplificar la simulación, este tiempo invertido se añadirá al tiempo de proceso de los trenes y no se introducirán en el modelo vehículos que se muevan de un lado a otro. De todas formas, al introducir las posibles mejoras se tendrá en cuenta la posibilidad de sustituir los carretilleros por otro tipo de automatización en vistas a conseguir un ahorro en tiempo y personal dedicado.

Como cada uno de los trenes procesa siempre las mismas piezas, la seccionadora irá cortando la materia prima en función de lo que necesite cada uno de los trenes y el carretillero correspondiente lo llevará al tren que esté esperando la materia prima. Por eso se han creado tres tipos distintos de elementos de materia prima, los del tren 1, 2 y 3 que en el modelo se llaman MP1, MP2 y MP3 respectivamente.

Los elementos MP1 llevan asociadas un atributo, que representa los tipos de material que pueden pasar por el tren correspondiente, y una variable, que define el tiempo de proceso que tendrá el material según de que tipo sea.



El atributo puede tomar cuatro valores distintos, ya que la materia prima que llega al tren 1 sólo puede ser de cuatro tipos.

La variable asignada a la MP1 nos determinará la duración del proceso en la máquina. La máquina asociada a las MP1 se llama Tren1 y el proceso que realiza dependerá del valor del atributo, si el atributo toma el valor 1, la variable valdrá 13.3, es decir, que al tren le costará 13.3 unidades de tiempo procesar esa materia, y así sucesivamente con los otros tres tipos de productos.

Análogamente, los elementos MP2 y MP3 llevan asociadas el mismo tipo de programación. Para determinar el valor de las variables, es necesario conocer el tiempo de proceso empleado por cada uno de los trenes para cada una de las familias de piezas tratadas.

Mobel Línea está empezando ahora a medir sus tiempos de proceso, pero no tiene un registro exacto de ellos. Para poder realizar la simulación es imprescindible disponer de estos datos, así que se ha utilizado una medición realizada por un operario que ha recogido el tiempo invertido en realizar una serie de cada familia.

Por ejemplo:

Tipo	Cantidad	Tiempo(h)
R - M Faldones Lince	3191	18

Tabla 5.1 Ejemplo de medición del tiempo en los trenes

Por tanto, la capacidad del tren 1 para realizar este tipo de piezas es de:

$$3191/18 = 177.3 \text{ piezas / hora}$$

Cuando se introduzca aleatoriedad en el modelo tendremos en cuenta que estos tiempos no son exactos y que están sometidos a una cierta variabilidad.

5.1.2 Juego de pruebas de validación

A partir de la información facilitada por Mobel Línea, se ha elaborado un listado de la fabricación programada para los trenes en un ciclo de 60 días. Hay que tener en cuenta que se trata de producción programada, por tanto, no incluye ningún tipo de aleatoriedad.



Si calculamos el número de piezas necesario para un cubrimiento de 60 días para todas las familias de los tres trenes obtenemos un tiempo total de proceso más preparación de:

- Tren 1 = 59.3 horas
- Tren 2 = 367.3 horas
- Tren 3 = 180.2 horas

En las siguientes tablas viene desglosado por familias el tiempo necesario para cada uno de ellos :

TREN1

Ref.	Descripción	Piezas/h	Piezas/día	Piezas/ciclo60	T1	T2	T
R-M	Lince/ Faldones	177,3	54	3240	18,3	4	22,3
E-D	E.2/ Faldones	232,3	77,2	4632	19,9	4	23,9
C-C	Cobra/ Faldones	230,7	13,1	786	3,4	4	7,4
R-O	Reno-Lince/ Faldones de ángulos	140	4	242	1,7	4	5,7
	Total		148,3	8900	43,3	12	59,3

TREN2

Ref.	Descripción	Piezas/h	Piezas/día	Piezas/ciclo60	T1	T2	T
R-A	R-L-G/ Sobres	151,9	19,1	11596	76,3	8	84,3
B-A	Biombos, Sobres de mesa	96	10,1	608	6,3	8	14,3
E-P	E.3/ Lateral Central de armario	290	12,4	746	2,6	4	6,6
R-B	Reno-Gamo/Tapas, Bajos de Librería	648,5	320,8	19248	29,7	4	33,7
E-I	E.1-E.2-E.3/Tapas, Bajos de Librería	465,3	234	14040	30,2	2	32,2
E-R	E.1-E.2-E.3/ Traseras de cubetas	453	167,8	10068	22,2	2	24,2
R-L	Reno-Lince/ Traseras de cubetas	467,8	175,6	10540	22,5	2	24,5
M-A	R-L-S-C-E/ Muestras	281,2	12,4	742	2,6	8	10,6
R-J	Reno-Lince/ Delanteras de cubetas	392,6	308	18482	47,1	4	51,5
E-Q	E.1-E.2-E.3/ Delanteras de cubetas	390,9	403,3	24196	61,9	4	65,9
C-I	Cobra/ Acoplamiento Ala	378,5	26,9	1614	4,3	4	8,3
C-K	Cobra Trasera Librería	378,5	17,8	1068	2,8	4	6,8
C-J	Cobra Sobre	378,5	2,7	160	0,4	4	4,4
	Total		1710,9	113108	308,9	58	367,3

TREN3

Ref.	Descripción	Piezas/h	Piezas/día	Piezas/ciclo60	T1	T2	T
R-C	Reno/ Laterales	1395	187,4	11246	8,1	0,5	8,6
E-C	E.3/ Laterales	1471	153,3	9196	6,3	1,5	7,8
C-B	Cobra/ Laterales	1260	26	1558	1,2	1	2,2
E-B	E.1-E.2-E.3/ Sobres Arco	431,3	31,4	1886	4,4	1,5	5,9
E-A	E.1-E.2-E.3/ Sobres Rectangulares	474,4	134,9	8094	17	1,5	18,5
C-A	Cobra/ Sobres rectangulares	475,7	12,7	764	1,6	1,5	3,1
E-N	E.1-E.2-E.3/ Plafones separadores	655	6,5	392	0,6	1,5	2,1
R-P	Lince/ Plafones Separadores	510	2,4	144	0,3	1,5	1,8
B-B	Sobres Colectividad	1271	11,1	668	0,5	1,5	2
E-J	E.3/ Puertas y Frontis de Librerías	1342,3	131	7862	5,9	1,5	7,4
R-G	Reno-Lince/ Puertas y Frontis de Librería	1529	140,5	8430	5,5	0,5	6
C-G	Cobra/ Puertas y Frontis de Librerías	576	37,9	2278	3,9	1	4,9
E-H	E.3/ Laterales de Librerías	1131	182,3	10940	9,7	1	10,7
E-M	E.3/ Laterales, Tapa y Bajo de Librería	1590	8,2	490	0,3	0,5	0,8
R-Q	Reno/ Laterales, Tapa y Bajo de Librería	960	601	364	0,4	0,5	0,9
C-E	Cobra/ Sobres Soporte Teclado	40255	5,2	310	0	1	1
C-F	Cobra/ Laterales, Tapa y Bajo de librería	1288,8	50	3002	2,3	0,5	2,8
R-F	Reno/ Laterales de Librería, Persiana	1384,4	164,9	9894	7,1	1	8,1
R-D	Reno/ Faldones	1180,7	82,9	4972	4,2	0,5	4,7
E-F	E.1/ Faldones	950	6,3	378	0,4	0,5	0,9
E-E	E.3/ Faldones y Frontales Mostrador	184,25	75,5	4532	24,6	4	28,6
R-H	Reno-Lince/ Estantes y separadores de Librería	2210,5	249,7	14982	6,8	0,5	7,3
R-I	Reno/ Estantes Impresora	1530	8,3	496	0,3	0,5	0,8
C-H	Cobra/ Estantes y separadores de Librería	2180	28,3	1700	0,8	0,5	1,3
E-L	E.3/ Estantes de Impresora	150	2,9	178	1,2	0,5	1,7
E-K	E.3/ Estantes de Librería	1978	107,8	6469	3,3	0,5	3,8
R-E	Reno-Lince/ Tapas, Bajos y Laterales de Cubetas	1686,2	473,2	28394	16,8	2	18,8
E-G	E.1-E.2-E.3/ Laterales, Tapas, Bajos y Traseras	2303,2	555	33298	14,5	0,5	15
C-D	Cobra/ Laterales, Tapa y Bajo de Cubetas	1194	34,4	2064	1,7	1	2,7
	Total		3511	174981	149,7	30,5	180,2

Tabla 5.2 Producción planificada de los Trenes



Donde:

T1: son las horas empleadas en fabricación propiamente dicha (incluyendo traslado de materia por parte de los carretilleros)

T2: representa las horas empleadas en preparación de las máquinas

T: es el tiempo total obtenido como suma de los dos anteriores

5.1.3 Averías, mantenimiento y especial

El tiempo estimado de **averías** para el caso de los trenes es aproximadamente un 5% del tiempo de ocupación, según los datos de que disponemos. Como el tiempo de simulación es de 480h., el total de averías será de unas 24h.

Para introducir los datos en Witness necesitamos estimar la duración de una avería y el intervalo de tiempo en que se produce. Por ejemplo si suponemos que se produce una avería de 6h. de duración cada 120h tendremos un total de 24h. en las que los trenes permanecerán averiados. Teniendo en cuenta la carga de trabajo de los trenes se ha repartido el tiempo total de 6h en:

- ✓ una avería de 0,5 h. de duración para el tren 1 cada 120 h.
- ✓ una avería de 3 h. de duración para el tren 2 cada 120 h.
- ✓ una avería de 2,5 h. de duración para el tren 3 cada 120 h.

En la realidad la distribución de las averías no es uniforme, pero para realizar la simulación correctamente no necesitaremos aleatorizar estos valores porque, gracias al excedente de tiempo en los trenes, nunca podrán suponer un factor crítico.

Las actividades de **mantenimiento** suponen un 10% del tiempo disponible, es decir un total de 48h.

Si fijamos de nuevo un tiempo entre averías de 120 h., como el tiempo de simulación es de 480 h., tendremos un tiempo dedicado al mantenimiento de aproximadamente 12 h. cada 120 h. análogamente al caso anterior estas 12 h. se repartirán entre los trenes proporcionalmente a la carga de trabajo:

- ✓ un mantenimiento de 1 h. de duración para el tren 1 cada 120 h.
- ✓ un mantenimiento de 6 h. de duración para el tren 2 cada 120 h.
- ✓ un mantenimiento de 5 h. de duración para el tren 3 cada 120 h.

En cuanto a la **fabricación especial** se sabe que emplea un 20% más de tiempo que la producción normal. En una semana tomada al azar se han contabilizado un total de 406



piezas correspondientes a producción especial, es decir que en un ciclo de 60 días tendremos 4872 piezas., que repartidas entre los tres trenes de forma proporcional será:

- 20% al tren 1 = 974 piezas / ciclo
- 30% al tren 2 = 1462 piezas / ciclo
- 50% al tren 3 = 2436 piezas / ciclo

Necesitamos conocer el tiempo total empleado en especial, y lo podemos saber calculando la capacidad de producción de piezas especiales para cada tren.

Para el tren 1, en el ciclo muestra se fabrican 8900 piezas de serie en 33.6h. (Ver tabla 5.2), por tanto, como en piezas especiales se emplea un 20% más de tiempo, la capacidad será de:

$Tren\ 1 = 8900 / (59.3 * 1.20) = 125\ piezas/h$ (se ha tomado este dato como valor medio, aunque en realidad no corresponde exactamente a ninguno de los trenes), por tanto el tiempo empleado en procesar 974 piezas será de 8 horas.

Si realizamos los mismos cálculos para los otros trenes obtenemos:

Tren 2: 6 h: dedicadas a fabricación especial

Tren 3: 3 h: dedicadas a fabricación especial

5.1.4 Resultados y conclusiones

Tren 1

Se observa que el tiempo de ocupación del tren es de un 12.38 % mientras que permanece ocioso un 85.74% del tiempo y esta parado por averías, mantenimiento y fabricación especial el 1.88% restante.

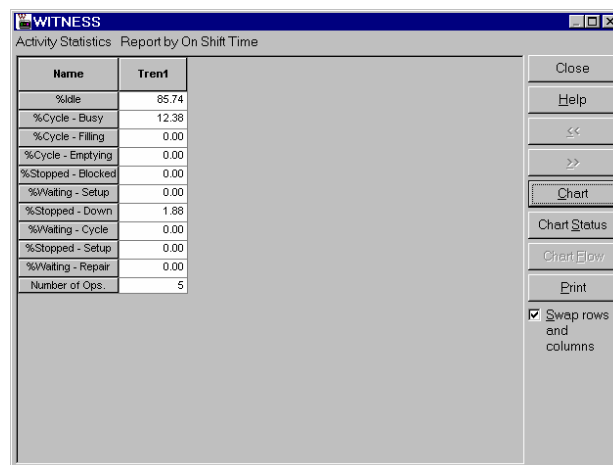


Figura 5.2 Gráfico referente el tren 1.



Tren 2

En cuanto a este tren, los datos reflejan un tiempo de trabajo de 76.69% y un tiempo de paro de 4.59%, por tanto el tiempo libre que le queda es de 18.72%

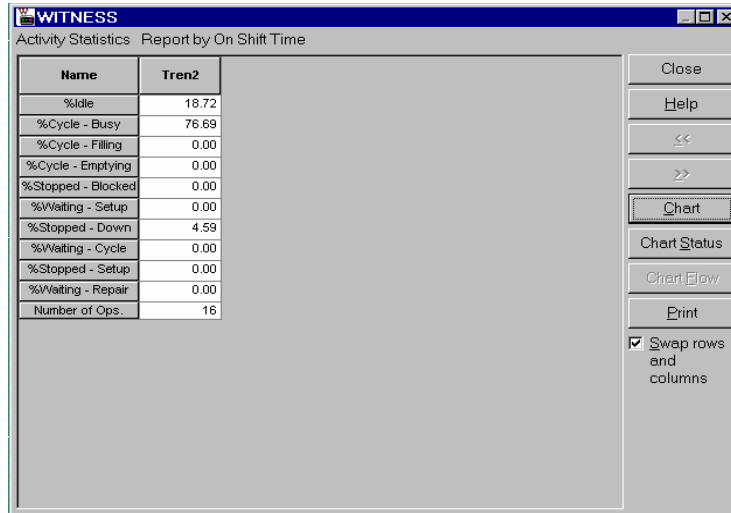


Figura 5.3 Gráfico referente el tren 2

Tren 3

El tren está ocupado un 41.38% del tiempo disponible, averiado, en mantenimiento o en especial un 4.80% del tiempo y vacío un 53.81%

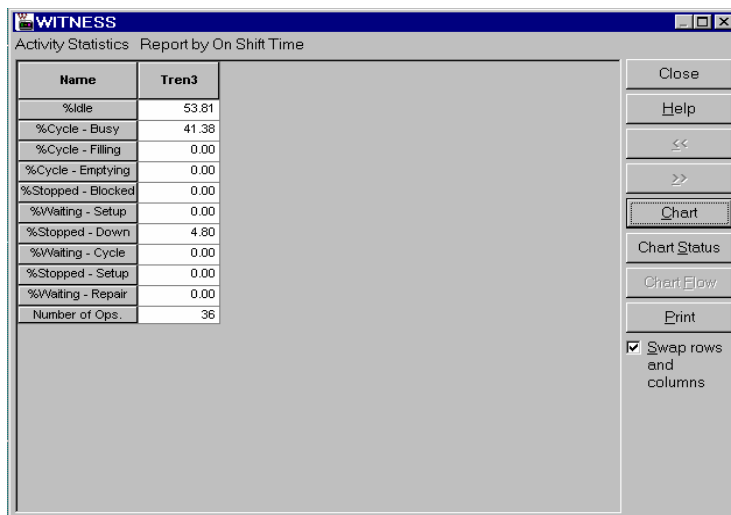


Figura 5.4 Gráfico referente el tren 3.



Por tanto, las **conclusiones** a las que llegamos son:

- ✓ Los tres trenes tienen capacidad suficiente para realizar el trabajo que tienen asignado, ya que el tiempo disponible en un ciclo de 60 días, descontando los 16 días de fines de semana, es de:
- ✓ $44 \text{ días} * 8 \text{ horas / día} = 352 \text{ horas}$
- ✓ Incluso teniendo en cuenta el tiempo perdido en averías y mantenimiento, que se estima en un 15% del total, las horas disponibles son suficientes:
- ✓ $352 \text{ horas} - 0.15 * 352 = 299.2 \text{ horas}$
- ✓ Si conseguimos reducir las horas perdidas en cambios especiales podremos mantener la producción reduciendo las horas extra.
- ✓ También será posible conseguir costes más pequeños disminuyendo el stock de piezas que puede dar lugar a problemas

5.2 TALADROS

La sección de *taladros* recoge las piezas que provienen de los *trenes* y las del proceso de chapa.

El tiempo de proceso necesario es muy variable dependiendo del tipo de piezas, pero, según la información facilitada por la empresa, se puede trabajar con una media de 5 piezas / min. para los dos *taladros*. Además no todas las piezas van a cualquier *taladro*, sino que algunas vienen forzadas. Se puede estimar que el 65% de piezas van al *Taladro 1* mientras que el 35% restante van al *Taladro 2*.

5.2.1 Modelo

Los dos *taladros* pueden ser representados por un elemento “máquina” de tipo simple, porque aunque no siempre procesa las piezas de una en una, tenemos el tiempo unitario de trabajo, es decir, si aceptamos que los *taladros* procesan 5 piezas/min. si tenemos, por ejemplo, un conjunto de 10 piezas que se van a taladrar a la vez, tardará 2 min. de media.

Análogamente al modelo de los *trenes*, también es necesario tener un espacio disponible donde las piezas esperan a ser procesadas y que será representado mediante el elemento “buffertaladro”. Suponemos que este espacio es suficiente para albergar las piezas en espera. Las piezas que salen de los taladros irán bien directamente al almacén o al proceso de barnizado si pertenecen a alguna de las familias de chapa.



5.2.2 Juego de pruebas de validación

Para poder realizar la simulación de esta parte del proceso se ha calculado para cada una de las familias el tiempo de taladro medio necesario en función del número de piezas. Los resultados obtenidos se presentan en la siguiente tabla:

TREN1

Referencia	Descripción	Cantidad/Ciclo60	Tiempo ciclo60(h)
R-M	Lince/ Faldones	3240	10,8
E-D	E.2/ Faldones	4632	15,44
C-C	Cobra/ Faldones	786	2,62
R-O	Reno-Lince/ Faldones de ángulos	242	0,8
		8900	

TREN2

Referencia	Descripción	Cantidad	Tiempo ciclo60(h)
R-A	R-L-G/ Sobres	11596	38,6
B-A	Bombos, Sobres de mesa	608	2
E-P	E.3/ Lateral Central de armario	746	2,5
R-B	Reno-Gamo/Tapas, Bajos de Librería	19248	64,2
E-I	E.1-E.2-E.3/Tapas, Bajos de Librería	14040	46,8
E-R	E.1-E.2-E.3/ Traseras de cubetas	10068	33,6
R-L	Reno-Lince/ Traseras de cubetas	10540	35,1
M-A	R-L-S-C-E/ Muestras	742	2,5
R-J	Reno-Lince/ Delanteras de cubetas	18482	61,6
E-Q	E.1-E.2-E.3/ Delanteras de cubetas	24196	80,7
C-I	Cobra/ Acoplamiento Ala	1614	5,4
C-K	Cobra Trasera Librería	1068	3,6
C-J	Cobra Sobre	160	0,5
		113108	

TREN3

Referencia	Descripción	Cantidad	Tiempo ciclo60(h)
R-C	Reno/ Laterales	11246	37,5
E-C	E.3/ Laterales	9196	30,7
C-B	Cobra/ Laterales	1558	5,2
E-B	E.1-E.2-E.3/ Sobres Arco	1886	6,3
E-A	E.1-E.2-E.3/ Sobres Rectangulares	8094	27
C-A	Cobra/ Sobres rectangulares	764	2,5
E-N	E.1-E.2-E.3/ Plafones separadores	392	1,3
R-P	Lince/ Plafones Separadores	144	0,5
B-B	Sobres Colectividad	668	2,2
E-J	E.3/ Puertas y Frontis de Librerías	7862	26,2
R-G	Reno-Lince/ Puertas y Frontis de Librería	8430	28,1
C-G	Cobra/ Puertas y Frontis de Librerías	2278	7,6
E-H	E.3/ Laterales de Librerías	10940	34,5
E-M	E.3/ Laterales, Tapa y Bajo de Librería	490	1,6
R-Q	Reno/ Laterales, Tapa y Bajo de Librería	364	1,2
C-E	Cobra/ Sobres Soporte Teclado	310	1
C-F	Cobra/ Laterales, Tapa y Bajo de librería	3002	10
R-F	Reno/ Laterales de Librería, Persiana	9894	33
R-D	Reno/ Faldones	4972	16,6
E-F	E.1/ Faldones	378	1,3
E-E	E.3/ Faldones y Frontales Mostrador	4532	15,1
R-H	Reno-Lince/ Estantes y separadores de Librería	14982	49,9
R-I	Reno/ Estantes Impresora	496	1,6
C-H	Cobra/ Estantes y separadores de Librería	1700	5,7
E-L	E.3/ Estantes de Impresora	178	0,6
E-K	E.3/ Estantes de Librería	6469	21,6
R-E	Reno-Lince/ Tapas, Bajos y Laterales de Cubetas	28394	94,6
E-G	E.1-E.2-E.3/ Laterales, Tapas, Bajos y Traseras	33298	111
C-D	Cobra/ Laterales, Tapa y Bajo de Cubetas	2064	6,9
		174981	

Tabla 5.3 Producción Taladros



5.2.3 Averías, mantenimiento y especial

En el caso de los Taladros también se han calculado los valores de tiempo correspondientes a averías, mantenimiento y especial.

El tiempo que los taladros permanecen **averiados** se ha estimado en un 5% del total del tiempo de funcionamiento. Por tanto, considerando que el Taladro 1 trabaja un 65% del tiempo y el Taladro 2 un 35% y que el tiempo total de trabajo es de 988h. (Ver Tabla 5.3), tendremos:

$$\text{Taladro 1} = 988 * 0.65 * 0.05 = 32\text{h.}$$

$$\text{Taladro 2} = 988 * 0.35 * 0.05 = 17.3\text{h.}$$

La duración de las averías también se rige por una ley exponencial y los parámetros se han determinado siguiendo la misma pauta que en el caso de los trenes (ver Ap.5.1.3)

El **mantenimiento** absorbe un 10% del tiempo total, por tanto:

$$\text{Taladro 1} = 988 * 0.65 * 0.1 = 64.2\text{h.}$$

$$\text{Taladro 2} = 988 * 0.35 * 0.1 = 34.6\text{h.}$$

En cuanto a la **producción especial** calculamos la capacidad de los taladros y obtenemos un total de 250 piezas/h.

Como tenemos que hacer unas 4872 piezas / ciclo necesitaremos aproximadamente 19.5h., repartidas en 12.7h. para el Taladro 1 y 6.8 h. para el Taladro 2.

5.2.4 Resultados y conclusiones

Taladro 1

Es el que recibe un 65% de las piezas que salen de los trenes, y tiene un tiempo de ocupación de 63.42%, se pierde en averías, mantenimiento y especial un 13.40% y dispone del 8.13% del tiempo libre.



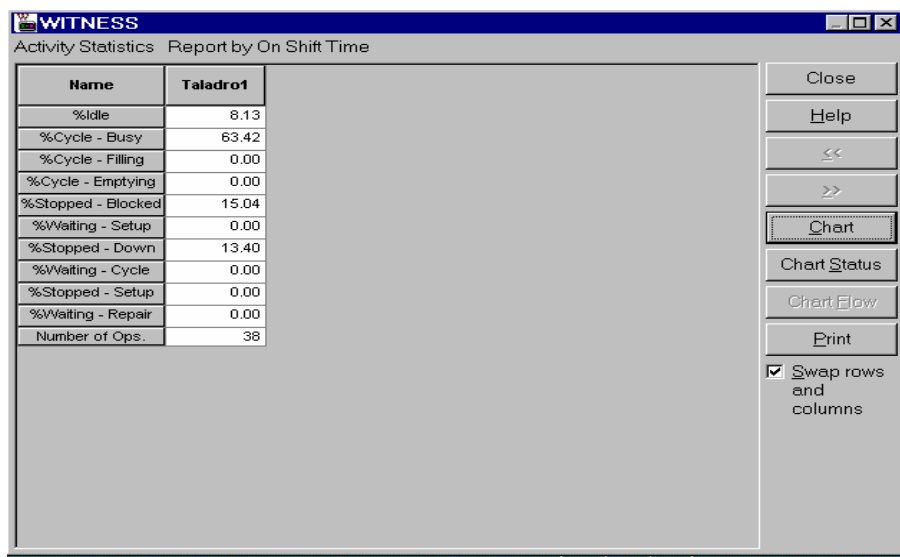


Figura 5.5 Gráfico referente al Taladro 1.

Taladro 2

El Taladro 2 se ocupa del 35% de familias restantes, lo cual le supone un tiempo de ocupación del 42.10%, un 7.22% destinado a averías, mantenimiento y especial y de un 41.81% del tiempo libre.

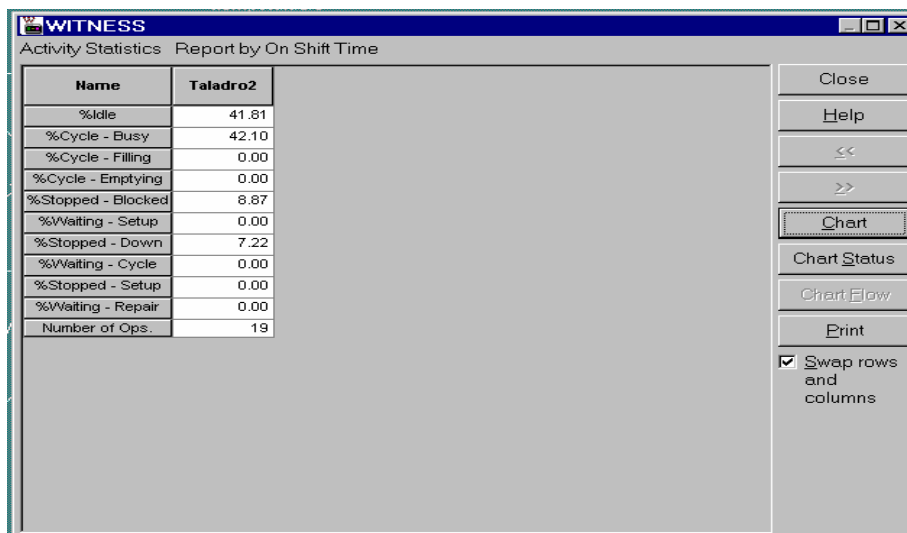


Figura 5.6 Gráfico referente al Taladro 2.



Puede parecer que la ocupación de los dos taladros es muy similar teniendo en cuenta que uno recibe mayor proporción de familias que el otro, pero hay que tener en cuenta que no todas las familias tienen el mismo número de piezas a taladrar, por tanto, si el taladro 2 recibe familias con más trabajo le costará más tiempo procesarlas.

Puede suceder que si simulamos la producción de otro ciclo, las familias se repartan de forma distinta y uno de los taladros quede mucho más ocupado que el otro.

REPARTICIÓN DE LAS FAMILIAS

En esta simulación las familias se reparten entre los dos taladros en la siguiente proporción: 30 de las 44 familias llegan al taladro1 mientras que las 14 restantes son procesadas por el taladro 2

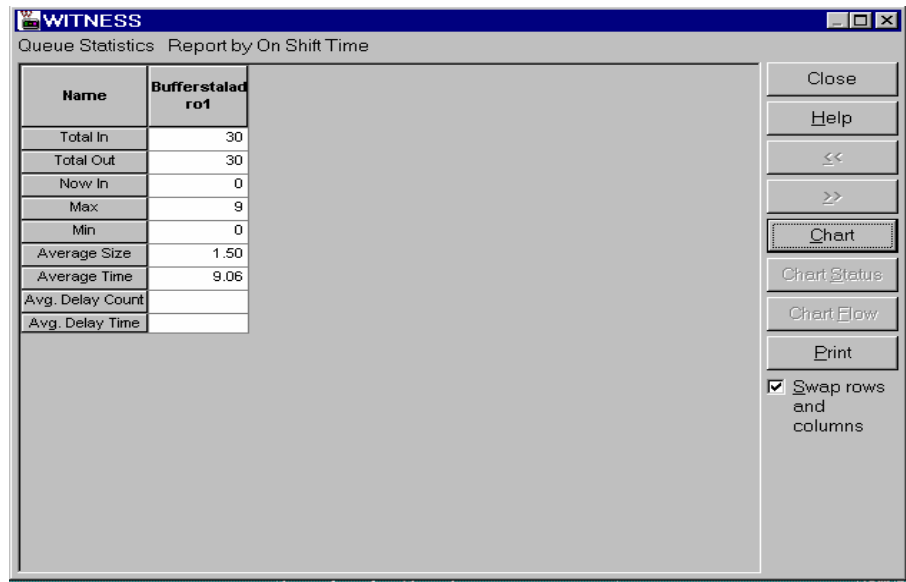


Figura 5.7 Gráfico referente al Almacén del Taladro 1.



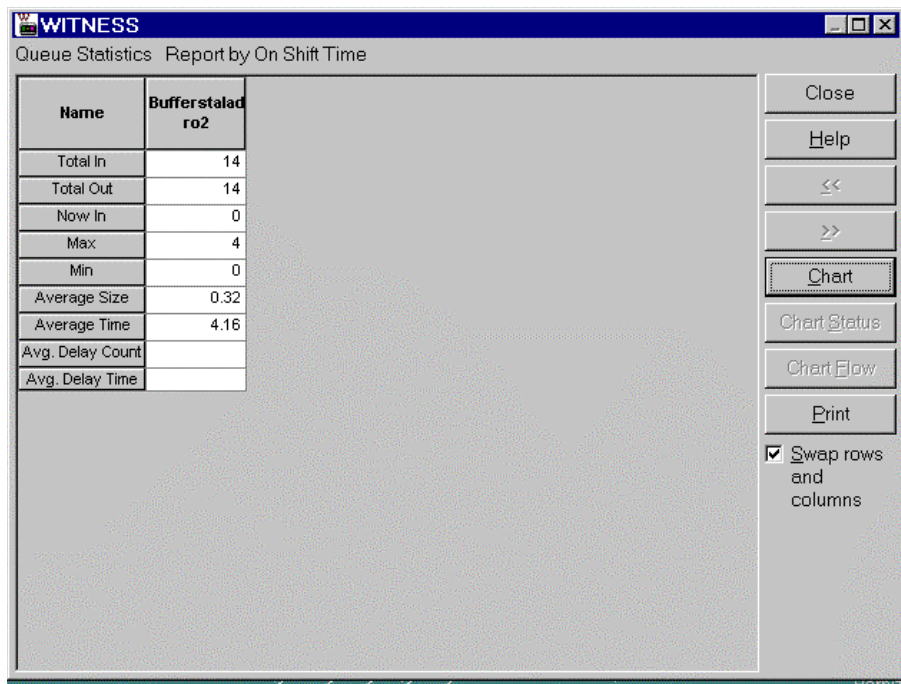


Figura 5.8 Gráfico referente al Almacén del Taladro 2.

Conclusiones:

A pesar de que los taladros suponen un cuello de botella para Mobel Línea, en vista de los resultados obtenidos no parece que el problema sea la producción planificada, porque por lo menos para el ciclo simulado, la capacidad de los mismos es más que suficiente. Por tanto, deberemos comprobar que sucede al introducir la fabricación especial.

5.3 PROCESO PANTÓGRAFOS-BAZ

En Mobel Línea poseen dos máquinas llamadas Pantógrafos que se encargan de procesar las piezas con formas curvas y dos BAZ, que pueden también trabajar con piezas curvas pero que a diferencia de los Pantógrafos, permiten colocar el canto de forma automática y en la misma máquina. En cambio, en el caso de los Pantógrafos, las piezas deben ser trasladadas a uno de los trenes donde un operario se encargará de colocar el canto de forma manual.

Para los Pantógrafos el ritmo de producción es de 30 piezas / hora con cuatro operarios, y las piezas de los trenes que son tratadas por los Pantógrafos son las pertenecientes a las familias R-K y R-N.



Por su parte los BAZ se ocupan de las familias C-J (que pertenece también al grupo de piezas chapadas) y E-O. El tiempo invertido en realizar todo el proceso es entre 6 y 10 min. /pieza

5.3.1 Modelo

El modelo de simulación que se ha diseñado para los Pantógrafos consiste en dos elementos “maquina” de tipo simple y el correspondiente buffer donde se almacenarán las piezas en espera de ser procesadas.

Las piezas que vayan saliendo de los Pantógrafos se redirigirán a los trenes para que se les coloque el canto.

Análogamente, para los BAZ se ha utilizado el mismo modelo de simulación: máquinas y buffers. La diferencia entre los dos será tanto los tiempos de proceso como la ruta seguida por las piezas.

5.3.2 Juego de pruebas de validación

Para poder realizar la simulación de éste apartado se ha preparado una tabla en la que se recogen los tiempos de proceso de las piezas de los Pantógrafos y los BAZ para un ciclo de 60 días.

La tabla es la siguiente:

PANTÓGRAFOS

Referencia	Cantidad mensual	Cantidad ciclo 60	Piezas/hora (con 4 operarios)	Tiempo pantógrafo (h)
R-K	264	528	30	17,6
R-N	810	1620	30	54

Tabla 5.4 Producción Pantógrafos

BAZ

Referencia	Cantidad mensual	Cantidad ciclo 60	Piezas/hora (con 4 operarios)	Tiempo pantógrafo (h)
C-J	80	160	MIN:6/MAX:10	MIN:16/MAX:27
E-O	2441	4882	MIN:6/MAX:10	MIN:488/MAX:814

Tabla 5.5 Producción BAZ



En la zona de los Pantógrafos, según la información disponible, siempre existen operarios disponibles para realizar las tareas necesarias, por eso no se ha considerado como una limitación.

5.3.3 Averías, mantenimiento y especial

PANTÓGRAFOS

En el ciclo que se ha tomado como referencia en el caso de los Pantógrafos el total de horas empleadas es de 71.6, por tanto, si las **averías** representan un 5% del total y el **mantenimiento** un 10% tendremos respectivamente 3.58 y 7.16 horas empleadas.

El tiempo de duración de las averías y mantenimiento se distribuye según una ley exponencial, y los parámetros adoptados son los mismos que para los trenes (ver Apt. 5.1.3)

La capacidad de fabricación para la **producción especial** es de 25 piezas / hora y el número de piezas fabricadas en el ciclo de referencia es de 34, por tanto se perderá un total de 1.4h cada ciclo.

BAZ

Los BAZ trabajan 700h. en el ciclo simulado, por tanto se invertirán 35h. en reparación de **averías** y 70h. en operaciones de **mantenimiento**. Repartidas según los mismos parámetros que los Pantógrafos.

Los BAZ sólo pueden absorber 6.7 piezas **especiales** cada hora, por tanto invertirá 12h. en fabricar las 81 piezas que se han estimado necesarias en el ciclo representativo.

5.3.4 Resultados y conclusiones

PANTÓGRAFOS

Debemos distinguir entre el 1 y el 2.

El pantógrafo 1 tiene una ocupación de 1.84% y está libre un 98.16%

El pantógrafo 2 un 5.64% de ocupación, un 92.87% del tiempo libre y un 1.49% en averías, mantenimiento y especial.



Por tanto, podemos afirmar que la capacidad de los pantógrafos es sobrada para procesar las piezas que son requeridas en un ciclo normal.

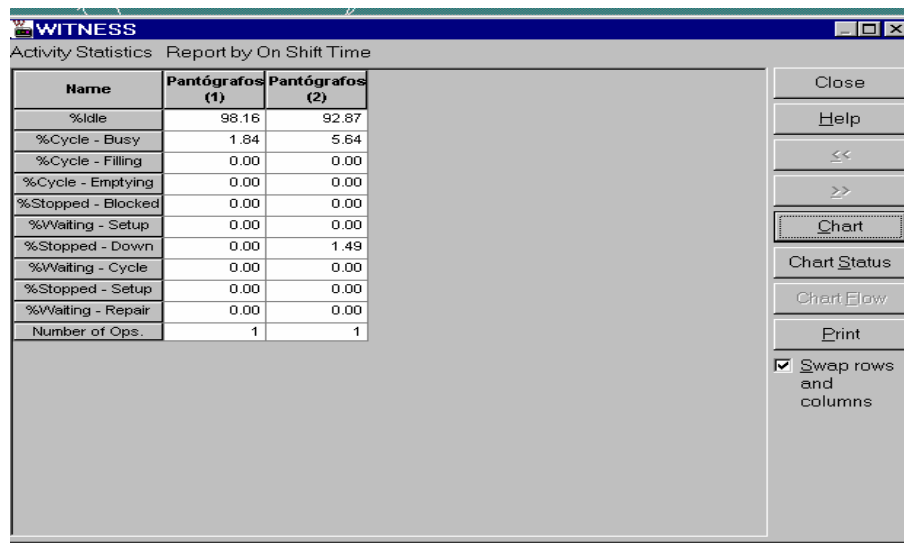


Figura 5.9 Gráfico referente a los Pantógrafos

BAZ

El BAZ1 tiene una ocupación del 2.82% del tiempo y un tiempo libre del 97.18%.

El BAZ2 emplea un 84.98% del tiempo, un 0.41% libre y en otros emplea 14.62% de su tiempo.

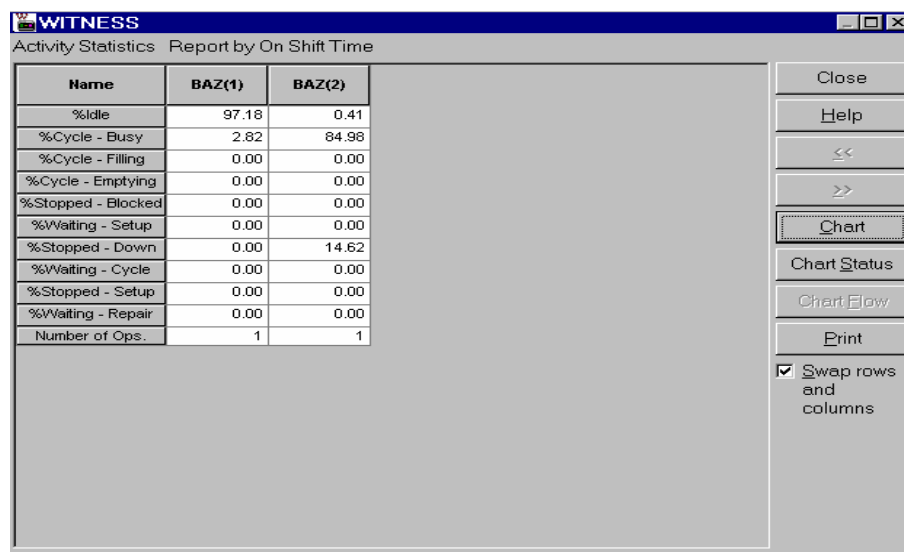


Figura 5.10 Gráfico referente a los BAZ



La diferencia de tiempo de ocupación entre los dos es debida a que una de las familias procesadas es muy costosa de procesar mientras que la otra es muy pequeña. Como se ha dividido el trabajo por familias enteras, sale descompensado, pero si fuese necesario se podría dividir el trabajo por piezas en lugar de por familias y quedaría más equilibrado.

5.4 PROCESO CHAPA (COSEDORA-PRENSA)

Tal y como se ha indicado anteriormente, la mayoría de las piezas que fabrica Mobel Línea son de melamina, pero también hay un pequeño porcentaje de piezas, que podríamos catalogar como pertenecientes a la gama alta, que se fabrican en madera chapada.

Las piezas chapadas son las únicas que posteriormente serán barnizadas, y corresponden con las familias C-A, C-B, C-C, C-D, C-E, C-F, C-G, C-H, C-I, C-J Y C-K.

El recorrido realizado por estas piezas es: seccionadora / cosedora de chapa / prensa de chapa / tren / tren de barnizado.

5.4.1 Modelo

Para poder realizar de forma correcta un modelo de simulación se necesitan una serie de datos y/o características mínimas que pueden obtenerse bien de la realidad o bien realizando ciertas hipótesis. Al plantear la simulación de la cosedora de chapa la falta de datos registrados respecto a su tiempo de proceso y al no encontrar ninguna forma de medirlos para todas las piezas con las que trabaja se ha buscado una manera alternativa de plantear su simulación. En el caso de esta máquina, todas las piezas que pasan por ella pasan después por la prensa y según el personal encargado de ésta, la prensa nunca tiene que esperar las piezas procedentes de la cosedora, es decir, que el verdadero cuello de botella que marcará ésta parte del proceso es la prensa, y por tanto será la única que tendremos en cuenta. Además, como disponemos de los tiempos del proceso de prensado, podremos realizar la simulación sin problemas.

Los elementos utilizados para realizar la simulación son de nuevo máquinas y buffers. En el caso de la cosedora el elemento máquina no tiene ninguna utilidad ni repercusión en la simulación, ya que todos los tiempos de proceso los tiene fijados a cero.



5.4.2 Juego de pruebas de validación

Los tiempos utilizados para llevar a cabo la simulación se presentan en la siguiente tabla.

<i>TREN 1</i>		
Piezas Barniz	Piezas/h. en prensa	Tiempo prensa(h)
C-C	75	10.5
<i>TREN 2</i>		
Piezas Barniz	Piezas/h. en prensa	Tiempo prensa(h)
C-I	150	10.8
C-J	15	10.7
C-K	75	14.2
<i>TREN 3</i>		
Piezas Barniz	Piezas/h. en prensa	Tiempo prensa(h)
C-B	75	20.8
C-A	15	50.9
C-G	75	30.4
C-E	150	2.1
C-F	75	40.1
C-H	75	22.7
C-D	150	9.9

Tabla 5.6 Tiempos de Prensa

Para calcular el número de piezas por hora que pueden ser prensadas, como no existen mediciones directas de los tiempos, se ha realizado un cálculo aproximado en el que se han tenido en cuenta varias características:

- ✓ La prensa se cierra cada cuatro minutos.
- ✓ Cada vez que se cierra pueden caber desde una pieza grande hasta cuatro de pequeñas.

A partir de estos datos ya podemos calcular los tiempos, pero necesitaremos saber qué piezas son “pequeñas”, que piezas son “medianas” y cuales se consideran “grandes”.

Según la información facilitada por la empresa podemos clasificar las piezas de chapa de la siguiente forma:

Tipo	Tamaño(m. por pieza)	Familias
Grandes	4	C-A/C-J
Medianas	2	C-B/C-C/C-F/C-G/C-H/C-K
Pequeñas	1	C-D/C-E/C-I

Tabla 5.7 Clasificación piezas de Prensa



Una vez las piezas clasificadas, podemos deducir el número de piezas por hora con un simple cálculo:

Tipo	Piezas por prensado	Prensados por hora	Piezas prensadas por hora
Grandes	1	15	15
Medianas	5	15	75
Pequeñas	10	15	150

Tabla 5.8 Cálculo de la capacidad de prensado

5.4.3 Averías, mantenimiento y especial

Tomamos que tiempo de ocupación en un ciclo media 223 h, por tanto si el 5% se invierte en solucionar **averías** representará un total de 11h. El tiempo destinado a operaciones de **mantenimiento** es del 10% del total, es decir, 22h aproximadamente.

Igual que en los casos anteriores, también se han fijado los parámetros necesarios para que los tiempos sigan leyes exponenciales y se ajusten a las condiciones.

En el proceso de prensado de la chapa de las piezas la velocidad depende del tamaño de las piezas, ya que está limitado por el espacio disponible en la prensa., así que en este caso tendremos que calcular capacidades de **fabricación especial** distintas para cada tipo de piezas.

Las piezas pequeñas, que en condiciones normales se producen a 372 piezas/h., verán reducida su velocidad a 310 piezas/h. Las piezas de tamaño medio saldrán a un ritmo de 155 piezas/h. y las grandes 75piezas/h.

Si calculamos las horas que se tendrán que emplear para fabricar las piezas necesarias en el ciclo muestra, obtenemos: 11horas las menores, 67 horas las medias y 12 horas las más grandes.

Sumando los tres tiempos obtenemos un total de 90 h. empleadas en prensado especial.

5.4.4 Resultados y conclusiones

El tiempo de ocupación es de 52.20% del tiempo, el tiempo libre es de 10.22%, y el resto, 37.58% se emplea en averías, mantenimiento y especial.

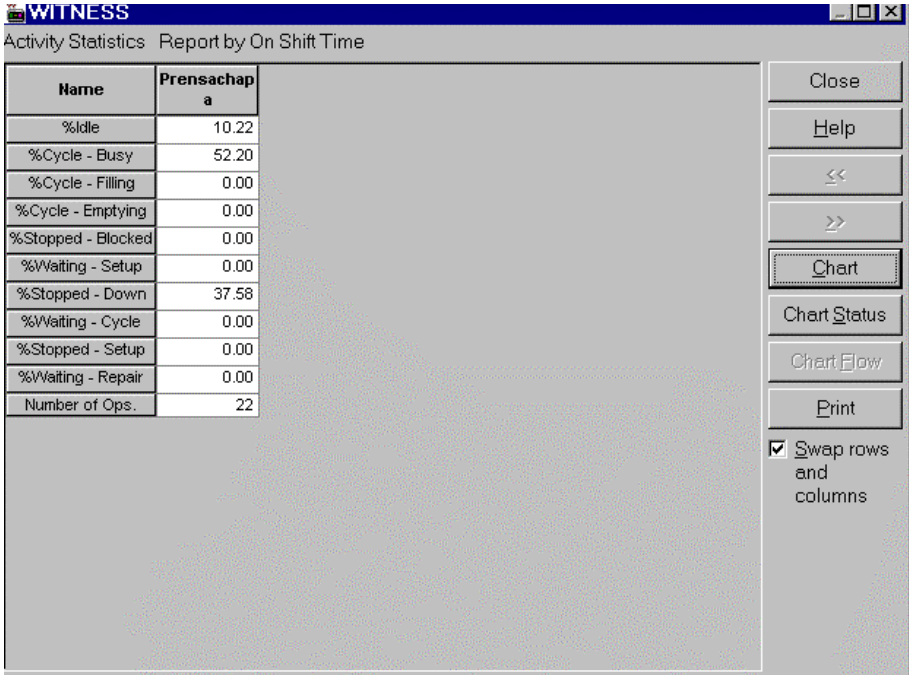
Se observa que aunque el tiempo disponible es suficiente, no queda demasiado tiempo libre para hacer frente a picos de demanda o a un aumento de fabricación especial.

Hay que tener en cuenta que los datos referentes a los tiempos están calculados de forma aproximada y a partir de otros datos que tampoco son exactos .Por ejemplo, la clasificación



de las piezas en pequeñas, medianas y grandes no es del todo exhaustiva, ya que dentro de las medianas, aunque se ha supuesto que cabían cinco piezas en una operación prensado, también podrían ser, por ejemplo, cuatro o seis, lo cual no se ha tenido en cuenta. Además también podría pasar que una pieza grande dejara espacio suficiente para una pieza pequeña.

A pesar de esta aparente inexactitud de los datos, se han considerado representativos del tiempo medio de proceso y no afectarán a la validez de la simulación.



The screenshot shows the WITNESS software interface with a window titled 'WITNESS' and 'Activity Statistics Report by On Shift Time'. The main content is a table with two columns: 'Name' and 'Prensachapa'. The table lists various activity states and their corresponding values. To the right of the table is a vertical toolbar with buttons for 'Close', 'Help', navigation arrows, 'Chart', 'Chart Status', 'Chart Flow', 'Print', and a checked checkbox for 'Swap rows and columns'.

Name	Prensachapa
%Idle	10.22
%Cycle - Busy	52.20
%Cycle - Filling	0.00
%Cycle - Emptying	0.00
%Stopped - Blocked	0.00
%Waiting - Setup	0.00
%Stopped - Down	37.58
%Waiting - Cycle	0.00
%Stopped - Setup	0.00
%Waiting - Repair	0.00
Number of Ops.	22

Figura 5.11 Gráfico referente a la Prensa

5.5 BARNIZADO DE LA CHAPA

5.5.1 Modelo

Las piezas chapadas, una vez finalizado el proceso de fabricación propiamente dicho, son llevadas a una zona reservada exclusivamente para pintar dichas piezas.

Este espacio está separado del resto de la zona de producción para impedir que los gases que emanan de la pintura afecten al resto de la plantilla.



Las características principales del tren de barnizado son:

- ✓ Las piezas avanzan a una velocidad de 8m. / min.
- ✓ El espacio empleado varía entre 1 y 2 metros, si es una pieza pequeña, y 4 si se trata de una pieza grande.
- ✓ En el cálculo del espacio hay que añadir un 30% sobre la medida de la pieza como separación mínima entre ellas.
- ✓ En caso de saturación se puede reducir el espacio entre las piezas
- ✓ Existen dos posibles colores, haya y mogano.
- ✓ Las piezas se introducen por familias (las mismas que rigen la fabricación) y para cada una de ellas se hace primero un color y luego el otro
- ✓ El tren se prepara cada día para un color diferente, y hay que tener en cuenta una hora de preparación (invertido en tareas de limpieza y ajustes)
- ✓ Sólo se barnizan las piezas de chapa, que siguen el siguiente recorrido seccionadora / cosedora / prensa / tren / barniz

La simulación inicial determinista ha sido realizada respetando el ciclo seguido por la empresa, según el cual cada día se barnizan sólo las piezas de una misma familia y de un mismo color, pero en simulaciones posteriores se tendrán en cuenta variaciones que puedan agilizar el proceso.

En cuanto a la clasificación de las piezas por tamaño se ha fijado como sigue:

	Grandes(4m./pieza)	Medianas(2m./pieza)	Pequeñas(1m./pieza)
Piezas	C-A/C-J	C-B/C-C/C-F/C-G/C-H/C-K	C-D/C-E/C-I

Tabla 5.9 Clasificación de las piezas barnizadas

A partir de la longitud media de las piezas podemos determinar el tiempo de proceso de cada una de ellas según sean pequeñas, medianas o grandes.

Tomando como ejemplo una pieza pequeña, sabemos que mide 1m. y que avanza a 8m. /min. Calculamos el ritmo de producción de la siguiente forma:

- Anchura efectiva: 1.3m/pieza
- Velocidad: 8 m/min.

Tasa de producción = (8 m/min.) / (1.3 m. /pieza) = 372 piezas / hora



5.5.2 Juego de pruebas de validación

Piezas	Piezas Haya/ciclo	Piezas Mogano/ciclo	Piezas/hora		Tiempo barniz (Haya, h)	Tiempo barniz (Mogano, h)
C-I	644	972	Pequeñas	372	1.8	2.6
C-E	140	170			0.4	0.4
C-C	350	436			1.8	2.4
C-K	408	660	Medianas	186	2.2	3.5
C-B	586	972			3.2	5.2
C-G	738	1540			3.9	8.3
C-F	1036	1966			5.5	10.6
C-H	594	1106	Grandes	90	3.2	5.9
C-J	62	99			0.7	1.1
C-A	312	452			3.5	5
PARCIAL POR COLORES					26.2	45
TOTALES					71.2	

Tabla 5.10 Tiempos de producción para el tren de barnizado.

5.5.3 Averías, mantenimiento y especial

En nuestro ciclo modelo se han empleado 75h. en la realización de todas las piezas. Esto representa un 5% en averías (4h) y un 10% en mantenimiento (unas 7.5h.)

5.5.4 Resultados y conclusiones

El tiempo de ocupación es del 20.9%, el tiempo empleado en averías mantenimiento y especial un 3.14%, mientras que el resto está libre, 76.56%

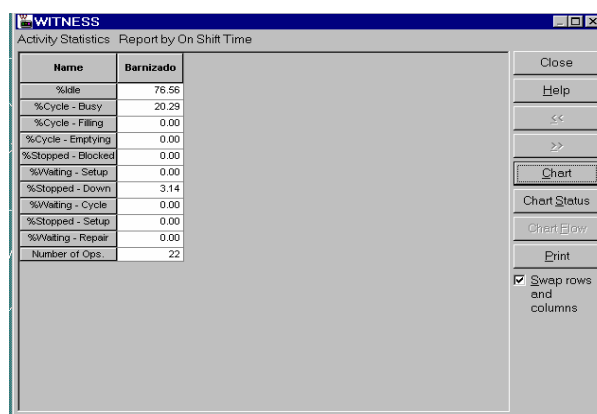


Figura 5.11 Gráfico referente al tren de barnizado





6. VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN DEL MODELO

La verificación y validación del modelo consiste en la confirmación de que el modelo se comporta y responde a todos los objetivos que hemos planteado en la simulación y de una forma adecuada.

La *verificación* concierne al modelo operativo y trata de averiguar si el modelo responde a lo que esperamos de él. Para ello debemos evaluar si el modelo conceptual ha sido adecuadamente trasladado al programa de ordenador. Existen algunas técnicas de verificación de un modelo, algunas de ellas las pondremos en práctica más adelante a través del caso de estudio.

La *validación* es el proceso que determina si un modelo de simulación representa de manera adecuada a un sistema real, de forma que podamos interrogarnos sobre las cuestiones específicas que nos habíamos planteado. La manera de realizarlo es mediante un proceso iterativo en el cual, en cada paso, se compara el comportamiento del modelo con el sistema real. El proceso finaliza una vez que hemos alcanzado la exactitud deseada entre modelo y sistema real.

Con la siguiente figura se representa el calendario y las relaciones entre verificación y validación:

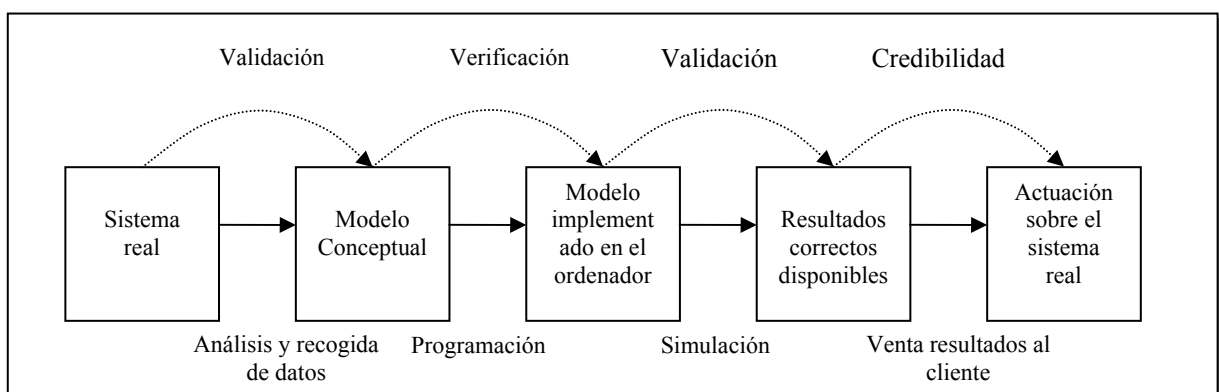


Figura 6.1: Metodología de acreditación del modelo

Primero se define el modelo conceptual del sistema real. A continuación, se implementa este modelo en el programa de simulación y se verifica el modelo creado en ordenador. En este momento se debe hacer la validación, es decir comparar el comportamiento del modelo conceptual con el del sistema real. Si las diferencias son mínimas entre ambos, este modelo



será el definitivo. En caso contrario, se deberá redefinir el modelo y repetir los pasos sucesivamente hasta que se determine el modelo definitivo.

Con el modelo completo se llevarán a cabo los experimentos con los que se extraerán conclusiones sobre el sistema real. En la circunstancia que la verificación o la validación no se haya hecho correctamente, el modelo no representará correctamente el sistema real y no todas las conclusiones extraídas no son útiles. De esta manera se ve la enorme importancia que tiene la fase de verificación y validación.

6.1 VERIFICACIÓN DEL MODELO

En este apartado se describirán las técnicas llevadas a cabo para la verificación del modelo. A medida que se ha ido construyendo el modelo en Witness por etapas se han ido realizando una serie de evaluaciones; por ello, la verificación del modelo completo queda prácticamente implícita en el contexto de estudio. Básicamente las técnicas que hemos implementado en el modelado para la verificación son:

Comprobación visual del comportamiento del modelo en las animaciones 2D frente al tiempo con objeto de observar discrepancias entre el sistema real (diagramas de flujo) y el modelo en Witness.

A través de monitores dinámicos de estado (busy, idle, blocked, etc...) en determinados elementos del modelo de forma que nos ha permitido evaluar su evolución a través del tiempo.

Es decir, dependiendo del estado del modelo en que nos encontremos trataremos de verificar aspectos diferentes como pueden ser: flujos, tiempos, priorizaciones, casos especiales y excepciones, movimientos de piezas...etc.

En todos los subapartados se ha realizado una comprobación de los diversos estados de cada elemento ante los diversos eventos que se producen. Para ello Witness dispone de una lista de estado algunos de ellos específicos de cada elemento (e.j. estado *conveyable* para las cintas) y unas herramientas de análisis de "outputs" que permiten seleccionar los elementos y representar en gráficos la proporción de estados de las máquinas.

Para comprobar el adecuado estado dinámico de determinados elementos del modelo se han manipulado determinadas entradas de datos cotejando el estado de éstos elementos ante efectos esperados del sistema.



La verificación se ha realizado por etapas. Se puede esquematizar la evolución de diseño del modelo según expresa la tabla 6.1 adjunta:

ETAPA	TIPO DE GESTION	MODELO(.mod)
1	Trenes de Carpintería	Escenario1
2	Taladros	Escenario2
3	Proceso Pantógrafo-BAZ	Escenario3
4	Proceso Chapa	Escenario4
5	Barnizado de la chapa	Escenario5

Figura 6.2: Cuadro evolutivo en el diseño del modelo

6.6.1 Comportamiento de los Trenes de Carpintería

En este subapartado, correspondiente al escenario 1, se ha evaluado visualmente el comportamiento de los trenes de carpintería en sus movimientos comprobando que estos realizaran de forma adecuada las acciones con las que pueden encontrarse en el sistema real. Estas acciones corresponden a:

- ✓ Recibir las piezas que salen de la seccionadora y almacenarlas hasta que puedan ser procesadas.
- ✓ Siempre tienen que tener materia prima preparada para poder trabajar.
- ✓ Priorizar el tratamiento de las piezas que les corresponden dependiendo del tren y aceptar piezas provenientes de otros trenes en caso de sea necesario por una saturación de otro tren o en caso que sea conveniente por que uno de los trenes tenga vacíos de producción.
- ✓ Los tiempos de fabricación deben ser los esperados según el tren y el tipo de pieza.
- ✓ Las piezas no deben salir de los trenes hasta que no se hayan realizado todas las operaciones necesarias para pasar a la siguiente etapa.

6.6.2 Comportamiento de los Taladros

En este subapartado, correspondiente al escenario 2 se ha evaluado el comportamiento de los taladros con objeto de confirmar que visualmente:

- Siempre hay un operario disponible para trasladar las piezas de los trenes a los taladros.



- El orden de tratamiento de las piezas en condiciones normales, corresponde al orden en que estas llegan a los taladros (FIFO).
- En caso de producción especial o pedido urgentes el orden de trabajo deberá adaptarse a las condiciones requeridas.
- Ninguna pieza salga de los taladros sin que se le hayan realizado todas las operaciones necesarias para pasar a la siguiente fase.

6.6.3 Comportamiento de los Pantógrafos

En este subapartado correspondiente al escenario 3 se ha evaluado el comportamiento de los Pantógrafos desde un punto de vista de secuenciación de las acciones y control de salidas, concretamente en:

- Sólo las piezas con formas curvas deberán llegar a ellos para ser procesadas.
- Los tiempos de trabajo se ajustan a los previstos según el tipo de pieza a tratar.
- Una vez realizado el trabajo por parte de los Pantógrafos las piezas son desviadas al tren más adecuado dependiendo de la saturación de éstos.

6.6.4 Proceso de Chapa

En este subapartado, correspondiente al escenario 4 se ha realizado la comprobación del funcionamiento de la sección de procesado de la chapa para asegurarnos de que se cumplen las reglas de flujo dictadas. En concreto:

- Las piezas deben pasar primero por la seccionadora antes de llegar a la cosedora de chapa.
- Después de pasar por la cosedora, las piezas deben pasar por la prensa para que el proceso sea correctamente realizado.
- Los tiempos en cada una de estas dos máquinas se ajustan a lo estipulado por el departamento de producción.
- Tras el proceso de chapado, el material debe ser redirigido a uno de los trenes en función del tipo de pieza del que se trate.
- Las piezas chapadas que o requieran deberán ser trasladadas a los taladros donde serán tratadas en el orden especificado en producción según el ciclo deseado o según su prioridad.



6.6.5 Proceso de Barnizado de la Chapa

En este subapartado, correspondiente al escenario 5, se ha comprobado el funcionamiento del tren de barnizado. En concreto las siguientes acciones:

- Todas las piezas chapadas deben llegar al tren de barnizado.
- Una vez en dicho tren serán ordenadas por colores.
- El orden viene determinado por producción o bien por prioridad en el caso de pedidos urgentes.

6.2 VALIDACIÓN DEL MODELO

Para poder determinar si se pueden extraer conclusiones definitivas del modelo hemos de comprobar antes que el modelo que simulamos corresponda con el sistema real. Debemos validar el modelo.

La gran dificultad de ésta simulación es que el modelo, aunque representa un sistema real, no se ha podido realizar con datos exhaustivos y perfectamente comprobados, ya que la empresa no dispone de ellos. La validación del sistema, dentro de unos márgenes de credibilidad, consistirá en:

- Validación del aspecto del modelo.
- Validación de las hipótesis del modelo.
- Validación de la correspondencia con el sistema real.

6.2.1 Validación del aspecto del modelo.

Se trata de un primer nivel de validación. Su objetivo es comprobar que el funcionamiento general del modelo es el mismo que del sistema real. A este nivel se pretende detectar posibles desviaciones importantes de funcionamiento entre modelo y realidad.

Para ello es necesario implicar a los “expertos” del sistema en la construcción y validación del modelo y obtener el máximo de información de los conocedores del sistema.

En éste caso se ha consultado al jefe de producción de Moblé Línea como experto en funcionamiento del sistema con objeto de cotejar los resultados parciales y globales obtenidos en productividades de componentes y en la veracidad de la animación obtenida



ante diversos escenarios de “inputs”. En todos los casos se han obtenido resultados adecuados y aceptables.

6.2.2 Validación de las hipótesis del modelo.

Validación del modelo conceptual:

Una técnica importante para la validación de las hipótesis en la construcción del modelo es el análisis de sensibilidad, que consiste en alterar determinados parámetros del sistema y contrastar los resultados obtenidos, evaluándolos de tal forma que cuestionemos que el modelo se comporta adecuadamente.

De esta forma analizaremos el proyecto concretamente en:

1. Simplificaciones y limitaciones del modelo.
2. Fuentes de información controvertida (*tiempos de proceso*)

6.2.3 Simplificaciones y limitaciones del modelo.

La máxima simplificación del modelo es el hecho de no considerar toda la diversidad de referencias en los trenes. Obviamente esta simplificación es prácticamente obligada dado que el hecho de poder distinguir entre todas las referencias supondría un proyecto diferente de simulación. Sin embargo no podemos olvidar el impacto que se produce sobre el modelo.

Para estudiar este impacto se han aleatorizado los tiempos de proceso y el número de piezas y se han realizado las réplicas que se han considerado necesarias (ver capítulo 8: “Experimentación con el modelo de simulación”).

Se ha podido constatar que el hecho de disponer de un escenario más desfavorable no supone diferencias sustanciales de productividad en las salidas de los trenes.

6.2.4 Validación de datos controvertidos.

En algún tipo de procesos se ha llevado a cabo una abstracción y simplificación del sistema original. Un error en el que se cae frecuentemente, es detallar demasiado el modelo sin aportar demasiado valor añadido respecto a un modelo más sencillo. Ello complica el calendario de acontecimientos del modelo y aumenta el tiempo de simulación. El nivel de detalle debe concordar con el tipo de información que se quiere extraer del modelo. En este



estudio se pretende analizar las líneas de producción en términos generales y evaluar sus limitaciones, pero no en el detalle de sus operaciones.

Las velocidades y aceleraciones de cintas y carretillas se han modelado con un valor constante correspondiente a las especificaciones de los fabricantes de las máquinas.

Los tiempos de proceso de todas las máquinas también se han ajustadas a las especificaciones del fabricante y/o del encargado de producción, y se han modelado siguiendo leyes exponenciales. En los diversos experimentos se ha trabajado con los valores iniciales y con incrementos y decrementos de los mismos.

6.2.5 Validación de la correspondencia con un sistema real esperado.

Una técnica adecuada en la validación de un modelo de simulación, consiste en la emulación de diversos escenarios de entradas de datos en el modelo, de los que conocemos cual debe ser el comportamiento del sistema en sus salidas ya que bien tenemos referencias de otras instalaciones similares, bien disponemos de datos técnicos aportados por el fabricante o bien disponemos de datos del sistema real esperado en las salidas; con ello podremos corroborar que tipo de discrepancias existen ante respuestas concretas del sistema real y las que aporta el modelo. Todo ello se traduce en la manipulación de las entradas del modelo mediante “inputs” constantes y el análisis estadístico de variabilidad en las salidas de determinados parámetros adecuados a los datos técnicos disponibles.

Los resultados obtenidos (ver capítulo 8: “Experimentación con el modelo de simulación”) se puede afirmar que las expectativas del sistema real se han trasladado nuevamente al modelo.

Ante una verificación y validación completa y positiva del modelo de éstas características puede afirmarse que estamos ante un modelo acreditado.





7. EXPERIMENTACIÓN

En este capítulo se pretenden sentar las bases teóricas que han permitido fijar el tiempo de simulación y el número de réplicas realizadas.

7.1 DETERMINACIÓN DEL TIEMPO DE SIMULACIÓN

El objetivo de las simulaciones es ejecutar los experimentos y proporcionar datos fiables para evaluar los experimentos planteados. Se deberán realizar tantas simulaciones como experimentos.

Para limitar la variabilidad de las respuestas es necesario repetir varias veces una misma simulación. A estas repeticiones se les llama réplicas y durante el tiempo de una réplica, todos los acontecimientos modelados deben tener lugar al menos una vez.

Cada simulación esta compuesta pues por varias réplicas y los datos que se usan para el estudio del sistema son los estadísticos medios de las réplicas.

Estos estadísticos medios son los intervalos de confianza y se definen a continuación:

Sea \bar{X} el parámetro de interés y X_{ir} la estimación que se extrae de cada réplica. Para cada simulación se desea obtener el intervalo de confianza de este parámetro.

El valor medio de \bar{X} para N réplicas es:

$$\bar{X}(N) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (\text{Eq.7.1})$$

con una varianza igual a:

$$\hat{V}[X(N)] = \frac{1}{N(N-1)} \sum_{i=1}^N [X_i - \bar{X}(N)]^2 \quad (\text{Eq.7.2})$$

El intervalo de confianza del $(1-\alpha)$ % se obtiene de la siguiente manera:

$$\bar{X}(N) \pm t_{\frac{1-\alpha}{2}, (N-1)} \frac{\hat{\sigma}(\bar{X}(N))}{\sqrt{N}} \quad (\text{Eq.7.3})$$

Los experimentos sobre el modelo se realizarán sobre una base de longitud de replicación de 60 días (un ciclo de producción completo) y que es suficiente para poder evaluar todos los acontecimientos previstos; además es la base temporal a la que se ha acudido para el



cálculo de todos los tiempos; es una longitud suficiente con la que analizar los valores de productividad esperados.

Los experimentos tendrán pues una longitud de replicación de un mes, donde parte de éste tiempo es destinado por cada elemento técnico de la instalación en alcanzar las productividades máximas, productividades evaluadas en función de la saturación de las estaciones de trabajo bajo unas condiciones de demanda. Este tiempo necesario para alcanzar el nivel de productividad es inherente en la actividad en cada ciclo laboral.

Resumiendo, para cada experimento se llevará a cabo una única simulación compuesta de varias réplicas.

El siguiente paso es determinar el número de réplicas necesarias para que la variabilidad de las respuestas sea lo adecuada a los objetivos que queremos obtener.

7.2 DETERMINACIÓN DEL NÚMERO DE RÉPLICAS

Hay que determinar el número de réplicas tal que el intervalo de confianza tenga el ancho deseado.

Sea $2a$ el ancho deseado y $t_{\frac{1-a}{2}, (N-1)} \frac{\hat{\sigma}(\bar{X}(N))}{\sqrt{N}}$ el intervalo de confianza del $\alpha\%$ del parámetro de interés para el estudio, entonces se debe calcular R para que se cumpla la siguiente expresión:

$$a \geq t_{\frac{1-a}{2}, (N-1)} \frac{\hat{\sigma}(\bar{X}(N))}{\sqrt{N}} \quad (\text{Eq.7.4})$$

El procedimiento para determinar el número de réplicas es un proceso iterativo donde debemos alcanzar la siguiente condición:

$$N \geq \left[\frac{t_{\frac{1-a}{2}, (N-1)} s_o}{a} \right]^2 \quad (\text{Eq.7.5})$$

Para poder determinar el número de réplicas deberíamos primero poder determinar el ancho deseado, dato que no ha sido facilitado por la empresa. Por ello se ha considerado que para obtener un intervalo de confianza aceptable del 95% debería ser suficiente con realizar 5 réplicas de cada experimento.



8. RESULTADOS DEL MODELO DE SIMULACIÓN

Este capítulo contiene una descripción del diseño de los experimentos realizados y de los resultados obtenidos junto un análisis detallado de los mismos, por tanto es el capítulo más importante de la memoria.

Para obtener los resultados se ha construido un primer modelo base. Después se han introducido sucesivas modificaciones en ese modelo y se han analizado sus efectos. Las modificaciones que han supuesto una mejora en el rendimiento (sin aumentar el coste) se han incluido en el modelo base. Los datos finales referentes a los tiempos y porcentajes de ocupación de los diferentes elementos del sistema se han obtenido simulando el modelo base final.

Siempre se ha simulado un ciclo completo de trabajo.

El primer modelo base es el modeterminista¹ y es una representación exacta de los datos obtenidos directamente de la empresa y que se encuentra detallado en el punto 5 de la memoria: “modelo de Simulación”

A partir de este modelo se pensó en un equilibrado de las líneas, ya que algunas de las piezas del tren 2 pueden ser también procesadas por los trenes 1 y 3. En concreto se paso la familia 5 al tren 3 y las familias 9,10,11,12,13,14,15,16 al tren 1. La simulación demostró que el trabajo quedaba así mejor repartido entre los trenes y que el tiempo total se reducía, de modo que se introdujo esta nueva modificación al modelo base.

Por ultimo, se planteó la posibilidad de reducir el ciclo de fabricación a la mitad para así disminuir el stock, los gastos derivados del stock y disminuir también os pedidos especiales derivados de una mala planificación.

La organización del resto del capitulo es la siguiente: En el primer apartado se diseñaran los experimentos que deben ser realizados. En el segundo apartado se analizaran los distintos modelos, como se ha evolucionado de uno a otra y se justificaran con datos concretos las conclusiones a la que se ha llegado y por último en el tercer apartado se aportaran nuevas ideas de mejora en base a los resultados obtenidos.



8.1 DISEÑO DE EXPERIMENTOS

8.1.1 Introducción

En éste apartado se describirán todos aquellos experimentos que evaluados responderán a los objetivos del estudio de simulación.

El macro objetivo de este estudio es la definición de las limitaciones de funcionalidad de Mobel Línea, ya que conociéndolas es posible establecer propuestas o medidas correctoras que generen una mejora de productividad futura global del centro.

De igual forma se pretende estudiar el dimensionado de ciertos elementos técnicos de la empresa con objeto de proponer nuevamente medidas correctoras, tales como adquisiciones de nuevos equipos.

Aplicando estos cambios al modelo, ejecutando las simulaciones y posteriormente analizando los resultados se pretende evaluar si realmente las mejoras propuestas mantienen los niveles de productividad requeridos y si se produce un ahorro en los gastos financieros de la empresa.

8.1.2 Tipo de Experimentos

Limites de funcionalidad del sistema

Un objetivo básico de este estudio de simulación es la determinación, mediante la experimentación y alteración de los datos de entrada al modelo, de:

- Las productividades y flujos máximos alcanzados en cada subsistema ante incrementos de la demanda tanto en las condiciones de recursos bajo las que han sido diseñadas como en diversas configuraciones propuestas.
- Los cuellos de botella que la compañía deberá solventar en los aspectos técnicos

Con el análisis de resultados de estos experimentos se puede trasladar a la compañía una idea clara de cual es la máxima capacidad real de procesamiento con el objetivo de que ésta pueda ser pro-activa a los acontecimientos futuros.



Dimensionado de recursos

Un segundo objetivo de la simulación consiste en la determinación del número óptimo de recursos destinados en diversas áreas de trabajo en determinados escenarios de demanda. Dado la complejidad en el número de combinaciones de escenarios temporales se deberá acotar el número de factores. Otro hecho importante que se ha considerado es el hecho de que el dimensionado de recursos es función del grado de entradas que recibe cada submodelo. Si incrementamos el número de pedidos aumenta o requiere obviamente un incremento en el número de recursos. Por ello debemos ser conscientes de que todas las propuestas de dimensionado que se realizan en este estudio serán ciertas en la medida de que son conclusiones basadas en los **flujos de entrada esperados**, datos que han sido aportados por la empresa.

Mejora de procedimientos de gestión

Como valor añadido del estudio de simulación se realizarán diversos experimentos en los que se estudiará hasta que punto es aconsejable realizar cambios significativos en los procedimientos del centro dado que es posible que puedan generar incrementos puntuales de productividades o simplemente una reducción de determinadas situaciones de conflicto o saturación. En concreto se tratará de establecer:

- Mejoras en el diseño de los ciclos

Mediante el análisis de resultados de estos experimentos se podrá obtener un beneficio técnico aportado a la reingeniería de procesos.

8.2 REDUCCIÓN DEL CICLO DE FABRICACIÓN

8.2.1 Modelo Base

Este modelo es el que se ha utilizado como base física para la simulación y a partir del cual se han introducido los cambios oportunos.

Los elementos que lo componen y sus resultados concretos se han explicado ampliamente en el punto 5 (Modelo de Simulación). Las conclusiones generales han sido que la capacidad disponible es suficiente para hacer frente a la demanda para todos los elementos estudiados.



El siguiente gráfico muestra cuales son los porcentajes de ocupación de los trenes en este modelo:

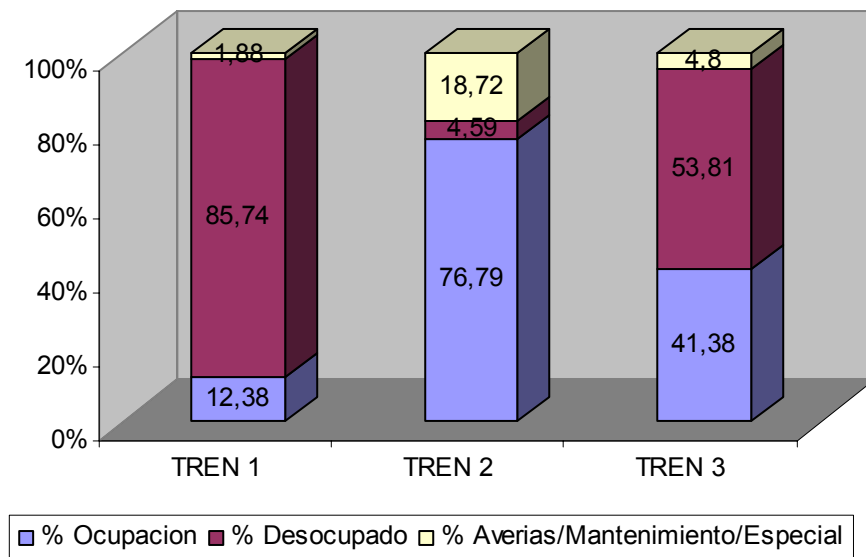


Figura 8.1 Ocupación Trenes correspondiente al modelo base.

Se puede observar claramente que los tres trenes tienen capacidad suficiente pero que existen diferencias entre ellos. El Tren 2 es el que tiene un porcentaje de ocupación más alto, casi el doble que el Tren 3 y más de seis veces más que el Tren 1.

En cuanto a los taladros, el grafico siguiente muestra sus datos más relevantes. Como era de esperar el Taladro 1 que recibe el 65% por ciento de las piezas tiene un tiempo de ocupación mayor pero suficiente:

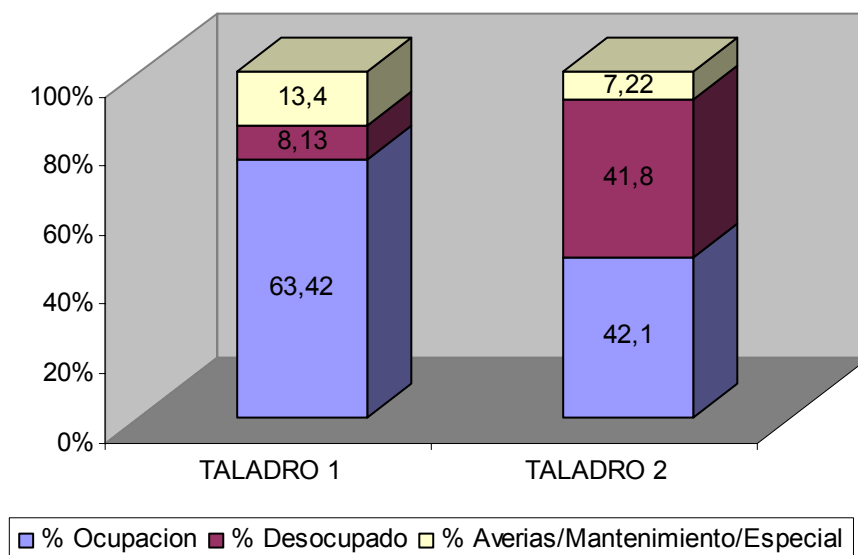


Figura 8.2 Ocupación Taladros correspondiente al modelo base.



Los resultados para el tren de barnizado y la chapa son los que muestra la siguiente figura:

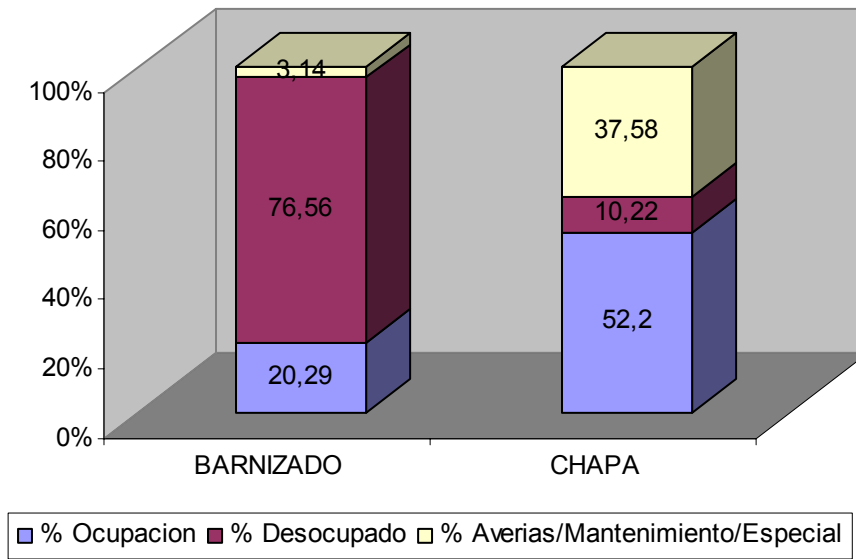


Figura 8.3 Ocupación Tren de Barnizado correspondiente al modelo base.

En el caso de los pantógrafos y de los BAZ, se aprecia claramente que su carga de trabajo es excesivamente baja. Los datos facilitados por la empresa no justifican la existencia de 2 pantógrafos en ningún caso. En cuanto a los BAZ también parece suficiente con uno de ellos.

La existencia de máquinas que no son necesarias en un taller no solo no resulta útil sino que además supone un gasto adicional en mantenimiento que es necesario evitar.

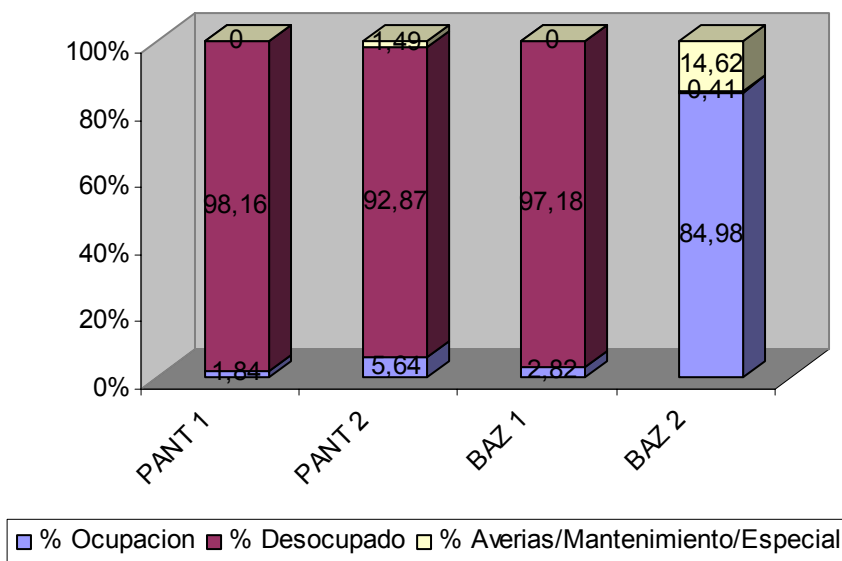


Figura 8.4 Ocupación Pantógrafos correspondiente al modelo base.



Las conclusiones más importantes de este primer modelo son:

- Mobil Línea tiene capacidad suficiente para hacer frente a su demanda.
- El trabajo se encuentra desigualmente repartido entre los trenes
- Existen recursos que no están siendo utilizados.

8.2.2 Modelo Equilibrado

Este modelo sigue siendo determinista y únicamente basado en datos reales, pero se ha tenido en cuenta la posibilidad de equilibrar los trenes desviando familias del tren 2 a los trenes 1 y 3. Para ello se ha mirado cuales son las posibles candidatas, es decir, que piezas pertenecientes al ciclo de fabricación del tren 2 son susceptibles de ser fabricadas por los otros trenes.

El resultado es:

- la familia EI al tren 3
- las familias R-J, E-Q, C-I, C-K y C-J al tren 1.

Si recordamos que el objetivo principal del estudio es conseguir planificar la producción de forma nos permita mantener el rendimiento disminuyendo los costes o que manteniendo los costes podamos aumentar la producción, vemos que el hecho de equilibrar la carga de trabajo de los trenes nos va a permitir poder reducir el ciclo de fabricación y consecuentemente reducir los costes de fabricación.

El grafico siguiente muestra la ocupación de los trenes tras la nueva distribución:

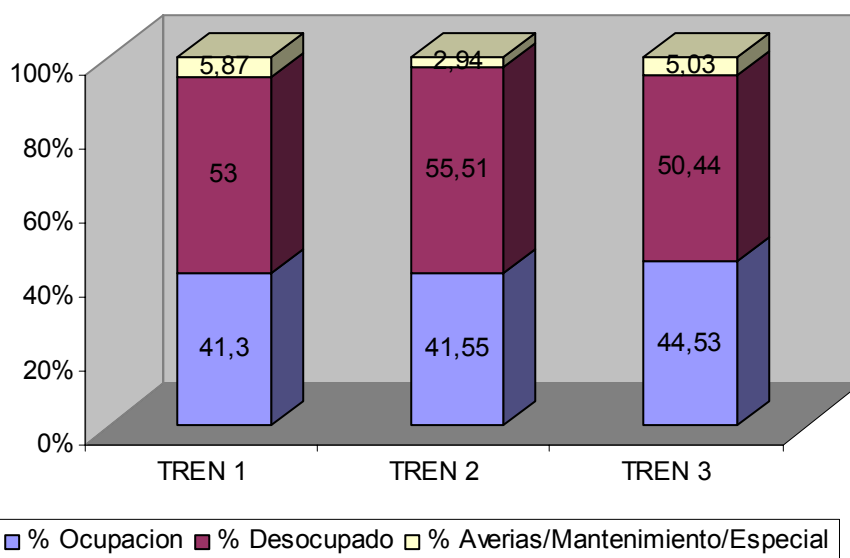


Figura 8.5 Ocupación Trenes correspondiente al modelo equilibrado.



Si realizamos un grafico comparativo entre el nivel de ocupación de los trenes en la distribución inicial y la nueva distribución obtenemos el siguiente resultado:

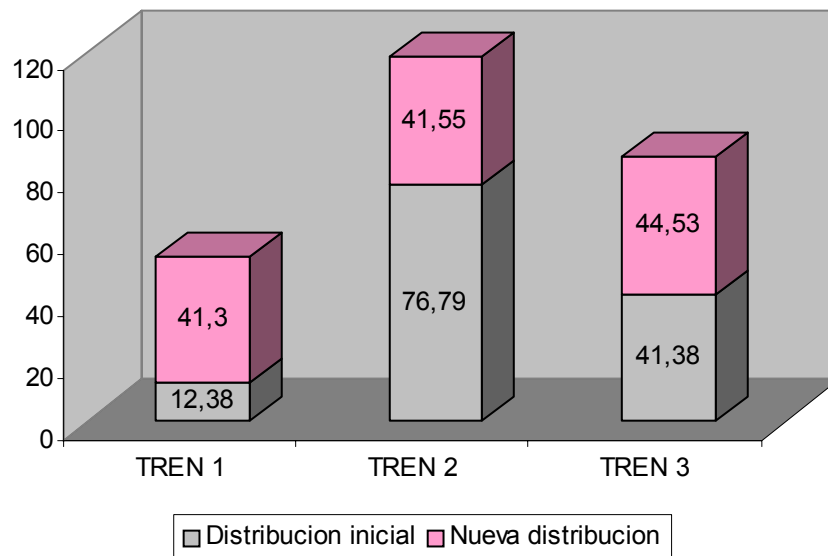


Figura 8.6 Ocupación comparativa de los trenes entre los dos modelos.

Observamos que el tren 1 ha aumentado considerablemente el tiempo de ocupación pasando de un 12,38% del tiempo a un 41,3%, el tren 2 se mantiene en un orden de ocupación del 40% y el tren 3 ha disminuido en tiempo de ocupación pasando de un 76,79% a un 41,55%. El resultado final es que la carga de trabajo de los tres trenes queda equilibrada y alrededor de un 40%.

En cuanto a los taladros, aunque la distribución es la misma, 65% en el 1 y 35% en el número 2, y el número de familias que tratan cada uno también, 38 el 1 y 19 el 2, los tiempos de ocupación varían y quedan también más equilibrados.

El taladro 1 está ocupado el 41.61% del tiempo, y el taladro 2 un 48.30%. Este cambio es debido a que el cambio en la distribución de las piezas provoca un cambio en el orden de salida de las piezas que acaban distribuyéndose en un orden que favorece el reparto de la carga de trabajo.



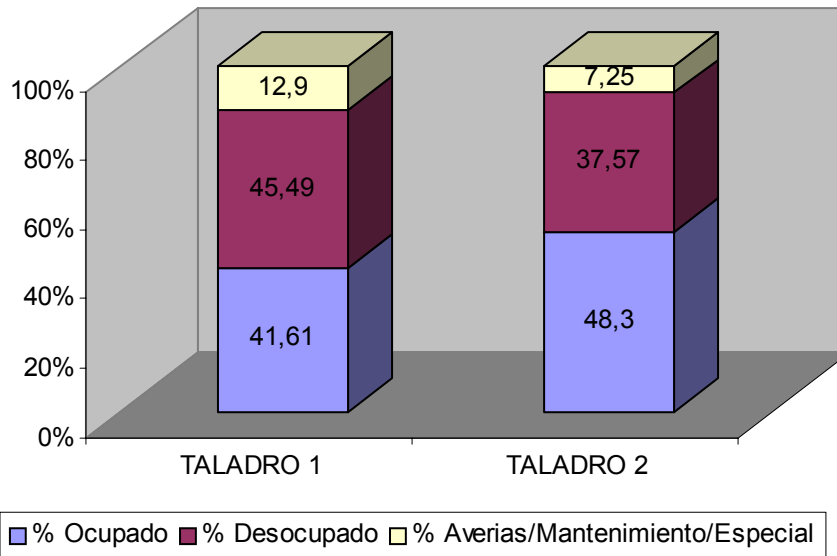


Figura 8.7 Ocupación Taladros correspondiente al modelo equilibrado.

8.2.3 Modelo Ciclo Reducido

Este modelo está construido a partir del equilibrado pero considerando un ciclo de producción de 30 días con la intención de ver si podemos cubrir igualmente los 60 días pero trabajar sólo con los stock correspondientes a 30 días. Para ello se ha dividido entre dos el tiempo destinado a la fabricación pero se ha mantenido constante el tiempo de preparación de las máquinas en los cambios de familia.

La parte más crítica será la de los trenes, ya que es la que más tiempo de preparación requiere.

El tiempo de simulación que resulta es de 238.50h., es decir que en principio es viable, ya que el tiempo disponible es de $480h./2 = 240h.$

En cuanto a los trenes, vemos que además su carga de trabajo queda equilibrada.

También observamos que el tiempo de ocupación aumenta respecto al modelo anterior, debido a que los tiempos que se mantienen constantes a pesar de reducir el ciclo a la mitad (tiempos de cambio), lo cual supone un mayor aprovechamiento de los recursos.



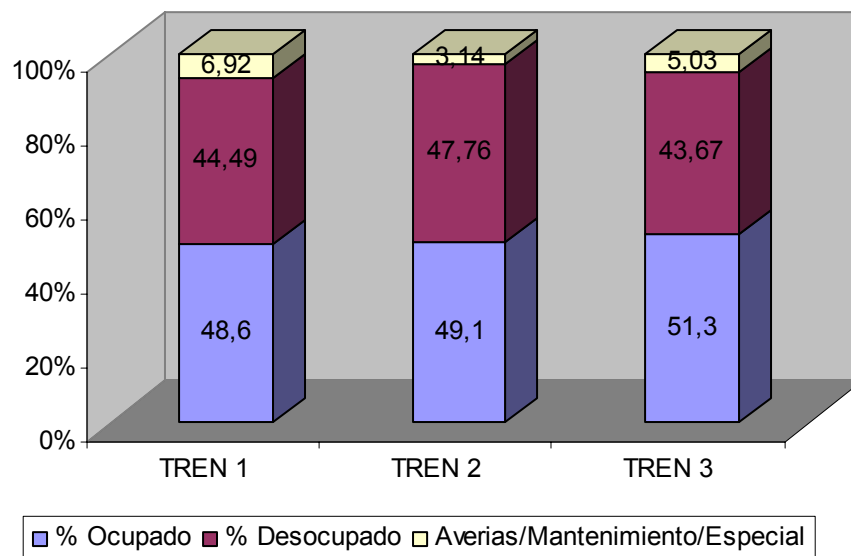


Figura 8.8 Ocupación Trenes correspondiente al ciclo reducido.

El resto de elementos también han podido absorber la reducción del ciclo.

8.3 OTRAS PROPUESTAS DE MEJORA

Este apartado de la memoria tiene como objetivo ofrecer un conjunto de propuestas derivadas del estudio de simulación que puedan ayudar a Mobel Línea a mejorar su sistema productivo. Son ideas coherentes con las ideas obtenidas en los experimentos anteriores pero que no se pueden incluir en la simulación propiamente dicha.

8.3.1 Revisión del Orden de Fabricación

En todo ciclo de fabricación existen una serie de tiempos fijos que no se pueden optimizar porque son realizadas automáticamente por las máquinas utilizadas. En el caso de Mobel Línea los trenes, en los cuales recae la parte más importante en cuanto a volumen de trabajo, son máquinas de reciente adquisición con un gran rendimiento, por tanto no se puede pensar en mejorar esta parte. En cambio, la adaptación de estos mismos trenes para cambiar de un tipo de producto a otro supone un tiempo que depende en parte del orden elegido para fabricar. En este momento Mobel Línea sigue un orden fijo que debería reducir este tiempo.

Como las características de los productos comercializados cambia con bastante frecuencia debido a las exigencias del mercado, es muy posible que el orden utilizado no siga respondiendo a la necesidad de minimizar el tiempo de cambio.



Por tanto, una buena práctica sería revisar este ciclo periódicamente y comprobar que sea la mejor opción.

8.3.2 Reducción de la variedad de productos mediante estudio ABC

Siguiendo el razonamiento expuesto en el apartado anterior, el hecho de trabajar con un número muy grande de referencias hace que se pierda mucho tiempo en cambios. Por eso es necesario asegurar que los productos fabricados sean productos rentables que estén aportando un beneficio que justifique su producción. Para ello se deben realizar una serie de estudios de mercado que analice las nuevas tendencias y que descarte aquellos productos que ya no se vendan. Si se consigue reducir la variedad y aumentar las ventas obtendremos un doble beneficio: aumentar los ingresos y reducir los gastos.

8.3.3 Capacidad Disponible

En todos los experimentos realizados, incluso en los realizados con los datos actuales, una de las conclusiones más importantes es el exceso de capacidad disponible. Una empresa con exceso de capacidad productiva tiene dos posibles alternativas:

- ✓ utilizar la capacidad sobrante para aumentar los stocks en previsión a necesidades futuras.
- ✓ desperdiciar esta capacidad y dejar las máquinas inactivas.

Cualquiera de las dos alternativas supone una pérdida económica. Si aumentamos el stock sin estar seguros de poder vender el material sobrante aumentamos los costes sin sacar ningún rendimiento. Si dejamos las máquinas ociosas se está pagando un coste en mano de obra no aprovechada y se está desaprovechando capacidad que la empresa posee.

Ante una situación de este tipo, la única solución es que la empresa consiga hacer aumentar la demanda y así aumentar la producción rentable y aumentar a su vez los beneficios.

La forma de incrementar la demanda de producto no es única, y en un mercado como el del mueble, con un alto número de competidores no es tampoco fácil. La empresa deberá aumentar el presupuesto dedicado a buscar nuevos diseños, dar a conocer sus productos a mayoristas que puedan estar interesados en venderlos, o incluso buscar nuevos productos que puedan ser fabricados por las máquinas que la empresa posee y que sean demandados por el mercado.



8.3.4 Rendimiento del personal – Reducción del personal

Como se ha resaltado en el apartado anterior, las simulaciones realizadas con los datos y tiempos facilitados por Mobel Línea, dan como resultado un exceso de capacidad disponible muy importante. Si consideramos válidos estos datos relativos a los tiempos de producción, parece claro que en la empresa esta teniendo lugar una falta de rendimiento producida bien por una mala organización del proceso, bien por un bajo rendimiento productivo de los trabajadores.

Si la propuesta de aumentar la demanda expuesta en el apartado anterior no diera resultado, entonces cabría la posibilidad de pensar en una reducción del número de empleados para ajustar su número a la demanda real.

8.3.5 Substitución de carretilleros

Actualmente, debido a la falta de espacio físico disponible, es impensable sustituir los “carretilleros” existentes por algún sistema automatizado que permita reducir los costes de mano de obra que supone el traslado de material de un lugar a otro de la empresa. Pero ante la construcción de un almacén que permitirá reducir el stock y aumentar el espacio físico disponible, sería interesante considerar dicha posibilidad, que aunque suponga una inversión inicial considerable, sería amortizada posteriormente al ahorrar los gastos fijos de personal que supone.





9. VALORACIÓN ECONÓMICA

9.1 COSTE DEL ESTUDIO REALIZADO

En este apartado del estudio económico se analizarán los gastos que han supuesto en si realizar el estudio de simulación sobre la empresa Mobel Línea.

Para calcular el presupuesto del proyecto presentado, se tendrán en cuenta los gastos directos de las tareas de modelado, simulación y análisis. Es decir, los gastos de personal, material y licencias informáticas.

Se considerarán pues los siguientes aspectos:

- ✓ Coste horas personal (Ingeniero de simulación)
- ✓ Coste amortización del hardware(PC utilizado para hacer las simulaciones)
- ✓ Coste amortización del software (licencia de los programas informáticos utilizados)
- ✓ Coste del material fungible

Coste horas personal

El coste de personal se debe a las horas de ingeniero que incluye las tareas de modelado, diseño y análisis de resultados.

Hay que tener en cuenta que la dedicación de los proyectistas de la teórica ingeniería en el proyecto debe ser completa. Se sobreentiende que la empresa exige que el estudio sea realizado en el menos tiempo posible.

Se ha considerado como plazo razonable de entrega cuatro meses. La tabla adjunta presenta el resultado del coste de personal:

Coste Ingeniero de simulación	
Conceptos	Ud.
Duración del proyecto(meses)	6
Dedicación semanal(horas)	20
Coste/horas ingeniero(Euros)	36
Total horas	480
Coste total personal	17.280,00 Euros

Tabla 9.1 Costes de personal



Coste de hardware y software

El coste de amortización corresponde al del ordenador utilizado para realizar el modelado, las simulaciones y a la propia licencia del programa utilizado durante el periodo de estudio, 6 meses

Coste del hardware	Ordenador PC 1200 Euros*2*15% uso	360Euros
---------------------------	--------------------------------------	-----------------

Tabla 9.2 Costes de hardware

Coste des sotware	Witness, amortización de la licencia 4.800 Euros*1*10% uso	480 Euros
	Witness, mantenimiento del programa 600 Euros*1*0,5*50% uso	150 Euros

Tabla 9.3 Costes de softwareCoste del material fungible

Coste del material fungible	Electricidad, papel, tinta, impresora, etc.	200 Euros
------------------------------------	---	------------------

Tabla 9.4 Costes de material fungible

Por tanto, los gastos totales del proyecto son:

Coste de personal	Coste ingeniero de simulación	17.280 Euros
Coste del hardware	Ordenador PC 1200 Euros*2*15% uso	360 Euros
Coste del sotware	Witness, amortización de la licencia 4800 Euros*1*10% uso	480 Euros
	Witness, mantenimiento del programa 600 Euros*1*0,5*50% uso	150 Euros
Coste del material fungible	Electricidad, papel, tinta, impresora, etc...	200 Euros
Costes totales		18.470 Euros

Tabla 9.4 Costes totales

9.2 BENEFICIOS ECONÓMICOS DE LA SIMULACIÓN.

Para poder determinar cuales son los beneficios derivados de la implantación de las soluciones de mejora derivadas del estudio debemos fijarnos en los aspectos económicos, ya que son los que podremos medir.

La principal mejora consiste en la reducción de las horas extras manteniendo la producción.

Fijando:

- ✓ el coste de hora extra por trabajador en 10 euros.
- ✓ el total de horas extras semanales en 5 por trabajador, realizadas los sábados.

Como la empresa cuenta con 45 operarios, el coste semanal imputable a horas extras es de 2250 euros semanales.

Es decir que en menos de unas nueve semanas el coste de realización del proyecto puede ser amortizable únicamente teniendo en cuenta el coste de las horas extra.

También se podrían tener en cuenta otros criterios económicos como la reducción del coste de stock, pero no se ha realizado el cálculo por no disponer de suficiente información sobre los costes actuales que dicho stock supone.





CONCLUSIONES DEL ESTUDIO

En este capítulo se presentan las conclusiones finales obtenidas del estudio realizado en Mobel Línea.

Cuando se planteo la realización del proyecto, se fijó como objetivo la construcción de un modelo del sistema productivo de carpintería para su posterior simulación. La simulación debería facilitar la estimación de unos parámetros de funcionamiento que una vez analizados permitiesen proponer mejoras en el sistema productivo de carpintería y validarlas.

El principal objetivo de mejora fijado fue la reducción de horas extra manteniendo el nivel de producción. Dicho objetivo se justificaba en el hecho de que la empresa había realizado recientemente inversiones en nueva maquinaria que no estaban siendo rentabilizadas al máximo debido a los problemas de organización de la producción. Además, en el momento de iniciar el proyecto estaba en construcción un nuevo almacén automatizado que eliminaba los problemas de espacio que la empresa sufría y que limitaban forzosamente la producción.

El modelo construido mediante Witness ha podido ser verificado y mediante su estudio se dispone de información suficiente para proponer y validar propuestas de mejora.

Algunas de éstas propuestas derivadas de la simulación y que podrían ser estudiadas con más detalle para determinar los posibles beneficios de su aplicación son:

- Revisión del Orden de fabricación: estudiando si un cambio en el orden físico en que se producen las piezas podría reducir los tiempos totales
- Reducción del número de artículos fabricados: un estudio ABC podría ayudar a determinar si todos los modelos que se fabrican producen los beneficios que justifiquen su producción
- Aumentar la demanda para aprovechar totalmente la capacidad productiva
- Reducción del personal: si no consiguen aumentar la demanda, con la nueva organización se podrá disminuir los costes en mano de obra
- Substitución de los carretilleros: el aumento del espacio disponible derivado de la construcción del almacén permitirá la mecanización del transporte e las piezas

Del estudio de simulación se ha obtiene como resultado que la posibilidad de reducir las horas extras es viable si la empresa aprovecha la capacidad de los recursos disponibles ya que Mobel Línea posee suficiente capacidad para hacer frente a la totalidad de su



demanda. Además, la reorganización de sus líneas de producción permitiría equilibrar la carga de trabajo total de forma que posibilitara la reducción de los ciclos de fabricación, con la consecuente disminución de los costes de stock del material. Esta nueva repartición de cargas se ha podido simular con el Witness verificando que de esta forma el ciclo de fabricación se reduce a la mitad con la consiguiente reducción en el volumen de stock.

Finalmente podríamos concluir que si bien Mobel Línea es hoy por hoy una empresa favorablemente situada y que cuenta con beneficios altamente satisfactorios, gracias a la inversión que actualmente está realizando podrá plantearse una reorganización de sus procesos y de su ciclo de fabricación que le permitirá trabajar de una forma más eficiente y continuar siendo una empresa altamente competitiva en el sector del mueble de oficina. También se debe señalar que si bien la modernización de sus equipos y sus inversiones en mejorar su infraestructura son positivas, tampoco deben descuidar el estudio continuo de su rendimiento y sus procesos, ya que durante la realización del proyecto este se ha visto en ocasiones dificultado por la falta de información de la propia empresa respecto a tiempos y procesos.



BIBLIOGRAFÍA

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dunning 1985, *The geographical sources of competitiveness: the professional business services industry. Transnational Corporations / UNCTAD. -- vol. 11, n. 3, December 2002.*
- [2] Pritsker 1986. *Introduction to Simulation and SLAMM II. Systems Publishing Corporation, West LaFayette, Indiana. Pygot, J. R. (1987).*
- [3] Taha 1988. "*Site-Specific Heat-Island Simulations: Model Development and Application to Microclimate Conditions*". *Lawrence Berkeley Laboratory Report No. 26105. Masters Thesis, University of California.*
- [4] Springer 1965
- [5] Sprintker 1986
- [6] Law 1991

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

- [1] Spearman M.L., Woodruff D.L. & Hopp W.J., "CONWIP: A Pull Alternative to KANBAN", *International Journal of Production Research*. 1990, 28, pp.879-894.
- [2] Lambrecht, M., Seagert, A., "Buffer Stock Allocation in Serial and Assembly Type of Production Lines", *International Journal of Production Management* 1990, 10, pp. 47-61.
- [3] VENSIM Reference Manual, Ventana Systems, Inc., Harvard, MA 01451
- [4] WITNESS, Visual Interactive Simulation Software, Lanner Group.
- [5] Bonvik, A.M., Couch, C., Gershwin, S.B. "A Comparison of Production-Line Control Mechanisms", *International Journal of Production Research*. 1997, 35, pp. 789-804
- [7] Prat, Tort-Martorell, Grima, Pozueta,"Métodos estadísticos, Control y mejoras de la calidad ", EDICIONS UPC.





ANEXO A: Listado de la información necesaria para iniciar el proyecto

Del diseño del sistema productivo

- Planos que incluyan la distribución en planta del (Layout) del sistema productivo.
- Equipos tanto de producción como de manipulación en el sistema productivo, con la información disponible de ellos que afecte directamente al diseño o a la gestión del equipo.
- Productos y la máxima información sobre sus componentes, sus operaciones, rutas de proceso, etc.
- Relación técnica entre equipos y productos (incompatibilidades, criterios en las asignaciones en caso de varias posibilidades)
- Observaciones de mejora propuestas por el personal involucrado en el sistema productivo en cuanto a equipos, Layout, etc.

De la gestión del sistema productivo:

- Valores de la demanda de cada producto / pedidos
- Programa de producción(mensual/semanal/diario)
- Secuencias y lotes de producción (si es importante o no el orden de fabricación de los productos, es decir si hay tiempos de adecuación del equipo ante el cambio del tipo de producto o no)
- Producción diaria de cada producto
- Tiempos de proceso de cada producto (para cada operación realizada)
- Averías en los equipos que intervienen en el proceso
- Stock intermedio, buffers previstos y ocupación (media, mínima y máxima)
- Rechazos por mala calidad y clasificación de los motivos(reaprovechamiento/eliminación)
- Estado de los stocks de materia prima y componentes
- Parámetros utilizados en el cálculo de necesidades
- Correcciones de los parámetros del MRP y control que se efectúa
- Previsiones futuras de demanda
- Observaciones de mejoras propuestas por el personal involucrado en el sistema productivo en cuanto a la gestión, secuencias de productos, lotes de productos,



tiempos de espera, stocks intermedios, buffers, mantenimiento de equipos, tareas repetitivas simples, etc.



ANEXO B: Listas orden-trenes

En la página siguiente se muestra el documento que recoge el orden de producción de los tres trenes.

El primer bloque corresponde al *tren 1*, el segundo al *tren 2* y el tercero al *tren 3*.

Por tanto la primera fila del primer bloque corresponde a la familia de piezas que serán fabricadas en el *tren 1* en primer lugar. La primera fila del segundo bloque las que serán fabricadas en primer lugar por el *tren2*...y así sucesivamente.

La primera columna sombreada, cuyo contenido no se aprecia bien, corresponde al número de piezas de cada familia que se fabricaron en un ciclo determinado. Si la relacionamos con la quinta columna, que registra el tiempo (en horas) empleado en hacerlas, podemos calcular el número medio de piezas por hora de cada tipo que el tren puede procesar.

La segunda columna indica el tren en que se procesan las familias.

La cuarta columna indica el tiempo de preparación requerido para cada familia.

La quinta columna muestra los trenes alternativos donde también es posible procesar las piezas.



Grupo		Min-estian		TREN 1		TREN 2		TREN 3	
CICLE TRENS DE FUSTERIA		TREN	TREN	TREN	TREN	TREN	TREN	TREN	TREN
DIES		GALG	HOR/2P	60	DIES	SETM			
60 STOCK DE SEURETAT DE 15 D.		T-1	16	23,9	63,8	6,7	1,3		
		T-2	50	154	358	35,8	7,2		
		T-3	30,5	57,364	145,2	17,1	3,4		

TREN 1

A	1	R-M	LINCE	FALDONES	1	4	18		
	2	E-D	E.2	FALDONES	1	4	3		
B	3	C-C	COBRA	FALDONES	1	4	1,5		
C	4	R-O	RENO - LIN	FALDONES DE ANGULOS - FRONTA	1	4	1,4		

4.431 16 23,9

TREN 2

D	1	R-A	R-L-G	SOBRES	2	8	53		
E <td>2 <td>B-A</td> <td></td> <td>BIOMBOS + SOBRES MESSAS CENTR</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>2</td> <td></td> <td></td> </td>	2 <td>B-A</td> <td></td> <td>BIOMBOS + SOBRES MESSAS CENTR</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>2</td> <td></td> <td></td>	B-A		BIOMBOS + SOBRES MESSAS CENTR	2	8	2		
F <td>3 <td>E-P</td> <td>E.3</td> <td>LATERAL CENTRAL DE ARMARIO PE</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>0,3</td> <td></td> <td></td> </td>	3 <td>E-P</td> <td>E.3</td> <td>LATERAL CENTRAL DE ARMARIO PE</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>0,3</td> <td></td> <td></td>	E-P	E.3	LATERAL CENTRAL DE ARMARIO PE	2	4	0,3		
	4 <td>R-B</td> <td>RENO-GAM</td> <td>TAPAS - BAJOS - DE LIBR. - PERSIAN</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>16</td> <td></td> <td></td>	R-B	RENO-GAM	TAPAS - BAJOS - DE LIBR. - PERSIAN	2	4	16		
G <td>5 <td>E-I</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <td>TAPAS Y BAJOS DE LIBRERIA + TAP</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>1</td> </td>	5 <td>E-I</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <td>TAPAS Y BAJOS DE LIBRERIA + TAP</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>6</td> <td>3</td> <td>1</td>	E-I	E.1/ E.2/ E.3	TAPAS Y BAJOS DE LIBRERIA + TAP	2	2	6	3	1
H <td>6 <td>E-R</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <td>TRASERAS DE CUBETAS - LIBRERIA</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>4,2</td> <td></td> <td></td> </td>	6 <td>E-R</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <td>TRASERAS DE CUBETAS - LIBRERIA</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>4,2</td> <td></td> <td></td>	E-R	E.1/ E.2/ E.3	TRASERAS DE CUBETAS - LIBRERIA	2	2	4,2		
	7 <td>R-L</td> <td>RENO-LINC</td> <td>TRASERAS DE CUBETAS-LIBRERIA</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>16</td> <td></td> <td></td>	R-L	RENO-LINC	TRASERAS DE CUBETAS-LIBRERIA	2	2	16		
I <td>8 <td>M-A</td> <td>R-L-S-C-E</td> <td>MUESTRAS</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>5</td> <td></td> <td></td> </td>	8 <td>M-A</td> <td>R-L-S-C-E</td> <td>MUESTRAS</td> <td>2</td> <td>8</td> <td>5</td> <td></td> <td></td>	M-A	R-L-S-C-E	MUESTRAS	2	8	5		
J <td>9 <td>R-J</td> <td>RENO-LINC</td> <td>DELANTERAS DE CUB. E INFORM., D</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>37,5</td> <td>1</td> <td>4</td> </td>	9 <td>R-J</td> <td>RENO-LINC</td> <td>DELANTERAS DE CUB. E INFORM., D</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>37,5</td> <td>1</td> <td>4</td>	R-J	RENO-LINC	DELANTERAS DE CUB. E INFORM., D	2	4	37,5	1	4
	10 <td>E-Q</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <td>DELANTERAS DE CUB. E INFORM. -</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>12</td> <td>1</td> <td>4</td>	E-Q	E.1/ E.2/ E.3	DELANTERAS DE CUB. E INFORM. -	2	4	12	1	4
	11 <td>C-I</td> <td>COBRA</td> <td>ACOPLAMIENTO ALA + ZÓCALO DE</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>4</td>	C-I	COBRA	ACOPLAMIENTO ALA + ZÓCALO DE	2	4	2	1	4

CK

HOMES DELANTERE 4/2

52.461

50 154

TREN 3

K	1	R-C	RENO	LATERALES (Combinar R-N)	3	0,5	6	2	1,5	17,5
	2 <td>E-C</td> <td>E.3</td> <th>LATERALES (Combinar E-O)</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>3,2</td>	E-C	E.3	LATERALES (Combinar E-O)	3	1,5	1	2	1,5	3,2
	3 <td>C-B</td> <td>COBRA</td> <th>LATERALES</th> <td>3</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td>	C-B	COBRA	LATERALES	3	1	0,5	2	1	0
L	4 <td>E-B</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <th>SOBRES ARCO - OLA - TAQUIGRAFA</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>1,5</td>	E-B	E.1/ E.2/ E.3	SOBRES ARCO - OLA - TAQUIGRAFA	3	1,5	1,5	2	1,5	1,5
	5 <td>E-A</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <th>SOBRES RECTANGULARES - ALA - I</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>2,5</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>2,5</td>	E-A	E.1/ E.2/ E.3	SOBRES RECTANGULARES - ALA - I	3	1,5	2,5	2	1,5	2,5
	6 <td>C-A</td> <td>COBRA</td> <th>SOBRES RECTANGULARES - ALA - I</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1,36</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>1,36</td>	C-A	COBRA	SOBRES RECTANGULARES - ALA - I	3	1,5	1,36	2	1,5	1,36
M	7 <td>E-N</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <th>PLAFONES SEPARADORES</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>0,2</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>0,4</td>	E-N	E.1/ E.2/ E.3	PLAFONES SEPARADORES	3	1,5	0,2	2	1,5	0,4
	8 <td>R-P</td> <td>LINCE</td> <th>PLAFONES SEPARADORES DE MESS</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>0,2</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>0,4</td>	R-P	LINCE	PLAFONES SEPARADORES DE MESS	3	1,5	0,2	2	1,5	0,4
	9 <td>B-B</td> <td></td> <th>SOBRES COLECTIVIDAD+ESCRIBAN</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>4</td>	B-B		SOBRES COLECTIVIDAD+ESCRIBAN	3	1,5	2	2	1,5	4
	10 <td>E-J</td> <td>E.3</td> <th>PUERTAS - FRONTIS DE LIBRERIA</th> <td>3</td> <td>1,5</td> <td>1,3</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>4</td>	E-J	E.3	PUERTAS - FRONTIS DE LIBRERIA	3	1,5	1,3	2	1,5	4
	11 <td>R-G</td> <td>RENO-LINC</td> <th>PUERTAS LIBRERIA - FRONTIS LIBR</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>10</td>	R-G	RENO-LINC	PUERTAS LIBRERIA - FRONTIS LIBR	3	0,5	3	2	1,5	10
	12 <td>C-G</td> <td>COBRA</td> <th>PUERTAS - FRONTIS DE LIBRERIA</th> <td>3</td> <td>1</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>1</td>	C-G	COBRA	PUERTAS - FRONTIS DE LIBRERIA	3	1	1	2	1	1
N	13 <td>E-H</td> <td>E.3</td> <th>LATERALES DE LIBRERIA</th> <td>3</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>5</td>	E-H	E.3	LATERALES DE LIBRERIA	3	1	2	2	2	5
	14 <td>E-M</td> <td>E.3</td> <th>LATERALES - TAPA - BAJO DE LIBRE</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>0,1</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0,3</td>	E-M	E.3	LATERALES - TAPA - BAJO DE LIBRE	3	0,5	0,1	2	2	0,3
	15 <td>R-Q</td> <td>RENO</td> <th>TAPAS - BAJOS - LATERALES DE LIB</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>0,3</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>0,7</td>	R-Q	RENO	TAPAS - BAJOS - LATERALES DE LIB	3	0,5	0,3	2	2	0,7
	16 <td>C-E</td> <td>COBRA</td> <th>SOBRES SOPORTE TECLADO + TAP</th> <td>3</td> <td>1</td> <td>0,2</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>0</td>	C-E	COBRA	SOBRES SOPORTE TECLADO + TAP	3	1	0,2	2	1,5	0
O	17 <td>C-F</td> <td>COBRA</td> <th>LATERALES - TAPAS - BAJOS DE LIB</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>0,8</td> <td>2</td> <td>1,5</td> <td>2</td>	C-F	COBRA	LATERALES - TAPAS - BAJOS DE LIB	3	0,5	0,8	2	1,5	2
	18 <td>R-F</td> <td>RENO</td> <th>LATERALES DE LIBRERIA, PERSIAN</th> <td>3</td> <td>1</td> <td>4,5</td> <td>2</td> <td>2</td> <td>14</td>	R-F	RENO	LATERALES DE LIBRERIA, PERSIAN	3	1	4,5	2	2	14
P	19 <td>R-D</td> <td>RENO</td> <th>FALDONES</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>0,5</td> <td>8</td>	R-D	RENO	FALDONES	3	0,5	3	2	0,5	8
	20 <td>E-F</td> <td>E.1</td> <th>FALDONES</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>0,1</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0,3</td>	E-F	E.1	FALDONES	3	0,5	0,1	2	1	0,3
	21 <td>E-E</td> <td>E.3</td> <th>FALDONES + FRONTALES MOSTRA</th> <td>3</td> <td>4</td> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td>	E-E	E.3	FALDONES + FRONTALES MOSTRA	3	4	4			
Q	22 <td>R-H</td> <td>RENO-LINC</td> <th>ESTANTES Y SEPARADORES DE LIB</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>4</td> <td>2</td> <td>0,5</td> <td>13</td>	R-H	RENO-LINC	ESTANTES Y SEPARADORES DE LIB	3	0,5	4	2	0,5	13
	23 <td>R-I</td> <td>RENO</td> <th>ESTANTES: INFORMÁTICA- IMPRES</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>0,2</td> <td>2</td> <td>0,5</td> <td>0,5</td>	R-I	RENO	ESTANTES: INFORMÁTICA- IMPRES	3	0,5	0,2	2	0,5	0,5
	24 <td>C-H</td> <td>COBRA</td> <th>ESTANTES Y SEPARADORES DE LIB</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>0,3</td> <td>2</td> <td>0,5</td> <td>0,8</td>	C-H	COBRA	ESTANTES Y SEPARADORES DE LIB	3	0,5	0,3	2	0,5	0,8
	25 <td>E-L</td> <td>E.3</td> <th>ESTANTES DE IMPRESORA, TELEFO</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>0,1</td> <td>2</td> <td>0,5</td> <td>0,1</td>	E-L	E.3	ESTANTES DE IMPRESORA, TELEFO	3	0,5	0,1	2	0,5	0,1
	26 <td>E-K</td> <td>E.3</td> <th>ESTANTES DE LIBRERIA Y MOSTRA</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>1,5</td> <td>2</td> <td>0,5</td> <td>3,5</td>	E-K	E.3	ESTANTES DE LIBRERIA Y MOSTRA	3	0,5	1,5	2	0,5	3,5
R	27 <td>R-E</td> <td>RENO-LINC</td> <th>TAPAS - BAJOS - LATERALES - DE C</th> <td>3</td> <td>2</td> <td>13</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>46</td>	R-E	RENO-LINC	TAPAS - BAJOS - LATERALES - DE C	3	2	13	2	4	46
	28 <td>E-G</td> <td>E.1/ E.2/ E.3</td> <th>LATERALES - TAPAS - BAJOS - TRAS</th> <td>3</td> <td>0,5</td> <td>2,2</td> <td>2</td> <td>4</td> <td>6</td>	E-G	E.1/ E.2/ E.3	LATERALES - TAPAS - BAJOS - TRAS	3	0,5	2,2	2	4	6
S	29 <td>C-D</td> <td>COBRA</td> <th>LATERALES - TAPAS - BAJOS DE CU</th> <td>3</td> <td>1</td> <td>0,5</td> <td>2</td> <td>4</td> <td></td>	C-D	COBRA	LATERALES - TAPAS - BAJOS DE CU	3	1	0,5	2	4	

85.398

30,5 57,4



ANEXO C: Datos de encuadre del sector del mueble de oficina

DATOS DE ENCUADRE												
	MILES DE MILLONES DE PESETAS					EVOLUCIÓN INTERANUAL (%)						
	1991	1993	1995	1997	1999	2000	1991- 93	1993- 95	1995- 97	1997- 99	1999- 2000	Var 91-00
PRODUCCIÓN TOTAL	60.6	44.0	51.5	61.1	78.6	87.3	-27%	17%	19%	29%	11%	44%
EXPORTACIONES	4.8	5.2	8.5	12.1	16.8	19.9	8%	63%	42%	39%	18%	315%
IMPORTACIONES	4.8	4.0	4.7	7.5	9.2	10.9	-17%	18%	60%	23%	18%	127%
CONSUMO APARENTE	60.6	42.8	47.7	56.5	71.0	78.3	-29%	11%	18%	26%	10%	29%
	1991	1993	1995	1997	1999	2000	1991- 93	1993- 95	1995- 97	1997- 99	1999- 2000	Var 91-00
EXPORT./PRODUCCIÓN	8%	12%	17%	20%	21%	23%	49%	40%	20%	8%	7%	188%
IMPORT./CONSUMO	8%	9%	10%	13%	13%	14%	18%	5%	35%	-2%	7%	75%





ANEXO D: Estudio de mercado del sector del mueble de oficina

Para poder entender cual es la situación real de Mobel Línea y como puede mejorar, se ha considerado útil realizar un estudio del sector del mueble de oficina español en general.

El sector de la madera y el mueble cuenta con un gran peso dentro de la industria del país por su número de empresas (36.861. Datos DIRCE 2000) y por el empleo que genera, ya que ocupa a 216.884 trabajadores, de los que 131.234 corresponden al sector del mueble – es decir, más del 60% - y el resto a otras industrias transformadoras.

En un sentido global, la industria de la madera abarca la transformación de la madera en productos de consumo. Haciendo una clasificación sencilla, distinguimos entre industria de primera transformación, que origina productos semielaborados (empresas de tableros y de aserrado y preparación industrial de la madera), y de segunda transformación, que proporciona productos finales (empresas de envases y de embalajes, de muebles, carpinterías...). Así, el sector presenta una gran multiplicidad en cuanto al número de actividades y de empresas que lo componen, siendo estas fundamentalmente PYMES (el 94% de las empresas tienen menos de veinte empleados y 24.142 empresas tienen dos o menos de dos, lo que equivale a cerca del 65% del total de empresas).

En la tabla siguiente se presentan las diferentes actividades que engloban el sector y el número aproximado de empresas que lo representan:

Tipos de actividad	Nº de empresas
Aserradero y cepillado de la madera	1.822
Fabricación de chapas, tableros, alistonado de partículas aglomeradas, de fibra y otros tableros	511
Fabricación estructuras de madera y piezas de carpintería y ebanistería para la construcción	12.485
Fabricación de envases y embalajes	1.152
Fabricación del mueble	20.891
TOTAL	36.861

Fuente:DIRCE



Otro dato relevante del sector de la madera en España es su concentración en unas cuantas Comunidades Autónomas. Así, respecto al nivel de negocio generado, ocupan los primeros puestos la Comunidad Valenciana y Cataluña; la primera destaca también por ser la que cuenta con mayor número de empleados, seguida de Cataluña, Andalucía y Madrid.

El mercado del mobiliario de oficina 1991-2000

Se ha preparado un cuadro que presenta los datos de encuadre más relevantes del sector (Ver anexo C)

Evolución del Sector

La evolución general del sector en la década 1991-2000

- 1988-90: la expansión incontrolada
- 1990-93: la crisis
- 1994-95: la recuperación frustrada
- 1996-98: la recuperación definitiva
- 1999-00 la consolidación del sector

La evolución del sector versus la evolución de la economía

- ✓ Durante la última década, el sector de mueble de oficina ha perdido cuota de mercado, al crecer sólo un 45%, frente al 77% de crecimiento de la economía española en su conjunto y de la Formación Bruta de Capital Fijo en particular
- ✓ El sector de mobiliario de oficina se caracteriza por la elevada elasticidad de la demanda, en la medida en que responde a las variaciones de coyuntura económica con mayor intensidad que el resto de la economía
- ✓ Los cambios de tendencia en la coyuntura económica se manifiestan con una cierta antelación en el sector de mobiliario de oficina, el cual parece responder a la simple variación de la confianza empresarial, por lo que resulta muy difícil realizar previsiones



La evolución de los subsectores

- ✓ Durante la última década los subsectores Mobiliario y Asiento han evolucionado de forma muy diferente
- ✓ El subsector de Mobiliario, con un crecimiento acumulado del 62% en toda la década, se configura como la base de la recuperación del sector en su conjunto, manteniendo todavía una tasa de evolución muy elevada
- ✓ El subsector de Asiento, con un decremento acumulado del 4% en el conjunto de la década, presenta una tendencia al estancamiento

Perspectivas de evolución del sector: “incertidumbre, con probabilidades de estancamiento”

- ✓ Síntomas de estancamiento económico: “recesión” de la Nueva Economía, crisis bursátil, disminución crecimiento USA, Japón y Europa
- ✓ Descenso del nivel de “confianza” de los empresarios
- ✓ Tendencia de moderación del crecimiento del sector en los dos últimos años, frente al espectacular crecimiento experimentado en 1988

Producción, consumo aparente y comercio exterior

- ✓ Progresivo proceso de internacionalización del sector basado en la fuerte competitividad del producto nacional, como se observa en el mayor volumen de las exportaciones
- ✓ La internacionalización del sector se encuentra todavía en pleno proceso de crecimiento.
 - ↳ Durante la última década las exportaciones se multiplicaron por cuatro, frente a un crecimiento de la producción total española inferior al 45%. Durante el último año, las primeras crecieron un 18%, frente al 10% de la segunda
 - ↳ Las importaciones se duplicaron durante la última década, mientras que la producción española destinada al mercado interno sólo aumentaba un 21%. Durante el último año, las primeras mantuvieron una tasa de crecimiento del 22% frente al 8% de la segunda



Baja internacionalización del mercado nacional

- ✓ Aunque se ha reactivado durante el último año, las importaciones sólo representan un escaso 14% del consumo nacional , estimándose que pueden llegar a situarse en torno a un 18-20% a medio plazo
- ✓ El nivel de penetración del producto exterior es ligeramente superior en el subsector de Asiento (16%), frente al de mobiliario (13%)

La internacionalización de la producción española

- ✓ La producción española del sector posee un nivel medio-alto de internacionalización, exportando alrededor del 23% de su producción, si bien, al ritmo actual de crecimiento, es posible que no tarde en situarse en torno al 30%
- ✓ Las exportaciones del sector se basan, fundamentalmente , en el subsector de Mobiliario (26% de la producción, con una tasa de crecimiento del 21% en el año 2000), mientras que apenas son significativas en el subsector de Asiento (6% de la producción)

Perspectivas

Aunque el mayor estancamiento relativo de los países de nuestro entorno, unido a la mayor inflación de nuestra economía, podrían afectar negativamente a nuestras exportaciones, la previsible contracción de nuestro mercado interno va a propiciar un mayor esfuerzo exportador de nuestras empresas, aprovechando la elevada competitividad del mobiliario de oficina fabricado en España.

Mercado regional

Concentración Madrid, Barcelona y Norte, que continúa creciendo

- ✓ Madrid se recupera lentamente, tras la fuerte bajada observada en los años anteriores
- ✓ Se consolida el espectacular crecimiento observado en Barcelona durante los años 1997 y 1998, volviendo a crecer un 40% en el año 2000, tras la recesión de 1999
- ✓ La región Norte continúa manteniendo un crecimiento constante, aunque ligeramente por debajo de la media, motivado por Cantabria y Rioja y la espectacular caída de Asturias



Segmentación del mercado

- ✓ Resulta muy significativa la elevada participación del producto de gama alta (65%), en comparación con otros sectores industriales, y con el sector del mueble en particular. Ello puede ser debido a la elevada participación en este sector de grandes clientes corporativos, así como la política de homologaciones implantada
- ✓ Evolución del sector:
 1. 1990-95: desarrollo del segmento gama-baja como consecuencia de la guerra de precios y descuentos desatada y como reacción ante el abuso de precios y márgenes que caracterizaron la época del espectacular crecimiento de finales de los años 80
 2. 1995-98: recuperación del segmento de gama-alta motivado por una reacción de la demanda ante los problemas de calidad desencadenados por la situación anterior
 3. 1998-00: crecimiento equilibrado de ambas gamas

Concentración del sector

- ✓ La crisis que caracterizó la primera mitad de la década de los 90 sirvió para desencadenar un profundo proceso de transformación estructural, en la medida en que aquellas empresas que reajustaron más rápido sus estrategias de imagen, de producto y de producción, o que se lanzaron a la exportación, se colocaron en una situación que les permitió aprovechar mucho mejor la recuperación de la demanda de la segunda mitad de la década, aumentando significativamente su cuota de mercado
- ✓ Como resultado de esta transformación estructural mencionada, se observa un significativo aumento de la concentración sectorial, en la medida que un reducido grupo de empresas ha mantenido unas tasas de crecimiento muy superior a la media durante la segunda mitad de la década
- ✓ En la actualidad el sector se estructura claramente en torno a dos polos:
 1. las grandes empresas; con una facturación en el mercado interno superior a unos 12 millones de euros, con una cuota superior a las dos terceras partes del mercado
 2. las pymes; divididas a su vez en dos grupos claramente diferenciados, las orientadas a un mercado de alto diseño y calidad, y las centradas en la producción de productos más económicos



Comercio exterior

El sector de mobiliario (incluyendo hogar) es uno de los sectores de la economía española más competitivos en el mercado exterior:

- ✓ Las exportaciones representan más de la cuarta parte de la producción española, mientras que las importaciones apenas representan un 10% del consumo nacional
- ✓ Aunque las exportaciones cayeron en 1997 como consecuencia de la revitalización del mercado interior, en los últimos años han vuelto a recuperar su ritmo de crecimiento, presentando una Balanza Comercial claramente positiva.

El Comercio Exterior del sector de mobiliario de oficina se sitúa en la misma línea positiva del sector del mueble:

- ✓ Las exportaciones representan un 23% de la producción española
- ✓ Las importaciones representan un 14% del consumo nacional
- ✓ Las exportaciones a Europa representan un 80% de nuestras exportaciones destacando Francia y Portugal. Sin embargo, las exportaciones al Reino Unido y a los países del Norte y el este de Europa son las que están experimentando un mayor crecimiento
- ✓ Las importaciones provenientes de Europa representan más del 90%, destacando Italia como principal país de origen, seguido a considerable distancia por Alemania, Portugal y Francia, aunque es Alemania el país con mayor crecimiento.

El Análisis de los resultados del año 2001

Primer semestre

Las exportaciones de mobiliario español de oficina alcanzaron los 68 millones de euros, por tanto se ha producido un incremento del 20,1% con respecto a los resultados del ejercicio del 2000

	1999	2000	2001	□01/00
Enero-Junio	44,8	56,8	68,23	20.1%

* Cifras facilitadas en millones de euros

Fuente: ESTACOM



Tercer trimestre

Los resultados para el tercer trimestre del 2001 se presentan en la siguiente tabla:

	1999	2000	2001	□01/00
Julio	12	10,42	12,98	24,6%
Agosto	3,98	5,72	6,96	21,8%
Septiembre	7,96	8,78	9,77	11,2%
Julio-Septiembre	23,99	24,93	29,73	19,9%

* Cifras facilitadas en millones de euros

Fuente: ESTACOM

Vemos que aunque el crecimiento ha sido menor, la diferencia es muy poca y sigue siendo un crecimiento global muy importante, del 19.9%.

Pero si observamos la evolución por meses vemos que en Septiembre el crecimiento es de menos de la mitad que en Julio, lo cual es una caída muy importante que en este caso está motivada por la crisis internacional provocada por el 11-S.

En cuanto a las **importaciones**, la tendencia alcista se mantuvo durante el primer semestre del año 2001, incrementándose en un 18,3% con respecto al primer semestre de 2000

	1999	2000	2001	□01/00
Enero-Junio	26,08	32,17	38,09	18,3%

* Cifras facilitadas en millones de euros

Fuente: ESTACOM





ANEXO E: Experimentación realizada con el ciclo de 30 días

En este anexo se muestra un ejemplo de los resultados obtenidos con una de las simulaciones con el programa Mobel Línea.

Element: Barnizado(1)

Statistics for: No of operations

Situation No: 1 Report No: 1 Time: 240.00
Mean: 14.3 Standard deviation: 3.5
Median: 16.0 Standard Error: 0.6
Confidence limits: 99% Lower: 12.5 Upper: 16.1
95% Lower: 13.0 Upper: 15.6
90% Lower: 13.2 Upper: 15.4

Element: Barnizado(1)

Statistics for: % blocked

Situation No: 1 Report No: 1 Time: 240.00
Mean: 0.00 Standard deviation: 0.00
Median: 0.00 Standard Error: 0.00
Confidence limits: 99% Lower: 0.00 Upper: 0.00
95% Lower: 0.00 Upper: 0.00
90% Lower: 0.00 Upper: 0.00

Element: Barnizado(1)

Statistics for: % wait setup labor

Situation No: 1 Report No: 1 Time: 240.00
Mean: 0.00 Standard deviation: 0.00
Median: 0.00 Standard Error: 0.00
Confidence limits: 99% Lower: 0.00 Upper: 0.00
95% Lower: 0.00 Upper: 0.00
90% Lower: 0.00 Upper: 0.00

Element: Barnizado(1)

Statistics for: % cycling

Situation No: 1 Report No: 1 Time: 240.00
Mean: 15.94 Standard deviation: 4.39
Median: 16.56 Standard Error: 0.80
Confidence limits: 99% Lower: 13.73 Upper: 18.15
95% Lower: 14.31 Upper: 17.58
90% Lower: 14.58 Upper: 17.30

Element: Barnizado(1)

Statistics for: % setup

Situation No: 1 Report No: 1 Time: 240.00
Mean: 0.00 Standard deviation: 0.00
Median: 0.00 Standard Error: 0.00





ANEXO F: Plano Mobil Línea

En este anexo se presenta el Layout actual de Mobil Línea.

