

MODELADO Y SIMULACIÓN DE UN CENTRO DE POSTRECOLECCIÓN HORTOFRUTÍCOLA

Juan Carlos Martín Rodríguez[§], Manuel Berenguel Soria[§], Luis José Yebra Muñoz*

[§]Universidad de Almería. Dpto. de Lenguajes y Computación. Área de Ingeniería de Sistemas y Automática.
Ctra. Sacramento s/n, 04120 Almería [cmartin@cajamar.es; beren@ual.es]

* Plataforma Solar de Almería (PSA), Carretera Senés s/n, E-04200 Tabernas (Almería), P.O. Box: 22.
[luis.yebra@psa.es]

Resumen

En este trabajo se hace uso de la simulación digital para estudiar los procesos que tienen lugar dentro de un centro de envasado de postrecolección hortofrutícola, analizándolos en busca de situaciones anómalas o mejorables. Para los problemas detectados se proponen soluciones las cuales se priorizan con el fin de elegir las más adecuadas para su implantación en el sistema real. Todo esto se lleva a cabo sin entorpecer a los sistemas de producción de la empresa, lo que redundará en un ahorro de costes.

Palabras Clave: simulación orientada a eventos discretos, centro de postrecolección hortofrutícola, Red de Petri, Arena.

1 INTRODUCCIÓN

Este trabajo supone un punto de convergencia entre el mundo empresarial - agrícola con el de la simulación informática al desarrollar un “producto” o servicio (de simulación) que resulta práctico, novedoso (para este dominio de aplicación) y personalizado a la empresa de envasado agrícola.

Los sistemas de producción son cada vez más complejos y las decisiones de modificación de los mismos dependen de un elevado número de variables, lo que al final pone de manifiesto la falta de capacidad de análisis. Esta situación implica que existe un riesgo creciente en la posibilidad de elección de una alternativa errónea. Se pretende responder a la cuestión: ¿cómo influye un cambio del sistema de producción sobre el rendimiento global?. La simulación orientada a eventos discretos es capaz de proporcionar la respuesta [1].

Los objetivos que se pretenden (comentados en el resumen) van a ser alcanzados usando el paradigma en espiral de la Ingeniería del Software el cual guiará el desarrollo a través de distintas etapas según se muestra en la figura 1.

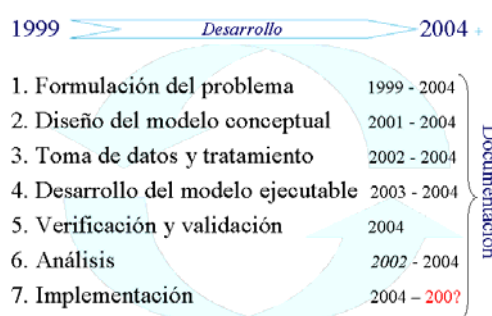


Figura 1. Etapas en el desarrollo de modelo

La empresa sobre la que se desarrolla este trabajo, Agrolumar, S.A., (figura 2) se encuentra situada en el poniente almeriense, zona de máxima actividad agrícola. Es de origen familiar y en la actualidad cuenta con cerca de cuarenta empleados. Se dedica a la compra de género agrícola el cual clasifica, envasa y exporta a sus clientes.

2 DESARROLLO DEL PROYECTO

2.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En 1999 se aprueba la realización del proyecto comenzando la documentación de los distintos procesos del sistema, de los flujos de materiales así como también se dibujan los planos y se describen las instalaciones. Se elaboran tablas de datos de RR.HH. (y su organigrama), maquinaria, transportes internos y externos, espacios de almacenamiento, costes tanto de personal como materiales, etc. La figura 3 muestra una jerarquía del personal de la empresa. Parte de la información se obtiene de los expertos del sistema encontrando diversas dificultades en la adquisición de estos datos a causa de la escasa disponibilidad del personal, habilidades comunicativas mejorables, dificultad de explicitar el conocimiento tácito o trivial para un experto, etc.

Otras de las fuentes de información han sido: informes, facturas, archivos de datos electrónicos generados por aplicaciones informáticas y comentarios con otros empleados. El acceder,

recopilar, estructurar, interpretar y plasmar toda esa información en la documentación desarrollada implica un elevado coste. Cabe destacar que la norma ISO 9001 en su revisión del año 2000 posee tareas comunes con la labor desarrollada en esta etapa. Concretamente: inventario de transportes, croquis de flujo de materiales y descripción de procesos.

2.2 DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL

La etapa anterior da como resultado un modelo basado en lenguaje natural pero que posee dos limitaciones que lo hacen inaceptable como base para una implementación computacional: la ambigüedad y la incertidumbre; además de no expresar de manera sencilla una perspectiva global del sistema, situaciones de bloqueo, etc. Un modelo conceptual evita estos problemas a la vez que permite formalizar los conocimientos del sistema. El usar un modelo implica realizar un proceso de abstracción en el que se consideran solo los aspectos de interés.

De los diversos modelos conceptuales se desarrolla en primer lugar el diagrama de flujo del sistema. Este aporta una interpretación clara e intuitiva del flujo de materiales a través del sistema, pero tiene aún inaceptables limitaciones en lo que respecta a su capacidad de modelado. Por ello se opta por usar uno de entre otros dos formalismos conceptuales gráficos más potentes: Redes de Colas [2] y Redes de Petri [3,4]. El sistema objeto de estudio presenta procesos concurrentes con probabilidad de aparición de *conflicto de recursos compartidos*, que se manifestará a la salida del sistema como una variación en el régimen de producción. Son finalmente las Redes de Petri (RdP) el formalismo elegido por su capacidad de manifestar explícitamente estos conflictos.

La RdP se desarrolla con el software HPSim [5] debido a que se mejora la presentación y se reducen costes de desarrollo. La red creada posee 171 nodos y modela 43 recursos, resultando extensa y de cierta complejidad. Por ello, aplicando el desarrollo *bottom-up*, se agrupan partes de la misma constituyendo 26 subsistemas que dan lugar a una nueva representación con un nivel de abstracción superior (figura 3). Para cada revisión mayor de un total de 5 se comprueba que la RdP considera todos los procesos de interés que ocurren en el sistema real. Cada revisión mayor se somete hasta a cuatro refinamientos (o modificaciones menores). Este hecho permite obtener finalmente un modelo formal depurado. No se ha considerado la parte de administración y gestión de la empresa así como tampoco se hace distinción entre distintos tipos de envases, variedades de género agrícola y calibre del mismo. Esto último ocurre porque cualquier combinación de las posibles variaciones de los tres

elementos va a responder a la misma lógica ya recogida por la RdP, manifestándose las diferencias en un comportamiento distinto a nivel de tiempos, cuestión que se transfiere parametrizada al modelo ejecutable.

2.3. TOMA DE DATOS Y SU TRATAMIENTO

La lógica de funcionamiento del sistema debe ser completada con el modelado de los tiempos de ejecución característicos de cada proceso. Para realizar esta tarea se puede elegir entre dos opciones: la determinista y la estocástica. La primera determina los tiempos de ejecución de los procesos mediante el uso de las ecuaciones que describen como ocurren estos. Sus resultados son muy precisos pero en general no resulta fácil obtener las ecuaciones de ciertos procesos, y en particular las que describen a un operador humano. La otra alternativa (la estocástica) se basa en registrar tiempos de ejecución de un proceso para poder determinar cómo se comporta. Para tener un modelado de calidad se han de registrar una cantidad considerable de tiempos así como comprobar la calidad de los mismos. En cualquier caso, este tipo de modelado supone una representación más sencilla y suficiente que facilita el proceso de modelado y la validación. El modelado estocástico se escoge también por su capacidad de modelar los tiempos empleados por operadores humanos. Esta alternativa consta de tres etapas: 1) toma de datos, donde tras registrar los datos y comprobar su calidad se caracteriza la muestra a través de un histograma e indicadores estadísticos; 2) ajuste de una función de distribución al histograma tras comprobar la independencia de las muestras (a través de gráficas de autocorrelación) y que estas se encuentren idénticamente distribuidas (examinando para ello la linealidad del proceso) [6]. En simulación interesa representar adecuadamente el comportamiento aleatorio prefiriéndose perder algo de precisión en el ajuste frente al hecho de usar la función que modela al tipo de procesos que se esté considerando. Por ello resultan más indicados los métodos heurísticos a los tests de hipótesis. En caso de no existir una función candidata para el tipo de proceso a modelar se ajustará la función que presente el menor error; 3) por último hay que validar el ajuste realizado. Para ello se realiza una evaluación cualitativa y cuantitativa de los resultados obtenidos de la función de probabilidad con respecto al proceso en estudio. Cualitativamente, expertos del sistema observan la salida del proceso según el ajuste establecido y juzgan la calidad del modelado al identificar un comportamiento típico para ese proceso. Cuantitativamente se compara la tasa de unidades a la salida del proceso simulado con respecto a la salida del proceso en el sistema real según un determinado patrón de entradas.

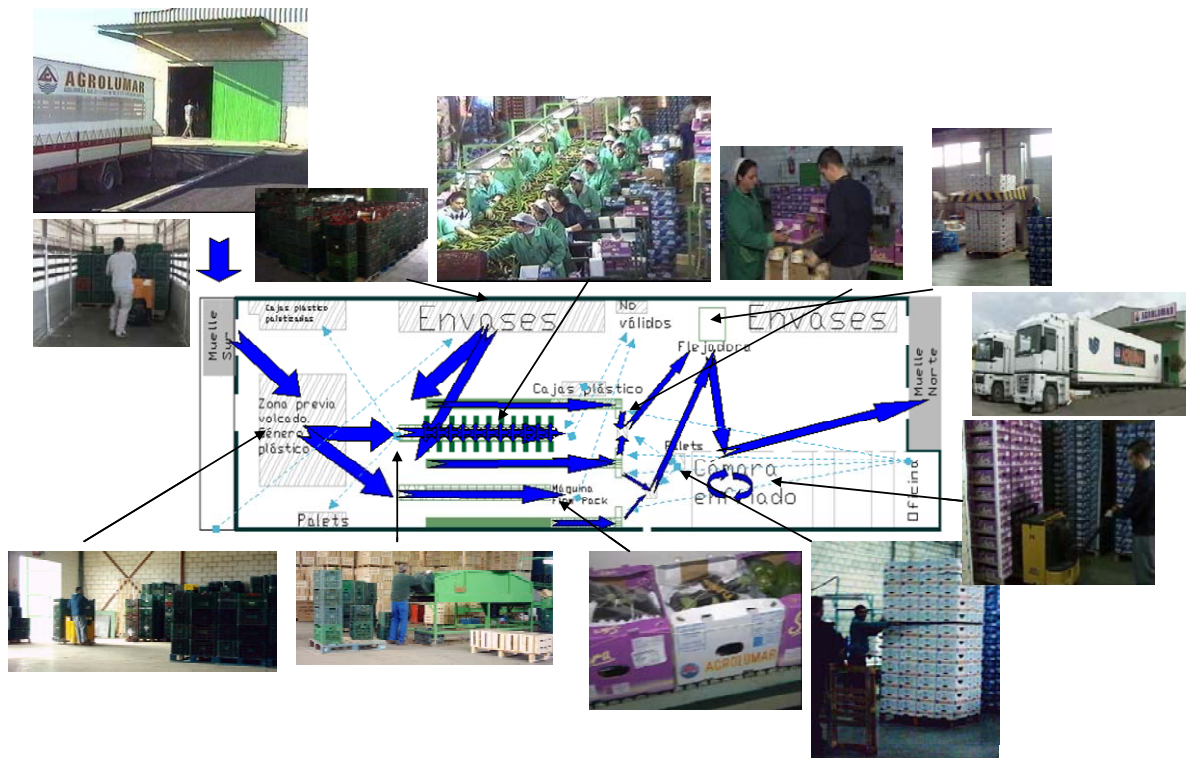


Figura 2. Empresa, planta y flujo de materiales principales

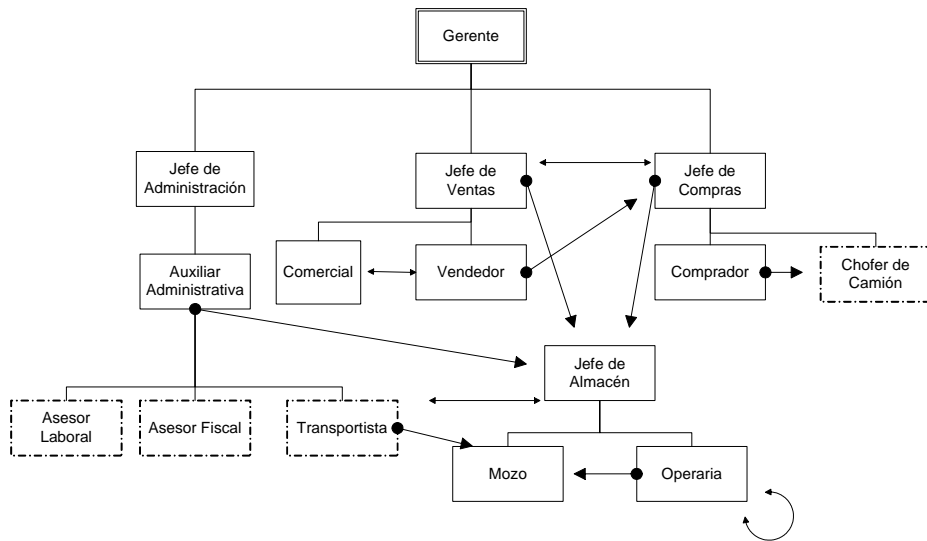


Figura 3. Jerarquía del personal de la empresa

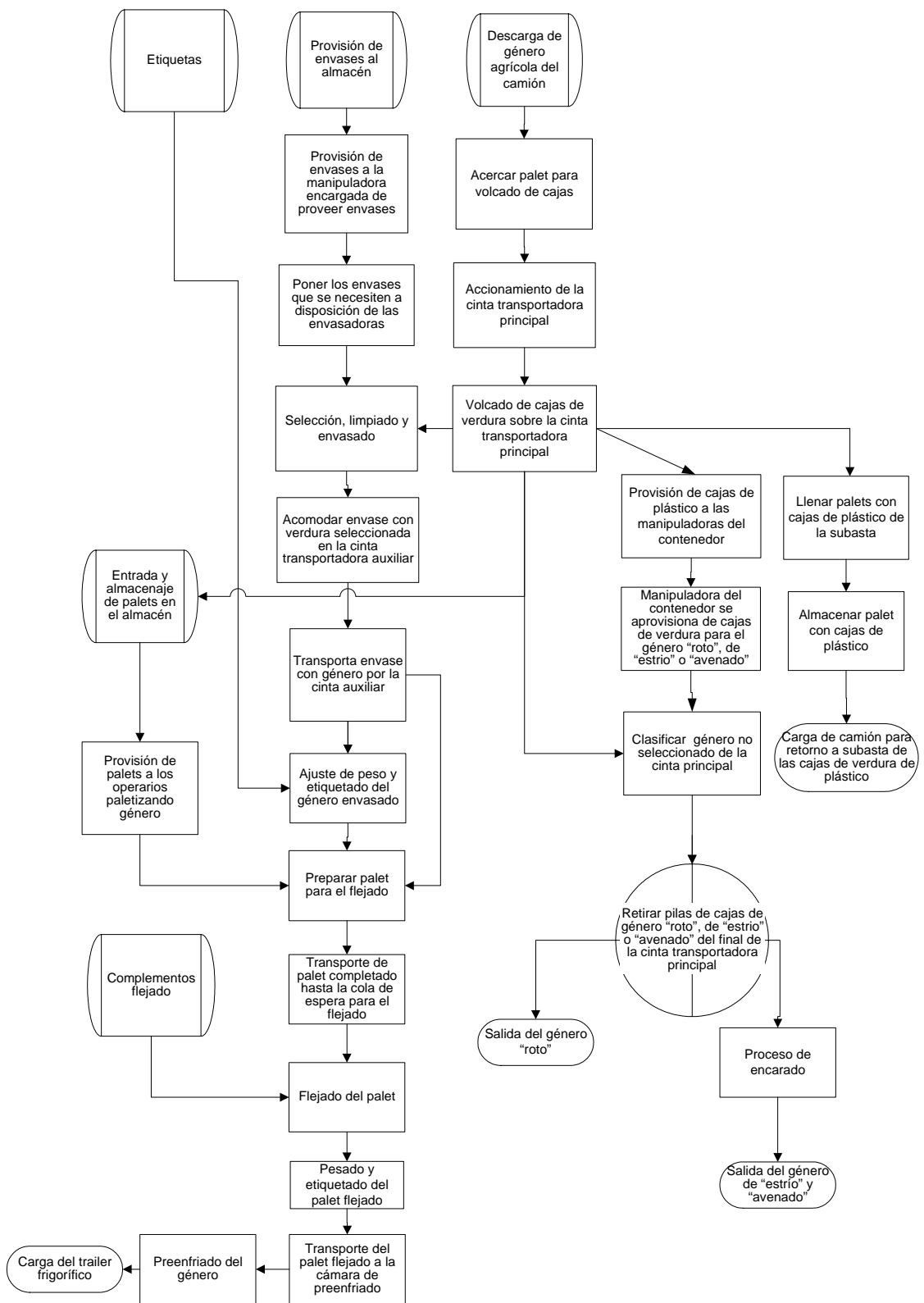


Figura 4. Diagrama de flujo del proceso

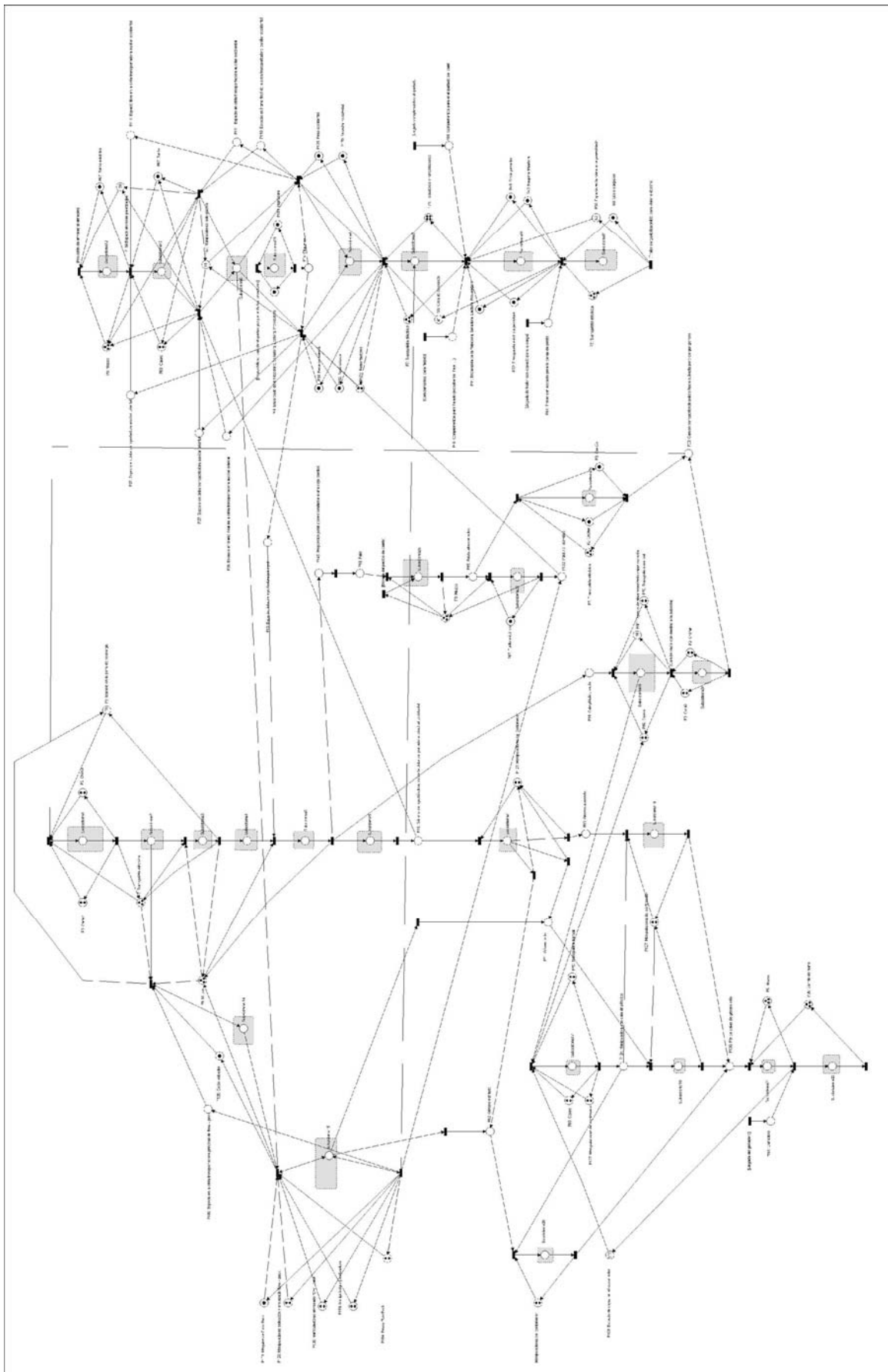


Figura 5. Conjunto interconectado de subredes de Petri que modelan los subsistemas que componen el proceso

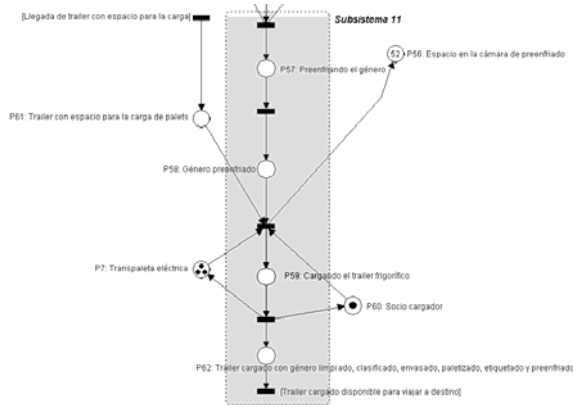


Figura 6. Nivel de detalle del Subsistema 11.

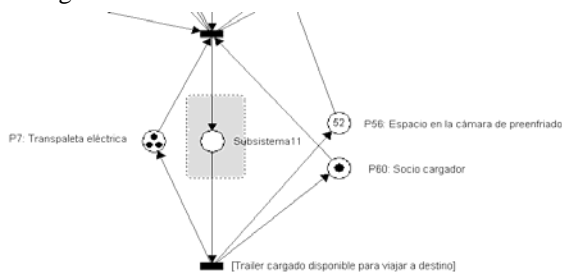


Figura 7. Nivel de abstracción del Subsistema 11.

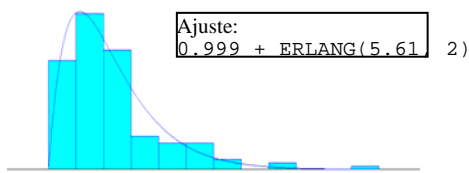


Figura 8. Ajuste de una función al histograma

La elaboración del histograma influye en la calidad del ajuste. Se determina el rango de valores a considerar así como la cantidad de intervalos. Empíricamente se ha de elegir una cantidad de entre 5 y 20 intervalos donde la fórmula de *Sturges* permite afinar un poco más en la cantidad k de intervalos para n muestras:

$$k = \lceil 1 + \log_2 n \rceil = \lceil 1 + 3.322 * \log_{10} n \rceil \quad (1)$$

En ocasiones hay que reajustar a conveniencia usando el método de “prueba y error”.

Se realizan 149 ajustes de tiempos de los cuales 85 corresponden a procesos, 28 a fallos (donde un fallo supone la indisposición transitoria de un recurso), y 36 a retrasos (representando la situación de que estando una transición de la RdP en condiciones para dispararse no se ejecuta, sin embargo, hasta pasado un tiempo).

El desarrollo de esta etapa requiere de personal suficiente para la adquisición de datos simultáneamente en los distintos procesos. Se ha omitido el modelado de los fallos en los transportes debido a que existe replicación de los mismos y se sustituyen en el acto en caso de fallo.

Destaca la importancia del filtrado de datos ya que para los tiempos obtenidos del sistema de control de producción de la empresa se han detectado duraciones de varias horas en procesos que típicamente duran pocos segundos. Si se realiza un ajuste sin filtrar estos datos, los resultados se distorsionan y da lugar a un modelo con comportamientos anormales.

2.4 MODELO EJECUTABLE

Con la lógica que rige el sistema y los tiempos de ejecución de cada proceso se está en condiciones de realizar la implementación del modelo ejecutable. Para ello se puede usar un lenguaje de programación de propósito general pero el coste de desarrollo y mantenimiento es muy alto. Los lenguajes de propósito específico suponen ahorrar algo de tiempo de desarrollo por las librerías y funciones que incorporan, pero aun se necesita personal especializado. Las herramientas especializadas suponen la mayor reducción de tiempo tanto en desarrollo como en mantenimiento, entre otros motivos por el uso de programación gráfica que no hace imprescindible conocimientos de programación, por lo que no requieren personal especializado para la implementación ejecutable.

Las herramientas de modelado permiten mejorar el conocimiento de la dinámica del sistema a través de la animación, monitorización y modificación de parámetros del mismo. También permiten explorar situaciones que son peligrosas, caras, problemáticas o imposibles. Una de las ventajas que poseen estas herramientas es que permiten el entrenamiento económico y seguro de operadores. Para la elección de un entorno de simulación determinado se hace uso de los criterios que propone la norma ISO 9126 así como otros adicionales que concluyen con Arena 5.0. [7], [8] (de la empresa Rockwell Software) como la aplicación adecuada para los objetivos planteados.

Se realiza el modelado y la simulación con la aplicación elegida. El código se modulariza en los subsistemas que se han establecido en la RdP. Para la animación se hace uso de las aplicaciones *Corel Draw* y *Visio* con las que se diseñan las imágenes correspondientes a las entidades y a parte del escenario. Las instalaciones se desarrollan con *Autocad 2000*.

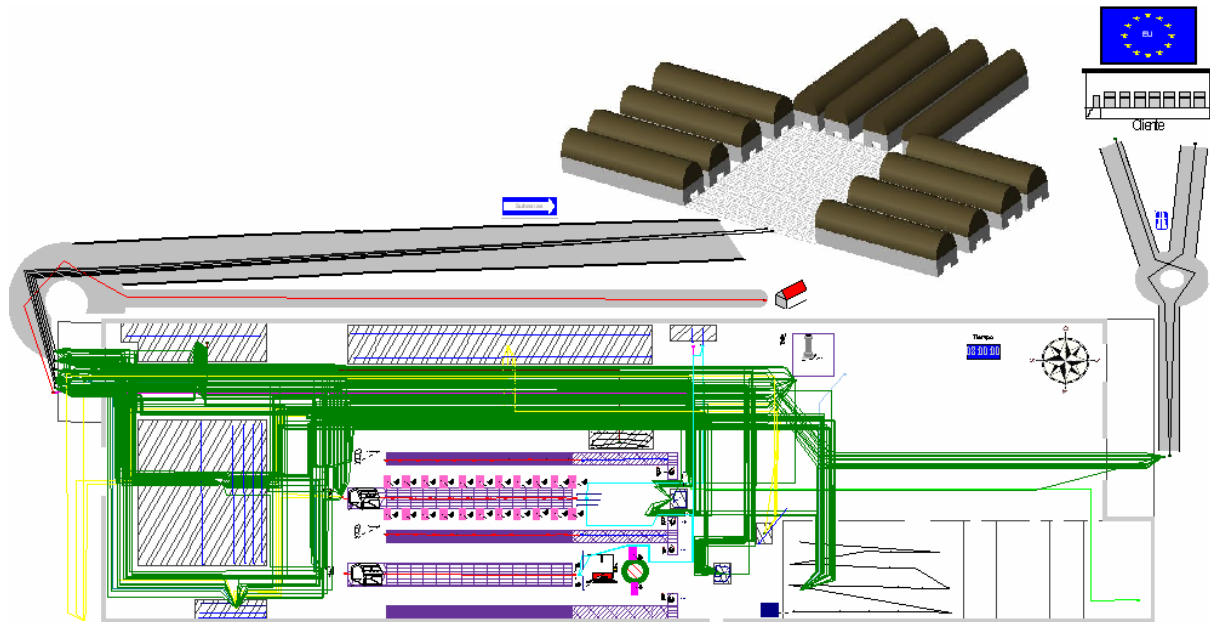


Figura 9. Escenario y caminos de transportes.

El desarrollo del modelo ejecutable ha sido costoso debido a que la metodología no llega a este nivel de detalle tan bajo, y traducir lo que el modelo formal expresa al modelo ejecutable ha requerido de ideas innovadoras en no menos de una ocasión.

2.5 VERIFICACIÓN Y VALIDACIÓN

Un modelo que no es capaz de responder adecuadamente a los objetivos para los que se ha desarrollado tiene negativas repercusiones económicas si se usa para la toma de decisiones y sus resultados inadecuados no son detectados a tiempo. Por ello se hace necesario someter al proyecto y concretamente al modelo a una fase de validación y verificación.

Expertos del sistema, expertos del dominio no pertenecientes a la empresa y personal externo no experto (que arrojan una opinión desinteresada aunque menos precisa) evalúan cualitativamente la documentación, la RdP, la animación comprobando que se dan las dinámicas y flujos de materiales que ocurren en el sistema real, y finalmente los valores y evolución de los indicadores insertados en el modelo ejecutable.

La evaluación cuantitativa consiste en comparar la salida del sistema real con la correspondiente a la de la simulación del sistema, encontrándose que la tasa de producción de palets / hora presenta una variación

inferior al 4,5% con respecto a la media de producción del mes de enero del 2004 (datos no usados en calibración), siendo este resultado adecuado para considerar un comportamiento aceptablemente real del sistema simulado.

Previamente a lanzar una simulación hay que concretar tres parámetros: longitud de la replicación, número de replications y tiempo de calentamiento. La longitud elegida para la simulación ha sido la duración de una jornada laboral dentro del periodo de alta actividad agrícola (aproximadamente 14 horas) más el tiempo de calentamiento. Se opta por ejecutar una simulación no estacionaria, más sencilla de ejecutar, analizar y adecuada para los objetivos planteados. Los resultados de una simulación están determinados por el patrón de valores obtenidos de las funciones de probabilidad introducidas en los procesos. Estas dependen a su vez del generador de números aleatorios el cual se basa en una semilla (valor) inicial. Para reducir la dependencia de los resultados obtenidos del valor de la semilla se realizan diversas simulaciones (cada una con una semilla distinta) cuyos resultados se promedian. La cantidad de simulaciones a realizar se puede establecer a través del parámetro “half-width” de Arena que informa cuando se ha alcanzado un 95% de probabilidad de tener un intervalo que contenga al valor real. Para determinar el tiempo de calentamiento se han lanzado cuatro simulaciones cada una con diferente semilla. El sistema simulado, a diferencia del real, se encuentra inicialmente vacío

de entidades. La salida del mismo no es estable hasta que no pasa un tiempo en el que el sistema alcanza un régimen aproximadamente lineal de producción acumulada.

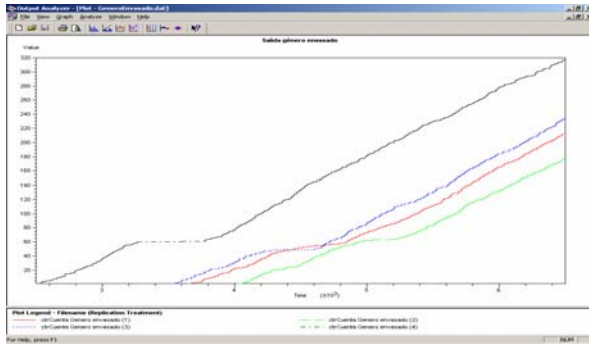


Figura 10. Linealidad de la salida del sistema.

El tiempo de calentamiento usado se corresponde con el instante en el que la salida del sistema se hace estable para el mayor de los tiempos de entre todas las semillas usadas.

2.6 ANÁLISIS

Tras tener un modelo ejecutable verificado y validado se puede proceder al análisis del mismo en busca de situaciones anómalas y mejorables. Algunas de las vías de búsqueda usadas se solapan con las de la etapa de verificación y validación, como es el caso de la animación y el panel de indicadores. Este último considera la monitorización de variables y recursos de interés los cuales son observados mediante el tipo de representación más adecuada, tal como se muestra en las figuras siguientes.



Figura 11. Indicador numérico para valores actuales

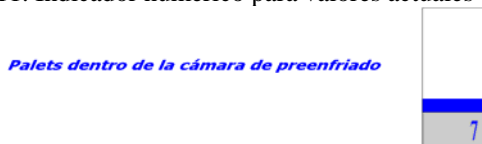


Figura 12. Indicadores de nivel para disponibilidad



Figura 13. Indicadores gráfica en función del tiempo

Otras formas de inspección usadas son el análisis de los informes que entrega el simulador, análisis de la distribución en planta de los distintos elementos y el de los datos (tiempos) registrados.

Todas estas exploraciones desembocan en la detección de hasta 32 situaciones mejorables para las cuales se proponen diversas soluciones individuales y una propuesta de solución global pero de más alto coste económico (tabla 1).

2.7 IMPLEMENTACIÓN

No todas las propuestas son igual de ventajosas pues existen variaciones en los resultados y costes de unas con respecto a otras. Por ello, tras una primera selección de propuestas a realizar por los clientes – gerentes de la empresa, se procede a realizar un doble estudio de cada una de las alternativas no descartadas. Por una parte se realiza un nuevo estudio de simulación consistente en modificar el modelo actual con los cambios que propone la alternativa en estudio y a través de este responder a las cuestiones de cómo varía la producción del sistema y el coste del mismo con respecto al actual. Por otra parte, se ha de realizar un estudio económico para esa misma opción en el que se de respuesta a la viabilidad económica y financiera de su puesta en marcha.

Las distintas alternativas estudiadas se deben ordenar bajo algún criterio que determine el grado de idoneidad de implantación de una determinada mejora de tal forma que la empresa, en caso de no poder hacer frente al coste de la implantación de todas las mejoras, pueda elegir la(s) más conveniente(s). Para ello se propone usar lo que se ha denominado índice de idoneidad que consiste en darle una importancia determinada (peso) a cada uno de cinco aspectos considerados en la evaluación de una alternativa. Concretamente:

$$\text{Índice de Idoneidad} = \sum_{n=1}^5 w_n * I_n \quad \text{con}$$

- I_1 : % Mejora rendimiento
- I_2 : Ganancias que proporciona
- I_3 : Grado viabilidad financiera
- I_4 : (-) Tiempo instalación afectando producción
- I_5 : (-) % Aumento coste

y w_n la importancia de cada factor según los criterios de los clientes.

La fase de selección de alternativas se encuentra en este momento en ejecución mediante reuniones con los gerentes de la empresa.

3 CONCLUSIONES

La simulación supone un valor añadido a la empresa en cuanto a que le aporta documentación detallada y

análisis de sus sistemas, una herramienta de predicción y evaluación, así como una inversión en las nuevas tecnologías que adicionalmente refuerza la imagen de modernidad de la compañía a través de la publicidad.

La lectura del proyecto de simulación y la evaluación de los materiales desarrollados otorgan al lector un conocimiento del sistema comparable al que tiene cualquier experto del mismo, sin tener que visitar las instalaciones e invirtiendo un tiempo considerablemente corto.

El desarrollo de un proyecto de simulación hace uso de diversas áreas de conocimiento por lo que es aconsejable llevarlo a cabo por un equipo multidisciplinar.

Una de las etapas que más tiempo ha requerido ha sido la de la formulación del problema debido a que no existe documentación descriptiva del funcionamiento y excepciones de la empresa, y llegar a describirlo adecuada y suficientemente ha sido costoso.

La simulación tiene un coste elevado en tiempo y en dinero, y sus respuestas no siempre tienen un grado de precisión elevado, siendo en ocasiones orientativas. Sin embargo, ciertos problemas son convenientemente resueltos mediante esta técnica. Como casos recientes que avalan el uso de esta técnica se puede considerar el uso de la simulación realizada para la ampliación del muelle del Puerto de Almería, el dimensionado del servicio de urgencias del Hospital del Poniente, ...

4 TRABAJOS FUTUROS

Hay aspectos del trabajo realizado en los que seguir avanzando. Tal es el caso del desarrollo de un formulario en entorno gráfico realizado con VBA (por estar integrado en la aplicación usada) que permita de manera amigable modificar ciertos parámetros del modelo y lanzar distintas configuraciones sin tener que hacer modificaciones a bajo nivel. También resulta de interés ampliar los límites del sistema modelado incorporando al trabajo actual la parte administrativa y de compra de género de la empresa.

El haber creado subsistemas desde el modelo formal y mantenerlos por las distintas etapas hasta el ejecutable supone la posibilidad de reutilizarlos para otros proyectos en los que se den esas mismas funciones: carga / descarga de camiones, enfriado o almacenaje de material, transporte de material, etc.

Agradecimientos

Los autores quieren agradecer a la Universidad de Almería y a la empresa estudiada, Agrolumar, S.A., los recursos y esfuerzos dedicados a la consecución de este trabajo y a la Junta de Andalucía por la financiación del grupo TEP-197.

Referencias

- [1] J. Banks, J. Carson, B. Nelson. "Discrete-Event System Simulation". Prentice Hall, 1996.
- [2] Barceló, J. "Simulación de sistemas discretos". ISDEFE, 1996.
- [3] Guasch, T., M. A. Piera, J. Casanovas, J. Figueras. Modelado y Simulación. Aplicación a procesos logísticos de fabricación y servicios. Editorial UPC, 2002.
- [4] Berenguel, M., F. Bienvenido. Apuntes de la asignatura "Sistemas Informáticos". Ingeniería Informática. Universidad de Almería, 2002.
- [5] Simulador de Redes de Petri "HPSim", (2003) http://www.winpesim.de/petrimet/e/hpsim_e.htm.
- [6] Reche, F., E.M. Artés Rodríguez y otros. Técnicas estadísticas aplicadas al análisis de datos. Universidad de Almería – Servicio de publicaciones, 2003.
- [7] Kelton, W.D., R. P. Sadowski, D. A. Sadowski. Simulation with Arena. McGraw Hill, 2002.
- [8] Rockwell Software. "A reference guide to Arena". 2002.

Problema existente	Solución propuesta
Análisis vía animación	
A.1. La encargada, el cargador y el pesador, están infrutilizados.	Uso de tiempo ocioso para aliviar cuellos de botella del sistema.
A.2. El socio volcador trabaja a ritmo notablemente más lento que el mozo volcador.	Apoyo en los intervalos de disponibilidad del socio volcador y a las cajas echando envases sobre las cintas auxiliares.
A.3. Alto tiempo de envasado de las manipuladoras a la salida de la cinta transportadora principal de flow pack.	Reducir el número de tareas que desempeña la manipuladora.
A.4. Las cajas junto con el mozo volcador son de los recursos humanos más ocupados.	No hay espacio físico. Usar manipuladora más ociosa para abastecer de envases bajo demanda o instalar abastecimiento "flotante".
A.5. En cinta transportadora principal no flow pack: inanición para los recursos ubicados al final de la misma.	La solución pasaría por insertar nuevos puntos de entrada o duplicar recursos. Son soluciones caras.
A.6. Sobrecarga en cintas tramo final de cinta transportadora auxiliar	Incluir peso en banca de envasadoras.
A.7. Se generan "vacíos" (huecos) en la superficie cubierta de género de la cinta transportadora principal no flow pack.	Incluir dos cintas con la mitad de longitud o aumentar los sitios por donde entra género atenuando este efecto.
A.8. A las envasadoras del contenedor se les exige mayor velocidad de trabajo.	Se exige que estas manipuladoras sean especialmente hábiles y rápidas. Suelen ocupar este lugar las más experimentadas.
Análisis vía panel de indicadores	
B.1. Las manipuladoras más ocupadas son las de las primeras bancas y las de las últimas.	Las últimas manipuladoras son rápidas y habilidosas habiendo sido escogidas ex profeso. Volcado de género en puntos intermedios.
B.2. Los pesadores y remontadores tanto del lado oriental como del occidental poseen un alto grado de utilización.	Esta es la situación ideal en la que han de estar los recursos para rentabilizarlos.
B.3. Las manipuladoras de envasado flow - pack y las pesadoras paletizadoras de flow pack tienen un bajo grado de utilización.	Realización de tareas adicionales en puntos cercanos o reasignación/eliminación de tareas a 2 de las 4 manipuladoras.
B.4. El nivel de ocupación de la cámara de preenfriado es muy bajo (por debajo de la mitad de su capacidad máxima) durante la ejecución de la simulación.	Este espacio se puede usar para almacenar el género que se compra de la subasta en caso de que la zona previa al envasado (zona de descarga) se sature.
B.5. La flejadora tiene un índice de utilización muy bajo.	Dos alternativas: o se vende el servicio de flejado a terceros (no) o se acumulan los palets pendientes de flejar y luego se flejan seguidos.
B.6. La máquina de flow - pack tiene un índice de utilización alto.	La velocidad de la máquina es programable a demanda.
B.7. Puntualmente se necesita un carrillo de mano adicional.	Se da prioridad baja a la tarea de retirada de género no válido.
B.8. 15 Tm género entre la zona de almacenamiento y la flejadora.	No se puede mejorar por motivos económicos..
Análisis vía informes de la aplicación	
C.1. Cinta transportadora principal flow pack: utilización del 98%.	No es un problema en la situación actual.
C.2. La longitud acumulada en los tramos finales de cinta transportadora auxiliar es mayor para el lado E que para el W.	Usar manipuladoras zurdas y diestras en los sitios adecuados.
C.3. La entidad que más tiempo existe es el palet etiquetado.	Natural por tener que pasar por el preenfriado del género.
C.4. La entidad más numerosa es el género.	Normal.
C.5. Mayor tiempo de espera en cola: MutEx almacenar palets.	Reducir abastecimiento de palets.
C.6. Los recursos más veces ocupados son las cajas E y W.	Variación en el método empleado para servir envases.
C.7. Recurso más usado: cepilladora limpiadora no flow pack.	Normal.
C.8. Los transportes dentro del almacén no saturados.	Bien dimensionados.
Análisis vía distribución en planta (plano y layout)	
D.1. Maniobras de transpaleta al acceder a palet en zona de tránsito, con posibilidad de coexistencia de dos transpaletas.	Quitar tramo final de cinta transportadora auxiliar occidental: pesar justo al finalizar la cinta transportadora auxiliar occidental.
D.2. La disposición contigua de los palets en la zona previa al volcado conforma un área de considerable extensión en la parte sur de la nave la cual obliga o bien a usar una vía de circulación que tiene cierta intensidad de tráfico formado por el torillo y las transpaletas.	El lugar es desde luego el idóneo para almacenar el género pues está próximo y fácilmente accesible a su uso: el volcado sobre la cinta transportadora principal. Pero el problema que plantea se puede solucionar dividiendo el gran área que ocupa
D.3. Espacio inútil ocupado por género no seleccionado.	Almacenar fuera (con esfuerzo similar).
D.4. Circulación con trayectoria aleatoria de los vehículos y personas.	Incluir marcas viales.
Análisis vía registro de datos en archivos	
E.1. Se detectan notables irregularidades en la producción de cada manipuladora de un día para otro.	Motivar, cambiar de sitio, etc.
Análisis vía observación del sistema real	
F.1. Algunos envases, cajas de plástico y palets se encuentran caóticamente colocados en ciertas zonas del almacén.	Formar y motivar para acomodación adecuada de envases, cajas o palets.
F.2. Incorrecta clasificación del género, inclusión de piezas de género inaceptable para el envasado dentro de un envase, limpieza inadecuada o insuficiente del género.	Formación y motivación.
Análisis del aumento de producción	

Tabla 1. Resumen de problemas y soluciones propuestas