

Desarrollo de Tecnología Informática para la optimización de la planificación y control del proceso de corte de materia prima.

Convenio de Transferencia. IMPIVA, DOGV nº 2729 de 17 abril de 1996 (96-97)
(Resp: Federico Barber, fbarber@dsic.upv.es).

Premio Accésit a Empresas e Instituciones: "Desarrollo e Implantación de las Tecnologías de la Información". VI Encuentro sobre la Tecnología de la Información en la Comunidad Valenciana. Enero, 1999.

Objetivo y descripción del proyecto

El proyecto desarrollado tiene como principal objetivo el desarrollo de una aplicación informática de apoyo a la planificación y control del proceso de corte de materia prima continua. Dicha aplicación permite obtener el máximo aprovechamiento de la superficie de materia prima, minimizando así las pérdidas de la misma.

Este problema adquiere gran relevancia en numerosas industrias como la papelera, la cartonera, la textil o la maderera, en las que se requiere cortar (recubrir) de forma óptima piezas planas de materia prima, con unas características y requerimientos dados que serán transformadas en las siguientes fases del proceso productivo. El hecho de que no se pueda ajustar perfectamente las piezas al material provoca pérdidas de material, con una gran importancia económica y ecológica.

En el caso particular tratado, tanto la materia prima a utilizar como las piezas que se cortan, tienen forma rectangular. Dichas piezas se cortan a partir de bobinas de cartón continuo (Figura 1), de modo que la cantidad de cartón desperdiciada (merma) sea la menor posible. El proceso se puede plantear, en términos generales, como la resolución de un problema que consiste en "recubrir sin solapamiento una o varias figuras planas con figuras también planas, de manera que la cantidad de superficie no recubierta sea la mínima posible".

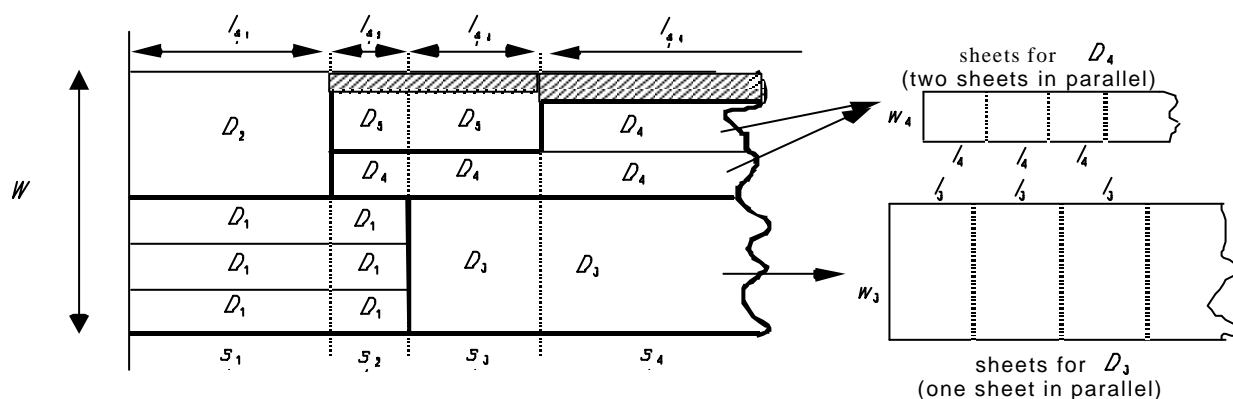


Figura 1. Distribución de pedidos sobre una bobina de cartón continuo

Los pedidos se caracterizan, básicamente, por una cantidad de cartón (medida en Kg.), un tipo de calidad y gramaje del mismo y un ancho de lámina. Al ser rectangular la forma de las piezas empleadas, el problema se traduce en generar una serie óptima de rectángulos de un ancho y largo determinado (pedidos) a partir de una colección de rectángulos de un ancho determinado y largo indefinido (bobinas de cartón continuo). En este caso particular, el número de rectángulos de un pedido concreto vendrá dado por la siguiente fórmula: cantidad pedido / peso de una lámina de ancho y largo prefijados. Esta cantidad global a cortar puede ser distribuida en diversas zonas de la bobina continua a fin de optimizar el corte. Con estas restricciones se desea encontrar una solución que optimice el uso de materia prima así como las

pérdidas de material, medido por la merma lateral que se produce en el corte (parta rayada de la Figura 1).

La optimización del coste económico necesita tener en cuenta otros factores como:

- Cartera de pedidos prevista. Prioridad y tiempo de producción del pedido. Coste de las diferentes piezas de materia prima. Coste de transporte.
- Planificación de stocks teniendo en cuenta las disponibilidades existentes y las piezas previamente planificadas en el proceso de fabricación
- Planificación de stocks de piezas cortadas sobrantes y posterior asignación a futuros pedidos
- Posibilidad de asignar una cantidad de pedido diferente de la solicitada dentro de cierto margen (sobre oferta).
- Información histórica sobre dimensiones de piezas más usuales con objeto de optimizar el stock de piezas cortadas sobrantes, etc.

Estos factores deberán parametrizarse de modo que puedan ajustarse a las condiciones de la empresa concreta donde se aplique el sistema. Por otra parte las decisiones deben adaptarse dinámica y reactivamente ante la llegada de nuevos pedidos, y deben poder tenerse en cuenta previsiones sobre las necesidades futuras.

Antecedentes

Previamente al desarrollo de esta aplicación, se disponía de dos cortadoras *simplex* para llevar a cabo el proceso de corte del cartón. Posteriormente, se trabaja sobre una cortadora dúplex (Figura 2), capaz de hacer cortes de dos longitudes independientes (puede cortar dos pedidos en paralelo) y con una mayor capacidad de producción y flexibilidad.

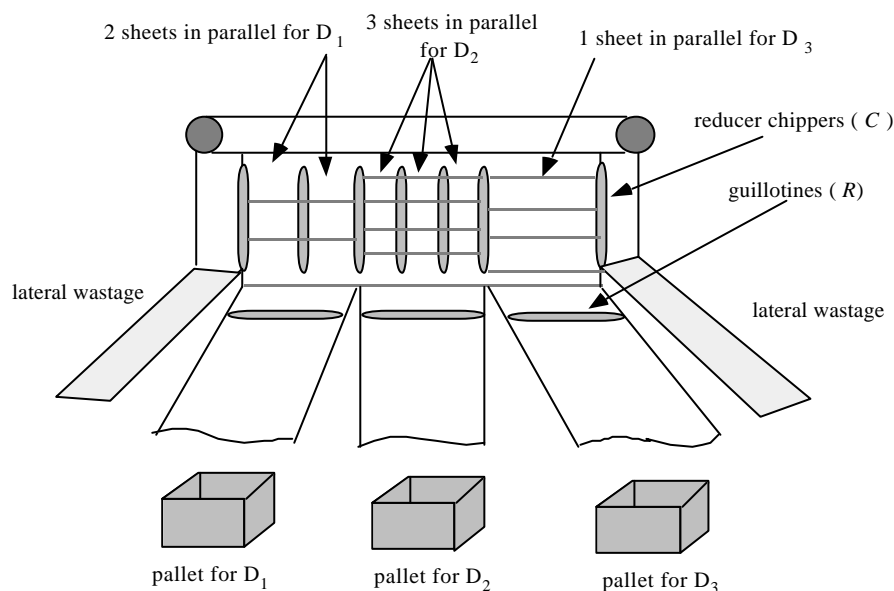


Figura 2. Máquina cortadora dúplex

La cortadora dúplex aumenta la complejidad del problema, al obtenerse más combinaciones entre los pedidos. Al mismo tiempo, la incorporación de la cortadora dúplex aumenta la dificultad del proceso de planificación para el experto humano (solución empleada hasta el momento) ya que ahora deberá tener en cuenta otra serie de factores adicionales. Todo ello hace imprescindible el desarrollo e implantación de una herramienta que permita resolver el problema planteado. Conviene resaltar además que, antes de la puesta

en marcha de la mencionada herramienta, el proceso produce un volumen total de mermas (pérdidas laterales de cartón) que ascendían al 12%, pudiéndose estimar pérdida económica de aproximadamente 20 millones de pesetas por punto de merma. Con todo, se hace necesario contar con la aplicación de una tecnología informática.

Tecnología y metodología empleada

La metodología a emplear se orienta principalmente a atender los requerimientos del usuario siendo su principal objetivo el encontrar una solución al problema del cliente. Para abordar la resolución del problema, en primer lugar se realizó un estudio detallado del funcionamiento de las máquinas implicadas en el proceso para tener en cuenta sus restricciones y un análisis de los efectos que tienen los múltiples parámetros que entran en juego en el proceso de optimización. Seguidamente se procedió a evaluar y analizar distintas técnicas informáticas y su grado de adecuación al problema en cuestión. La mayoría de las formulaciones del llamado *problema del corte* asumen condiciones muy generales y poco realistas como la existencia de infinitas cuchillas de corte o la posibilidad de utilizar el material en cualquier orientación. El método general de resolver este problema ha sido empleando técnicas de programación lineal, lo cual conlleva a un elevado coste computacional debido al gran número de combinaciones del problema. Otras aproximaciones proponen formulaciones de programación entera con cotas superiores para limitar el tamaño del árbol de búsqueda. En general, todos los mecanismos mencionados están orientados a la consecución de la solución óptima o mejor solución posible. Por otra parte, pocos métodos analizados han hecho uso de técnicas de Inteligencia Artificial y empleo de heurísticos propios del problema a resolver, y las pocas existentes que lo han hecho no son aplicables a entornos reales de problemas.

El problema que nos atañe es un proceso donde el manejo de múltiples datos, características, prioridades y la cantidad de cálculos que se deben realizar para atender el volumen de pedidos lo convierte en un problema de difícil resolución. Desde un punto de vista práctico, se está más interesado en una solución rápida y aceptable, en términos de merma, que en obtener la mejor solución a costa de un elevado proceso de cálculo, al ser un proceso con una alta dinámica. Consiguientemente, el diseño de la aplicación se plantea como un balance entre el coste y la calidad de la solución. Este planteamiento desestima la aplicación de métodos clásicos de Investigación de Operaciones y se adecua a la aplicación de técnicas de Inteligencia Artificial.

El diseño del problema consiste en la aplicación de una búsqueda heurística (una variante del conocido algoritmo A*) en un árbol de expansión donde cada nodo del árbol representa una combinación de pedidos. Las ventajas de esta solución son las siguientes:

- a) Permite obtener la solución óptima. El algoritmo de resolución se diseña como un proceso de refinamiento progresivo que devuelve una respuesta cada vez que encuentra una mejor solución.
- b) El operador puede interrumpir el programa cuando el porcentaje de merma alcanzado cumple las expectativas y es satisfactorio de acuerdo a la política de planificación. Este es un factor muy importante dado el elevado coste de obtener la solución óptima en la mayoría de los casos.
- c) Adecuación de la solución diseñada al problema de corte de cartón en el entorno concreto de aplicación, reportando importantes ahorros económicos, ecológicos, de proceso, etc.

El objetivo de utilizar un algoritmo A* responde a dos cuestiones principalmente:

- a) Aunque una búsqueda heurística podría reportar, en el peor de los casos, los mismos resultados que los métodos de combinatoriales clásicos, muestra mejores resultados en el caso promedio, ya que

el funcionamiento del algoritmo siempre expande la solución más prometedora disponible hasta el momento. Con ello se puede obtener directamente la solución óptima.

- b) El principal objetivo es, sin embargo, abordar el problema como un proceso que progresivamente refina una solución existente de modo que se obtengan mejores respuestas a medida que se concede más tiempo de cálculo al programa. Esto permite detener la ejecución del programa cuando se obtiene un porcentaje de merma suficientemente satisfactorio.

Conviene destacar la importancia de este último aspecto. Una empresa cortadora tiene que calcular diariamente el conjunto de pedidos que la máquina cortadora va a atender. Este cálculo se realiza a primera hora de la mañana y debe ser lo más rápido posible para que la cortadora pueda ponerse en funcionamiento rápidamente. Soluciones muy costosas y con elevados tiempos de cómputo provocarían un retraso en la planificación de los pedidos, siendo entonces posible que no se puedan atender todos los pedidos planificados para el día.

La interfaz desarrollada es altamente amigable, interactiva y flexible. La aplicación permite seleccionar la cartera de pedidos a procesar (Figura 3). Asimismo, los resultados de la solución alcanzada hasta el momento se pueden presentar en forma textual o gráfica (Figura 4).

Ped./Lín.	Gramaje	Ancho	Largo	Cantidad	Fecha Serv.	
969616/1	220	570	860	5000	1/10/1996	Opcional
969666/1	220	350	670	5000	14/1/1996	Opcional
969641/1	220	560	840	1000	14/1/1996	Opcional
96964/1	220	750	1100	3000	15/1/1996	Opcional
96964/2	220	1010	730	5000	15/1/1996	Opcional
96964/3	220	555	750	5000	15/1/1996	Opcional
96964/4	220	895	560	3000	15/1/1996	Opcional
969637/1	220	1100	1300	10000	15/1/1996	Opcional
969620/1	220	721	900	1000	16/1/1996	Opcional
969647/2	220	430	800	5000	16/1/1996	Opcional
969655/1	220	545	595	5990	16/1/1996	Opcional
969665/1	221	1050	750	5000	17/1/1996	Opcional
969667/1	221	680	870	3000	17/1/1996	Opcional

Figura 3. Selección de pedidos a procesar

Innovaciones, ventajas y beneficios de la aplicación desarrollada

El desarrollo de la aplicación implementada en este proyecto ha permitido reducir la distancia entre la investigación teórica y la realidad industrial en el problema de la planificación del proceso de corte de materia prima. Tras un primer contacto con el mundo empresarial, se observó que no existen actualmente dentro de la Comunidad Valenciana soluciones automáticas a problemas como el planteado y que en la

mayoría de los casos es un experto humano el que se encarga de realizar los cálculos en base a su propia experiencia.

Adicionalmente, y como justificación del interés económico de la aplicación desarrollada hay que destacar que permite obtener un rendimiento muy superior a la planificación previa por el experto humano.. Como se ha mencionado, el proceso de corte de cartón produce considerables pérdidas económicas por punto de merma y la implantación de la herramienta ha conseguido reducir las pérdidas al 5%. Adicionalmente, la utilización de dicha aplicación permite que el grado de conocimientos técnicos de los operarios que se encargan del proceso productivo no deba ser tan especializado y dependiente.

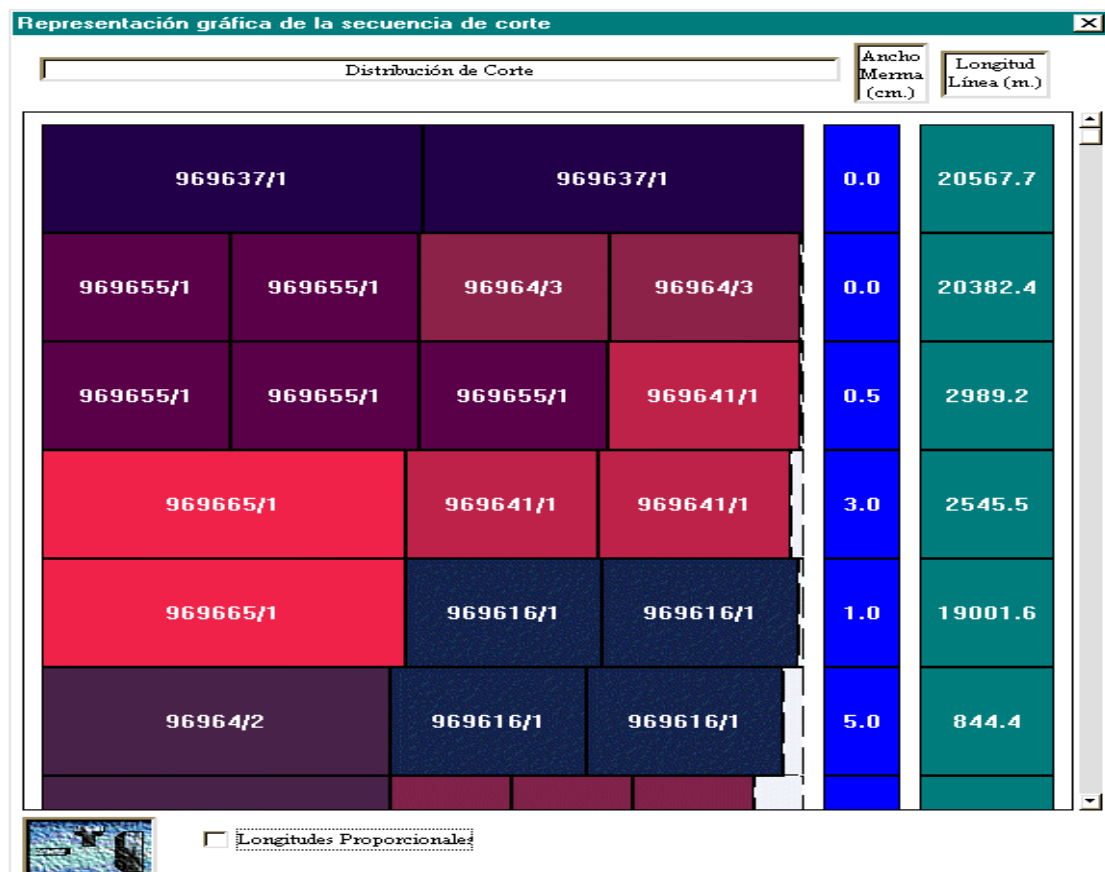


Figura 4. Solución gráfica

Otras ventajas adicionales que reporta la aplicación desarrollada son:

- a) Selecciona un conjunto de demandas de una cartera de pedidos atendiendo a las características de una determinada bobina de cartón y la fecha máxima de servicio en la que hay que hacer la entrega de los pedidos.
- b) Posibilidad de establecer prioridades en los pedidos (obligatorio, eliminado u opcional).
- c) Capacidad de obtención de una solución inmediata y visualización de la mejor solución (la de menor merma) conseguida hasta el momento. En caso de no detener el proceso de cálculo, el sistema encontrará la solución óptima.

- d) Una vez finalizado el proceso de cálculo, el sistema devuelve una lista con diversa información sobre los pedidos planificados, los rechazados así como el porcentaje de merma obtenida. Además permite visualizar en detalle la solución alcanzada.

Otro factor importante a tener en cuenta es el ahorro ecológico y de coste de reciclaje que se derivan del ahorro de pérdidas en el proceso de corte. Por otra parte, la tecnología desarrollada ha permitido aprovechar los recursos de una herramienta de corte más actual y productiva, circunstancia difícil de conseguir con el método previo. En consecuencia, un objetivo final es dotar a las empresas destinatarias de una mayor competitividad en el mercado.

En resumen, la aplicación desarrollada ha supuesto una transferencia tecnológica, un aumento de la competitividad de las empresas valencianas del sector, un incremento económico de las mismas y un considerable ahorro ecológico. Adicionalmente, se está en trámites de la extensión de esta herramienta a entornos productivos similares.