



Universidad de Chile.
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.
Departamento de Ingeniería Civil Industrial.
IN70L Logística y Producción

Profesor: Andrés Weintraub.
Auxiliares: Gonzalo Romero.
Ximena Schultz.

Tarea N° 2

Fecha de entrega: 09 de abril de 2007

CONTEXTO GENERAL

Rapel, una empresa productora de licores, está considerando invertir en una nueva tecnología automatizada para una de sus familias de productos de alta venta. Esta familia de productos cuenta con 3 productos distintos, los que posteriormente se embotellan en dos tipos de envase.

El sistema actual de producción no es lo suficientemente flexible, y una alta proporción de la capacidad productiva se pierde en tiempos de cambio de producto y formato en las etapas de producción y envasado respectivamente. Hasta ahora, para aumentar la productividad y reducir el impacto de los tiempos perdidos en cambios, la compañía ha recurrido a grandes lotes de producción programados en ciclos regulares. Como resultado de esta política ha aumentado el nivel de capital inmovilizado en inventarios, y ha disminuido la flexibilidad para reaccionar a las variaciones de la demanda de mercado.

El proyecto de la nueva línea de producción incluye varias máquinas de producción y envasado, sin especialización en un producto final específico. El aumento proyectado en la flexibilidad en la línea provendría de varios factores: la habilidad de producir y envasar varios productos en paralelo (porque cada máquina de producción o envasado puede funcionar independientemente de las otras máquinas), la reducción de los tiempos de cambio de formato y producto debido a la nueva tecnología, y el aumento de la capacidad de almacenamiento de producto no envasado.

Sin embargo, los tiempos de cambio que aun permanecerían y la diversidad de productos finales aun limitan la productividad de la línea. Por lo tanto, es necesario encontrar el balance adecuado entre una alta utilización de la capacidad disponible y el nivel de inventario.

Por esta razón la empresa ha recurrido a usted con la intención de obtener asesoría en el desarrollo de un modelo que optimice la planificación de las operaciones de la nueva línea, en función del mix de productos y el pronóstico de demanda. El modelo obtenido será el primer paso para desarrollar un modelo más detallado de simulación, y de este modo apoyar la evaluación de este proyecto de inversión.

DETALLES DEL PROBLEMA

Se considera un problema de dos etapas. La primera es la etapa de producción y la segunda es la etapa de envasado. Existen tres tipos distintos de productos, los cuales se pueden envasar en dos formatos distintos, obteniendo de este modo 6 productos finales. Cada uno de los tres tipos de productos iniciales (productos a granel) pueden ser almacenados antes de ser envasados, en un estanque de almacenamiento especializado (es decir, existen tres estanques especializados) con una capacidad de almacenamiento

grande. La capacidad de los estanques no se considerará en el modelo, porque grandes estanques pueden ser construidos rápidamente y no son costosos, por lo que es un tema de diseño secundario. Además, las materias primas utilizadas en la producción tampoco serán consideradas porque se estima que su suministro es confiable y flexible.

Hay cinco máquinas de producción no especializadas produciendo los productos a granel, y cada una de ellas solo puede producir un tipo de producto por periodo de planificación, es decir, por día. En cada periodo de planificación la capacidad de cada máquina se reduce si se hizo un cambio con respecto al periodo anterior, incluyendo el cambio de producir cualquier producto si el periodo anterior no se produjo nada. Este tiempo de cambio es constante para cada máquina e igual a 1,5 horas, es decir, es independiente de los ítems producidos antes y después del cambio. Cada máquina es parcialmente especializada, en el sentido que no todas producen el mismo subconjunto de productos a granel. Las tasas de producción hora de cada producto a granel en cada máquina se exponen en la tabla 1.

Tabla1: Tasa de producción-hora de cada maquina para cada producto a granel.

	mp₁	mp₂	mp₃
m₁	0	100	0
m₂	0	100	0
m₃	0	100	0
m₄	100	100	100
m₅	100	0	100

Hay **tres líneas de envasado** parcialmente especializadas que pueden envasar como máximo uno de los seis productos finales en cada periodo de planificación. La capacidad potencial de cada línea se reduce si se hace un cambio de producto con respecto al periodo anterior, incluyendo producir cualquier producto si es que no se produjo nada en el periodo anterior. El tiempo de cambio es nuevamente constante para todas las líneas e igual a 0.5 horas. Las tasas de producción potencial por hora de cada producto en cada línea se exponen en la tabla 2.

Tabla 2: Tasa de producción-hora potencial de cada línea para cada producto.

	p₁	p₂	p₃	p₄	p₅	p₆
l₁	65	130	250	0	0	65
l₂	0	130	250	500	0	0
l₃	0	130	0	500	600	0

Uno o más de **seis robots** idénticos alimentan cada línea de envasado. El número de robots asignado a cada línea se mantiene fijo durante cada periodo de planificación, y limita la capacidad total de producción de cada línea. En otras palabras, la capacidad real de envasado de una línea está restringida por el número de robots asignados a esa línea multiplicado por la capacidad de un robot. La capacidad de los robots para cada producto final se expone en la tabla 3.

Tabla 3: Capacidad de un robot para cada producto final.

p₁	328
p₂	328
p₃	820
p₄	410
p₅	492
p₆	328

Los robots son a su vez alimentados por **tres alimentadores**, cuya función es llevar los productos a granel desde los estanques hasta los robots. Cada alimentador puede ser conectado a un solo estanque en cada periodo de planificación, pero puede alimentar a varios robots. Además, varios alimentadores pueden conectarse a un solo estanque. La capacidad de los alimentadores depende del tipo de producto a granel. Por lo tanto, la capacidad de envasado global (i.e. agregado sobre todas las líneas y formatos) en un periodo de planificación para un producto a granel dado, está limitado por el número de alimentadores asignados multiplicado por la capacidad de un alimentador para ese producto. La capacidad de los alimentadores para cada producto a granel se expone en la tabla 4.

Tabla 4: Capacidad de un alimentador para cada producto a granel.

pg₁	900
pg₂	800
pg₃	750

La compañía utiliza una política make-to-stock para esta familia de productos, con un **horizonte de planificación de una semana**, con el fin de no solo cubrir la demanda de corto plazo, sino que además permitir agrupar un poco la demanda de modo de reducir el número de cambios de producto y formato en la línea de producción y envasado. La planta es operada 24 horas al día, por lo que hay 7 periodos de planificación en este problema, cada uno representando un día de operación. Los pronósticos de demanda para la próxima semana están disponibles en la tabla 5 y en general son confiables.

Tabla 5: Demanda por producto y periodo.

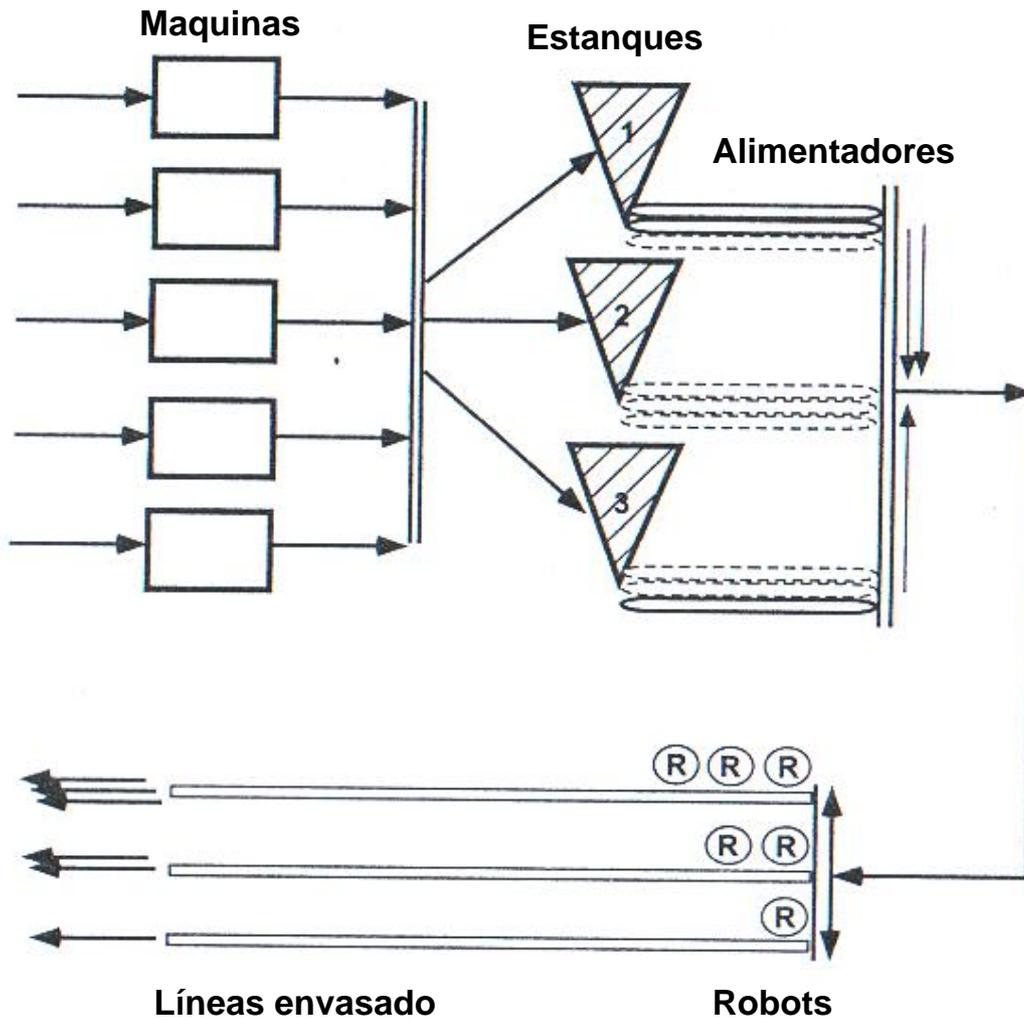
	t₁	t₂	t₃	t₄	t₅	t₆	t₇
p₁	237	235	83	176	163	114	113
p₂	1198	1260	480	761	1491	432	1152
p₃	274	245	480	101	294	102	128
p₄	52	99	93	55	29	114	46
p₅	0	0	0	0	0	0	0
p₆	650	896	674	915	738	611	794

El objetivo es suplir la demanda pronosticada a costo mínimo, respetando las restricciones de capacidad en la línea. Dado que la demanda debe ser satisfecha, la mayoría de los costos son constantes en un periodo de planificación tan corto. Por lo tanto, el costo total de operación será modelado como la suma del inventario de los productos a granel más el inventario de productos finales al final de cada periodo (bajo

el supuesto de que todos los productos a granel y finales tienen costos de producción y valor agregado similares).

Para los productos finales, retrasos en la entrega de la demanda pronosticada son aceptados, porque permiten una mayor agrupación de la demanda y aumentan el nivel de utilización de la capacidad disponible en la línea. Sin embargo, están penalizados porque implica un menor nivel de servicio. En la compañía, se ha estimado que retrasar una unidad de demanda por un día cuesta tanto como almacenar una unidad de producto por ocho días.

El esquema del flujo de producción se presenta a continuación.



PREGUNTAS DE ESTUDIO.

El primer objetivo del caso en estudio es construir un modelo y un algoritmo de resolución que permita resolver el problema de planificación. Para esto, se debe utilizar solamente el comando RMIP de GAMS, es decir solo se pueden resolver problemas relajados. La dificultad consiste en obtener una solución entera factible del problema inicial mediante heurísticas, a partir de la solución relajada del modelo.

Además, se pide analizar si la nueva línea de producción cuenta con suficiente capacidad como para cubrir la demanda actual con y sin retrasos. Y analizar el impacto en el nivel de servicio de un aumento de 10% uniforme sobre todo el pronóstico de demanda de productos finales.

PREGUNTAS BONUS

Para la compañía es importante conocer cuales serian los cuellos de botella de la nueva línea. En particular, para responder a un aumento de la demanda de mercado sería fácil y relativamente barato invertir en nuevos alimentadores y robots. ¿Tiene sentido esta inversión? Justifique con los resultados de su modelo.

Finalmente, al gerente de operaciones de la compañía le gustaría saber si el costo relativo estimado de retrasos tiene un impacto importante en la solución del modelo. En particular, ¿Costos mayores de retraso mejorarían sustancialmente los niveles de servicio? ¿Costos menores de retraso aumentarían la productividad de la línea? Justifique con los resultados de su modelo.

Consultas y comentarios a:
Gonzalo Romero – gromero@ing.uchile.cl