

Un marco general de diseño de heurísticas para el Problema del Programación del Lote Económico con Coproducción Deliberada y Controlada (DCC-ELSP)

Pilar I. Vidal-Carreras¹

¹ ROGLE. Dpto. de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera S/N 46021 Valencia. pivicar@omp.upv.es

Abstract: En este trabajo se describe una dinámica general para el diseño de heurísticas para la resolución del Problema de Programación del Lote Económico con Coproducción Deliberada y Controlada (*DCC-ELSP*), en su versión inglesa, *Deliberate Controlled Coproduction Economic Lot Scheduling Problem*. A modo de ejemplo se realiza una pequeña presentación de heurísticas que han sido diseñadas de acuerdo con este marco general.

Keywords: *DCC-ELSP*, Heurísticas, Coproducción

1. Introducción

En este trabajo se describe una dinámica general para el diseño de heurísticas para la resolución del problema del *DCC-ELSP*. Concretamente, este marco general va a considerar que las heurísticas se pueden aplicar en un entorno multi-item mixto. Este entorno considera la posible coproducción deliberada y controlada de productos en parejas de dos, y la producción de manera aislada de otros productos.

Además se van a presentar una serie de heurísticas diseñadas para el problema de *DCC-ELSP* de acuerdo con este marco general. Estas nuevas heurísticas se basan en la modificación de las siguientes heurísticas: heurística basada en el periodo económico (*EOQ-EMQ*) (Harris, 1913), heurística basada en el periodo básico (Doll y Whybark, 1973), heurística basada en Fransoo (1993), heurística basada en Vergin y Lee (1978), heurística de la Longitud de Ciclo Dinámica (Leachman y Gascon, 1988). Las heurísticas diseñadas van a ser capaces de establecer planes de fabricación que indiquen en cada periodo productivo el producto o productos a fabricar, considerando la posibilidad de coproducción, y la cantidad prevista a fabricar.

2. Esquema General para Heurísticas del DCC-ELSP

Se considera adecuado desarrollar la dinámica general que han de seguir las heurísticas a partir del desarrollo de la Figura 1. Esta figura incluye un esquema general que resume la estructura básica de las heurísticas y que es comentada en detalle a continuación. Las heurísticas diseñadas de acuerdo con esta estructura van a poder determinar qué producto se ha de fabricar, cómo se ha de fabricar y cuánto se ha de fabricar. Cabe destacar que se pretende que las heurísticas planteadas para la resolución del problema del *DCC-ELSP* de acuerdo con este esquema general puedan ser empleadas en la industria, resultando no demasiado complejo su entendimiento e implementación.

En primer lugar, se realiza un cálculo previo de la coproducción deliberada y controlada en el entorno del problema del *ELSP* (*DCC-ELSP*). Para resolver esta cuestión se aplica el algoritmo *DCC-ELSP-2P* (Vidal-Carreras, 2011) para todas las parejas de coproductos. Mediante este algoritmo se puede obtener el modo más barato de producir dos coproductos de manera teórica. Como se detalla a continuación, al encontrarse en un ambiente multi-ítem mixto en el que no todos los productos pueden coproducirse, con una demanda no

determinista, se considera necesario reforzar el concepto de la elección de la coproducción en cada iteración, mediante la aplicación de una serie de reglas de selección de la coproducción.

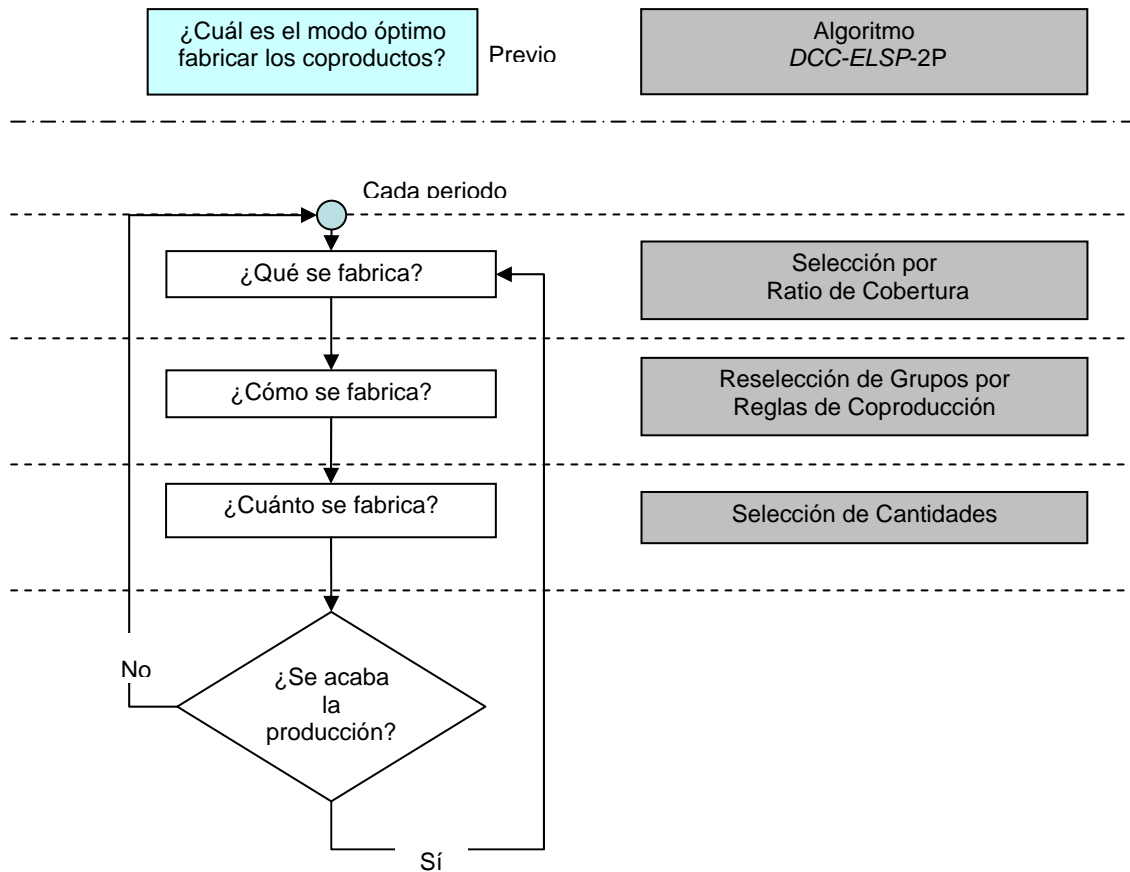


Figura 1. Esquema General de las Heurísticas (elaboración propia)

Para determinar qué producto se ha de fabricar se va a emplear el concepto de run out o ratio de cobertura. Cabe señalar que, el run out (RO) es un parámetro que proporciona información sobre los días de demanda que dispone cada uno de los productos de acuerdo con su inventario. Existen modos más o menos completos para definirlo. Se puede definir el ratio de cobertura RO, de acuerdo con (Gascon, 1994 135 / id), como el tiempo previsto hasta que el inventario de la pieza i , denominado I_i , caiga hasta un punto de relanzamiento igual al inventario de seguridad ss_i más la demanda prevista d_i , durante el tiempo de cambio de partida, denominado c_i .

$$RO_i = \frac{I_i - ss_i}{d_i} - c_i \tag{1}$$

Parece lógico que el producto a producir en un periodo concreto, se seleccione de acuerdo con este criterio del RO. Además este el criterio empleado en literatura del *ELSP* (Segerstedt, 1999).

Una vez conocido el producto que se ha de fabricar, la heurística responde a la pregunta: ¿cómo se va a fabricar? En este punto reaparece el concepto de la coproducción deliberada y controlada en el entorno del problema del *ELSP (DCC-ELSP)*. Para resolver esta cuestión aunque ya se ha aplicado previamente el algoritmo *DCC-ELSP-2P*, la heurística dispone de una segunda fase en el proceso de decisión de la coproducción deliberada. Como ya se ha comentado, esto permite la adaptación de la coproducción en el entorno multi-ítem con demanda no determinista. Así, mediante una serie de reglas se establece si sigue siendo adecuada o no la coproducción, es decir, se decide si el producto a fabricar se ha de fabricar de modo aislado o conjuntamente con su coproducto en cada situación concreta. Las reglas de coproducción se integran en todas las heurísticas.

Por último, una vez decidido cómo se va/n a fabricar el/los producto/s, la heurística responde a la pregunta: ¿cuánto se ha de fabricar de cada producto? Para responder a esta pregunta se consideran los niveles de inventario. Esto es, se considera el inventario existente de cada producto y los niveles de inventarios superiores e inferiores. Los límites inferiores se consideran para lanzar una orden de fabricación y los límites superiores para detener la producción. Estos valores de inventarios se calculan de acuerdo con el tiempo de ciclo T . En el caso de la coproducción T es función de la combinación de la coproducción óptima que se ha precalculado con el algoritmo *DCC-ELSP-2P*. Además, tanto para los no coproductos como para los coproductos existen dos modos de calcular T , basándose en la idea del *EMQ* tradicional (Harris, 1913) o empujado (Doll y Whybark, 1973). Partiendo de estos inventarios, dependiendo de la sofisticación de la heurística, el método para obtener la cantidad a fabricar es más o menos complejo.

3. Ejemplos de heurísticas para el problema del DCC-ELSP

En este apartado se presentan una serie de heurísticas que han sido diseñadas de acuerdo con el marco general descrito. Estas heurísticas se enumeran de modo completo de acuerdo con la siguiente regla:

Nombre Heurística / (Autor, Año) / Modificación Incorporada/ (Autor, Año modificación)

El modo abreviado de citarlas será de acuerdo con su nombre que, como se observará a continuación, coincide con su numeración.

- Heurística 1 / (Harris, 1913) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* / (Vidal-Carreras, 2011)
- Heurística 2 / (Doll y Whybark, 1973) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* empujado / (Vidal-Carreras, 2011)
- Heurística 3/ (Fransoo, 1993) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* / (Vidal-Carreras, 2011)
- Heurística 4/ (Fransoo, 1993) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* empujado/ (Vidal-Carreras, 2011)
- Heurística 5/ (Vergin y Lee, 1978) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* empujado / (Vidal-Carreras, 2011)
- Heurística 6/ (Leachman y Gascon, 1988) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* empujado al inicio de la heurística y en el recalcular del periodo básico/ (Vidal-Carreras, 2011)

- Heurística 7/ (Leachman y Gascon, 1988) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* empujado sólo al inicio de la heurística/ (Vidal-Carreras, 2011)
- Heurística 8/ (Leachman y Gascon, 1988) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* empujado al inicio de la heurística y en el recalcado del periodo básico, Fransoo / (Vidal-Carreras, 2011)
- Heurística 9/ (Leachman y Gascon, 1988) / Coproducción Deliberada y Controlada, Tiempo de Ciclo algoritmo *DCC-ELSP-2P* empujado sólo al inicio de la heurística, Fransoo / (Vidal-Carreras, 2011)

Algunas de las heurísticas planteadas son relativamente sencillas, mientras que otras resultan más elaboradas y complejas. El motivo de la inclusión de heurísticas aparentemente sencillas como podrían ser las heurísticas 1,2,3,4 es doble. Por un parte la posibilidad de un mejor entendimiento del comportamiento e influencia del fenómeno de la coproducción y por otra comprender el valor de añadir sofisticación en la reglas de programación. La heurística 1 es una regla sencilla, puesto que los ítems son producidos inicialmente de acuerdo con su cantidad económica, de acuerdo con el algoritmo *DCC-ELSP-2P*. Pero persistiendo el cambio de producción a otro ítem en secuencia de RO cuando el inventario de algún ítem cae por debajo de un determinado nivel. La heurística 2, basada en Doll y Whybark (1973), esto es, con un tiempo de ciclo T empujado a partir del obtenido por el algoritmo *DCC-ELSP-2P*, es un poco más elaborada, puesto que, los ítems son producidos de acuerdo a su tamaño de ciclo objetivo calculado considerando todos los productos del sistema. Sin embargo, la dinámica es la misma que en la heurística 1, de modo que un ítem se produce hasta que el inventario de otro ítem cae por debajo de un determinado nivel. Las heurísticas 3,4 basadas en la regla de Fransoo (1993) sólo contemplan la producción de un ítem hasta una cantidad máxima, sin considerar el comportamiento del resto de los ítems. Así se puede afirmar que las dos primeras heurísticas 1,2 son políticas *preemptives* (s,S), y la heurísticas 3,4 son no *preemptives*. (Arrow et al., 1951; Arrow et al., 1958) el inventario de un producto se revisa regularmente, y si se encuentra por debajo del nivel mínimo s se lanza una orden de producción de modo que el inventario del producto alcance el nivel máximo S . Los valores de los niveles s y S se escogen de modo que se minimicen los costes totales.

La heurística 5 basada en Vergin y Lee (1978) se encuentra en una posición intermedia respecto a complejidad, aunque en posteriores análisis en ocasiones se agrupa con las heurísticas 1,2,3,4 por similitud de comportamiento. Las heurísticas 6,7,8,9 si se pueden categorizar como las más elaboradas de este trabajo. Cabe señalar tan sólo que partiendo de la base de una política multi-ítem (s,S) (Arrow et al., 1951; Arrow et al., 1958), en la que el inventario de un productos se revisa regularmente, y si se encuentra por debajo del nivel mínimo s se lanza una orden de producción de modo que el inventario del producto alcance el nivel máximo S , consideran unos tiempos de ciclo para cada una de las opciones productivas que son dinámicos en el tiempo. Estos tiempos de ciclo, que dependen de la holgura entre opciones productivas, son revisados periodo a periodo para poder responder a las diferencias entre los niveles de inventario planeados y los niveles de inventario reales así como los cambios en los ratios de demanda.

4. Conclusiones

En este trabajo se presenta una estructura general para el diseño de heurísticas para resolver el problema *DCC-ELSP*. Las heurísticas diseñadas de acuerdo con este esquema van a poder determinar qué producto se ha de fabricar, cómo se ha de fabricar y cuánto se ha de fabricar. Además se plantean nueve heurísticas que han sido diseñadas de modo satisfactorio siguiendo el marco general desarrollado.

5. Referencias

- Arrow, K. J.; Harris, T.; Marschak, J. (1951). Optimal Inventory Policy. *Econometrica*, Vol. 19, n° 3, pp. 250-272.
- Arrow, K. J.; Karlin, S.; Scarf, H. E. (1958). *Studies in the mathematical theory of inventory and production*. Stanford Univ Pr.
- Doll, C. L.; Whybark, D. C. (1973). An iterative procedure for the single-machine multi-product lot scheduling problem. *Management Science*, Vol. 20, n° 1, pp. 50-55.
- Fransoo, J. C. (1993): *Production Control and demand management in capacited flow process industries. Ph.D. Thesis*, Technische Universiteit Eindhoven.
- Harris, F. W. (1913). How many parts to make an once. *Factory, The Magazine of Management*, Vol. 10, n° 2, pp. 135-6-152.
- Leachman, R. C.; Gascon, A. (1988). A Heuristic Scheduling Policy for Multi-Item, Single-Machine Production Systems with Time-Varying, Stochastic Demands. *Management Science*, Vol. 34, n° 3, pp. 377-390.
- Segerstedt, A. (1999). Lot sizes in a capacity constrained facility with available initial inventories. *International Journal of Production Economics*, Vol. 59, n° 1-3, pp. 469-475.
- Vergin, R. C.; Lee, T. N. (1978). Scheduling Rules for Multiple Product Single Machine System with Stochastic Demand. *Infor*, Vol. 16, n° 1, pp. 64-73.
- Vidal-Carreras, P. I. (2011): *Modelos y métodos para el problema de programación del lote económico con coproducción deliberada y controlada (DCC-ELSP)*, Departamento de Organización de Empresas. Universidad Politécnica de Valencia. España.