



PLANIFICACIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y APROVISIONAMIENTO MULTIPERÍODO

El proyecto consiste en desarrollar un modelo de optimización matemática para la mejor planificación de la producción y aprovisionamiento de materias primas en un horizonte temporal dado.

TAREA 1.

Planteamiento del problema

Sea un conjunto de productos con demanda conocida para cada período en un horizonte de planificación dado. Se dispone de un conjunto de recursos (consumibles) con capacidad limitada en cada período, tales como energía, tiempo de recursos humanos, técnicos, etc. Esta capacidad no puede expandirse. Existe una red de suministradores de materias primas con capacidad máxima de suministro por materia prima y período; el costo unitario de acopio es constante. Se permite producción anticipada, requiriendo en ese caso un volumen mínimo de stock (tanto del producto como de la materia prima). Existe una limitación máxima en el stock. Las materias primas pueden utilizarse para la producción de varios productos. Una fracción de la demanda del producto se pierde si no puede ser satisfecha en su correspondiente período. Existen condiciones lógicas que impiden la excesiva dispersión en la producción por período, así como la producción de lotes pequeños. Se comienza el primer periodo con el stock mínimo definido de cada producto.

El problema consiste en determinar el volumen de producción de cada producto para cada período en el horizonte temporal, así como el aprovisionamiento de materias primas, para maximizar el beneficio resultante del ingreso proveniente de la venta del producto menos el costo de producción y el costo de aprovisionamiento de las materias primas, el costo de stock de productos y materias primas y el costo fijo por período en caso de producción de cada producto, sujeto a las condiciones de producción y logísticas enunciadas, ver más detalle más abajo.

Conjuntos de elementos y datos

Conjuntos

- *Productos.
- *Materias primas.
- *Materias primas requeridas por cada producto.
- *Recursos limitativos.
- *Períodos que integran el horizonte temporal.

Datos

- *Demanda de cada producto en cada período.
- *Volumen de cada materia prima que se requiere para producir una unidad de cada producto.
- *Número de unidades de cada recurso que se requieren para producir una unidad de cada producto.



- *Disponibilidad de cada recurso en cada período.
- *Mínimo exigido y máximo posible de producción de cada producto (en caso de que se produzca) en cualquier período.
- *Volumen máximo de acopio de cada materia prima en cualquier período.
- *Stock mínimo exigido y máximo permitido del cada producto y cada materia prima en cada el período.
- *Número máximo de tipos de productos a producir en cada período.
- *Precio unitario de venta de cada producto en cada periodo.
- *Costo unitario del stock de cada producto y cada materia prima en cada período..
- *Costo unitario de producción de cada producto en cada el período.
- *Costo unitario de aprovisionamiento de cada la materia prima.
- *Costo fijo de preparación para la producción de cada producto en cada período.
- *Fracción de la demanda más backlog (ver más abajo) que no son satisfechos en cualquier periodo que se pierde.

Se pide la planificación de la producción y aprovisionamiento de las materias primas para cada periodo del horizonte temporal dado, específicamente, se pide el valor de las siguientes variables:

- *Volumen de cada producto a producir.
- *Volumen de cada materia prima a aprovisionar.
- *Demanda no satisfecha que se pierde para cada producto.
- *Backlog: Demanda no satisfecha que se permite satisfacer en el siguiente periodo.
- *Stock de cada producto y cada materia prima al final de periodo (para utilizarse en el siguiente).

Función objetivo y condiciones

Beneficio a maximizar incluido por el importe de la venta del volumen *demandado satisfecho* menos el costo de producción y stock, el costo de incremento de la disponibilidad de los recursos, el costo de aprovisionamiento de las materias primas y el costo fijo de producción.

La optimización del beneficio está sujeta a los siguientes tipos de condiciones; Ecuaciones de balance del stock de los productos y de las materias primas; limitación de la utilización de los recursos; condición que define la producción limitada por un volumen mínimo y un volumen máximo en caso de que haya producción (de esta forma se evita producir lotes en pequeñas cantidades); condición que limita el número máximo de productos a producir; y condiciones que limitan el volumen mínimo y máximo de stock en cada producto.

Resultado que se pide en la TAREA 1

Modelizar la planificación óptima de la producción y aprovisionamiento de materias primas en un horizonte temporal, tal que se maximice el beneficio sujeto a las condiciones arriba indicadas. El modelo a presentar podrá utilizar estructuras de optimización matemática, tales como condiciones lógicas, cubrimientos, y variables semi-continuas.



TAREA 2

Planteamiento del problema

Es el mismo que el planteamiento de la TAREA 1, pero con las siguientes modificaciones:

*La capacidad de los recursos (consumibles) en cada periodo puede expandirse en segmentos discretos.

*El costo de acopio de cada materia prima se representa por una función del volumen de acopio, expresada por segmentos lineales.

Por tanto, el problema consiste en determinar el volumen de producción de cada producto para cada período en el horizonte temporal, así como el aprovisionamiento de materias primas, para maximizar el beneficio resultante del ingreso proveniente de la venta del producto menos el costo de producción y el costo de aprovisionamiento de las materias primas, el costo de stock de productos y materias primas, el costo fijo por período en caso de producción de cada producto y el costo de incremento de capacidad de los recursos, sujeto a las condiciones de producción y logísticas enunciadas.

Conjunto de elementos y datos

Elementos

Son los mismos que para la TAREA 1, más los siguientes:

*Segmentos en el volumen de aprovisionamiento de cada materia prima.

*Segmentos en la expansión de capacidad de cada recurso

Datos

Son los mismos que para la TAREA 1, más los siguientes:

*Incremento en cada segmento de la disponibilidad de cada recurso en cada periodo.

*Costo fijo asociado con cada incremento de capacidad de la disponibilidad de cada recurso en cada período.

*Volumen máximo acumulado de acopio y costo unitario en cada segmento del aprovisionamiento de cada materia prima. Nota: Este costo unitario reemplaza al costo unitario de aprovisionamiento.

Se pide la planificación de la producción y aprovisionamiento de las materias primas para cada periodo del horizonte temporal dado, específicamente, se pide el valor de las siguientes variables:

*Volumen de cada producto a producir.

*Volumen de cada materia prima a aprovisionar

*Incremento de capacidad de la disponibilidad de cada recurso en cada período.

*Demanda no satisfecha que se pierde para cada producto.

*Backlog: Demanda no satisfecha que se permite satisfacer en el siguiente periodo.

*Stock de cada producto y cada materia prima al final de periodo (para utilizarse en el siguiente).



Función objetivo y condiciones

Son las mismas que en las mismas que en la TAREA 1, pero en la función objetivo es preciso añadir los dos siguientes términos:

- *el costo de incremento de la disponibilidad de los recursos, y
- *el costo de aprovisionamiento de cada materia prima, como una función separable por segmentos con costos marginales decrecientes.

La optimización del beneficio está sujeta a los siguientes tipos de condiciones; Ecuaciones de balance del stock de los productos y de las materias primas; limitación de la utilización de los recursos, así como el incremento de disponibilidad en caso de ue fuere necesario; condición que define la producción limitada por un volumen minino y un volumen máximo en caso de que hay producción (de esta forma se evita producir lotes en pequeñas cantidades); condición que limita el número máximo de productos a producir; y condiciones que limitan el volumen mínimo y máximo de stock en cada producto.

Resultado que se pide en la TAREA 2

Modelizar la planificación de la producción y aprovisionamiento de materias primas en un horizonte temporal, tal que se maximice el beneficio sujeto a las condiciones arriba indicadas. El modelo a presentar podrá utilizar estructuras de optimización matemática, tales como condiciones lógicas, cubrimientos, expansión de capacidad, variable upper bounds, conjuntos S2, variables semi-continuas, y funciones non-lineales separables.

TAREA3

Considérese un caso particular con los conjuntos y datos que aparecen en el ANEXO I. Se trata de aplicar a ese caso el modelo que se pide en la TAREAS 1 y 2:

Resultado que se pide en la TAREA 3

3.1 Proporcionar el beneficio y la planificación óptimos de la producción y acopio de materias primas (variables que se piden en la TAREA 1). Se puede utilizar todo tipo de generadores de modelos y optimizadores tales como AMPL, CPLEX, Excel, GAMS, GUROBI, IMSL, LINDO, MATLAB, MOSEK, NAG, XPRESS, etc.

3.2 El mismo que en el apartado 3.1 anterior, pero teniendo en cuenta las modificaciones introducidas en la TAREA 2.



ANEXO I

DATOS PARA EL CONCURSO DE MODELIZACIÓN

Tarea1:

5 periodos de tiempo: t_1, \dots, t_5

5 productos: p_1, \dots, p_5

3 recursos consumibles: energía, recursos humanos, recursos técnicos

3 materias primas: m_1, m_2, m_3

Número máximo de productos distintos a producir en cada periodo: 3

Demanda de cada producto en cada periodo de tiempo

Demanda (kg)	t1	t2	t3	t4	t5
p1	100	150	120	80	160
p2	50	80	100	110	80
p3	90	100	80	60	120
p4	60	130	110	90	80
p5	100	120	140	160	140

Necesidades de producción: cantidad de los recursos requerida por cada unidad de producto

Recursos	Energía (kwh)	Recursos humanos (horas empleados)	Recursos técnicos (horas máquinas)
p1	10	2	5
p2	30	3	6
p3	15	3	3
p4	20	3	7
P5	15	4	4

Necesidades de producción: cantidad de las materias primas requeridas por cada unidad de producto

Materias primas	m1 (l)	m2 (kg)	m3 (kg)
p1	20	0	30
p2	40	10	20
p3	0	30	10
p4	15	25	20
p5	45	35	0



Capacidad disponible de cada recurso en cada periodo de tiempo: Energía 2000 Kwh,
Recursos Humanos 500 h, Recursos Técnicos 500 h

Datos productos	P1	P2	P3	P4	P5
Producción mínima (si hay producción) (kg)	20	10	20	20	30
Producción máxima (si hay producción) (kg)	120	110	120	120	150
Stock mínimo al final de cada periodo (kg)	20	20	20	20	20
Stock máximo al final de cada periodo (kg)	100	80	80	120	120
Precio unitario de venta al público (€/kg)	6400	6000	5900	6250	6500
Coste unitario de producción (sin materias primas) (€/kg)	800	1000	400	500	1000
Coste fijo de preparación de producción en un periodo (€)	1500	1500	1250	1500	1600
Coste unitario de stock al final de un periodo (€/kg)	20	20	10	25	30
Fracción de demanda perdida al no ser suministrada en el periodo	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4

Datos materias primas	M1	M2	M3
Cantidad de materia prima disponible en cada periodo de tiempo	4000 l	4000 kg	4000 kg
Stock mínimo de materia prima al final de un periodo	200 l	300 kg	400 kg
Stock máximo de materia prima al final de un periodo	2000 l	3000 kg	4000 kg
Coste unitario de aprovisionamiento de materia prima	10 €/l	20 €/kg	30 €/kg
Coste unitario de stock de materia prima	5 €/l	10 €/kg	20 €/kg

Tarea2:

- Incremento de capacidad de los recursos: La capacidad puede incrementarse en 2 segmentos para cada recurso con un coste:
Energía: en 200Kwh más por 100€, y otros 300Kwh más por otros 200€
Recursos humanos: en 100 horas más por 500€ y en otras 100 horas por otros 500€
Recursos técnicos: en 100 horas por 100€ y en otras 200 horas por 300€
- Coste lineal a tramos, continuo, de aprovisionamiento de materias primas:
 - o Materia prima 1: por debajo de 4000 l, 10€/l; las unidades que pasen de 4000 l a 5000 l. Máximo 5000 l.
 - o Materia prima 2: por debajo de 4000 Kg, 20€/Kg; las unidades que pasen de 4000 Kg a 5000 Kg. Máximo 5000 Kg.
 - o Materia prima 3: por debajo de 4000 Kg, 30€/Kg; las unidades que pasen de 4000 Kg a 5000 Kg. Máximo 5000 Kg.