

## Planificación Agregada Integrada de la Empresa: una propuesta para la clasificación de problemas\*

Albert Corominas<sup>1</sup>, Anna M. Coves<sup>1</sup>, Amaia Lusa<sup>1</sup>, Carme Martínez<sup>1</sup>, Marta Mas<sup>2</sup>,  
Jordi Olivella<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales y Dpto. de Organización de Empresas.  
[Albert.corominas@upc.edu](mailto:Albert.corominas@upc.edu), [anna.maria.coves@upc.edu](mailto:anna.maria.coves@upc.edu), [amaia.lusa@upc.edu](mailto:amaia.lusa@upc.edu), [mcarme.martinez@upc.edu](mailto:mcarme.martinez@upc.edu),  
[jorge.olivella@upc.edu](mailto:jorge.olivella@upc.edu). Universitat Politècnica de Catalunya. Av. Diagonal, 647, p 11, 08028, Barcelona.

<sup>2</sup> Dpto. de Organización de Empresas. Universitat Politècnica de Catalunya. Avda. Diagonal 647, p7, 08028  
Barcelona. [marta.mas-machuca@upc.edu](mailto:marta.mas-machuca@upc.edu)

### Resumen

*La planificación agregada se concibe como un instrumento para prever, a medio plazo, las actividades del área de operaciones. Resulta evidente que los resultados de la planificación agregada tienen un gran impacto en la planificación y coordinación de los recursos de toda la organización y, por ello, existe una tendencia a incluir en la planificación agregada decisiones de otras áreas funcionales de la empresa, como personal, contabilidad y finanzas, aprovisionamientos o marketing. En este trabajo se presenta el problema de Planificación Agregada Integrada de la Empresa y se propone una clasificación basada en sus características principales.*

**Palabras clave:** Planificación agregada, Integración, Clasificación

### 1. Introducción

La planificación es un proceso necesario cuando hay un plazo significativo entre la adopción de decisiones su materialización. Normalmente este proceso se lleva a cabo de forma jerárquica, de manera que los planes y programas se sitúan en niveles sucesivos y cada nivel obtiene como salida la entrada del nivel inmediatamente inferior. En el nivel de planificación agregada (PA), que corresponde al medio plazo (por ejemplo, un año) dividido en períodos de, por ejemplo, un mes, se trabaja con productos y recursos agregados.

Se supone que la planificación estratégica corresponde a la dirección general y que la PA y los niveles que se sitúan por debajo se inscriben en el área de producción (u operaciones, según la terminología empleada), la cual recibe, procedente del área comercial, una previsión de demanda a la que intenta ajustar la producción con el menor coste posible, considerando como variables, generalmente, la dimensión de la plantilla, las horas extras y el nivel de producción en cada período. Sin embargo, como indican Singhal y Singhal (2006), la PA es susceptible de jugar un papel más relevante, puesto que puede verse como el punto de encuentro de la planificación de las actividades de las principales áreas de la empresa.

---

\* Este trabajo se deriva de la participación de sus autores en un proyecto de investigación financiado por MICINN-FEDER con referencia DPI2007-61588, titulado "Planificación Agregada Integrada de la Empresa".

Este trabajo forma parte de un proyecto cuya finalidad es el desarrollo de modelos e instrumentos para la PA integrando decisiones de las principales áreas funcionales de la empresa. Con ello, se pretende dar a la PA el papel relevante que le corresponde: el de instrumento adecuado para prever, a medio plazo, las actividades de las principales áreas funcionales de la empresa y para garantizar su coordinación.

Las áreas susceptibles de integración en la PA incluyen Operaciones, Personal, Marketing, Aprovisionamientos y Finanzas. Además, existen otros elementos que es posible contemplar en la PA, como la logística inversa o la incertidumbre en determinados factores.

La dificultad de modelización y de resolución del problema de PA Integrada de la Empresa depende lógicamente de los elementos considerados, los cuales se describen en el presente trabajo.

La organización del texto es la siguiente: en el punto 2 se describen los elementos principales de la PA integrada de la empresa, desagregados en función del área funcional con la que tienen mayor relación; en el punto 3 se propone un esquema de clasificación; finalmente, el texto termina con las conclusiones del trabajo.

## **2. Elementos del problema de Planificación Agregada Integrada de la Empresa**

### **2.1. Área de producción/operaciones y área de personal**

Se refiere este punto a las características del producto y del sistema productivo, incluyendo las de gestión de la contratación y del tiempo de trabajo.

Los productos podemos clasificarlos, en primer lugar, en no almacenables y almacenables. Estos últimos pueden ser o no perecederos; tanto en un caso como en el otro sus propiedades comerciales pueden cambiar con el tiempo y esto es lo más habitual en el caso de los productos perecederos, que suelen perder sus propiedades paulatinamente.

El sistema puede trabajar contra stock o contra pedido. En este último caso deberán tenerse en cuenta las fechas de entrega comprometidas de cada pedido.

La plantilla puede considerarse fija o variable. En el primer caso, se puede contemplar o no la contratación de personal temporal. Si es variable, en la PA deben tenerse en cuenta los costes asociados a altas y bajas. Además, puede haber un período de aprendizaje durante el cual el rendimiento sea inferior al normal.

Es muy relevante para la PA la modalidad de gestión del tiempo de trabajo que puede incluir una o varias de las posibilidades siguientes: horas extras, anualización y cuentas de horas. Todas ellas con multitud de variantes relativas a las condiciones que deben respetar (véase Lusa et al., 2007, para más detalles).

Dada una infraestructura productiva, la capacidad del sistema depende de la cantidad y la calidad de las horas de trabajo disponibles. Por consiguiente, está relacionada con la contratación del personal y la gestión del tiempo de trabajo. Tradicionalmente, se ha asumido que la capacidad es directamente proporcional al número de horas disponibles, pero en muchos sistemas reales (e.g., línea de montaje) la dependencia es no lineal y, en estos casos, generalmente, cóncava (es decir, la capacidad crece menos que proporcionalmente en relación con las horas de trabajo disponibles).

Por último, las decisiones sobre inversiones se sitúan en el nivel de la planificación estratégica; por consiguiente, la capacidad instalada es un dato para la PA, lo cual introduce una rigidez inadecuada e innecesaria. Es obvio que de la resolución del problema de planificación agregada puede derivarse la conveniencia de renovar un equipo o adquirir uno para cubrir una nueva función o para ampliar la capacidad.

## **2.2. Área comercial o de *marketing***

Según la teoría económica clásica, la función de demanda determina la relación entre la cantidad demandada de un producto y su precio de venta en un período de tiempo determinado. Las variables que afectan a esta función son muchas y de diverso tipo: algunas controlables de alguna manera por la empresa (los conocidos instrumentos del *marketing*) y otras que están fuera del control de la empresa (básicamente variables del entorno).

En la literatura se suele considerar que la demanda depende de una o dos variables: el precio y/o los gastos de promoción. No se consideran los efectos de la competencia en la curva de demanda (por ejemplo el caso de que la demanda pueda verse influida por el precio de otros productos similares de otras empresas o por productos sustitutivos). El hecho de que la empresa no opera en un mercado monopolístico se suele reflejar imponiendo una cota inferior al valor que puede adoptar el precio de los productos. Tampoco se considera el caso de que la función de demanda dependa del precio de otros productos de la misma empresa (o de la demanda de otros productos complementarios). Asimismo, se considera que la demanda de un producto es independiente del precio del producto en periodos anteriores (y, por tanto, que los clientes no tienen ningún incentivo en acumular inventario).

Una característica importante a tener en cuenta es el tipo de cliente a quien van dirigidos los productos, ya que las empresas que trabajan con bienes de consumo tienen una demanda más sensible a estrategias de promoción (concretamente publicidad) que las empresas que producen bienes industriales, cuyos clientes son empresas e instituciones, para los que no se realiza publicidad en los grandes medios de comunicación.

El precio, dentro del horizonte de planificación, puede ser constante (como en el caso de empresas que trabajan con un catálogo de productos, que difícilmente pueden modificar el precio para cada cliente y pedido, o cuando existen regulaciones legales que impiden a los fabricantes variar el precio entre sus clientes) o variable (empresas que operan en entornos o mercados en los que una política de precios dinámica es posible, variando el precio para cada período de tiempo o incluso según el cliente). La relación entre el precio de los productos y la demanda puede ser lineal o no y, en este último caso, puede ser convexa o no.

En relación con la publicidad (gastos de promoción o esfuerzo comercial), se puede incorporar en la función de demanda los efectos de niveles de publicidad anteriores, de forma que las ventas del último período sean el efecto residual de toda la publicidad hecha hasta ese momento. La relación entre la publicidad y la demanda puede ser lineal o no, en función del tipo de cliente. Por ejemplo, Leicht (1974) utiliza una curva de tipo “S” para la función de ventas para explicar la relación entre el esfuerzo de marketing (publicidad) y las ventas. Esto significa que el efecto de la publicidad es acumulativo y que su influencia residual disminuye con el tiempo a menos que el esfuerzo sea continuado.

Sea como sea la función de demanda (véase Lusa et al., 2009, para más detalles sobre las funciones consideradas en la literatura), la función de ingresos, si el precio no es un dato, será siempre no lineal. Esta función puede ser o no cóncava.

### **2.3. Área de aprovisionamientos**

Las decisiones básicas a tomar respecto a los aprovisionamientos consisten en responder a las preguntas: ¿qué elementos comprar?, ¿a qué proveedor o proveedores?, ¿en qué cantidades?, ¿cuándo y con qué frecuencia? Son muchos los contextos posibles; de hecho, trabajos recientes destacan la creciente complejidad de dichas decisiones debido a la globalización de los mercados que permite disponer de una amplia gama de proveedores que abarcan una gran diversidad de características que deben ser gestionadas eficaz y eficientemente para obtener las mejores respuestas a las preguntas planteadas aportando ventajas competitivas.

En primer lugar debemos distinguir el caso de compra de productos o de servicios. La mayor parte de los artículos publicados, se refieren al aprovisionamiento de productos tangibles (en Aissaoui et al., 2007, se relacionan un conjunto de artículos que tratan el tema de aprovisionamiento de servicios, principalmente mediante subasta).

En el caso de aprovisionamiento de productos, una primera clasificación se refiere a si la decisión de compra afecta a un único producto o a múltiples productos. Otra clasificación es respecto al horizonte de la decisión, si afecta a un período o a múltiples períodos.

Cuando en la literatura se trata el tema de selección de proveedores, se distingue el caso de selección de un único proveedor, para un cierto artículo, del caso en el que se hará uso de múltiples proveedores. La tendencia actual es utilizar más de un proveedor aún en el caso de que un proveedor cumpla con todos los requerimientos solicitados por el comprador. Los requisitos del comprador cada vez se refieren a más factores, ya sean cuantitativos o cualitativos, que afectan a: la demanda, el precio, la calidad, las condiciones de entrega a tiempo y en cantidad, el plazo de entrega, el servicio post-venta, la capacidad de respuesta a posibles cambios en el pedido, la localización del proveedor, su estado financiero, etc. Los motivos que justifican el uso de múltiples proveedores para un artículo, están ligados a la flexibilidad que aporta a cada uno de los factores anteriormente citados y a la eliminación de la total dependencia que conlleva el disponer de un único proveedor.

Una característica muy importante en la planificación de los aprovisionamientos está ligada al factor precio, nos referimos a si el proveedor ofrece descuentos o no. Recientemente, según diversos autores, se evoluciona de los descuentos tradicionales establecidos habitualmente por la cantidad comprada de un artículo en un determinado pedido, a descuentos por el volumen de negocio en la compra de múltiples artículos en un cierto horizonte temporal. Actualmente conviven los descuentos por cantidad y por volumen de negocio y ambos pueden establecerse de forma incremental o aplicarse a todas las unidades compradas.

Respecto a los criterios para tomar las decisiones sobre los aprovisionamientos, la tendencia es a integrar los distintos factores anteriormente citados, precio, descuentos, penalizaciones por no recibir el servicio acordado, ya sea por calidad, por condiciones de entrega, etc.

### **2.4. Área de finanzas**

Se incluye aquí la gestión de cobros y pagos y decisiones sobre la financiación y la colocación de excedentes (véase Martínez et al., 2006, para una descripción detallada).

En relación con la gestión de la tesorería se pueden considerar los cobros a clientes, los pagos a proveedores, el pago de otros gastos de explotación, el pago de impuestos y cargas a la

Seguridad Social, así como los pagos derivados de las necesidades de financiación y los pagos y cobros derivados de la colocación de excedentes de tesorería.

Entre los diversos tipos de pagos y cobros se diferencian los derivados de decisiones irreversibles, anteriores al inicio del horizonte de planificación (considerados datos del problema), de los que son consecuencia de las decisiones que se determinarán a partir de la resolución del problema de PA. También se distingue entre los que repercuten en la cuenta de pérdidas y ganancias (por ejemplo amortización de elementos del inmovilizado) y los que no lo hacen (por ejemplo pago de dividendos e impuesto sobre el valor añadido), ya que los primeros intervienen en el cálculo del beneficio y por consiguiente en el impuesto sobre sociedades.

En la gestión de cobros se puede tener en cuenta el crédito comercial concedido a clientes y la posibilidad de cesión de derechos de cobro o *factoring* (con la correspondiente comisión y descuento en función del tiempo en que se avance el cobro de las facturas).

En la gestión de pagos a proveedores por la compra de materiales, se puede considerar la posibilidad de pago al contado y descuento por pronto pago, o pago a crédito a un número determinado de días. Los pagos por gastos de personal incluyen las nóminas, las cuotas a la Seguridad Social y los pagos a la hacienda pública. También deben incluirse los pagos derivados de la contratación y despido de trabajadores. El resto de pagos por gastos de explotación pueden considerarse fijos en la PA.

La gestión financiera incluye los cobros y pagos vinculados a préstamos, cuentas de crédito, cuentas corrientes, depósitos a plazo, adquisición de títulos de deuda pública y participaciones en fondos de inversión.

## **2.5. Características ligadas a la logística inversa**

La logística inversa está constituida por las tareas de planificación, implementación y control de los flujos de retorno de materias primas, producción en curso, envases y productos acabados desde el lugar de su fabricación, distribución o uso hasta el lugar de su recuperación o eliminación adecuada (Brito y Dekker, 2004). Su inclusión en la PA da lugar a nuevos problemas. Distinguiremos entre:

- Sistemas que incluyen los retornos, sea por problemas en la entrega, cambios de opinión de los clientes o para reparaciones.
- Sistemas que consideran la recuperación de productos usados para ser vendidos de nuevo, en su mismo estado, tras ser reparados o tras ser remanufacturados y vueltos al estado de nuevos.
- Desensamblaje de las unidades recuperadas para un uso separado de los componentes.
- Reciclaje, para un uso distinto del original.
- Eliminación como residuos.

En todos estos casos hay que tener en cuenta la propia tarea de recuperación de los productos usados, los incentivos a los clientes para su entrega, la previsión de su obtención –ligada a la vida del producto–, la gestión de los inventarios y la previsión de la demanda de los componentes, materiales o productos generados.

### 3. Clasificación

Para cada una de las áreas y aspectos descritos en el punto anterior, en las tablas siguientes se propone un esquema de los elementos principales que cabe tener en cuenta en la PA integrada de la empresa.

**Tabla 1.** Operaciones y Personal

<b>Elemento</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Observaciones</b>
Productos	Almacenable	La capacidad de almacenaje puede ser ilimitada o limitada (por producto y/o global, en unidades y/o volumen, etc.). Considerar posibles pérdidas de propiedades comerciales.
	Almacenable perecedero	
	No almacenable	
Producción	Contra stock	Considerar demanda.
	Bajo pedido	Considerar fechas de entrega.
Capacidad instalada	Fija	
	Variable	Considerar la financiación de la inversión (a medio plazo) y la repercusión en los costes (de producción y probablemente de personal)
Plantilla	Fija	Posibilidad de contratar personal temporal.
	Variable	Considerar costes altas/bajas
Rendimiento personal	Constante	
	Variable	Considerar el efecto del aprendizaje (importante cuando la plantilla es variable).
Organización del tiempo de trabajo	Rígida (número de horas en cada período es un dato)	
	Horas extras	Considerar límites (por período y/o global) y coste.
	Sistema flexible: anualización, cuentas de horas	El número de horas en cada período es variable y debe satisfacerse un conjunto de condiciones. La jornada puede ser individualizada o la misma para todo el

		personal. Cuando un/a trabajador/a causa baja se le deben abonar las horas de más que haya realizado.
Capacidad	Proporcional al número de horas disponibles.	
	Relación no lineal (generalmente cóncava) entre la capacidad y el número de horas disponibles.	El número de horas disponibles puede depender de las jornadas y del tamaño de la plantilla, el cual puede ser fijo o variable.

**Tabla 2.** Marketing

<b>Elemento</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Observaciones</b>
Precio productos	Conocido	
	A determinar	Puede ser constante para todo el horizonte o variable en el tiempo. Afecta a la demanda (función lineal o no lineal). Se suelen establecer límites para el valor que puede adoptar el precio.
Gasto en publicidad	Conocido	
	A determinar	Afecta a la demanda (función lineal o no lineal)
Introducción de nuevos productos	No se considera	
	Se considera	Se debe considerar el impacto sobre la capacidad (y tal vez la necesidad de adquirir nuevos equipos) y sobre la demanda.

**Tabla 3.** Aprovisionamientos

<b>Elemento</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Observaciones</b>
Número de proveedores	1 proveedor para cada artículo	
	Varios proveedores para cada artículo	Puede haber un volumen de negocio mínimo pactado con cada proveedor. Los proveedores se pueden diferenciar

		según precios, capacidad, plazo de entrega, calidad, etc.
Pedidos	Proporción o cantidad/proveedor conocida	
	A determinar (en cada período)	
Descuentos	Sin descuentos	
	Con descuentos por cantidad o por volumen de negocio (total o por artículo).	
Capacidad aprovisionamiento	Ilimitada	
	Limitada (total y/o por período)	
Plazo de entrega	Fijo	
	Acotado	

**Tabla 4.** Finanzas

<b>Elemento</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Observaciones</b>
Gestión de cobros	Plazo de cobro fijo	
	Posibilidad de anticipar cobros ( <i>factoring</i> )	Se deben tener en cuenta los descuentos.
Gestión de pagos a proveedores	Plazo de pago fijo	
	Posibilidad de anticipar pagos.	Se deben tener en cuenta los descuentos por pronto pago.
Financiación	No se contempla	
	Se contempla: préstamos, cuenta de crédito remunerada	Tener en cuenta las condiciones (limitaciones, costes, condiciones de retorno, intereses...) y el endeudamiento máximo.
Colocación de excedentes	No se contempla	
	Se contempla: títulos al	Tener en cuenta condiciones



	descuento, fondos de inversión, depósitos a plazo, cuentas corrientes,	(comisiones, intereses, plazos, venta anticipada, etc.).
Impuestos	No se consideran	
	Se consideran: IVA, Impuesto de Sociedades	
Gasto personal	No se considera	
	Se considera	Se incluyen las nóminas, las cuotas a la Seguridad Social y los pagos a la hacienda pública. Se incluyen también las indemnizaciones por despido.

**Tabla 5.** Logística inversa

<b>Elemento</b>	<b>Alternativas</b>	<b>Observaciones</b>
Retornos	No se consideran	
	Se consideran (fijos o a determinar).	Tener en cuenta qué hacer con los productos recuperados (venta, reparación, desensamblaje, etc.)
Recuperación y remanufactura de productos	No se considera	
	Se considera	La cantidad y el estado de unidades recuperadas puede ser un dato o estar en función de otras decisiones (e.g. ventas, precio ofrecido). La manufactura y la remanufactura pueden compartir capacidad o tener lugar en sistemas separados.
Recuperación de componentes / material	No se considera	
	Se considera	Decidir qué hacer con los componentes y/o con el material (reintroducción en el proceso, reciclaje).

#### 4. Conclusiones

En este trabajo se presenta la Planificación Agregada (PA) como instrumento para prever, a medio plazo, la actividad de las principales áreas funcionales de la empresa. Con esto, se pretende dar a la PA el papel de elemento integrador que le corresponde, papel que es posible gracias a los medios de cálculo actuales.

El equipo que suscribe este trabajo ha modelizado y resuelto, mediante programación lineal mixta, diversas variantes del problema de PA integrada de la empresa. Cada una de dichas variantes se caracteriza por los elementos considerados y por el modo de abordar cada uno de ellos. Como suele ocurrir, la interacción de varios elementos resulta normalmente mucho más compleja que la consideración de dichos elementos por separado.

El esquema que se propone para el problema de PA integrado de la empresa, aun no siendo exhaustivo, sirve de base para la elaboración de modelos así como para detectar las variantes aún no resueltas.

Hasta el momento, el equipo ha diseñado y resuelto diversos modelos de PA que contienen los elementos necesarios para formular un modelo integrado de PA. Los únicos aspectos que aún no han sido considerados y que, por consiguiente constituyen posibles líneas futuras de investigación son la introducción de nuevos productos (marketing) y la consideración de opciones vinculadas a la logística inversa distintas a la recuperación y remanufactura de productos al final de su vida útil (en los modelos se ha considerado que el número de unidades recuperadas es función del precio ofrecido por ellas).

## Referencias

Aissaoui, N.; Haouari, M.; Hassini, E. (2007). Supplier selection and order lot sizing modeling. *Computers & Operations Research*. Vol. 34, No. 12, pp. 3516-3540.

de Brito, M. P., R. Dekker. 2004. A framework for reverse logistic. R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, L.N. Van Wassenhove, eds., *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chais*. Springer-Verlag, Germany, pp. 3-27.

Leitch, R. A. (1974). Marketing strategy and the optimal production schedule. *Management Science*, Vol. 21, No. 3, pp. 302-312.

Lusa, A.; Martínez, C.; Mas, M. (2009). Integración de las decisiones de marketing y producción en la planificación agregada de la empresa: estado del arte y perspectivas. 3rd International Conference on Industrial Engineering and Management - XIII Congreso de Ingeniería de Organización. Barcelona-Terrassa, 2-4 Septiembre, 2009.

Lusa, A.; Martínez, C.; Olivella, J. (2007). Gestión de los horarios de trabajo en presencia de cláusulas de flexibilidad pasiva. *Universia Business Review*, No. 14, segundo trimestre 2007, pp. 10-25.

Martínez, C. (2006). Gestión de la tesorería. Working Paper IOC-DT-P-2006-20, Universitat Politècnica de Catalunya.

Singhal, J.; Singhal, K. (2006). Holt, Modigliani, Muth, and Simon's work and its role in the renaissance and evolution of operations management. *Journal of Operations Management*, Vol. 25, No. 2, pp. 300-309.