

TEMA 2

LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

Grado en Ingeniería en Organización Industrial



Universidad
Rey Juan Carlos



TEMA 2

LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

OBJETIVOS:

1. Conocer qué es la planificación agregada y su utilidad para la empresa.
2. Conocer los principales métodos para la elaboración de la planificación agregada.
3. Identificar las variables de decisión y las estrategias con las que trabajar en el plan agregado.
4. Saber preparar diferentes planes alternativos, y calcular sus costes y nivel de servicio.



TEMA 2

LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

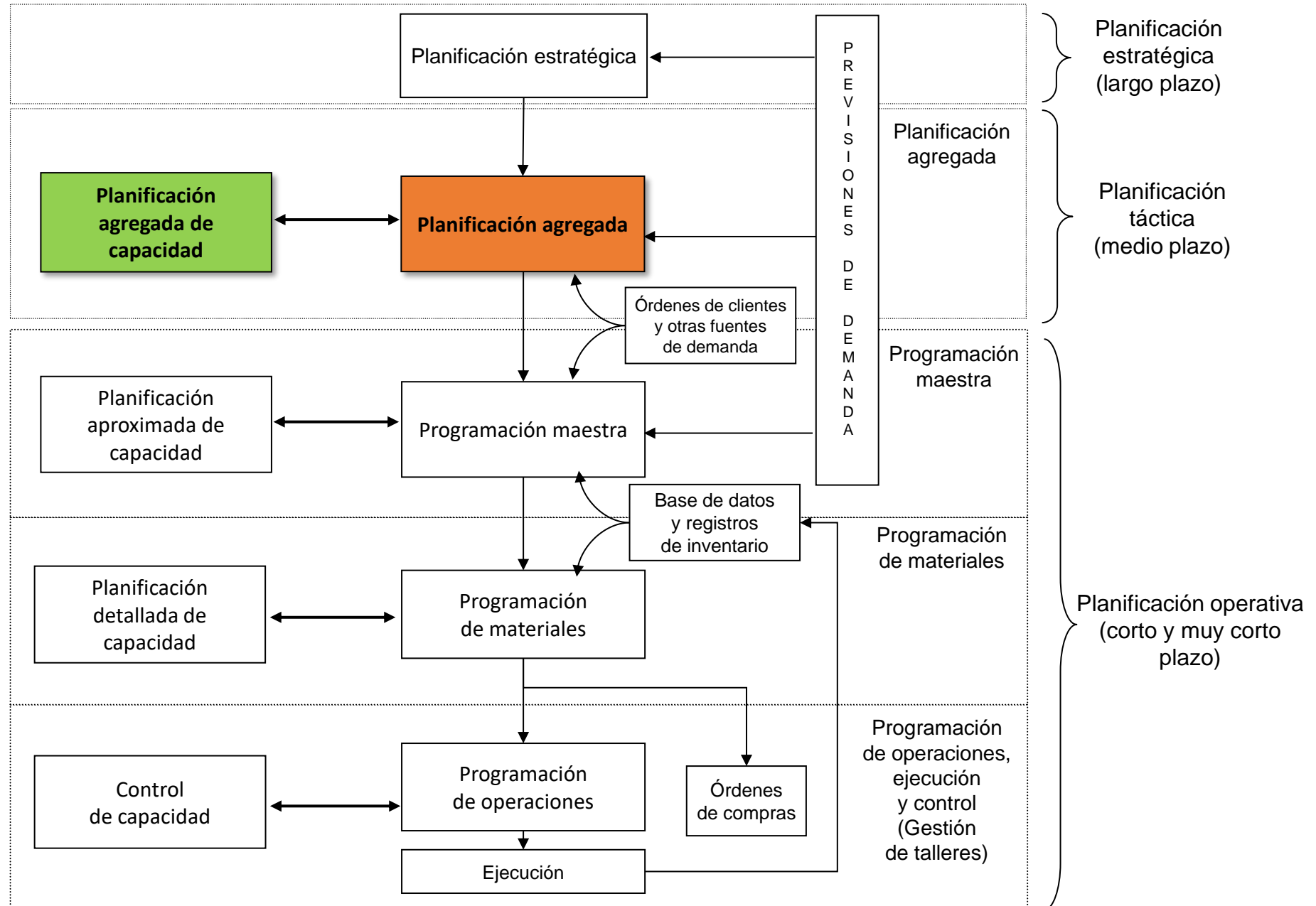


- 2.1. CONCEPTO Y NATURALEZA DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.3. ESTRATEGIAS DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN



- ✓ Dirección de la Producción y Operaciones. Decisiones operativas. (Arias Aranda, D. y Minguella Rata, B.) Cap. 2.
- ✓ Principios de Administración de Operaciones (7ª Ed.). (Heizer, J. y Render, B.) Cap. 13.
- ✓ Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos. (Domínguez Machuca, J.A. y otros) Cap. 3.
- ✓ Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor (8ª Ed.). (Krajewski, L. y otros) Supl. E.

2.1. CONCEPTO Y NATURALEZA DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA



- La planificación agregada, a partir de la previsión de la demanda, la cartera de pedidos y otras fuentes de demanda (nivel de inventarios), y considerando las restricciones empresariales o del proceso (políticas de empresa y limitaciones del entorno) establece la tasa de producción y niveles de inventario adecuados para satisfacer la demanda de forma eficiente.
- El resultado del proceso de la planificación agregada se denomina: Plan agregado de producción (PAP), que puede definirse como:

Plan de producción a medio plazo, factible desde el punto de vista de la capacidad, que permite lograr el plan de producción a largo plazo de la forma más eficaz posible en relación con los objetivos tácticos del subsistema de Operaciones.

- En el PAP se determinan:
 - ✓ las cantidades a producir en términos agregados (familias de productos)
 - ✓ en cada período (cada mes, habitualmente)
 - ✓ del horizonte de planificación (medio plazo, generalmente, de 6 a 18 meses; horizonte de planificación mínimo: 3 veces el ciclo total de fabricación del producto)
- El objetivo que se persigue es establecer cómo responder a la demanda minimizando los costes y maximizando el nivel de servicio a lo largo del horizonte de planificación. Ello se logra mediante el ajuste de las principales variables productivas:
 - Las tasas de producción (en jornada regular y extraordinaria).
 - Las tasas de subcontratación.
 - Los niveles de mano de obra.
 - Los niveles de inventario.
 - Otras variables controlables.

- Existen infinidad de combinaciones posibles con las principales variables productivas para hacer frente a las necesidades de producción de cada mes. Determinar la combinación más conveniente es, en esencia, el problema que plantea la planificación agregada.
- La elaboración de un plan agregado implica, por tanto, tres cuestiones básicas:
 1. Establecer el plan de necesidades de producción (PNP).
 2. Determinar con qué fuentes de producción se hará frente a esas necesidades establecidas.
 3. Evaluar el PAP obtenido en función de los objetivos establecidos, como coste, nivel de servicio, mejora de la calidad, clima laboral, etc.

TEMA 2

LA PLANIFICACIÓN AGREGADA



- 2.1. CONCEPTO Y NATURALEZA DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.3. ESTRATEGIAS DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN



- ✓ Dirección de la Producción y Operaciones. Decisiones operativas. (Arias Aranda, D. y Minguela Rata, B.) Cap. 2.
- ✓ Principios de Administración de Operaciones (7ª Ed.). (Heizer, J. y Render, B.) Cap. 13.
- ✓ Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos. (Domínguez Machuca, J.A. y otros) Cap. 3.
- ✓ Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor (8ª Ed.). (Krajewski, L. y otros) Supl. E.

TIPOS

INTUITIVOS o de
PRUEBA Y ERROR

**Método de Tablas y
Gráficos**

ANALÍTICOS
(Programación
Matemática)

OPTIMIZADORES
(Programación Lineal)

- **Método Simplex**
- **Método del Transporte**

HEURÍSTICOS
(Análisis de Regresión)

**Método de los
Coeficientes de Gestión**

SIMULACIÓN

**Método de las Reglas de
Búsqueda**

INTUITIVOS o de PRUEBA Y ERROR

MÉTODO DE TABLAS Y GRÁFICOS

- Una forma habitual de implementar el método de prueba y error es mediante el uso de tablas y gráficos para elaborar y evaluar distintos planes alternativos.
- Este método permite considerar los recursos disponibles de la empresa, a la vez que establece la cantidad de unidades a obtener (el proceso de planificación agregada de la producción y la capacidad se desarrolla de forma simultánea).

☐ Ventajas:

- Es una técnica ampliamente extendida.
- Es fácil de entender y usar.
- Requiere pocos cálculos y muy sencillos (se puede realizar en una hoja de cálculo).
- Permite observar con claridad los efectos de las decisiones que se adoptan (es bueno para evaluar planes previamente propuestos).

☐ Inconvenientes:

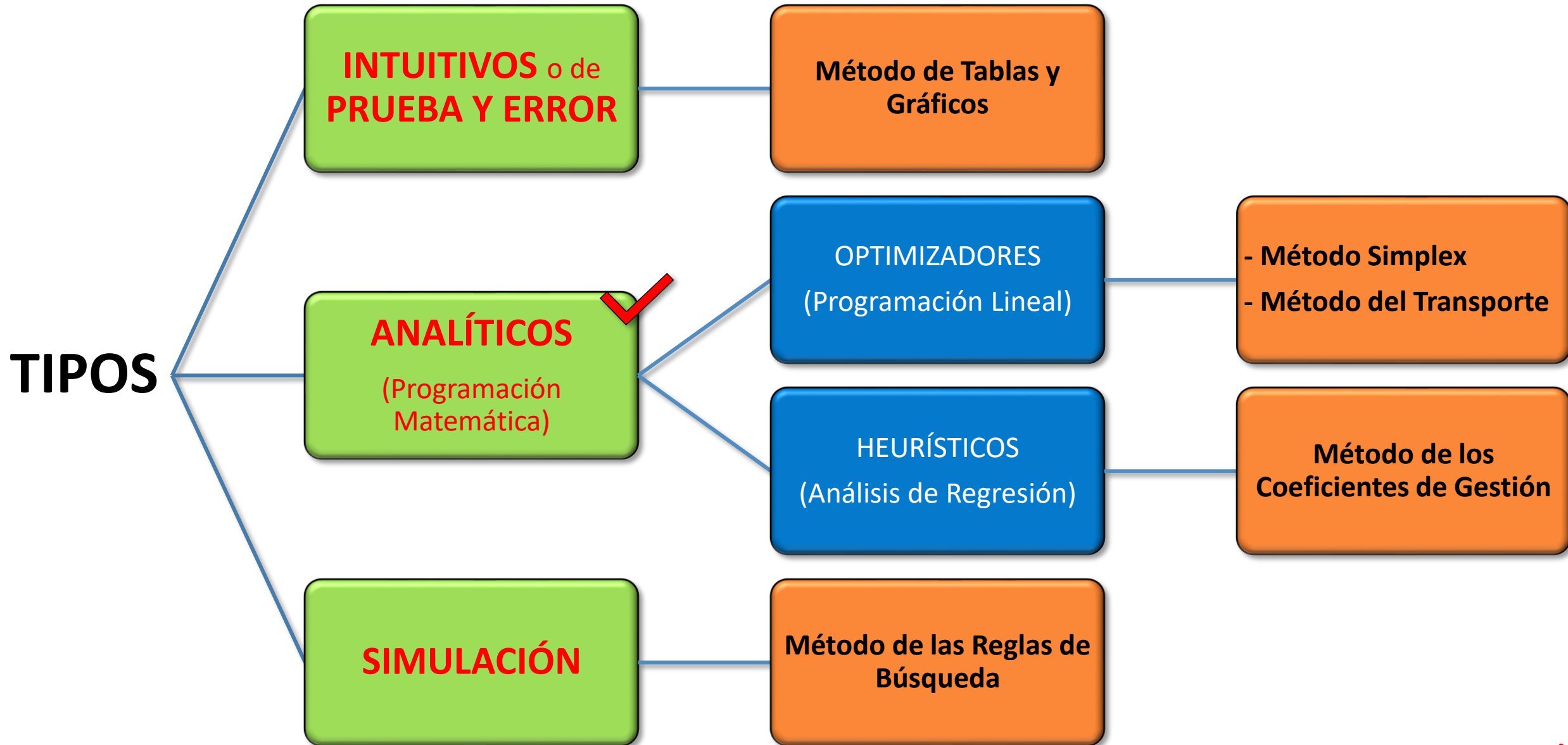
- No sugiere, por sí mismo, ningún plan mejor.
- No garantiza, por sí mismo, un plan óptimo; requiere aproximaciones sucesivas.

2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

INTUITIVOS o de
PRUEBA Y ERROR

EJEMPLO DE PAP CON EL MÉTODO DE TABLAS Y GRÁFICOS

Mes	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setbre.	Octubre	Novbre.	Dicbre.	TOTAL	
Previsión ventas	230	200	240	180	460	1.050	1.060	1.220	4.640	
Días laborables	21	20	21	0	20	21	22	20	145	
Plantilla actual	14	14	14	14	14	14	14	14		ope.
Producción mes	392	373	392	0	373	392	411	373		ud.
Producción acumulada 1	392	765	1.157	1.157	1.530	1.922	2.333	2.706		ud.
Ventas acumuladas	230	430	670	850	1.310	2.360	3.420	4.640		ud.
Sobrantes o faltantes 1	162	335	487	307	221	-437	-649	-847		ud.
Horas extras						588	616	560		h.
Producción en horas extras						98	103	93	294	ud.
Producción subcontratada						339	547	754	1.640	ud.
Producción acumulada 2	392	765	1.157	1.157	1.530	2.359	3.420	4.640		ud.
Sobrantes o faltantes 2	162	335	487	307	221	0	0	0	1.512	ud.
Coste unitario de fabricación h. normales		177	€/un							
Coste unitario de fabricación h. extras		183	€/un							
Coste unitario subcontratación		190	€/un							
Coste unitario mantenimiento inventario		5	€/un							
Coste de fabricación h. normales	69.384	66.021	69.384	0	66.021	69.384	72.747	66.021	478.962	€
Coste de fabricación en h. extras						17.934	18.849	17.019	53.802	€
Coste subcontratación						64.410	103.930	143.260	311.600	€
Coste mantenimiento del Inventario	810	1.675	2.435	1.535	1.105	0	0	0	7.560	€
Coste de contratación									0	€
Coste unitario									183,6	€/ud.



ANALÍTICOS

(Programación
Matemática)

2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

INTRODUCCIÓN A LOS MÉTODOS ANALÍTICOS

AÑO	AUTORES	TIPO
1955	Holt, Modigliani, Muth y Simon	Programación cuadrática
1955	Holt, Modigliani, Muth y Simon	Reglas de decisión lineal
1956	Bowman	Programación lineal. Transporte
1958	Manne	Programación lineal
1963	Bowman	Management Coefficient Model
1965	Dzieliski - Gomory	Lineal y Simulación
1967	Jones	Paramétrica
1972	Shwimer	Programación lineal
1974	Lasdon - Terjung	Heurístico
1974	Goodman	Programación por objetivos
1974	Gelders - Kleindorfer	Branck & Bound
1975	Goldvin	Programación lineal
1977	Bitran - Hax	Programación lineal
1977	Candea	Programación lineal
1978	Mellichamp y Love	Heurístico (P.S.H.)
1979-1984	Axsäter	Varios modelos
1986	Backer y Collins	Programación lineal
1988	Roundy y otros	Programación por objetivos
1989	Lin - Moodie	Programación por objetivos

Buscan obtener un PAP óptimo.

- Si el modelo planteado se hace a medida y se adapta suficientemente a la realidad, el resultado obtenido (con pequeños ajustes) es el PAP.
- Si se emplea un modelo estándar de optimización, las hipótesis de partida no se adecuarán exactamente al caso real. El resultado puede suponer un punto de partida para obtener el PAP.

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

- Es un proceso optimizador que consiste en establecer una función lineal cuya variable dependiente representa el objetivo y cuyas variables independientes son las diferentes variables de decisión (las variables de decisión representan las opciones que están bajo el control de la empresa; son las incógnitas del problema).
- Se han de fijar unas restricciones lineales para las variables de decisión (las restricciones son limitaciones que restringen las opciones permisibles para las variables de decisión). Cada limitación puede expresarse matemáticamente en cualquiera de estas tres formas: una restricción menor que o igual a (\leq), igual a ($=$), o mayor que o igual a (\geq).
- Finalmente, con esas funciones establecidas se determinan las variables de decisión que maximizan o minimizan la función objetivo.

□ Ventajas:

- Garantiza un plan óptimo (con los datos aportados).

□ Inconvenientes:

- No captan restricciones, cuantitativas o cualitativas, no expresables linealmente.

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL**Ejemplo 2.1**

PSA Manufacturing produce palas para uso industrial. Las ventas de estas son estacionales y los clientes de PSA no quieren tener inventario durante los períodos en que las ventas son menores. Por ello, los clientes desean minimizar su inventario, exigen la entrega de mercancía de acuerdo con sus programas y no aceptan pedidos atrasados.

PSA emplea trabajadores manuales no cualificados, que necesitan solo una formación muy elemental. La producción de 1.000 palas cuesta 3.500€ en tiempo regular y 3.700€ en tiempo extra. Estas cantidades incluyen los materiales, que representan más del 85% del coste. El tiempo extra se limita a la producción de 15.000 palas por período. Además, la empresa puede recurrir a subcontratistas, al coste de 4.200€ por cada millar de palas, pero el convenio colectivo de trabajo de PSA restringe este tipo de producción a 5.000 palas por período.

El nivel actual de inventario es de 30.000 palas, y la gerencia desea llegar al final del año con ese mismo nivel. El mantenimiento de un inventario de 1.000 palas cuesta 280€ por período.

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

La previsión de la demanda más reciente ofrece los siguientes datos:

PERÍODO	DEMANDA
1	70.000
2	150.000
3	320.000
4	100.000
Total	640.000

Construya un modelo de programación lineal para determinar el PAP óptimo de tiempo regular suponiendo que:

- La empresa tiene ahora 30 trabajadores y la gerencia desea seguir teniendo el mismo número en el período 4.
- Cada trabajador puede producir 4.000 palas por período.
- El coste de contratar a un trabajador es de 1.000€ y de despedirlo 600€.

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL**SOLUCIÓN:****Variables de decisión:**

A_i = Unidades a producir en tiempo regular en el período i
 B_i = Unidades a producir en tiempo extra en el período i
 C_i = Unidades a producir por subcontratación en el período i
 D_i = Nivel de inventarios al final del período i
 E_i = Número de trabajadores contratados en el período i
 F_i = Número de trabajadores despedidos en el período i
 G_i = Número total de trabajadores en el período i
(i = Número de período -de 1 a 4-)

Datos del problema:

Coste por unidad producida en tiempo regular: 3,5€
Coste por unidad producida en tiempo extra: 3,7€
Coste por unidad subcontratada: 4,2€
Coste de mantener unidad/período en inventario: 0,28€
Coste de contratar un trabajador: 1.000€
Coste de despedir un trabajador: 600€
Trabajadores al inicio y al final del período: 30 trabajadores
Inventario inicial y final: 30.000 uds.
Producción por cada trabajador/período: 4.000 uds.

Función objetivo:

$$\text{Min } (3,5\sum_1^4 A_i + 3,7\sum_1^4 B_i + 4,2\sum_1^4 C_i + 0,28\sum_1^4 D_i + 1000\sum_1^4 E_i + 600\sum_1^4 F_i)$$

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

Restricciones:

- Las unidades a producir en tiempo regular por período (A_i), se obtiene multiplicando la cantidad de trabajadores por período (G_i) por la producción por período de cada trabajador (4.000 palas):

$$A_1 = 4000 \times G_1$$

$$A_2 = 4000 \times G_2$$

$$A_3 = 4000 \times G_3$$

$$A_4 = 4000 \times G_4$$

- Balance de trabajadores: La cantidad de trabajadores por período (G_i) será igual a la cantidad de trabajadores del mes anterior (G_{i-1}) sumado a los trabajadores contratados en el período (E_i) menos los trabajadores despedidos en el período (F_i):

$$G_1 = 30 + E_1 - F_1$$

$$G_2 = G_1 + E_2 - F_2$$

$$G_3 = G_2 + E_3 - F_3$$

$$G_4 = G_3 + E_4 - F_4$$

$$G_4 = 30$$

- La cantidad obtenida mediante horas extras (B_i) está limitada a 15.000 palas por período como máximo:

$$B_1 \leq 15000$$

$$B_2 \leq 15000$$

$$B_3 \leq 15000$$

$$B_4 \leq 15000$$

- Las unidades obtenidas por subcontratación (C_i) está limitada a 5.000 palas por período como máximo:

$$C_1 \leq 5000$$

$$C_2 \leq 5000$$

$$C_3 \leq 5000$$

$$C_4 \leq 5000$$

- Balance de niveles de inventario: El inventario al finalizar el período (D_i) es igual a la producción regular (A_i) más la producción en tiempo extra (B_i) más las unidades subcontratadas (C_i) más el inventario en el período anterior (D_{i-1}) menos las cantidades demandadas:

$$D_1 = A_1 + B_1 + C_1 + 30000 - 70000$$

$$D_2 = A_2 + B_2 + C_2 + D_1 - 150000$$

$$D_3 = A_3 + B_3 + C_3 + D_2 - 320000$$

$$D_4 = A_4 + B_4 + C_4 + D_3 - 100000$$

$$D_4 = 30000$$

ANALÍTICOS

(Programación
Matemática)

2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

OPTIMIZADORES
(Programación Lineal)

Para la resolver el problema utilizamos **Solver** de Microsoft Excel. Para ello, elaboramos dos cuadros: uno vacío para que se calculen los valores de las variables de decisión (incógnitas del problema) y otro con las fórmulas correspondientes a las restricciones.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Periodo (i)	Demanda	VARIABLES DE DECISIÓN						
2			Producción Regular (Ai)	Producción Extra (Bi)	Subcontratación (Ci)	Inventario Final (Di)	Contratados (Ei)	Despedidos (Fi)	Trabajadores Totales (Gi)
3	1								
4	2								
5	3								
6	4								
7		Subtotales	0	0	0	0	0	0	0
8		Coste Unitario							
9		COSTE TOTAL							
10									
11	Periodo	Demanda	RESTRICCIONES						
12			Producción Regular	Producción Extra	Subcontratación	Inventario Final	Trabajadores Totales		
13	1	0	0			0	0		
14	2	0	0			0	0		
15	3	0	0			0	0		
16	4	0	0			0	0		
17									
18	Uds. que cada trabajador puede producir en un período =								
19	Inventario inicial =								
20	Inventario final =								
21	Número de trabajadores al inicio del período 1 =								
22	Número de trabajadores en el período 4 =								

Enlace para cargar el complemento Solver en Excel



ANALÍTICOS

(Programación
Matemática)

2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

OPTIMIZADORES
(Programación Lineal)

Parámetros de Solver

Establecer objetivo:

Para: ☐ Máx ☒ Mín ☐ Valor de:

Cambiando las celdas de variables:

Sujeto a las restricciones:

$\$C\$3:\$C\$6 = \$C\$13:\$C\16	Producción en tiempo regular
$\$D\$3:\$D\$6 \leq \$D\$13:\$D\16	Producción en tiempo extra
$\$E\$3:\$E\$6 \leq \$E\$13:\$E\16	Unidades subcontratadas
$\$F\$16 = \$D\20	Inventario final
$\$F\$3:\$F\$6 = \$F\$13:\$F\16	Balance de inventarios
$\$G\$16 = \$D\22	Cantidad final de trabajadores
$\$I\$3:\$I\$6 = \$G\$13:\$G\16	Balance de trabajadores

☒ Convertir variables sin restricciones en no negativas

Método de resolución:

Método de resolución

Seleccione el motor GRG Nonlinear para problemas de Solver no lineales suavizados. Seleccione el motor LP Simplex para problemas de Solver lineales, y seleccione el motor Evolutionary para problemas de Solver no suavizados.

ANALÍTICOS

(Programación
Matemática)

2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

MÉTODO SIMPLEX DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

OPTIMIZADORES
(Programación Lineal)

Los resultados óptimos serían los siguientes:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Periodo (i)	Demanda	VARIABLES DE DECISIÓN						
2			Producción Regular (Ai)	Producción Extra (Bi)	Subcontratación (Ci)	Inventario Final (Di)	Contratados (Ei)	Despedidos (Fi)	Trabajadores Totales (Gi)
3	1	70000	120000	0	0	80000	0	0	30
4	2	150000	187500	0	0	117500	16,875	0	46,875
5	3	320000	187500	15000	0	0	0	0	46,875
6	4	100000	120000	10000	0	30000	0	16,875	30
7		Subtotales	615000	25000	0	227500	16,875	16,875	153,75
8		Coste Unitario	3,50 €	3,70 €	4,20 €	0,28 €	1.000,00 €	600,00 €	- €
9		COSTE TOTAL	2.335.700,00 €						
10									
11	Periodo	Demanda	RESTRICCIONES						
12			Producción Regular	Producción Extra	Subcontratación	Inventario Final	Trabajadores Totales		
13	1	70000	120000	15000	5000	80000	30		
14	2	150000	187500	15000	5000	117500	46,875		
15	3	320000	187500	15000	5000	0	46,875		
16	4	100000	120000	15000	5000	30000	30		
17									
18	Uds. que cada trabajador puede producir en un período =		4000						
19	Inventario inicial =		30000						
20	Inventario final =		30000						
21	Número de trabajadores al inicio del período 1 =		30						
22	Número de trabajadores en el período 4 =		30						

MÉTODO DEL TRANSPORTE DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL



Ejemplo 2.2

Datos de capacidad y demanda (uds.)			
	PERÍODO DE VENTAS		
	PERÍODO 1	PERÍODO 2	PERÍODO 3
Demanda	800	1.000	750
Capacidad:			
Horas regulares	700	700	700
Horas extras	50	50	50
Subcontratación	150	150	130
Inventario inicial	100		

COSTES	
Horas regulares	40€ por ud.
Horas extras	50€ por ud.
Subcontratación	70€ por ud.
Costes de almacenamiento	2€ por ud./período

MÉTODO DEL TRANSPORTE DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

Cuando preparamos y analizamos esta tabla debemos observar lo siguiente:

- Los costes de almacenamiento ascienden a 2€ por unidad y período. Las unidades producidas en un período y almacenadas durante un período tendrán un coste adicional de 2€. El inventario inicial no genera costes si se utiliza en el período 1.
- Los problemas de transporte exigen que los suministros sean iguales a la demanda. Por ello, se ha añadido una columna ficticia denominada “capacidad no utilizada”. Los costes de la capacidad no utilizada son iguales a cero.
- Debido a que la retención de pedidos no es una alternativa viable para esta empresa en particular, no es posible producir en aquellas celdas que representan producción en un período para satisfacer demanda en un período pasado (es decir, los períodos marcados con una “X”). Si se permitiese la retención de pedidos, para estimar los costes de retención se sumarían los costes de imagen, la pérdida de beneficios por ventas, etc.
- Las cantidades en cada columna indican los niveles de inventario necesarios para responder a las necesidades de la demanda. La demanda de 800 unidades en el período 1 se satisface utilizando 100 unidades del inventario inicial y 700 unidades producidas con horas regulares en el dicho período.
- Por lo general, para completar la tabla, hay que empezar por el período 1 y asignar la máxima producción posible a la celda con menor coste, sin superar la capacidad no utilizada en esa fila o la demanda en esa columna.

ANALÍTICOS

(Programación Matemática)

2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

OPTIMIZADORES

(Programación Lineal)

MÉTODO DEL TRANSPORTE DE LA PROGRAMACIÓN LINEAL

SUMINISTRO DE:		DEMANDA				CAPACIDAD TOTAL DISPONIBLE (oferta)
		Período 1	Período 2	Período 3	Capacidad no utilizada (ficticia)	
Inventario inicial		0 100	2	4	0	100
Período 1	Horas regulares	40 700	42	44	0	700
	Horas extras	50	52 50	54	0	50
	Subcontratación	70	72 50	74	0 100	150
Período 2	Horas regulares	X	40 700	42	0	700
	Horas extras	X	50 50	52	0	50
	Subcontratación	X	70 150	72	0	150
Período 3	Horas regulares	X	X	40 700	0	700
	Horas extras	X	X	50 50	0	50
	Subcontratación	X	X	70 130	0	130
DEMANDA TOTAL		800	1.000	750	230	2.780

COSTES PERÍODO 1	
Horas regulares	700 x 40€ = 28.000€
Horas extras	50 x 50€ = 2.500€
Subcontratación	50 x 70€ = 3.500 €
Costes de almacenamiento	100 x 2€ = 200€
TOTAL COSTES PERÍODO 1	34.200€

COSTES PERÍODO 2	
Horas regulares	700 x 40€ = 28.000€
Horas extras	50 x 50€ = 2.500€
Subcontratación	150 x 70€ = 10.500 €
Costes de almacenamiento	0 x 2€ = 0€
TOTAL COSTES PERÍODO 2	41.000€

COSTES PERÍODO 3	
Horas regulares	700 x 40€ = 28.000€
Horas extras	50 x 50€ = 2.500€
Subcontratación	0 x 70€ = 0€
Costes de almacenamiento	0 x 2€ = 0€
TOTAL COSTES PERÍODO 3	30.500€

COSTES PAP= 34.200 + 41.000 + 30.500= 105.700€



MÉTODO DE LOS COEFICIENTES DE GESTIÓN

- Se trata de un método de planificación explícito basado en la experiencia y eficacia del directivo. Utiliza datos y resultados de períodos anteriores.
- Se utilizan esos datos con el análisis de regresión para relacionar la producción y determinadas variables. Estas relaciones permiten elegir las soluciones deseadas.

☐ **Ventajas:**

- Permite aprovechar la experiencia existente.

☐ **Inconvenientes:**

- Arrastran errores precedentes.
- No suele ser utilizable cuando hay cambios notables en las condiciones empresariales o en el «*mix*» de productos.
- Sirve para encontrar soluciones satisfactorias o aceptables del problema, pero pueden estar alejadas del hipotético óptimo.



SIMULACIÓN**MÉTODO DE LAS REGLAS DE BÚSQUEDA**

- Se construye un modelo que relaciona la producción y las diferentes variables que interesan.
- En él se toma como punto de partida un PAP caracterizado por unos ciertos valores de producción regular, horas extra, subcontratación, etc., que satisfacen las necesidades de producción, calculándose los costes totales correspondientes. Después, siguiendo reglas programadas de búsqueda, se somete el modelo a simulación seleccionando otra combinación y calculando sus correspondientes costes. Se simula de forma progresiva hasta llegar a una solución que satisfaga las necesidades.

☐ Ventajas:

- Permite ensayar cambios de escenarios y variaciones de algunos parámetros.

☐ Inconvenientes:

- No garantiza, por sí mismo, un plan óptimo.
- Requiere medios informáticos adecuados.

TEMA 2

LA PLANIFICACIÓN AGREGADA



- 2.1. CONCEPTO Y NATURALEZA DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.3. ESTRATEGIAS DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN



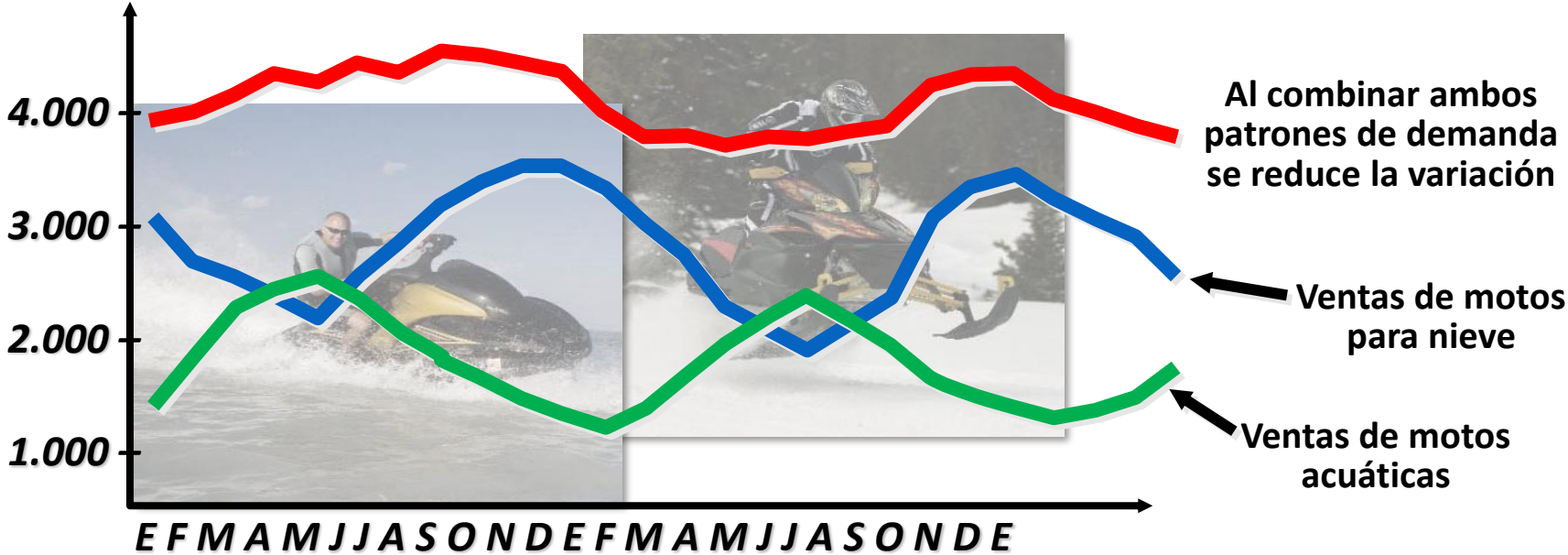
- ✓ Dirección de la Producción y Operaciones. Decisiones operativas. (Arias Aranda, D. y Minguela Rata, B.) Cap. 2.
- ✓ Principios de Administración de Operaciones (7ª Ed.). (Heizer, J. y Render, B.) Cap. 13.
- ✓ Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos. (Domínguez Machuca, J.A. y otros) Cap. 3.
- ✓ Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor (8ª Ed.). (Krajewski, L. y otros) Supl. E.

- El proceso de obtención del PAP implica ajustar la producción (capacidad disponible) y la demanda o necesidades de producción (capacidad necesaria o carga).
- Al ajustar la producción y las necesidades de producción existen dos posibilidades de actuación:
 - ✓ sobre la demanda: medidas activas o agresivas
 - ✓ sobre la capacidad disponible: medidas reactivas o pasivas
- En el desarrollo del PAP se emplean medidas reactivas o pasivas, al estar actuando sobre la capacidad disponible.

2.3. ESTRATEGIAS DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

	OPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMENTARIOS
ACTIVAS	Influir en la demanda	Intenta usar el exceso de capacidad. Los descuentos atraen a clientes nuevos.	Demanda incierta. Es difícil equilibrar oferta y demanda.	Crea ideas de marketing. Algunos negocios usan la sobreventa.
	Pedidos pendientes	Puede evitar las horas extras. Mantiene la capacidad constante.	Los clientes deben estar dispuestos a esperar, pero hay pérdida de confianza.	Muchas compañías aceptan pedidos pendientes.
	Productos con estacionalidad complementaria	Utiliza los recursos completamente y permite mantener estable la plantilla.	Puede requerir habilidades y equipos al margen del área de experiencia.	Encontrar productos con patrones de demanda opuestos es difícil y arriesgado.

EJEMPLO DE
“PRODUCTOS CON
ESTACIONALIDAD
COMPLEMENTARIA”



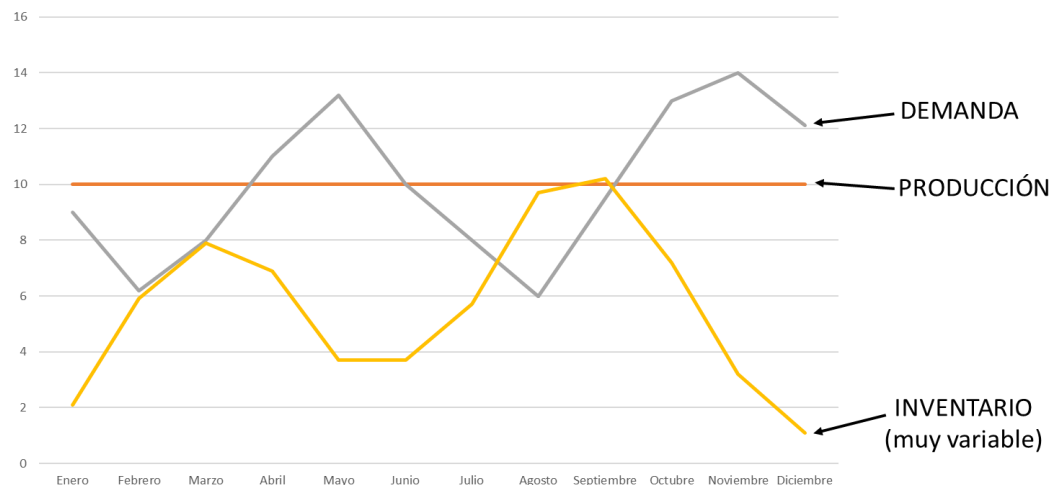
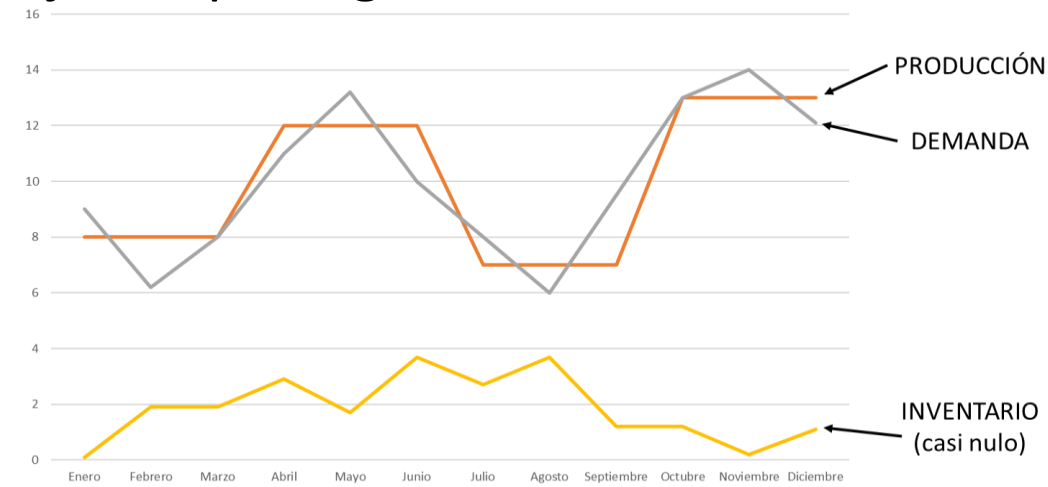
2.3. ESTRATEGIAS DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

	OPCIÓN	VENTAJAS	DESVENTAJAS	COMENTARIOS
REACTIVAS	Cambios en el nivel de inventarios	Los cambios en RRHH son graduales o nulos, no hay cambios abruptos en la producción.	Costes por mantenimiento de inventarios. Las rupturas pueden generar pérdidas de ventas.	Solo se aplica en manufactura.
	Variación de plantilla: contrataciones y despidos	Se evitan los costes de otras alternativas.	Los costes por contrataciones, despidos y formación pueden ser significativos.	Se utiliza cuando el tamaño de la plantilla es muy grande.
	Variación de la tasa de producción: horas extras y tiempos ociosos	Se ajusta a cambios estacionales de demanda sin generar costes de contratación y formación.	Horas extras: coste de horas extras y fatiga de trabajadores. Tiempos ociosos: coste de horas regulares ociosas.	Facilita mucho la flexibilidad en la planificación.
	Subcontratación	Permite que la producción propia sea flexible y suavizada.	Pérdida de control de calidad y riesgo de pérdida de negocios futuros.	Suele ser frecuente la subcontratación de elementos no considerados clave.
	Trabajadores a tiempo parcial	Menos costoso y más flexible que contrataciones y despidos de trabajadores a tiempo completo.	Altos costes por rotación y formación. Afecta a la calidad y dificulta la programación.	Recomendable en caso de trabajos poco cualificados y en áreas con gran fuerza de trabajo temporal.

2.3. ESTRATEGIAS DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

- Es posible desarrollar una multitud de planes alternativos distintos. Por tanto, se pueden clasificar las estrategias según las medidas de ajustes adoptadas:
 - ✓ Estrategia pura: cuando se usa una única medida de ajuste de la capacidad.
 - ✓ Estrategia mixta: cuando se usan diversas medidas de ajuste de la capacidad.
- Por otra parte, si se clasifican las estrategias según el objetivo perseguido se identifican:

❑ **ESTRATEGIA DE CAZA**: el objetivo es que la tasa de producción de cada período coincida con las necesidades de producción de dicho período.



❑ **ESTRATEGIA DE NIVELACIÓN**: el objetivo es que la tasa de producción diaria se mantenga estable de un período a otro.

PRINCIPALES ASPECTOS DE LAS DOS ESTRATEGIAS PURAS DE PLANIFICACIÓN AGREGADA

ESTRATEGIA	OBJETIVO	FORMA DE AJUSTAR LA CAPACIDAD	OBSERVACIONES
Estrategia de Caza (Persecución)	La producción por período se iguala a las necesidades de producción (demanda) por período.	Se variará el número de trabajadores de un mes a otro (contrataciones/despidos). Si no bastase con la medida anterior, habría que acudir a otras medidas de ajuste transitorio (horas extras, subcontratación...).	Evita la acumulación de inventarios y los costes que conlleva. Los costes suelen estar asociados a variaciones de plantilla.
Estrategia de Nivelación	La tasa de producción diaria es constante y se iguala a la media diaria de las necesidades de producción.	Se mantiene constante el número de trabajadores a lo largo del horizonte de planificación. Los inventarios y los tiempos ociosos (trabajadores empleados en tareas diferentes a la de fabricación) se utilizan como colchón para amortiguar los cambios en la demanda.	Filosofía subyacente: una fuerza de trabajo estable se traduce en un producto de mayor calidad, menor rotación y absentismo y mayor compromiso de los empleados (grandes ahorros en costes). Funciona muy bien con demanda razonablemente estable. Los costes suelen estar asociados a inventario. Normalmente se nivela la producción regular, aunque también es posible, para complementar esta estrategia, nivelar la producción extraordinaria e incluso la subcontratación.

- Ambas clasificaciones de estrategias no son incompatibles:
 - ✓ Si se desarrolla una estrategia de caza o nivelación empleando una sola medida de ajuste se habla de estrategia de caza o nivelación pura.
 - ✓ Si se emplean diversas medidas de ajuste para desarrollar una estrategia, de caza o nivelación, o incluso empleando ambas en distintos períodos del horizonte de planificación, se habla de estrategias mixtas.
- Respecto a cuál de las dos estrategias anteriores, caza o nivelación, es preferible, habría que decir que probablemente ninguna de ellas en su forma más pura resulte adecuada para las empresas de manera genérica.
- En general, el uso de estrategias mixtas, que incluyan aspectos de ambas, puede ser una buena forma de minimizar los costes y los inconvenientes de las estrategias puras, a la vez que se aprovechan sus ventajas.

TEMA 2

LA PLANIFICACIÓN AGREGADA

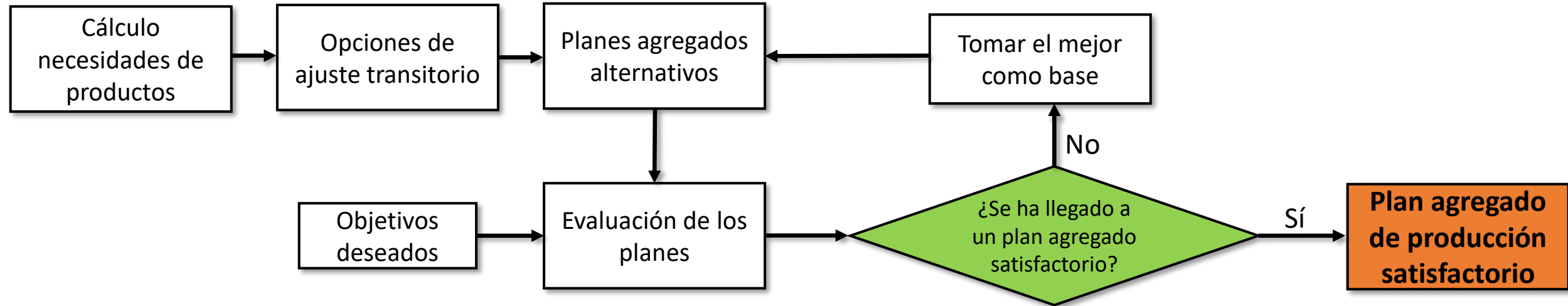


- 2.1. CONCEPTO Y NATURALEZA DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.2. MÉTODOS PARA DESARROLLAR LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.3. ESTRATEGIAS DE LA PLANIFICACIÓN AGREGADA
- 2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN



- ✓ Dirección de la Producción y Operaciones. Decisiones operativas. (Arias Aranda, D. y Minguela Rata, B.) Cap. 2.
- ✓ Principios de Administración de Operaciones (7ª Ed.). (Heizer, J. y Render, B.) Cap. 13.
- ✓ Dirección de Operaciones. Aspectos tácticos y operativos. (Domínguez Machuca, J.A. y otros) Cap. 3.
- ✓ Administración de Operaciones. Procesos y cadenas de valor (8ª Ed.). (Krajewski, L. y otros) Supl. E.

FASES EN LA DETERMINACIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN



Para la obtención del PAP suele seguirse un proceso sistematizado que conlleva una serie de actuaciones, que consta de las siguientes fases:

1. Determinar las necesidades de producción por período (PNP).
2. Establecer las diferentes medidas de ajuste de la capacidad a emplear.
3. Elaborar y evaluar un primer PAP.
4. Elaborar y evaluar, a partir del anterior, sucesivos planes de producción alternativos.
5. Seleccionar aquel PAP que se considere satisfactorio según los objetivos planteados.

Nota: A continuación, se desarrollan las fases utilizando el Método de Tablas y Gráficos.

1. Determinar las necesidades de producción por período (PNP).

- El punto de partida para la obtención del PNP son los objetivos establecidos en el plan de producción a largo plazo y las estimaciones de demanda realizadas para el horizonte de planificación del PAP que se desea realizar.
- Sin embargo, dichas previsiones tienen que ser ajustadas en función de otras posibles fuentes de demanda existentes:
 - ✓ En caso de existir previsiones de diferentes horizontes temporales (l/p, m/p o c/p) para un mismo período, se considera que es más fiable la previsión de menor horizonte que la de mayor horizonte. Por ello, para cada período se empleará la previsión de menor horizonte temporal.
 - ✓ Seguidamente, se elige el mayor valor entre la previsión de demanda, seleccionada según el punto anterior, y los pedidos comprometidos, entendiendo que será este el valor que mejor representa a la demanda del período.

- En la siguiente tabla se muestran los diferentes elementos a considerar para determinar el PNP:

OBTENCIÓN DEL PLAN DE NECESIDADES DE PRODUCCIÓN

	MES						
Concepto							TOTAL
Previsiones de demanda a medio plazo							
Pedidos comprometidos							
Pedidos pendientes de servir							
Ajuste de inventario ($SS - I_0$)							
Plan de necesidades de producción (PNP)							



2. Establecer las diferentes medidas de ajuste de la capacidad a emplear.

- Una vez establecido el PNP, hay que cubrir estas necesidades mediante las diferentes alternativas a nuestro alcance. Como es lógico, inicialmente se trata de hacer frente al PNP mediante el inventario disponible acumulado y la producción en jornada regular.
- Si con ello no fuese suficiente, habrá que acudir a otras medidas de ajuste (horas extraordinarias, subcontratación...).
- La elección de las diferentes medidas de ajuste va a depender de las políticas de la empresa y de las limitaciones del entorno.
- Ello hará que, en la mayoría de las ocasiones, no se empleen las estrategias de caza o nivelación en su estado puro.
- La elección de las diferentes medidas de ajuste, como norma general, se basa, en primer lugar, en seleccionar aquella que resulte más barata.
- Aunque se pueden seguir otros criterios (optar por los recursos propios frente a los ajenos).

3. Elaborar y evaluar un primer PAP.

- Para determinar las diferentes variables productivas que conforman el PAP es necesario realizar una serie de cálculos que van a depender de la estrategia seguida por la empresa:

CAZA

$$\text{Número de trabajadores necesarios}_i = \frac{(PNP_i - \text{Inventario disponible}_{i-1}) \times \text{h.e./ud.}}{\text{h.e./trabajador/jornada laboral} \times \text{Número de días productivos}_i}$$

NIVELACIÓN

$$\text{Número de trabajadores necesarios} = \frac{\sum_{i=1}^n PNP_i \times \text{h.e./ud.}}{\text{h.e./trabajador/jornada laboral} \times \sum_{i=1}^n \text{Número de días productivos}_i}$$

- Para cubrir el PNP de un determinado período se cuenta con la producción en jornada regular, la producción en jornada extraordinaria y la producción subcontratada, así como con el inventario disponible final del período anterior (salvo en el primer período, puesto que el IDF_0 se ha ajustado en el PNP del primer período). Siendo así, el inventario disponible final de cualquier período se obtendrá a partir de la diferencia entre todas las unidades disponibles de dicho período y las unidades que se han concretado en el PNP del período correspondiente:

$$IDF_i = IDF_{i-1} + \text{Prod. reg.}_i + \text{Prod. extra.}_i + \text{Subcont.}_i - PNP_i$$

3. Elaborar y evaluar un primer PAP.

TABLA ESTÁNDAR PARA PRESENTAR EL PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN

	MES						
							TOTAL
Días productivos							
Plan de necesidades de producción (PNP)							
Número de trabajadores necesarios							
Plantilla real (número de trabajadores ajustado)							
Variación en plantilla							
Horas disponibles en jornada regular							
Producción en jornada regular							
Horas regulares trabajadas							
Horas regulares ociosas							
Producción en jornada extraordinaria							
Horas extras realizadas							
Producción subcontratada							
Inventario disponible final							
Costes							
Coste de contrataciones y despidos							
Coste de las horas regulares trabajadas							
Coste de las horas regulares ociosas							
Coste de las horas extraordinarias							
Coste de la producción subcontratada							
Coste de posesión y ruptura							
Coste total incremental							

El resultado de estos cálculos se suele sistematizar en una tabla con dos partes diferenciadas:

- ✓ Parte superior: se recogen las variables productivas, considerando lo recursos disponibles y las limitaciones (el proceso de planificación de la producción y la capacidad se realiza de forma simultánea con el Método de Tablas y Gráficos).
- ✓ Parte inferior: muestra los costes asociados que se emplearán para su evaluación.

Nota: Se va a trabajar (independientemente de si se emplea una estrategia de caza o de nivelación) bajo el supuesto de que todos los trabajadores serán contratados a tiempo completo (no se va a considerar la posibilidad de contrataciones a tiempo parcial) para simplificar los cálculos. Por tanto, el número de trabajadores que finalmente constituya la plantilla real será siempre un número entero.



4. Elaborar y evaluar, a partir del anterior, sucesivos planes de producción alternativos.

- Una vez obtenido y evaluado un primer PAP el proceso continuaría con la realización de planes alternativos, la selección del mejor y la generación de nuevos planes alternativos que traten de mejorar a los anteriores en términos de coste, nivel de servicio, mejora de la calidad, clima laboral, etc.

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{\text{Unidades servidas a tiempo}}{\text{Total de unidades en PNP}} = \frac{\text{Total de unidades en PNP} - \text{Unidades entregadas con retraso}}{\text{Total de unidades en PNP}} \times 100$$

- Este procedimiento iterativo se repetirá tantas veces como sea necesario hasta alcanzar un PAP que resulte satisfactorio para los planificadores.
- Normalmente las estrategias puras son un punto de partida, pero se suelen obtener mejores resultados adaptando las mismas al devenir empresarial en los diferentes meses.

5. Seleccionar aquel PAP que se considere satisfactorio según los objetivos planteados.

- El proceso de obtención del PAP finalizará una vez que se haya alcanzado un plan que, cumpliendo con las políticas empresariales establecidas, alcance unos niveles de coste y servicio que cumplan con los mínimos establecidos y/o sean los mejores de entre los planes elaborados.
- También ha de tenerse en cuenta que una vez obtenido un PAP satisfactorio el proceso no puede darse por cerrado. El PAP no es inamovible, pues será necesario actualizarlo cada vez que las circunstancias así lo aconsejen (demanda real distinta de la prevista, cambios en la productividad de la mano de obra...), recalculando el PAP y, en consecuencia, los planes de producción que de él se deriven.



Ejemplo 2.3

La empresa ARROBA se dedica a la extracción y embotellado de aceite de oliva. La familia de productos con más éxito es la del aceite virgen extra, para la que desea elaborar un primer plan agregado. Su previsión de demanda, sus pedidos comprometidos y los días productivos de los próximos seis meses son los siguientes:

	MES						
Concepto	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Días productivos	20	15	22	22	22	20	121
Previsiones de demanda a medio plazo	2800	3500	6000	3800	5600	4000	25700
Pedidos comprometidos	3000	4200	4000				

Además, se dispone de la siguiente información:

- Datos generales:

- La jornada regular es de 8 h.e.
- La plantilla inicial es de 10 trabajadores (todos fijos).
- Cada unidad de la familia requiere para su fabricación de 0,5 h.e. de mano de obra.
- No hay existencias en almacén, pero el *stock* de seguridad deseado es de 300 unidades.
- Existen 100 unidades pendientes de servir en el primer mes.

2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN

- Costes:
 - Mano de obra en jornada regular (h.e.): 10 u.m.
 - Mano de obra en jornada extraordinaria (h.e.): 12 u.m.
 - Contratación: 100 u.m. por trabajador eventual.
 - Despidos: 150 u.m. por trabajador eventual.
 - Posesión: 5 u.m. por unidad y mes.
 - Ruptura: 10 u.m. por unidad y mes.
- Políticas de la empresa:
 - No se despedirán trabajadores fijos. La plantilla fija es de 10 trabajadores.
 - No se desea tener en plantilla más de 15 trabajadores.
 - Las horas extraordinarias mensuales se limitan por convenio al 5% de la jornada regular.
 - No es posible acudir a la subcontratación.
 - No se admiten horas ociosas y se evitará el servicio con retraso (siempre que sea posible).

Con esta información:

- a) Determine el plan de necesidades de producción (PNP).
- b) Partiendo del PNP obtenido establezca un primer plan agregado, teniendo en cuenta que de julio a septiembre se aplicará una estrategia de caza y de octubre a diciembre una de nivelación.
- c) Determine el coste total del plan agregado y su nivel de servicio.

Nota: Si es necesario, ajuste sin decimales las horas y la producción redondeando siempre por defecto.

2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN

a) Determine el plan de necesidades de producción (PNP).

PLAN DE NECESIDADES DE PRODUCCIÓN (PNP)

	MES						
Concepto	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Previsiones de demanda a medio plazo	2800	3500	6000	3800	5600	4000	25700
Pedidos comprometidos	3000	4200	4000				
Pedidos pendientes de servir	100						
Ajuste de inventario ($SS - I_0$)	300						
Plan de necesidades de producción (PNP)	3400	4200	6000	3800	5600	4000	27000

2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN

b) Partiendo del PNP obtenido establezca un primer plan agregado.

- *Estrategia de caza (meses de julio a septiembre)*

$$\text{Número de trabajadores necesarios}_i = \frac{(PNP_i - \text{Inventario disponible}_{i-1}) \times \text{h.e./ud.}}{\text{h.e./trabajador/jornada laboral} \times \text{Número de días productivos}_i}$$

$$\text{Número de trabajadores necesarios}_{\text{julio}} = \frac{3.400 \times 0,5}{8 \times 20} = 10,63 \text{ trabajadores}$$

$$\text{Número de trabajadores necesarios}_{\text{agosto}} = \frac{(4.200 - 120) \times 0,5}{8 \times 15} = 17 \text{ trabajadores}$$

$$\text{Número de trabajadores necesarios}_{\text{septiembre}} = \frac{(6.000 + 300) \times 0,5}{8 \times 22} = 17,9 \text{ trabajadores}$$

- *Estrategia de nivelación (meses de octubre a diciembre)*

$$\text{Número de trabajadores necesarios} = \frac{\sum_{i=1}^n PNP_i \times \text{h.e./ud.}}{\text{h.e./trabajador/jornada laboral} \times \sum_{i=1}^n \text{Número de días productivos}_i}$$

$$\text{Número de trabajadores necesarios} = \frac{(13.400 + 756) \times 0,5}{8 \times 64} = 13,82 \text{ trabajadores}$$

2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN

PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN (PAP)

	MES						
	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	TOTAL
Días productivos	20	15	22	22	22	20	121
Plan de necesidades de producción (PNP)	3400	4200	6000	3800	5600	4000	27000
Número de trabajadores necesarios	10,63	17	17,90	13,82	13,82	13,82	
Plantilla real (número de trabajadores ajustado)	11	15	15	14	14	14	
Variación en plantilla	1	4	0	-1	0	0	
Horas disponibles en jornada regular	1760	1800	2640	2464	2464	2240	13368
Producción en jornada regular	3520	3600	5280	4928	4928	4480	26736
Horas regulares trabajadas	1760	1800	2640	2464	2464	2240	13368
Horas regulares ociosas							
Producción en jornada extraordinaria		180	264		246		690
Horas extras realizadas		90	132		123		345
Producción subcontratada							
Inventario disponible final	120	-300	-756	372	-54	426	
Costes							
Coste de contrataciones y despidos	100	400		150			650
Coste de las horas regulares trabajadas	17600	18000	26400	24640	24640	22400	133680
Coste de las horas regulares ociosas							
Coste de las horas extraordinarias		1080	1584		1476		4140
Coste de la producción subcontratada							
Coste de posesión y ruptura	600	3000	7560	1860	540	2130	15690
Coste total incremental							154160

2.4. OBTENCIÓN DE UN PLAN AGREGADO DE PRODUCCIÓN

c) Determine el coste total del plan agregado y su nivel de servicio.

El coste total incremental de este plan es de **154.160** u.m., con un nivel de servicio del:

$$\text{Nivel de Servicio} = \frac{\text{Unidades servidas a tiempo}}{\text{Total de unidades en PNP}} = \frac{\text{Total de unidades en PNP} - \text{Unidades entregadas con retraso}}{\text{Total de unidades en PNP}} \times 100$$

$$NS = \frac{27.000 - 300 - 756 - 54}{27.000} \times 100 = \mathbf{95,89\%}$$

