

# CONTENIDO

Sobre los autores .....	xvii
Prólogo .....	xxiii

## PARTE PRIMERA

### PLANIFICACION, PROGRAMACION Y CONTROL DE LAS OPERACIONES

1. Introducción a la planificación y control de la producción .....	3
1.1. Introducción .....	3
1.2. Planificación empresarial y planificación de operaciones .....	5
1.3. Enfoque jerárquico para el proceso de planificación y control de la producción .....	7
1.4. Introducción a la planificación y control de inventarios .....	12
1.4.1. Razones que justifican la existencia de inventarios .....	14
1.4.1.1. Hacer frente a la demanda de productos finales .....	14
1.4.1.2. Evitar interrupciones en el proceso productivo .....	14
1.4.1.3. La propia naturaleza del proceso de producción .....	14
1.4.1.4. Nivelar el flujo de producción .....	15
1.4.1.5. Obtener ventajas económicas .....	15
1.4.1.6. Falta de acoplamiento entre la producción y el consumo .....	15
1.4.1.7. Ahorro y especulación .....	15
1.4.2. Las dos cuestiones fundamentales en la planificación de materiales .....	17
1.4.2.1. Características de la demanda .....	17
1.4.2.2. Costes relacionados con los inventarios .....	18
1.4.2.3. El tiempo de suministro, <i>TS</i> .....	19
1.4.3. Otros aspectos de interés en la planificación y control de materiales .....	23
1.4.3.1. La ordenación de los ítems en función de su importancia relativa: clasificación ABC .....	23
1.4.3.2. La exactitud en los datos sobre inventarios: sistemas de control .....	24
1.5. La importancia de las previsiones de demanda en la planificación y control de producción e inventarios .....	25
1.6. Breves comentarios sobre la planificación estratégica de la producción .....	26
1.7. Consideraciones finales .....	27
Referencias y bibliografía .....	29

<b>2. Una introducción a la planificación y control de la capacidad</b> .....	<b>31</b>
2.1. Introducción .....	31
2.2. Determinación de la Capacidad Disponible .....	34
2.2.1. Problemática planteada por la unidad de medida .....	34
2.2.2. Factores clave en la elección de la unidad de medida .....	36
2.2.3. Dos factores importantes en la medida de la Capacidad Disponible.	37
2.2.3.1. El factor de utilización, <i>U</i> .....	37
2.2.3.2. El factor de eficiencia, <i>E</i> .....	38
2.2.4. La Capacidad Disponible .....	39
2.2.5. El control de la Capacidad Disponible .....	42
2.3. Determinación de las necesidades de capacidad: niveles y técnicas .....	43
2.4. Determinación de las necesidades de capacidad: Elementos básicos .....	47
2.5. Algunos comentarios sobre el tiempo de suministro .....	47
2.6. Alternativas para adecuar la Capacidad Disponible y necesaria a corto y medio plazo .....	48
2.6.1. Contrataciones o despidos .....	48
2.6.2. Programación de vacaciones .....	49
2.6.3. Realización de horas extras o mantenimiento de tiempos ociosos en determinados periodos .....	50
2.6.4. Movilidad del personal .....	50
2.6.5. Utilización de rutas alternativas .....	50
2.6.6. Subcontratación .....	51
2.6.7. Variaciones del volumen de inventario .....	51
2.6.8. Reajuste del tamaño de los lotes de pedidos .....	51
2.6.9. Factores a considerar en la elección de alternativas .....	52
2.7. Conclusiones: el diseño del Sistema de planificación y control de la capacidad .....	52
Apéndice 2A. Un ejemplo de la determinación de las necesidades de capacidad.	55
Referencias y bibliografía .....	61
<b>3. Planificación agregada y programación maestra de la producción</b> .....	<b>63</b>
3.1. Introducción a la Planificación Agregada de la producción .....	63
3.2. Un ejemplo sencillo de Planificación Agregada .....	66
3.3. La obtención del Plan Agregado: posibilidades de actuación y factores a considerar .....	68
3.4. El proceso de planificación agregada .....	72
3.5. Técnicas para la planificación agregada .....	73
3.5.1. La técnica de prueba y error mediante gráficos y tablas .....	73
3.5.2. Técnicas de programación matemática .....	84
3.5.2.1. Utilización de la programación lineal .....	85
3.5.2.2. La programación cuadrática aplicada a la planificación agregada .....	89
3.5.3. Las técnicas heurísticas .....	90
3.5.4. Las técnicas de simulación .....	91
3.6. Ejemplos de aplicación de técnicas de planificación agregada en las empresas de servicios .....	91
3.7. Algunas consideraciones sobre la utilización de las diferentes técnicas de planificación agregada .....	92
3.8. La programación maestra de la producción .....	93
3.8.1. Proceso de obtención de un PMP factible .....	94
3.8.2. El horizonte de planificación del PMP .....	97
3.9. La desagregación del Plan Agregado de Producción: obtención del PMP propuesto .....	99
3.10. Planificación aproximada de la capacidad .....	105
3.10.1. Las Listas de Capacidad .....	107

3.10.2. Los Perfiles de Recursos .....	112
3.11. Consideraciones finales: importancia de la coordinación de las distintas áreas empresariales en la planificación agregada y maestra .....	114
Referencias y bibliografía .....	116
<b>4. Los sistemas MRP (I): El MRP originario .....</b>	<b>119</b>
4.1. Introducción a los sistemas MRP .....	119
4.2. Un ejemplo sencillo .....	122
4.3. Esquema básico del MRP originario. Definición y características del sistema .....	124
4.4. Entradas fundamentales al sistema MRP .....	126
4.4.1. El Programa Maestro de Producción PMP ( <i>Master Production Schedule</i> ) .....	126
4.4.2. La Lista de Materiales, LM ( <i>Bill of Materials</i> ) .....	127
4.4.3. El fichero de registros de inventarios ( <i>Inventory Records File</i> ) ...	129
4.5. Desarrollo del método .....	131
4.6. Algunos factores relacionados con el proceso de planificación de necesidades de materiales .....	136
4.6.1. Técnicas de dimensionado del lote .....	136
4.6.1.1. Pedidos lote a lote .....	137
4.6.1.2. Período constante .....	137
4.6.1.3. POQ ( <i>Period Order Quantity</i> ) .....	137
4.6.1.4. Mínimo coste unitario .....	138
4.6.1.5. Mínimo coste total .....	139
4.6.1.6. El método Silver-Meal .....	140
4.6.1.7. Ratio coste de emisión/coste de posesión ( <i>Part-period balancing</i> ) .....	140
4.6.1.8. El algoritmo de Wagner-Whitin .....	141
4.6.1.9. Lote económico (EOQ) .....	141
4.6.1.10. Elección de una técnica de dimensionado del lote .....	141
4.6.1.11. Ajustes en el tamaño del lote .....	142
4.6.2. Utilización de stocks de seguridad (SS) .....	143
4.6.3. Actualización de la planificación: Reprogramación en MRP .....	144
4.6.3.1. Algunos factores que influyen en el cálculo de necesidades y programación de pedidos .....	145
4.6.3.2. Sistemas de reprogramación en MRP .....	146
4.6.3.3. El uso de pedidos planificados firmes (PPF) .....	146
4.6.3.4. El escalonamiento de las necesidades .....	147
4.7. Salidas del sistema MRP originario .....	148
4.7.1. Salidas primarias del sistema MRP .....	148
4.7.1.1. El Plan de Materiales .....	148
4.7.1.2. Los informes de acción .....	151
4.7.2. Salidas secundarias del sistema MRP .....	151
4.8. Consideraciones finales: relación con otras áreas de la empresa .....	152
Referencias y bibliografía .....	154
<b>5. Los sistemas MRP (II): MRP II versus MRP .....</b>	<b>155</b>
5.1. Los sistemas MRP evolucionados .....	155
5.1.1. El MRP de bucle cerrado ( <i>MRP Closed Loop</i> ) .....	155
5.1.2. El sistema MRP II ( <i>Manufacturing Resource Planning</i> ) .....	156
5.1.3. Breves consideraciones sobre la confusión terminológica .....	157
5.2. Los <i>inputs</i> del sistema MRP II .....	157
5.3. La mecánica del sistema .....	158
5.4. CRP ( <i>Capacity Requirements Planning</i> ): Planificación de necesidades de capacidad .....	160

# CONTENIDO

5.4.1.	Procedimiento simplificado	164
5.4.2.	Procedimiento detallado	168
5.4.3.	Conclusiones a la técnica CRP	168
5.5.	Cálculo de costes	169
5.6.	Funciones del sistema	172
5.7.	Salidas del sistema	173
5.8.	Ventajas e inconvenientes	174
5.8.1.	Ventajas fundamentales	175
5.8.1.1.	Aportaciones a la dirección y gestión de la empresa	175
5.8.1.2.	Impacto sobre la exactitud de los datos empleados y las informaciones generadas	175
5.8.1.3.	Impacto sobre los inventarios	175
5.8.1.4.	Impacto sobre la información y el nivel de servicio a clientes	176
5.8.1.5.	Impacto sobre la productividad del trabajo	176
5.8.1.6.	Impacto sobre compras	176
5.8.1.7.	Impacto sobre los costes de transporte	177
5.8.1.8.	Otras ventajas	177
5.8.2.	Inconvenientes fundamentales	177
5.8.2.1.	Alto coste	177
5.8.2.2.	Dificultad de implementación	179
5.8.2.3.	Defectos técnicos	179
5.9.	Problemática de la implementación de los sistemas MRP	181
5.9.1.	Problemas en torno al personal	182
5.9.2.	Falta de exactitud en los datos	183
5.9.3.	Apoyo de la Alta Dirección	183
5.9.4.	Problemas en torno al software y al hardware	184
5.9.5.	Fallos en la elaboración y desarrollo del Plan	184
5.9.6.	Otros problemas	184
5.9.6.1.	Problemas técnicos	184
5.9.6.2.	Establecimiento de medidas de control	185
5.9.6.3.	Problemas de tipo organizacional	185
5.10.	Aplicabilidad y conveniencia	185
5.11.	Extensión en el uso de los sistemas MRP	187
5.12.	Consideraciones finales	188
	Apéndice 5A: Método CRP detallado	190
	Referencias y bibliografía	196
<b>6.</b>	<b>La filosofía «Justo a tiempo» (I): Introducción, planificación y control</b>	<b>199</b>
6.1.	Introducción	199
6.2.	Objetivos y elementos de la filosofía «Justo a tiempo»	202
6.3.	El nivelado de la producción	205
6.3.1.	Programa Maestro de Producción (PMP)	205
6.3.2.	Plan de Materiales	206
6.3.3.	Programa de Montaje Final	206
6.4.	Ejecución y control: El sistema Kanban	211
6.4.1.	Principales tipos de Kanbans y funcionamiento del sistema	212
6.4.2.	Otros tipos de kanban	217
6.4.2.1.	Las señales kanban	218
6.4.2.2.	El kanban de proveedores	219
6.4.3.	Cálculo del número de tarjetas a poner en circulación	219
6.5.	Consideraciones finales	221
	Referencias y bibliografía	222

<b>7. La filosofía «Justo a tiempo» (II): Adecuación del subsistema de operaciones y otros aspectos de interés</b> .....	<b>223</b>
7.1. Reducción de los tiempos de preparación (el sistema SMED) y de fabricación .....	223
7.2. Estandarización de las operaciones .....	228
7.3. Capacidad de adaptación a la demanda mediante flexibilidad: <i>Shojinka</i> .....	230
7.3.1. Distribución en planta en forma de U .....	231
7.3.2. La polivalencia de los trabajadores .....	234
7.4. Programas de recogida y aprovechamiento de las ideas y sugerencias de los trabajadores para mejorar las operaciones e incrementar la productividad: <i>Soikufu</i> .....	237
7.4.1. Plan de sugerencias .....	238
7.4.2. Círculos de calidad .....	239
7.5. El control autónomo de defectos o <i>Jidoka</i> .....	240
7.6. El mantenimiento productivo total .....	243
7.7. Relaciones con los proveedores y los clientes .....	244
7.7.1. Pequeño número de proveedores .....	245
7.7.2. Contratos de suministro a largo plazo .....	246
7.7.3. Cercanía geográfica del proveedor .....	246
7.8. Aplicación de la filosofía «Justo a tiempo» a las empresas de servicios .....	249
7.9. Implantación de la filosofía «Justo a tiempo» .....	250
7.9.1. Fases del proceso de implantación .....	251
7.9.1.1. Fase previa: educación directiva y creación de un equipo para la implantación .....	251
7.9.1.2. Educación para el JIT .....	252
7.9.1.3. Mejorar los procesos .....	252
7.9.1.4. Mejoras en el control .....	253
7.9.1.5. Relaciones con proveedores/clientes .....	253
7.10. Algunos beneficios derivados de la implantación del JIT .....	254
7.11. La realidad de los nuevos enfoques de producción en España: El caso del JIT .....	255
7.11.1. Principales resultados conseguidos .....	256
7.11.2. Aspectos problemáticos en la implantación del JIT en España .....	257
7.11.2.1. El factor humano .....	257
7.11.2.2. Relación con los proveedores .....	258
7.11.2.3. El apoyo de la dirección y la formación .....	258
7.12. MRP y JIT: ¿diferentes o compatibles? .....	260
7.13. Consideraciones finales .....	264
Referencias y bibliografía .....	266
<b>8. Tecnología de producción optimizada (OPT) y teoría de las limitaciones (TOC)</b> .....	<b>267</b>
8.1. Introducción .....	267
8.2. La meta de una organización según el enfoque TOC .....	268
8.3. La teoría de las limitaciones (TOC) .....	270
8.3.1. Identificar las limitaciones del sistema .....	271
8.3.2. Decidir cómo explotar las limitaciones .....	271
8.3.3. Subordinar todo a las decisiones adoptadas en el paso anterior .....	271
8.3.4. Elevar la limitación .....	271
8.3.5. Si en los pasos previos se ha roto una limitación, hay que volver al primer paso .....	272
8.4. TOC aplicada a la gestión del subsistema de operaciones: OPT .....	272
8.4.1. Regla 1: No se debe equilibrar la capacidad productiva, sino el flujo de producción .....	272

8.4.2.	Regla 2: La utilización de un recurso no cuello de botella no viene determinada por su propia capacidad, sino por alguna otra limitación del sistema	276
8.4.3.	Regla 3: La utilización y la activación de un recurso no son la misma cosa	278
8.4.4.	Regla 4: Una hora perdida en un cuello de botella es una hora que pierde todo el sistema	278
8.4.5.	Regla 5: Una hora ganada en un recurso no cuello de botella es un espejismo	278
8.4.6.	Regla 6: Los cuellos de botella rigen tanto el inventario como la facturación del sistema	279
8.4.7.	Regla 7: El lote de transferencia puede no ser, y de hecho muchas veces no debe ser, igual al lote en proceso	279
8.4.8.	Regla 8: El lote de proceso debe ser variable a lo largo de su ruta y también en el tiempo	280
8.4.9.	Regla 9: Las prioridades sólo se pueden fijar teniendo en cuenta simultáneamente todas las limitaciones del sistema. El tiempo de fabricación es un derivado del programa	280
8.5.	La solución DBR: <i>El tambor, el colchón y la cuerda</i>	281
8.6.	La programación con DBR	283
8.6.1.	Programación del cuello de botella	284
8.6.2.	Programación de los recursos no limitados que siguen en la secuencia de operaciones al cuello de botella y que, por tanto, utilizan componentes ya procesados por él	285
8.6.3.	Programación de los recursos no limitados que anteceden en la secuencia de operaciones al cuello de botella y que, por tanto, le suministran componentes	285
8.6.4.	Programación de los recursos que, si bien no tienen una conexión directa con el CB, fabrican items que posteriormente se unirán a otros procesados por éste para componer un producto de ensamble	286
8.7.	El software DBR	286
8.8.	Algunos resultados	288
8.9.	Consideraciones finales	289
	Referencias y bibliografía	290
<b>9.</b>	<b>Planificación y control a muy corto plazo</b>	<b>291</b>
9.1.	Introducción a las actividades de ejecución y control	291
9.2.	El proceso de revisión y autorización de pedidos	293
9.3.	Introducción a la programación de operaciones	295
9.4.	La asignación de carga a talleres	296
9.4.1.	Aproximaciones de prueba y error: Gráficos de carga	297
9.4.2.	Métodos optimizadores	299
9.4.3.	Soluciones heurísticas: el método de los índices	301
9.5.	La secuenciación	304
9.5.1.	Fabricación en línea de grandes lotes	304
9.5.1.1.	Secuenciación en una sola máquina o instalación	304
9.5.1.2.	Secuenciación en varias máquinas	307
9.5.2.	Fabricación en <i>Job-Shop</i>	311
9.5.2.1.	Procedimientos de prueba y error: el gráfico de Gantt	311
9.5.2.2.	Reglas de prioridad	314
9.5.2.3.	Otras técnicas	318
9.6.	Programación detallada	318
9.6.1.	Programación hacia delante y hacia atrás	319
9.6.2.	Listas de expedición	319

9.7.	Programación de operaciones a capacidad finita .....	320
9.8.	El Control de Capacidad .....	322
9.9.	Consideraciones sobre las empresas de servicios .....	327
9.10.	Consideraciones finales: diseño del subsistema de planificación y control a muy corto plazo .....	329
	Referencias y bibliografía .....	330
<b>10.</b>	<b>Planificación, programación y control de proyectos .....</b>	<b>331</b>
10.1.	Introducción .....	331
10.2.	Principios básicos del método PERT .....	332
10.3.	Construcción de un grafo PERT .....	333
10.4.	Programación de proyectos mediante el método PERT .....	336
10.5.	La consideración de factores aleatorios en la duración del proyecto ..	341
10.6.	Control de proyectos con grafos PERT .....	343
10.7.	Consideración de los costes en la ejecución de un proyecto .....	345
10.8.	Consideración de los recursos en la planificación y programación de proyectos .....	348
10.8.1.	Nivelación de recursos .....	349
10.8.2.	La programación con recursos limitados .....	353
10.9.	El método ROY .....	356
10.10.	Redes de actividad generalizadas .....	358
10.11.	Algunas notas sobre la implementación de proyectos .....	360
10.12.	El uso de la informática en la planificación, programación y control de proyectos .....	362
10.13.	Consideraciones finales .....	363
	Referencias y bibliografía .....	365

## ANEXO PARTE PRIMERA

### METODOS OPERATIVOS

I.1.	Introducción a la programación lineal .....	367
I.1.1.	Planteamiento general .....	368
I.1.2.	Métodos de resolución .....	369
I.1.2.1.	Fase de resolución .....	370
I.1.2.2.	Otros aspectos de interés en el método simplex tabulado ..	376
I.2.	Los problemas de transporte o distribución .....	379
I.2.1.	Planteamiento .....	379
I.2.2.	Otros aspectos de interés en el método del transporte .....	385
I.2.2.1.	Caso de maximización .....	385
I.2.2.2.	Rutas imposibles .....	385
I.2.2.3.	Solución degenerada .....	385
I.3.	Los problemas de colas o líneas de espera .....	386
I.3.1.	Caracterización del problema a tratar .....	386
I.3.1.1.	Tipos de colas .....	387
I.3.1.2.	Tamaño de la «población» a atender .....	387
I.3.1.3.	Patrones de llegada y servicio .....	388
I.3.1.4.	Criterio a seguir en la prestación del servicio .....	389
I.3.1.5.	Criterios de medida para evaluar el funcionamiento del sistema.	389
I.3.1.6.	Representación esquemática de la estructura de los problemas de colas .....	389
I.3.2.	Modelización del problema .....	390
I.3.2.1.	Modelización básica .....	390

I.3.2.2.	Variabilidad en las tasas de llegada de trabajos y de servicios en sistemas de un único servidor o canal .....	392
I.3.2.3.	Variabilidad en las tasas de llegada de trabajos y de servicios en sistemas de múltiples canales .....	394
I.3.2.4.	Modelo de colas con una población finita .....	396
I.3.3.	Taxonomía de los modelos de colas .....	397
I.3.4.	Análisis económico de los sistemas de colas .....	397
I.3.5.	Consideraciones finales .....	398
	Referencias y bibliografía .....	400

PARTE SEGUNDA

LA CALIDAD: SU GESTION Y CONTROL

<b>11.</b>	<b>La calidad y su gestión .....</b>	<b>403</b>
11.1.	Introducción a la calidad .....	403
11.2.	La calidad .....	403
11.3.	Ciclo generador de calidad .....	405
11.4.	Elementos de los que depende la calidad .....	409
11.5.	Nivel óptimo de calidad .....	410
11.6.	Costes de la calidad .....	412
11.6.1.	Costes generados por los artículos defectuosos .....	412
11.6.1.1.	Productos defectuosos identificados .....	412
11.6.1.2.	Productos defectuosos no identificados y vendidos .....	413
11.6.2.	Coste generado por las inspecciones .....	414
11.6.3.	Coste total de la calidad .....	414
11.7.	La calidad total .....	415
11.8.	Conclusiones finales .....	417
	Referencias y bibliografía .....	418
<b>12.</b>	<b>El control de calidad .....</b>	<b>419</b>
12.1.	Introducción al control de calidad .....	419
12.2.	El control de calidad .....	419
12.3.	Autocontrol .....	421
12.4.	Círculos de control de calidad .....	422
12.5.	Herramientas para el control del proceso .....	424
12.5.1.	Diagrama de Pareto .....	424
12.5.2.	Diagramas de causa-efecto .....	426
12.5.3.	Estratificación .....	427
12.5.4.	Listas de chequeo .....	428
12.5.5.	Histogramas .....	429
12.5.6.	Diagramas de correlación .....	431
12.5.7.	Gráficos de control .....	432
12.6.	Análisis de la precisión de un proceso .....	432
12.7.	Gráficos de control por variables .....	434
12.7.1.	Los gráficos $\bar{X}$ y $R$ .....	434
12.7.2.	Gráficos de PRE-control .....	441
12.8.	Gráficos de control por atributos .....	443
12.8.1.	Gráfico $p$ .....	444
12.8.2.	El gráfico $np$ .....	445
12.8.3.	Gráfico $c$ .....	445



12.8.4. Gráfico <i>u</i> .....	446
12.9. Muestreo de aceptación de lotes por atributos .....	446
12.9.1. Plan de muestreo simple por atributos .....	448
12.9.2. Planes de muestreo dobles, múltiples y secuenciales .....	452
Referencias y bibliografía .....	454

### PARTE TERCERA

#### LA GESTION DE STOCKS DE PRODUCTOS TERMINADOS

<b>13. Gestión de stocks con demanda independiente. Sistemas multiperiódicos .....</b>	<b>457</b>
13.1. Introducción .....	457
13.2. Sistemas de gestión de stocks .....	458
13.2.1. Sistemas de revisión continua, SRC .....	458
13.2.2. Sistemas de revisión periódica, SRP .....	460
13.2.3. Sistema mixto o de mínimo-máximo, SMM .....	460
13.2.4. Clasificación de los modelos de inventarios multiperiódicos ..	461
13.3. Modelos dinámicos determinísticos .....	462
13.3.1. Modelos de cantidad fija de pedido .....	462
13.3.1.1. Modelo básico de cantidad fija de pedido .....	463
13.3.1.2. Modelo básico de cantidad fija de pedido con simultaneidad en el consumo y el reaprovisionamiento del inventario .....	466
13.3.1.3. Modelo de cantidad fija de pedido con posibilidad de descuentos en el coste de obtención .....	467
13.3.2. Modelo básico de período fijo .....	470
13.4. Modelos dinámicos probabilísticos .....	472
13.4.1. Modelo básico de cantidad fija de pedido con demanda aleatoria y tiempo de suministro constante .....	472
13.4.2. Modelo básico de cantidad fija de pedido con demanda constante y tiempo de suministro aleatorio .....	476
13.4.3. Modelo básico de período fijo con demanda variable y tiempo de suministro constante .....	477
13.4.4. Modelo básico de período fijo con demanda constante y tiempo de suministro variable .....	478
13.4.5. Aleatoriedad en la demanda y en el tiempo de suministro ...	478
13.5. Algunas consideraciones sobre los sistemas de CFP y de PF .....	482
13.6. Planificación de los recursos de distribución: <i>DRP (Distribution Resource Planning)</i> .....	482
13.6.1. Método de cálculo del <i>DRP</i> .....	482
13.6.2. Formas de actuación del <i>DRP</i> .....	484
13.6.3. Principales funciones del <i>DRP</i> .....	485
13.7. Consideraciones finales .....	486
Referencias y bibliografía .....	488
<b>Anexo estadístico .....</b>	<b>489</b>
<b>Índice .....</b>	<b>497</b>