

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES



TESIS DOCTORAL

**Aportación al estudio de los problemas de aprovisionamiento
en la empresa industrial**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

Antonio Rodrigo Negrete

Madrid, 2015

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE

DE MADRID

FACULTAD DE CIENCIAS ECONOMICAS Y EMPRESARIALES

APORTACION AL ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE APROVISIONA-
MIENTO EN LA EMPRESA INDUSTRIAL

TESIS DOCTORAL

dirigida por el Ilmo. Sr. D. Manuel Berlanga Barba
Catedrático Director del Departamento de Economía
de la Empresa

presentada por Don Antonio Rodrigo Negrete
para obtener el título de
Doctor en ciencias Económicas y Empresariales

Madrid, Junio de 1976.

P R O L O G O

Los años de experiencia profesional vividos en la empresa industrial y la propia inquietud científica, nos ha llevado a profundizar en el estudio de la problemática de los aprovisionamientos en la empresa.

Es justo señalar que la inquietud por la investigación de los fenómenos que se presentan en la empresa, fué consecuencia del impacto que, en nuestros años de estudiante, tuvieron las enseñanzas del Dr. Berlanga.

Todo ello y, posiblemente, la tendencia de la moderna Universidad hacia el aprovechamiento de las experiencias de empresa, nos ha proporcionado la oportunidad de nuestra modesta colaboración universitaria en el Departamento de Economía de la Empresa.

Nos hemos planteado la tarea de investigar la metodología seguida para analizar la problemática de los stocks en la empresa, considerando las necesidades en orden a un normal desenvolvimiento empresarial y el coste que representa la posesión de estos stocks.

Fruto de esta investigación ha sido el planteamiento de una gestión integrada de los stocks de la empresa, analizando conceptos y determinando los factores a considerar, así como la metodología para su investigación, encauzada y dirigida por el Dr. Berlanga.

APORTACION AL ESTUDIO DE LOS PROBLEMAS DE APROVISIONAMIENTO EN LA EMPRESA INDUSTRIAL

ESQUEMA

PRIMERA PARTE

CONSIDERACIONES EN TORNO A LA FUNCION DE APROVISIONAMIENTO

- Tendencias actuales de la función de aprovisionamiento.
- Problemas de calidad y coste.- Análisis de valores

SEGUNDA PARTE

PLANIFICACION DE LA GESTION DE STOCKS

- Bases iniciales para el estudio de la Gestión de stocks.
- Técnicas de Gestión de Stocks en hipótesis de una economía exenta de incertidumbre.
- Los factores aleatorios en la gestión de stocks.
- La Teoría de Stocks y la Investigación Operativa.

TERCERA PARTE

GESTION INTEGRADA DE STOCKS

- Introducción
- Estudio de la Producción
- La Rotura de Stocks
- El coste de posesión
- Estudio económico de la gestión de Stocks.
- Modelo de Gestión Integrada de Stocks.

I N D I C E

<u>INTRODUCCION</u>	Pág.	10
<u>CONSIDERACIONES EN TORNO A LA FUNCION DE APROVISIONAMIENTO.</u>		

CAPITULO I

TENDENCIAS ACTUALES DE LA FUNCION DE APROVISIONAMIENTO	Pág.	21
Importancia de la función de aprovisionamiento en la empresa	Pág.	26
Problemas de aprovisionamiento en empresas con fábricas emplazadas en poblaciones distintas	Pág.	40

CAPITULO II

PROBLEMAS DE CALIDAD Y COSTE.- ANALISIS DE VALORES	Pág.	47
Análisis del Valor	Pág.	51
Formas de aplicación del análisis del Valor	Pág.	62
Puesta en práctica del análisis del Valor..	Pág.	68
Implantación de la técnica de análisis de valores	Pág.	77

PLANIFICACION DE LA GESTION DE STOCKS.

CAPITULO I

BASES INICIALES PARA EL ESTUDIO DE LA GESTION DE STOCKS	Pág.	86
Empleo de las probabilidades subjetivas.- <u>Con</u> cepto de gestión de Stocks	Pág.	88
Programas	Pág.	101
Clasificación de los Stocks	Pág.	128

CAPITULO II

TECNICAS DE GESTION DE STOCKS EN HIPOTESIS DE UNA ECONOMIA EXENTA DE INCERTIDUMBRE	Pág.	142
Cálculo del lote más económico e intervalo más conveniente	Pág.	143
Cálculo del margen de seguridad	Pág.	178
Programación de la producción por gestión de Stocks	Pág.	213
Necesidad de simplificar la aplicación de la gestión de Stocks	Pág.	225

CAPITULO III

LOS FACTORES ALEATORIOS EN LA GESTION DE STOCKS	Pág. 233
Demanda aleatoria	Pág. 236

CAPITULO IV

LA TEORIA DE STOCKS Y LA INVESTIGACION OPERATIVA	Pág. 258
Soluciones mediante programación lineal ..	Pág. 265
Aplicación de la teoría de líneas de espera o colas	Pág. 272

GESTION INTEGRADA DE STOCKS.

CAPITULO I

INTRODUCCION	Pág.	284
--------------------	------	-----

CAPITULO II

ESTUDIO DE LA PRODUCCION	Pág.	294
Concepto de flexibilidad de producción	Pág.	294
Análisis de la flexibilidad	Pág.	298
Cálculo del coste de la flexibilidad	Pág.	316
Conclusiones sobre la flexibilidad de empresa	Pág.	327

CAPITULO III

LA ROTURA DE STOCKS	Pág.	329
Concepto de rotura de Stocks	Pág.	329
Análisis del coste de la rotura de Stocks..	Pág.	334
Cálculo del coste de la rotura de Stocks...	Pág.	342
Conclusiones al capítulo	Pág.	343

CAPITULO IV

EL COSTE DE POSESION	Pág. 346
Concepto del coste de posesión	Pág. 346
Análisis del coste de posesión	Pág. 349
Cálculo del coste de posesión	Pág. 351
Conclusiones al capítulo	Pág. 352

CAPITULO V

ESTUDIO ECONOMICO DE LA GESTION DE STOCKS ..	Pág. 354
Justificación del estudio económico	Pág. 354
Planteamiento del estudio económico	Pág. 357
Conclusiones al capítulo	Pág. 389

CAPITULO VI

MODELO DE GESTION INTEGRADA DE STOCKS.....	Pág. 391
De los factores a considerar	Pág. 391
Descripción general del modelo	Pág. 396
Conclusiones al capítulo	Pág. 415
CONCLUSION FINAL	Pág. 417
BIBLIOGRAFIA	Pág. 422

INTRODUCCION

Aún cuando la función tradicional atribuida a los stocks, consiste en dar seguridad al proceso de producción y comercialización de las empresas con un mejor servicio de atención a la demanda del mercado, y como tal "los bienes de cambio constituyen un importante eslabón en la cadena de producción y venta",⁽¹⁾ pueden ser múltiples las razones que llevan a las empresas a la necesidad de mantener stocks de productos.

En este sentido se manifiesta Van Horne, cuando al referirse a la empresa industrial dice: "Para una empresa fabril, una cierta parte de su inventario es absolutamente necesaria en el proceso productivo; esta parte son los productos en elaboración; si bien, otras clases de inventarios no son absolutamente necesarios en sentido estricto, son necesarios para que la empresa pueda tener alguna flexibilidad comercial y fabril"⁽¹⁾

Así mismo, en un tratamiento de los stocks desde el punto de vista macroeconómico, Rojo afirma: "hay una pluralidad de razones por las que las empresas desean mantener un cierto volumen de existencias"⁽²⁾, para proseguir describiendo las de carácter tecnológico, las de tipo económico, que pueden ser generadoras de beneficios si con este fin se cursan pedidos de aprovisionamiento, producen o realizan entregas de productos terminados en volúmenes tales que implican el mantenimiento de ciertos niveles de existencias de materias primas, productos en proceso y unidades terminadas; también cita aquellas otras razones motivadas por la necesidad de "mantener un ritmo aproximadamente estable de producción ..."⁽²⁾ y

(1) Van Horne J.C. "administración Financiera". Ed. Contabilidad Moderna. B. Aires 1971. Pág. 605

(2) Rojo .L.A. "Keynes y el pensamiento macroeconómico actual" Ed. Tecnos 1970, Pág. 119 y 120

y por último se refiere a motivaciones de tipo comercial, cuando atribuye a los stocks de productos terminados la función de "utilizar las existencias como amortiguador con que atender las fluctuaciones a corto plazo, estacionales o transitorias"(1).

En todo caso, se comprende que la posibilidad de mantener e incrementar estos stocks, resulta limitada para toda empresa, por la necesidad de mantener un equilibrio entre los fondos financieros que requieren estas inversiones y su rentabilidad.

Esta circunstancia unida a la creciente importancia de las inversiones en los stocks, necesarios para que toda empresa pueda desarrollarse en un mercado competitivo, ha impulsado a la investigación de las leyes de equilibrio que definen el comportamiento de los factores que influyen en la constitución de stocks que garanticen la continuidad del proceso de producción-venta. A ello hemos destinado la segunda parte de nuestro trabajo.

En el caso de la empresa industrial transformadora, la necesidad de mantener stocks comienza en la etapa de aprovisionamiento para garantizar la continuidad de su proceso productivo, necesario para mantener el stock de productos terminados que requiere la estrategia de cada empresa.

Sin embargo, la posibilidad de conocer sus necesidades en materia de stock, resulta notablemente dificultada por la fuerte influencia de numerosos factores de carácter aleatorio, unos intrínsecos y otros de carácter extrínseco a la empresa.

Dentro de estos factores aleatorios que influyen en los stocks, merece especial atención la demanda, por su

(1) Rojo L.A. "Keynes y el pensamiento macroeconómico actual" Ed. Tecnos 1970 Pág. 119 y 120

dificultad para conocerla, pero los motivos que justifican la necesidad de los stocks en las empresas, subsistirán aún cuando las empresas conocieran con certeza la demanda futura.

No obstante, como señala Rojo, "la incertidumbre sobre el futuro que prevalece en la realidad aconseja mantener un cierto volumen de existencias en precaución de inesperados cambios de la demanda, para evitar interrupciones en el proceso de producción o la imposibilidad de atender la demanda con su correspondiente pérdida de beneficios potenciales, de clientes etc. "(1)

El otro factor importante a incidir en la problemática de los stocks es el nivel deseado de existencias, con grandes implicaciones financieras, pues como es natural "las empresas habrán de soportar (y teóricamente equilibrar en el margen) las ventajas derivadas del nivel de existencias con los costes implicados en su mantenimiento"(1)

La gestión de stocks tiene como objeto resolver este problema, ya que, con ella se persigue la constitución de stocks óptimos para cada empresa, de forma tal que se consideren las necesidades en orden a un normal desenvolvimiento a la par que los costes que representan el mantenimiento de estos stocks.

Así pues, los stocks óptimos ha de formularse en función de dos variables sin contenido empírico: el nivel de existencias deseado y la demanda futura. Entonces, siguiendo a Rojo, "aquellos que no se contentan con las fórmulas vacías de contenido empírico porque opinan que toda hipótesis económica debe ser contrastable y debiera ser contrastada, se apresuran a señalar que estamos manejando una hipótesis formulada en una ecuación donde aparecen dos variables no observables: el nivel deseado de existencias y el volumen esperado de ventas. Así que, se nos plantea el

(1) Rojo L.M. "Keynes y el pensamiento macroeconómico actual"
Pág. 119 y 120

problema de aproximar variables no observables a través de variables observables" (1)

Esto implica estudiar probabilísticamente las expectativas para conocer el comportamiento de estos componentes, aunque también pueda llegarse a resultados aceptables por el procedimiento de encuestas.

El análisis de estas expectativas lleva a la Gestión de Stocks al planteamiento de múltiples modelos, probabilísticos o no, para determinar la dimensión óptima del lote de compra o fabricación y el stock óptimo. Algunos de estos modelos han tenido posterior aplicación en otros campos de la Economía de la Empresa, como sucede con los modelos de Baumol (2), Tobin (3), Miller y Orr (4).

Tras haber reflexionado sobre la función de los stocks y sus límites conceptuales, tal como se presentan en la actualidad, es necesario enfrentarse con los diferentes problemas metodológicos para la investigación de su comportamiento.

Por método entendemos, atendiendo al significado etimológico de la palabra, el camino o cauce para acceder a algo o a su conocimiento.

Dentro de la metodología científica, estimamos que el comportamiento de los stocks permite su estudio por el método axiomático. Llegamos a esta conclusión después de haber observado que se nos presenta el concepto de estructura, como un conjunto que permite el estudio de algunas relaciones y propiedades en algunos aspectos de sus integrantes, pudiendo hacer abstracción de los demás; categorías

(1) Rojo L.A. "Keynes y el pensamiento macroeconómico actual" Pág. 123

(2) Baul W.J. "The transaction demand for cash: an inventory theoretic approach" Quarterly Journal of economic . Vol LXV, pág. 545

(3) Tobin J. "The interest elasticity of transactions demand for cash". Rev. of Economics and Statistics . Vol XXXVII

(4) Miller H. y Orr D. "A model of the demand for money by firms" Quarterly Journal of economics. Vol LXXX Pág. 413

de estructuras, cuando cada una de ellas tiene su dominio, siendo que en cada una existen componentes o productos distintos; relaciones biunivocas entre dos conjuntos isomorfos. Además, el método axiomático que permite estudiar al mismo tiempo muchos comportamientos, puesto que tiene estructura formal.

Ciertos aspectos de la fenomenología de los stocks - pueden ser estudiados mediante el método heurístico, en cuanto a lo que éste método aporta al descubrimiento de comportamientos mediante la investigación de los hechos acontecidos en periodos anteriores.

Pero en definitiva, poder hablar de un método científico para la investigación de los stocks, sólo se debe a ciertas constantes que se repiten en todos los métodos científicos conocidos hasta el presente: planteamiento del problema y comprobación de la hipótesis. Sin embargo los métodos científicos en uso tienen una característica común: la dependencia unos de otros.

El método en las ciencias empíricas, como la nuestra, es el cauce que nos lleva al conocimiento e interpretación de la realidad y, particularmente en la gestión de stocks, nos interesa el conocimiento de la realidad para actuar sobre ella. Así lo hemos interpretado en los primeros capítulos de la tercera parte de nuestro trabajo.

Pero el conocimiento de la realidad es fruto de una interpretación y depende, en gran parte, de la actitud mental, la toma de conciencia que hagamos de la realidad observada.

Por eso, en la Economía de la Empresa, la primera cuestión científica ha de consistir en saber enumerar, descubrir y plantear los problemas de la ciencia, para después valorar el alcance de su contenido. La solución de los problemas será, seguramente, una cuestión de técnica.

Es opinión muy generalizada que los estudios de economía de empresa nacen dentro de la Teoría de producción, consecuencia de los estudios de Barone, Amoros, Stackelberg, Schneider, Harrow, Robinson y Hicks entre otros (1), conjuntamente con el desarrollo científico operado en la Organización y Administración de empresas, mediante el llamado método operativo.

El método operativo se fundamenta en encontrar un modelo que explique la realidad interpretada; que es encontrar la estructura que interpreta el sistema.

Según García Echevarria, "los modelos en teoría económica son abstracciones del pensamiento sobre la visión de la realidad y no es otra cosa que un sistema de premisas cuya estructura formal se puede representar en un conjunto lógico-matemático, lo que equivale en su estructura a un sistema axiomático en ciencias formales"(2).

Así, los modelos se convierten en sustitutos del experimento. Pero un modelo servirá de poco hasta tanto no se encaje en un cuerpo de ideas en cuyo seno pueden establecerse relaciones deductivas.

Dentro de las distintas clases de modelos, entendemos que el mejor que nos explica la problemática de los stocks es el llamado teórico, por especificar el comportamiento de los mecanismos representados, así como la teoría general que engloba las relaciones estructurales definidas en el modelo, y la lógica matemática o estadística para la deducción de conclusiones a partir de las mencionadas relaciones estructurales.

En esta línea de ideas, creemos como Fernandez Pirla

(1) Di Fenizio "Economía Política". Pág. 215

(2) García Echevarria S. "Planificación y pronóstico de la economía de la empresa." Ed. ICE 1970 Pág. 266

que la importancia del método que pudiéramos llamar operativo, es tan grande en la Economía de la Empresa que, como algunos economistas han afirmado, esta disciplina no se ha manifestado autónomamente como ciencia hasta que no ha surgido un método apto para la resolución de su amplia problemática". (1)

Las técnicas que hoy se incluyen en lo que llamamos método operativo de la Economía de Empresa son múltiples, desde la Investigación Operativa hasta el Análisis Input-Output.

En particular, la utilidad de la Investigación Operativa para estudiar los problemas de inventarios queda de relieve en la definición que de ella da Sixto Rios cuando dice que tiene por objeto "la predicción y comparación de valores, efectividad y costes de un conjunto de cursos de acción propuestos, en que intervienen sistemas de hombres y máquinas, y está basado sobre un modelo discreto mediante una metodología lógica o matemática, que ha permitido determinar los valores de los parámetros de los cursos de acción a través del análisis de observaciones anteriores o de operaciones experimentales convenientemente diseñadas". (2)

Así pues, podemos considerar a la Investigación Operativa como los métodos para preparar científicamente las decisiones. Dentro de las técnicas que en ella se desarrollan, en mayor o menor grado, hemos utilizado las siguientes:

TEORIA DE INVENTARIOS.- que estudia y determina el volumen óptimo de existencias que deben tener en stock, a la que hemos dedicado varios capítulos de la segunda parte de nuestro trabajo.

(1) Fernández Pirla J.M. "Economía y gestión de Empresa" Ed. B.C.C. 1972 Pág. 10

(2) Sixto Rios "Introducción a los métodos estadísticos" cita de Fernandez Pirla. Ob. citada Pág. 10

TEORIA DE LOS JUEGOS.- en cuanto trata de resolver el problema de decisiones en ambiente de incertidumbre, tal es el caso de los stocks que dependen de la demanda futura.

TEORIA DE COLAS O LINEAS DE ESPERA.- que puede resolver problemas de stocks, en cuanto la aleatoriedad está presente tanto en las entradas de productos como en las salidas. En el último capítulo de la segunda parte se estudia un caso a resolver por este método.

SIMULACION MATEMATICA.- para reproducción de fenómenos reales mediante fenómenos simulados, aunque parciales. En la tercera parte se llega a plantear un modelo de gestión integrada a resolver por simulación.

PRIMERA PARTE

CONSIDERACIONES EN TORNO A LA

FUNCION DE APROVISIONAMIENTO

CONSIDERACIONES EN TORNO A LA FUNCION DE APROVISIONAMIENTO.

CAPITULO I

TENDENCIAS ACTUALES DE LA FUNCION DE APROVISIONAMIENTO	Pág.	21
Importancia de la función de aprovisionamiento en la empresa	Pág.	26
Problemas de aprovisionamiento en empresas con fábricas emplazadas en poblaciones distintas	Pág.	40

CAPITULO II

PROBLEMAS DE CALIDAD Y COSTE.- ANALISIS DE VALORES	Pág.	47
Análisis del Valor	Pág.	51
Formas de aplicación del análisis del Valor	Pág.	62
Puesta en práctica del análisis del Valor..	Pág.	68
Implantación de la técnica de análisis de valores	Pág.	77

TENDENCIAS ACTUALES DE LA FUNCION DE APROVISIONAMIENTO

En los últimos 20 años, el estudio de la productividad de las empresas ha dado lugar a nuevas tendencias en la organización de las mismas, cuya eficacia está siendo corroborada por la práctica.

Entre estas tendencias destacamos las siguientes:

- El aprovisionamiento no constituye como se había venido considerando, una función secundaria en una empresa, sino una función primordial. Es decir que no se considera como un mero capítulo de gastos, sino que se le atribuyen características propias, cuya buena o mala gestión puede dar lugar a ganancias positivas de importancia o pérdidas en su caso.
- La tendencia actual en la colocación del aprovisionamiento en el organigrama de empresas, es la de interdependencia con la Oficina Técnica, Producción y Comercial y no de dependencia, para evitar los inconvenientes de orden económico que a la totalidad de la empresa ocasiona la dependencia de aprovisionamiento o cualquiera de aquellos servicios.
- Las cantidades y plazos de compra, no deben responder a actitudes arbitrarias ante la necesidad de la empresa, sino que deben ajustarse a reglas y fórmulas de stock, que han demostrado ser las más económicas.
- La sección de Compras, se considera cada vez más íntimamente ligada a la oficina que gestiona los

stocks, simplificándose así la gestión administrativa y mejorando la rapidez de los trámites.

Resumiendo, la función de aprovisionamiento no debe limitarse únicamente a la actividad de comprar, sino que debe existir una estrecha coordinación con las secciones de la Oficina Técnica, el Control de la Producción y la Dirección Comercial.

Definición y funciones

Definir el concepto de la función de aprovisionamiento en la empresa, con un contenido universal, no carece de dificultades.

Son muy diversas las estructuras que desarrollan esta función dentro de las diferentes empresas, con distintos nombres dentro de cada una de ellas, y muy diferente el contenido de su cometido.

Prescindiendo por completo de esta variedad de estructuras, nombres y atribuciones, y tomando la esencia de función a desarrollar, es generalmente aceptada como "el conjunto de funciones y operaciones a desarrollar en una empresa - desde el momento en que se expresen por los diferentes órganos de la misma unas necesidades que han de satisfacerse desde el exterior hasta que estas necesidades han sido totalmente satisfechas".

Ello presupone que cada empresa ha de estudiar y expresar sus necesidades, realizar una gestión de compra y la existencia de lugares para almacenamientos o formación de stocks de productos hasta que sean utilizados para el consumo o para la venta.

Como dice Ackoff, "Los encargados de la planificación de la empresa deben tener en cuenta la integración vertical del negocio por el lado de los abastecimientos. Cuando las materias primas pueden presentar problemas para el normal de desenvolvimiento del negocio, entrará en relación con los proveedores para obtener seguridades".(1)

La creación y mantenimiento de estos stocks, presupone la necesidad de una función, dentro de la que es la general de aprovisionamiento, conocida como gestión de los stocks, y cuya misión, en contacto con la de compras, es organizar y administrar dichos "stocks" de tal manera, que, cubiertas las necesidades de la empresa, no la suponga una carga antieconómica en su normal desenvolvimiento.

"Es muy importante que se tenga en cuenta el grado en que los costes de capital han de gravitar sobre el volumen de las operaciones de la firma".(2)

Justificación de funciones y amplitud de las mismas

La existencia de diversos sectores económicos y aún de diferentes tipos de empresa, dentro del mismo sector, nos obligará a considerar las funciones de aprovisionamiento y su amplitud subordinadas a los factores siguientes:

- Naturaleza de la empresa
- Importancia relativa de consumo de materiales y bienes de equipo.
- Grado de automatización.
- Organización de la empresa.

(1) Russell L. Ackoff.- "Un concepto de planeación de empresas" en sus pags. 71 y 72 menciona la planificación de materiales y abastecimientos.

(2) Manuel Berlanga.- "Economía de la Empresa". Ed. Biblioteca de Comercio y Finanzas. 1954. Pág. 50

Es evidente que la estructuración y funciones de aprovisionamiento no pueden ser las mismas en empresas comerciales, industriales o de servicios. A nuestro modo de ver será mayor la importancia del aprovisionamiento cuanto mayor sea el ciclo de producción, la utilización pública o la competencia empresarial.

El índice relativo de los costes de aprovisionamiento, con respecto a los ingresos por ventas, ha de condicionar la amplitud y estructura de la función de aprovisionamiento. Así en las empresas comerciales este índice puede estar del orden del 90% y en empresas transformadoras oscila entre el 40 y el 70%, según producto y fabricación.

El grado de automatización condicionará la estructura de la función de aprovisionamiento. El planteamiento de esta función deberá ser distinto según se trate de una fabricación en serie, producción sobre pedidos repetitivos o sobre pedidos sin posibilidad de repetición a corto plazo.

Pués, "el dar por supuesta la estructura de la empresa puede privar al planificador del medio más eficaz para mejorar un rendimiento." (1)

La función de aprovisionamiento debe adaptarse a la organización o estructura de cada empresa. El caso más significativo se da en las empresas descentralizadas, bien por razones de tipo geográfico o de líneas de producción independiente, en las cuales la función de aprovisionamiento debe adaptarse al grado de descentralización de las fábricas de producción, si bien este fraccionamiento no debe afectar en esencia al concepto de función de aprovisionamiento.

(1) Russell L. Ackoff. "Un concepto de planificación de empresas". Págs 89 y siguientes.

Ciclo de aprovisionamiento

El ciclo de la función de aprovisionamiento se inicia con las interrogantes siguientes:

- Que necesitamos
- Cuánto necesitamos
- Cuando lo necesitamos

La respuesta concreta nos la da la Gestión de Stocks. Para ello será preciso definir con la mayor exactitud posible en cantidad y calidad las necesidades de la empresa; ello implica la normalización más adecuada, dentro y fuera de la empresa, con una eficiente codificación de los materiales.

Además, hay que prever que el mercado no pueda ofrecer lo que la empresa necesita en el momento que lo necesita, por lo que será necesario disponer de un stock que garantice el normal desenvolvimiento de la empresa sin que suponga una carga económico financiera, funciones muy definidas de la Gestión de Stocks.

La siguiente etapa del ciclo de aprovisionamiento es la consecución de los materiales previamente definidos, en cantidad, calidad y tiempo, por la Gestión de Stocks, y al menor tiempo posible. Función externa que denominaremos Compras y que corresponde a

- Cómo comprar
- Donde comprar

Para ello será necesario conocer las posibilidades que el mercado tiene de satisfacer las necesidades de la empresa y actuar en la forma más conveniente en orden a:

- Adoptar la política más adecuada
- Elegir el, o los, proveedores más convenientes
- Determinar los precios
- Seguir la cumplimentación de los pedidos

Finalmente el ciclo de aprovisionamiento se cerrará con la recepción cuantitativa y cualitativa de los materiales y su posterior almacenaje hasta que sean utilizados en producción o ventas, constituyendo lo que Moore (1) califica como "el cojín que amortigua la diferencia existente entre ventas irregulares y producción estable".

Importancia de la Gestión de Aprovisionamiento en la marcha de la empresa.

Para dar una idea de la importancia de la buena gestión de Aprovisionamiento en la economía de la empresa, basta sólo considerar el volumen que representan las compras efectuadas dentro de la cifra de negocio total y veremos que su valor es generalmente máximo, comparado con cualquier otro gasto o coste (2).

Toda empresa está constituida para obtener beneficios. Beneficios que nos vienen dados por la diferencia entre los ingresos y los costes, entre otros criterios, pueden clasificarse así:

Gastos fijos y
Costes y gastos variables

entendiendo por gastos fijos aquellos gastos que son independientes de las cifras de ventas, como sueldos fijos, las amortizaciones y los gastos financieros. Los gastos y costos variables son las materias primas, jornales, cargas sociales, etc.

Para obtener mayores beneficios, la empresa tiene a su alcance, de forma general, tres actuaciones:

(1) Moore, Franklin G. "Manufacturing Management" Richard D. Irvin, Inc. Homewood, Illinois, 1961, pág. 737

(2) "La fonction d'approvisionnement dans l'entreprise" de H.T. Lewis y W.B. England. Ed. Dunod 1961.

- Aumentar la producción/ventas sin aumentar los gastos variables.
- Disminución de los gastos variables aumentando el rendimiento.
- Disminución de los gastos fijos.

Así pues, en una reunión organizada en Francia por CEGOS en 1967, (1) en la cual tomaron parte 60 participantes, todos ellos empresas industriales no puramente comerciales, se investigó el importe de las compras en porcentaje de cifra de negocios, resultando que el capítulo compras con sus anexos "inmovilización stock" y "costes administrativos", correspondía a lo siguiente:

<u>Dos empresas</u>	<u>Cuatro empresas</u>	<u>Cincuenta y cuatro empresas</u>
40%	70%	50/60%

Asimismo en una encuesta realizada por el National City Bank, en las 77 mayores empresas industriales estadounidenses, resultó para dicho valor una media del 56%. (1)

En algunos cálculos efectuados por empresas metalúrgicas españolas, resultó un 75%. (1)

Teniendo presente que el margen de beneficio, también expresado en porcentaje de cifra de negocios, es por término medio de un 2 a un 3%, se comprenderá fácilmente la importancia que puede tener para una empresa, una pequeña mejora o empeoramiento en la gestión de stock.

Tomando como base un valor en cifra de negocios, de compras del 50% y un beneficio de 2 ó 3%, puede verse fácil-

(1) Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo. "Curso de Gestión y mecanización de almacenes".

mente que un ahorro de un 2% en la gestión de stock, equivale a añadir un 1% al beneficio anterior, es decir que éste pasa a ser superior al antiguo en un 50% o un 33%.

Por el mismo razonamiento, se puede deducir que una mala gestión de stock puede dar lugar fácilmente a pérdidas.

Estas consideraciones hacen patente la importancia no secundaria sino principal, de los aprovisionamientos, en la buena marcha económica de la empresa.

Sin embargo, como en otros tantos problemas de economía de empresa, fué en la Segunda Guerra mundial cuando se puso en evidencia, en los países beligerantes, la importancia de una eficaz función de aprovisionamiento para el buen funcionamiento y, en algún modo, la supervivencia de las empresas.

Actuaciones dentro y fuera de la empresa

La función de aprovisionamiento tiene dos tipos de actuaciones, dentro y fuera de la empresa.

Dentro de la empresa, un suministro queda decidido cuando se fijan:

- a) Las características técnicas
- b) Las unidades necesarias
- c) El plazo de aprovisionamiento

En la determinación de estos tres factores intervienen las funciones de aprovisionamiento.

Para determinar las características técnicas y elaborar el pliego de condiciones, lo hará en colaboración con la Oficina Técnica y, si es el caso, con la Comercial, aplicando la técnica de análisis de valor y, consecuentemente, de -

terminando "el qué" y "por qué".

Para determinar las unidades necesarias se acudirá a las técnicas de gestión de stocks.

El "cuando", es decir, el plazo en que ha de disponerse del suministro, será necesario de una íntima colaboración con Comercial y Control de Producción, y, si es el caso, se establecerá el correspondiente programa.

Con Fernández Pirla, "llamamos programa de producción, al plan elaborado por la Empresa, que comprende la utilización de distintos procesos productivos situados a determinados niveles".(1)

Fuera de la empresa, una compra estará consumada cuando se hayan cumplido los pasos siguientes:

- a) Elección del proveedor
- b) Cursado el pedido
- c) Recepción de materiales
- d) Verificación y almacenamiento, de conformidad

Para ello, la función de aprovisionamiento deberá tener planificado lo siguiente:

- a) La política de precios
Selección de proveedores
Bases de negociación con proveedores
- b) Condiciones de plazo, proveedor y programa que han de tenerse presente al cursar los pedidos.
- c) Persecución de la cumplimentación del pedido dentro del plazo.

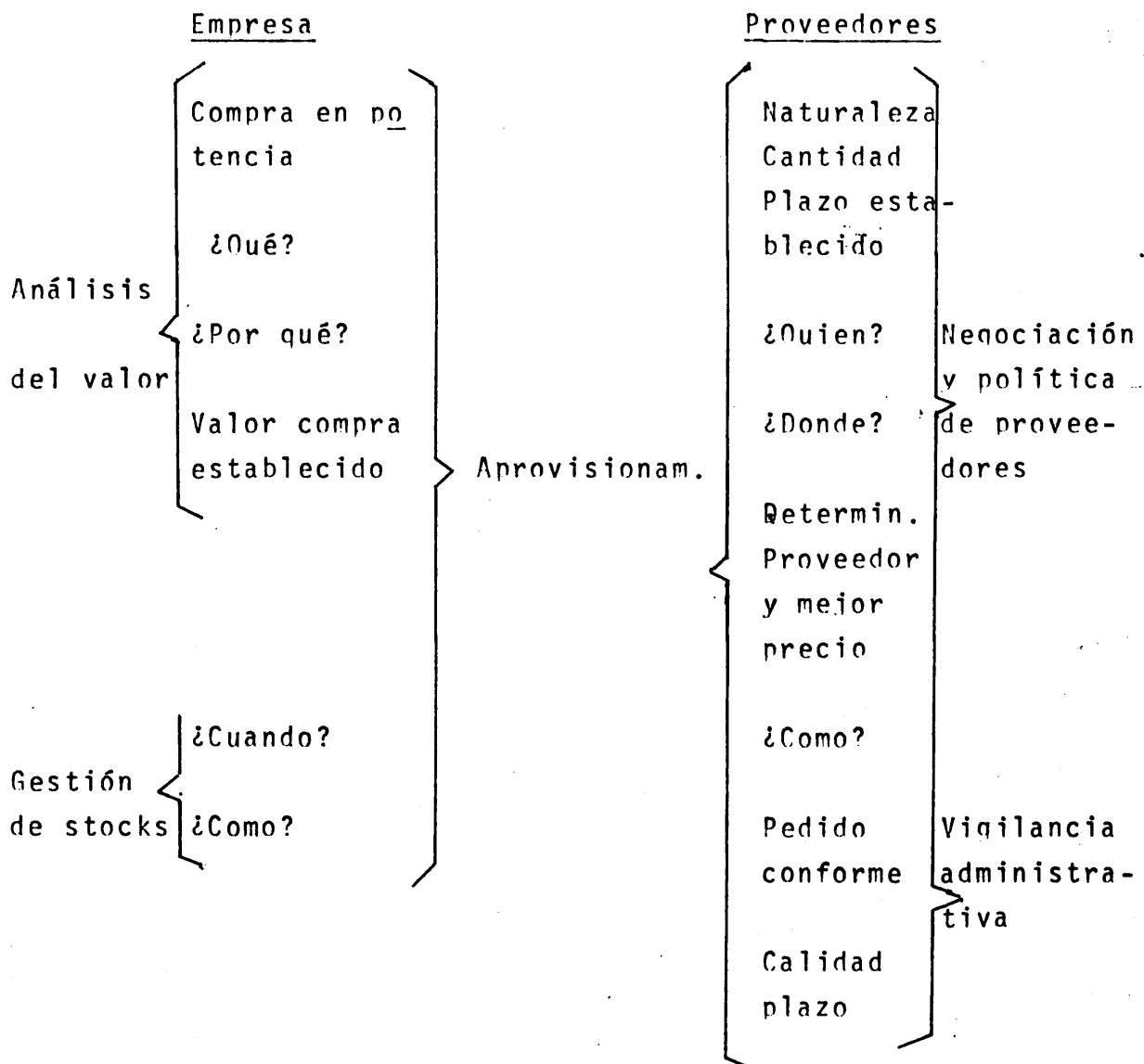
(1) Fernández Pirla, J.M. "Economía y Gestión de Empresas". Págs. 155 y siguientes.

d) Persecución de la verificación y control de calidad.

Con ello, almacenados los materiales, concluye, en principio, las funciones de aprovisionamiento en su actuación dentro de la estructura de la empresa y en sus relaciones con el exterior.

Problemas que plantea su inclusión en el organigrama de la empresa

Según las modernas orientaciones y siguiendo el proceso natural mediante el cual son adquiridos los distintos productos necesarios para una empresa, veremos que una parte de dichos procesos afecta al interior de la empresa y otra al exterior, tal como se indica en el ciclo siguiente:



Aprovisionamiento desempeña un papel intermediario entre la empresa y los proveedores, y para efectuar correctamente su misión necesita, frente a los proveedores, conocer la contestación de las cuatro preguntas de la izquierda, al mismo tiempo que debe encontrar la respuesta adecuada a las de la derecha.

Las dos primeras preguntas corresponden al conocimiento de las características que se exigen en el artículo a comprar, así como de las razones que obligan a adoptarlas, lo que se conoce como análisis del valor, ya que una vez definidas, el valor estará determinado, pudiendo variar solo entre las diferencias que en el mercado tenga el precio de la mercancía.

"Las causas de las posibles variaciones en el coste de los materiales son clasificadas en dos grandes grupos: a) originadas en los precios, b) originadas en los consumos". (1)

Algunos autores opinan que la contestación a estas preguntas no afectaba el Servicio de Aprovisionamiento, pero otras opiniones son de que siendo Aprovisionamiento la sección que por ley natural puede conocer mejor los precios y las calidades del mercado, también puede aportar sugerencias y colaboración exterior que contribuyen a hacer más sencilla e igualmente útil, y por lo tanto más económico, el artículo a comprar.

Sin embargo, no creemos necesario entrar en esta posible discusión, pues cada empresa tendrá su propio planteamiento de la cuestión, ya que como dice Berlanqa, "al lado de las empresas y los bienes hay que considerar como elemento básico de la constitución de las empresas, la Organización". (2)

(1) T. Lang. "Manual del contador de Costos". Pág. 19

(2) Manuel Berlanqa. "Economía de la Empresa. Ed. B. de Comercio y Finanzas. 1954. Pág. 15.

La pregunta, ¿Cuándo?, su contestación y los motivos de ella, también debe conocerlos Aprovisionamiento, ya que la economía de los stocks, que puede ser notable, depende del criterio seguido para ello, que a su vez estará influido por el conocimiento del mercado.

Entra de lleno en la gestión del Aprovisionamiento, establecer quién y dónde debemos proporcionarnos un determinado material, o sea la elección de proveedores, ya que suponemos que los artículos comprados tienen características completamente definidas. También compete a Aprovisionamiento la contestación a la pregunta ¿Cómo? o sea la vigilancia administrativa del cumplimiento correcto de los pedidos.

Como sea que la tendencia natural de la Oficina Técnica, es universalmente buscar la mejor calidad y seguridad de los artículos a comprar, lo que muchas veces es antieconómico, y que la tendencia de control de Producción es la seguridad del acopio de materiales, aún a costa de exceso de stock, lo que también puede ser antieconómico, resulta que en general la posición de Aprovisionamiento dentro de la empresa, no convendrá que sea subordinación a la Oficina Técnica ni a Control de Producción. Ello presupone naturalmente que el Servicio de Aprovisionamiento no sea simplemente un intermediario de la compra, sino una Sección responsable de la compra económica.

De esa única manera, Aprovisionamiento podrá cumplir su misión sin trabas, de proponer cambios en el material y de comprar en las calidades y plazos más económicos.

La gestión de stocks completa, puede comprender por una parte el control de stocks, previsiones, expresión de necesidades y control de movimientos y por otra los almacenes.

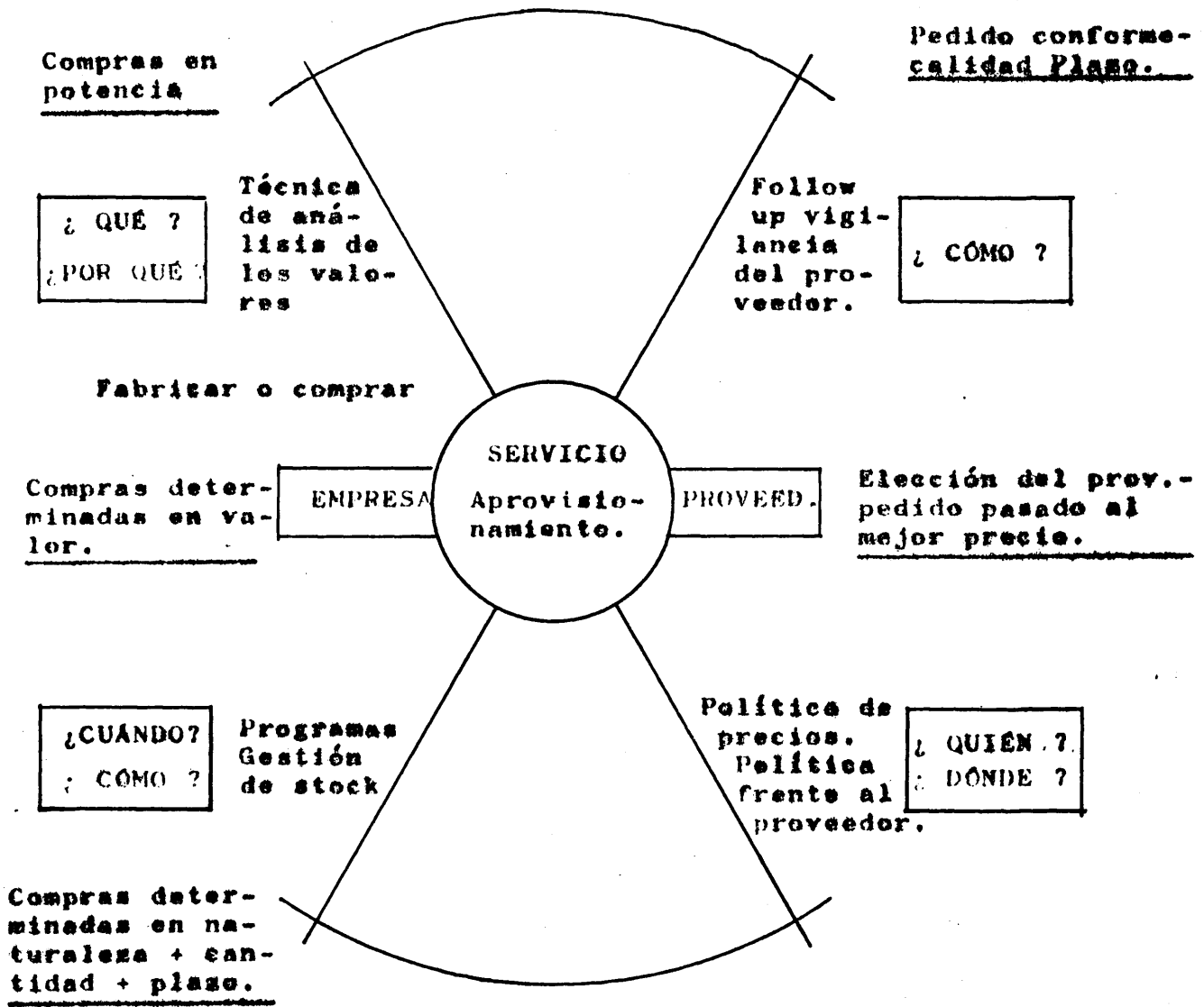


FIGURA 1.

CICLO DE APROVISIONAMIENTO.

En cuanto a la relación de la Oficina que gestiona los stocks con la de compras, deberá ser muy íntima, pues son dos labores consecutivas. Existe cierta tendencia a colocarlas bajo la misma jefatura, con lo que se consigue la máxima conexión. Todo lo que hemos dicho, conduce a la situación de Aprovisionamiento en el Organigrama de las empresas, que se indica anexo como Fig. 2.

Este organigrama supone una empresa completamente centralizada, y sus principales características son respecto a Aprovisionamiento:

- Agrupación de compras y gestión de stock que incluye almacenes.
- El enlace directo de Aprovisionamiento con la Dirección.
- La interdependencia, no subordinación, con los Servicios Técnicos y Producción.

Efectivamente, en este organigrama la función, gestión y control de materiales en la estructura de la empresa queda íntimamente ligada a la correspondiente de almacenamiento. (1)

Salvo de los límites de este trabajo, el comentar los diversos tipos clásicos de organizaciones generales de empresas, aunque, aclaramos, sin embargo, desde el principio, que en lo que sigue haremos referencia al término "staff", de acuerdo con la nomenclatura de la lengua inglesa, vocablo ya aceptado y empleado en publicaciones sobre organización. Como se sabe, ciertos departamentos tienen, dentro de una estructura, una función de consejo, de asesoramiento o de servicio, que no corresponde a la autoridad de línea: ellos forman el "staff" de la sociedad.

(1) Moore. Franklin G. Manufacturing Management. Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1961, pág. 737.

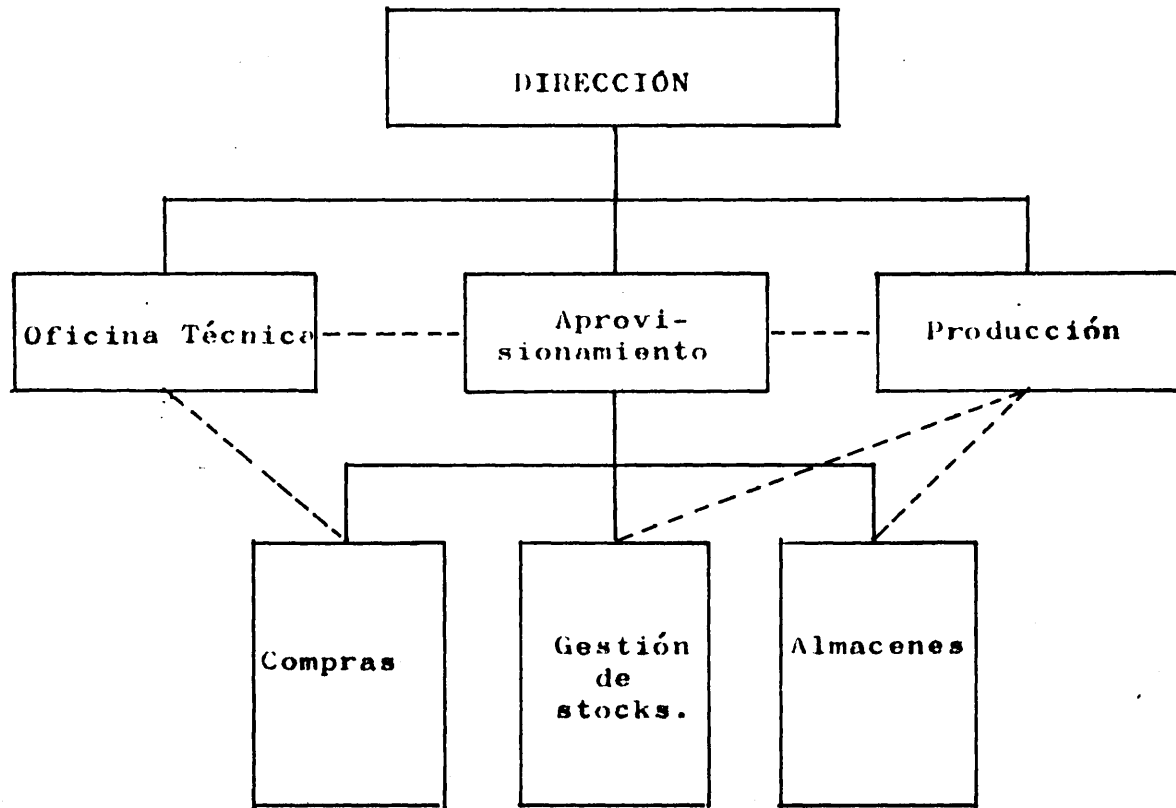


FIG. 2.

Un departamento de gestión y control de stocks se identifica plenamente con este concepto, por lo que, habitualmente, es un "staff" de la línea de fabricación o de la sociedad al nivel de la Dirección.

Existe otro departamento "staff" en una sociedad productora de bienes, con la que nuestro tema está íntimamente ligado: el de Producción. En la mayor parte de las empresas el control y la gestión tanto de materias primas, como de productos terminados, están bajo este departamento. Sin embargo, el departamento de compras, tercer área de este conjunto tan unido, es casi siempre independiente del de Producción. Ocasionalmente, en los casos en que la gestión y control de materiales está separada de producción, puede incluir a la función de compras, ya que éste opera con las instrucciones que recibe del control de stocks.

A veces existe un departamento separado, que se ocupa de la función de almacenamiento con exclusividad, el que es también otro "staff" de la línea de fabricación. No obstante lo más frecuente es que esta función esté bajo la de gestión y control de stocks.

Las ideas apuntadas anteriormente, pueden verse en las figuras 3 y 4; en la primera se observa una empresa industrial típica, departamento funcional u horizontalmente, en la que la gestión y control de stocks se sitúa bajo el departamento de producción. Como se ve compras constituye un departamento separado. Sin embargo, hemos situado una oficina de almacén, también como único independiente y siempre con carácter de "staff", para hacer notar esta modalidad. La fig. 3 muestra esquemáticamente un posible desarrollo de este departamento o sección de almacenamiento.

"A veces, los agrupamientos de funciones no responden a agrupamientos tradicionales, como sucede cuando se

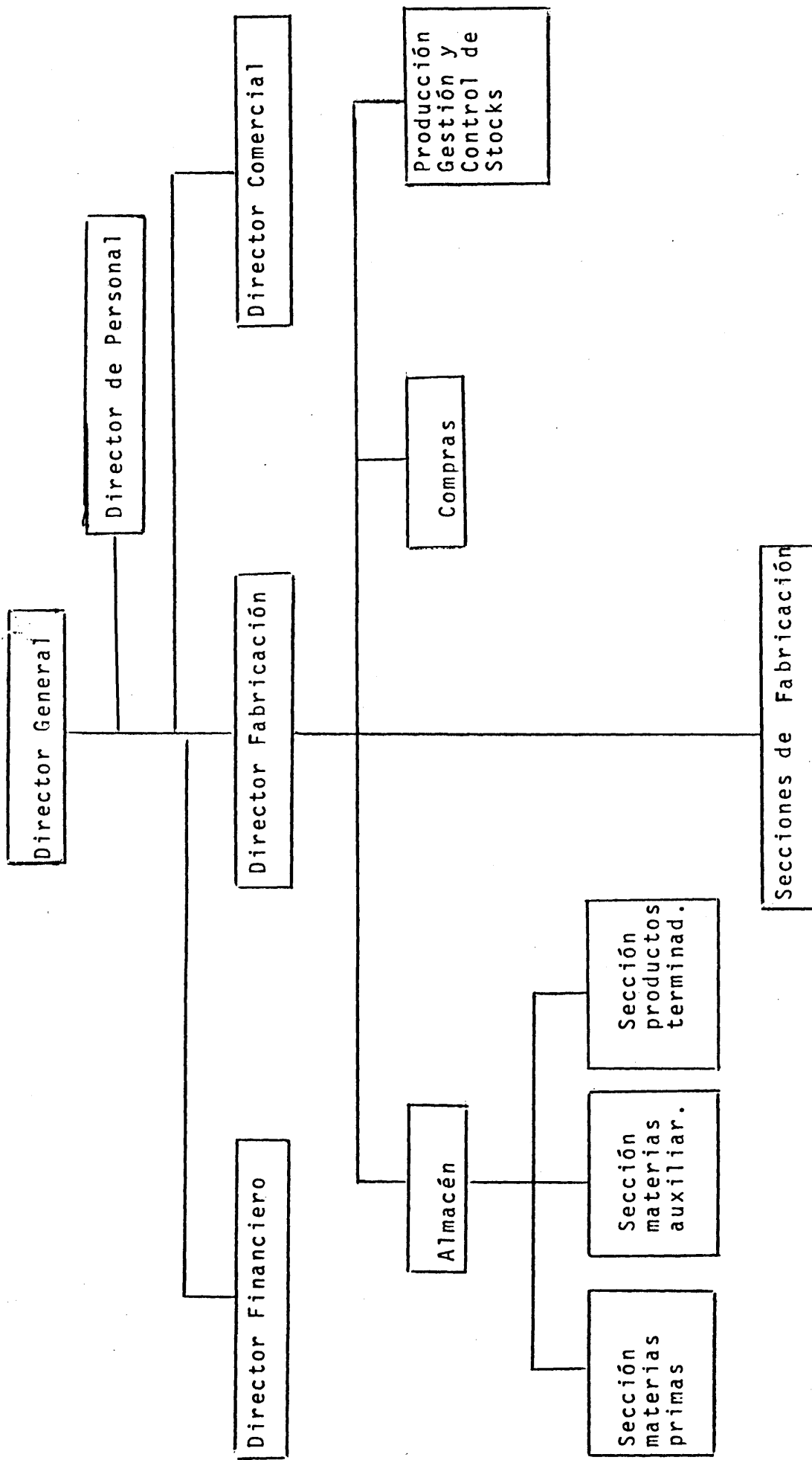


Figura 3

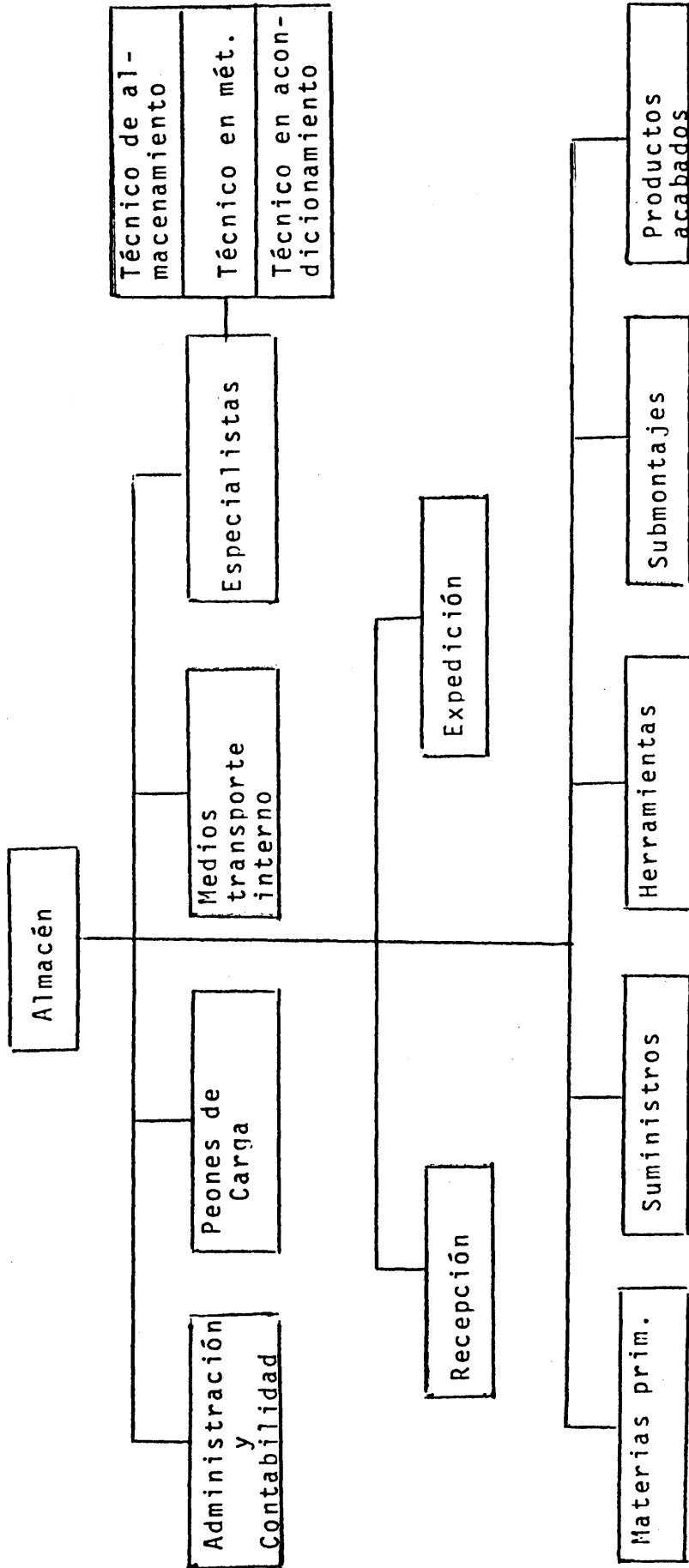


Figura 4

(Adaptada de Organización del Almacén, Michele Calimeri, Pág. 20)

conjugan variables de decisiones de compras y de investigación y desarrollo". (1)

Relación con las demás funciones empresariales

La función de aprovisionamiento debe estar coordinada, no subordinada, con las demás funciones empresariales, para que desemboquen en una serie de aspectos positivos para el buen funcionamiento de la empresa. Veamos, someramente, algunas de las relaciones importantes que se presentan, o que pueden presentarse, entre la función de aprovisionamiento y las demás funciones de la empresa.

La relación con la concepción y estudios, o función técnica, proporciona la oportunidad de desarrollar una cooperación muy apreciable en la elaboración de especificaciones de materiales y su elección entre los existentes en el mercado. Aunque la responsabilidad de las especificaciones corresponde a la función técnica, la función de aprovisionamiento está en situación de informar, sugerir, discutir y si es preciso criticar, la elección de materiales y sus especificaciones, así como las fuentes de suministro propuestas, extremos que se consiguen mediante el establecimiento de comités mixtos que aporten el "análisis de valor".

La función de Control de la Producción concentra sus esfuerzos en la continuidad de la fabricación y sobre los costes de producción, para lo cual es primordial disponer de los stocks suficientes y convenientes. Es aquí donde la función de aprovisionamiento, con su gestión de stocks, obtiene quizá su más preciada importancia, obteniendo mejores precios de coste, continuidad en el suministro y puede decidir con más realismo los problemas que se plantean de fabricar o comprar.

En cuanto a las relaciones con la función comercial, serán los programas o previsiones de ventas la base para

(1) Russell L. Ackoff. "Un concepto de planeación de Empresas". Págs 105 y siguientes.

que aprovisionamiento determine las necesidades futuras. Por otra parte, cuando la competencia obliga a modificar un producto, aprovisionamiento, frecuentemente, puede informar lo que se puede conseguir en calidad o cantidad, con el fin de mejorar precios.

Las relaciones de la función de aprovisionamiento con la función administrativa conducen a acciones eficaces. Por una parte, la confección de presupuestos previsionales, por otra, la gestión de stocks está íntimamente ligada a la gestión financiera.

Por último, diremos que la relación entre Dirección General y la función de aprovisionamiento vendrá determinada por la rentabilidad de la función.

Problemas de aprovisionamiento en empresas con fábricas emplazadas en poblaciones distintas

Cuando una empresa se encuentra con distintas fábricas separadas unas de otras y que consumen materiales en parte comunes o similares, se presenta el problema de la centralización.

"La cuestión de centralización o descentralización es una cuestión de medida". (1)

Las ventajas que proporcione una centralización, son las siguientes:

- Unificación de normas de compra.
- Facilidad de normalización de piezas, si las oficinas de estudio también se encuentran centralizadas, por lo menos por lo que respecta a normalización.

(1) Henri Fayol. "Administration industrielle et generale". Ed. Dunod, 1956. Págs. 36 y siguientes.

- Solución de problemas especiales, como importación, materiales difíciles, etc., y limitación a la central del personal especializado en estas cuestiones.
- Agrupación racional de pedidos materiales iguales, con las consiguientes ventajas de precio y de trato.

No obstante, la centralización también presenta las desventajas que son principalmente las siguientes:

- a) Pesadez administrativa.
- b) Rotura de la línea compras-fábrica (salvo, en parte, si la Oficina Técnica está centralizada).

Así pues, el grado de centralización adecuado, resultará del estudio de las ventajas e inconvenientes aplicados a cada caso particular.

De todas maneras lo que sí procede señalar, es la capacidad máxima del Servicio central de Aprovisionamiento y las materias que deben quedar siempre en manos de las fábricas locales. A continuación se detalla este particular.

Capacidad máxima del servicio central de aprovisionamiento

- Problemas de política de aprovisionamiento
 - Recinrocidad
 - Fidelidad a los proveedores
 - Estudio de demanda de oferta
- Compra de productos básicos
- Centralización de ciertos problemas

Importación
Revisión de precios
Servicio jurídico, etc.

- Selección y contratación del personal
- Estadística y previsión de variaciones de precios.

Gestiones que deben quedar en los servicios locales

- Compra de productos para necesidades urgentes.
- Compra de productos de valor limitado.
- Compra de productos que resulten cómodos por proximidad o facilidad de entrega del proveedor.

"El grado de centralización óptimo para un caso particular no excederá del máximo antes indicado y debe resultar del estudio de las ventajas e inconvenientes especiales del caso".

Hay que tener presente que limita la centralización:

- La complicación administrativa.
- La descentralización de la Oficina de Estudios.

pues entonces la conexión con Aprovisionamiento queda nula o desvirtuada. Por consiguiente, deben centralizarse especialmente los productos de difícil adquisición.

Refiriéndonos a la centralización de la Oficina de Estudios, hacemos observar que también es un problema complejo y que su conveniencia ha de corresponder al estudio

comparativo de numerosas ventajas e inconvenientes.

En general, "aún cuando la gestión de las diferentes funciones pueda parecer satisfactoria, o conforme a las previsiones coordinadas, conviene profundizar en el análisis de las mismas". (1)

Métodos de centralización

Para llevar a cabo la centralización en cualquier grado a partir de diversas fábricas, cada una con un servicio de aprovisionamiento independiente, los métodos utilizados se reducen a tres, que se detallan a continuación:

Primer método de centralización

Consiste en transportar íntegros los servicios de aprovisionamiento particulares a la Central. Este procedimiento, el más expeditivo, solamente se podrá aplicar, como es natural, en caso de adoptarse una centralización máxima. También se podría aplicar, trasladando solo aquellos elementos que se estimen más convenientes, pero resulta un problema complicado por lo que respecta a discriminación de personal y trabajos encomendados.

Frente a las ventajas de este método, que son:

- Rapidez en la centralización
- Reunión de todo el personal especializado, con la consiguiente unidad del punto de vista de método.
- Aligeramiento de gastos administrativos.

(1) Société d'expertise comptable et fiduciaire de France". "Los ratios al servicio de la empresa". 1959. Vol. II. Págs. 96-97.

lleva los graves inconvenientes siguientes:

- Oposición violenta de la Dirección de cada fábrica.
- Pérdida de enlace Fábrica-proveedor.

Estos dos inconvenientes son tan graves, que solamente pueden superarse a base de una necesidad absoluta y completa, y de una Dirección y disciplina muy enérgicas.

Segundo método de centralización

Consiste en añadir a los distintos servicios de aprovisionamiento de cada Fábrica, un servicio Central de aprovisionamiento en relación funcional con los locales. Su jefe debe llevar a cabo la labor de centralización gradualmente, mediante el convencimiento y la colaboración de los jefes locales de aprovisionamiento.

La labor de dicho jefe, debe ser no sólo técnica sino psicológica.

Reunirse con los jefes locales de aprovisionamiento, exponiéndoles las ventajas de la centralización en aquella casa.

Pasar temporadas en cada una de las Fábricas, para ver cada uno de los problemas prácticos que se planteen.

Procurar lograr el convencimiento de todos, sobre la utilidad de los distintos pasos de centralización.

Este método, que se aplicó por ejemplo en la COMPAGNIE ELECTROMECHANIQUE, empresa francesa de gran importancia, que fabrica toda clase de material eléctrico, desde locomotoras a máquinas de lavar, reúne las siguientes ventajas:

- Evolución gradual entre centralización y des-centralización.
- Colaboración de los jefes de aprovisionamiento locales a la centralización.
- Conservación de las relaciones fábrica-proveedor.

No obstante, tiene graves inconvenientes, que son:

- Lentitud en la centralización.
- Gastos de personal excesivo, pues sobre los gastos de cada servicio local, es preciso formar un servicio central.
- Dificultad de encontrar un jefe de servicio central con las cualidades excepcionales de diplomacia y psicología que exige el método.

Tercer método de centralización

Consiste en crear en la Central, un Comité de Dirección de aprovisionamiento, presidido por un Director, y del que formen parte los jefes de aprovisionamiento locales, así como el que se vaya a encargar de los asuntos centralizados.

Este comité, estudiará el problema de la centralización y su director, que puede ser por ejemplo un adjunto al Director General, hará ejecutivas las decisiones, si es preciso, a pesar de la disconformidad de algunos jefes de aprovisionamiento.

Con este método, desaparecen en gran parte, los inconvenientes del segundo método, manteniéndose las ventajas del mismo pues se conserva la relación fábrica-proveedor; participan los jefes de aprovisionamiento en la centralización y se conserva la posibilidad, para cada fábrica, de efectuar compras de sus productos particulares.

Este método ha sido adoptado por las empresas ELECTRICITE DE FRANCE Y GAZ DE FRANCE, y parece que se va a adoptar también por PETROLES D'AQUITAINE.

Resumen del problema de centralización

La centralización que es un problema que se presenta en las empresas de rápido crecimiento, debe resolverse a partir del cuidadoso estudio de las ventajas e inconvenientes, así como de las disponibilidades para emprender uno u otro método de los expuestos. El método que en general se ha demostrado más conveniente, es el tercero.

"Por ello es comprensible cada planificador siga su propio criterio al establecer las etapas a cubrir. Ackoff enumera cinco etapas (1), que se identifican plenamente con los que cita Fernández Pirla: "1a. observación de la realidad. 2a. Interpretación de la realidad. 3a. Elaboración de las expectativas. 4a. Adopción de decisiones. 5a. Actuación". (2)

(1) R.L. Ackoff. "Un concepto de planeación de empresas." Págs. 16 y 17.

(2) Fernández Pirla. "Economía y gestión de la empresa." Pág. 11.

Anteriormente hemos expuesto el ciclo natural de las compras en una empresa, desde la compra en potencia hasta la llegada de los pedidos de conformidad, y que puede verse en la figura 1.

"En la economía actual, el empresario tiene el deber de formarse no sólo en las técnicas específicas de su gestión, sino de informarse del contexto general en el que discurre su actividad". (1)

El análisis de valores (Value analysis), es un estudio que ya se hace corrientemente en las empresas importantes extranjeras y cuyos resultados prácticos han demostrado ser de considerable utilidad. Consiste en la revisión conjunta por parte de la Sección Técnica, Producción y los proveedores, a través de Aprovisionamiento, de las características más económicas a conseguir en cada artículo a comprar. Es decir el análisis "¿Qué?" y "¿Por qué?" de la primera parte del ciclo, convirtiéndolo en un ciclo cerrado, al intervenir el proveedor.

Examinemos quién contesta las preguntas formuladas en el ciclo y veremos que las preguntas "¿Qué?" y "¿Por qué?", vienen fijadas ya desde un principio por la Oficina Técnica, que en sus planos señala material, forma, medida y características físicas o químicas, con lo cual queda ya prácticamente determinado su precio. Dichas características siempre tienden a la mejor calidad.

(1) Fernández Pirla, V.M. "Tendencias evolutivas en la gestión de la empresa". B.E.E. nº 84. Dic. 1971. Pág. 1.051.

En cuanto a las preguntas "¿Cuándo?" y "¿Cómo?", cuya contestación establece la sección de gestión de - stocks, la influencia de producción, sobre las mismas, será siempre acortamiento de plazos y aumento de cantidades, que den un más amplio margen.

En cuanto al Aprovisionamiento, considerado en forma estricta, se interesará primordialmente por encontrar productos baratos.

Vemos pues, que de los tres factores fundamentales en la compra, que son:

- Calidad
- Valor
- Plazo

de acuerdo con la ley natural derivada de cada servicio se fija más en aquellas cosas sobre las cuales tiene más competencia, la Oficina Técnica atenderá principalmente a la calidad de los artículos, el control de Producción a los plazos de entrega y el Servicio de Compra a los precios.

Esto no significa que cada uno de estos Servicios se desentienda de cada uno de los demás factores, sino - que inevitablemente no poseen datos suficientes para juzgarlos con tanto conocimiento de causa como los demás y por consiguiente van en último lugar en el orden de sus preocupaciones.

Vemos que sin aplicar el método de Análisis del - valor, u otro equivalente, cuando llega el pedido ya es tarde toda gestión de mejora, puesto que la calidad está fijada y es imposible disminuir un precio a partir de cierto límite, sin perjuicio de las características solicitadas.

O sea, que el pedido que hasta ahora era la única ligazón entre las oficinas de expresión de necesidades y las de satisfacción de las mismas, es decir, entre la parte derecha e izquierda del ciclo, es insuficiente para mejorar la economía de la compra. Para subsanar esto, se aplican eventualmente los paliativos normales en caso de insuficiencia de una ligazón.

Todo ello, no hace sino remediar de modo relativo y desde luego largo, aquellos casos de que accidentalmente nos damos cuenta, pero no resuelve sistemáticamente el problema de abaratar la producción. Para ello hace falta una acción recíproca y organizada entre la Sección de Compras, las Secciones Técnicas de Fábrica y de Proveedor, y Producción, que se conoce con el nombre de "Análisis de Valores".

Calidad a Comprar

Al hablar de ciclo de aprovisionamiento hemos visto que el primer acto de compra era definir la calidad, que será aquella que se adapta mejor a las necesidades.

En algunos casos la mejor calidad es la mejor que se puede obtener; en otros casos la calidad requerida puede ser una calidad media o barata.

La base de calidad no significa comprar de una calidad superior a la que exige el uso particular a que está destinado el artículo comprado. La calidad no puede ser nunca independiente al uso que se destina el producto.

Así, un producto no es simplemente bueno, sino que es bueno para un cierto uso y la palabra calidad carece de sentido fuera de la utilidad prevista. Por lo tanto si un material cumple mal la función a la que se destina, su ca-

lidad será impropia, cualquiera que sea su coste o su facilidad de obtenerlo.

Por ello, en toda transacción el precio no puede ser separado de la calidad y las cuestiones precios y calidad van en correlación.

"El cambio en la calidad de los materiales puede dar lugar a variaciones en el precio y en el consumo".(1)

Así pues, calidad es una combinación de todas - las características que puede presentar un material, que dependerán de las circunstancias a considerar en cada caso.

La calidad económica es un concepto más amplio que necesariamente supone un grado mínimo de conformidad técnica y por ello también el costo y las posibilidades de obtención.

Si el costo es excesivo y llega a ser privativo, es preciso modificar alguna calidad técnica y servir un artículo menos noble. Si el suministro no es continuo o no existe suficiente capacidad de producción, es necesario buscar otro.

Hay que tener presente que en "materia de Economía de la Empresa, se da lugar a la investigación actual para pronunciarse en torno a dos posiciones que, si algunas veces se contradicen, se suscitan en idéntica naturaleza de su sujeto".(2)

(1) T. Lang "Manual del contador de costos". Ed. U.T.E.H.A. en sus págs. 23 y siguientes hace un análisis de estas variaciones.

(2) López Moreno, M-J. "El problema conceptual de la Economía de la Empresa, perspectivas en materia de decisiones". B.E.E. nº 84. Dic. 1971. Pág. 886.

Es necesario pues, buscar un equilibrio entre calidad técnica y económica.

Aún hemos de incluir a la determinación de calidad una nueva noción, la de servicio. Esta noción de servicio debe incluir la atención del vendedor al entretenimiento del artículo vendido y la predisposición para solventar cuantos problemas surjan en la post-venta.

La responsabilidad de la determinación de la calidad plantea la cuestión de cómo deben ser tomadas las decisiones que conciernen a la mejor compra.

Análisis de Valores

La acción recíproca de Aprovisionamiento sobre la Sección Técnica y Producción, se basa en los siguientes puntos:

- Elegir el artículo (Piezas, primera materia, etc).
- Establecer la lista de características del artículo y valorarlo.

Artículo = suma características (material, mecanización, tratamiento, resistencia al choque, a las vibraciones de los agentes externos, dimensiones, pesos, etc.)

Aprovi-
siona -
miento

Cada característica suplementaria, origina un aumento del coste, es decir: valor del artículo = suma valor de las características.

- Establecer la lista de las funciones que debe cumplir el artículo. Ejemplo:

El eje transmisión debe transmitir un par máximo a cierta velocidad media durante determinado número de kilómetros, resistente al polvo, agentes externos, etc.
 - comparar las características con las funciones. Preguntarse si son necesarias las características a la función solicitada o si hay otras de menor precio que cumplan la misma función, o si conviene modificar la función en beneficio de las características de menor precio.
 - Balance de las modificaciones propuestas. No basta proponer una modificación aunque sea útil, hay que estudiar las pérdidas que se originen por quedar stock de material inútil o por modificar.
 - Definir el nuevo artículo = suma de nuevas características.
- } Sección Técnica.
} Compras Producción Of.
} Compras Contabilidad.

El análisis de valores es un método que conduce a adoptar un criterio no puramente técnico, sino también económico, sobre lo que se exige para producción, y, por tanto, sobre todos los elementos que la componen.

No hay que olvidar que el resultado del análisis de valores de una pieza, algunas veces servirá no sólo para decidir sobre la misma, sino que puede obligar al nuevo análisis de valores de otras.

Las primeras publicaciones sobre el análisis del Valor son debidas a Lawrence D. Miles, en el año 1949, - como resultados de la aplicación de esta técnica en GENERAL ELECTRIC, estas ideas al ser recogidas y aplicadas en otros lugares dieron lugar a distintos enfoques de la técnica. - Así en un principio tendían a poner el énfasis en la reducción de costes de piezas o conjuntos por el empleo de otros procesos o materiales. Esta labor se realizaba después de que las piezas se habían fabricado y a veces suponía un rediseño de la pieza. En estas condiciones, el departamento en que se aplicaba con más éxito era el de acopios, y por tanto pueden encontrarse referencias a esta técnica en los libros que tratan de esta actividad de la empresa.

Posteriormente se empezó a aplicar el nombre de Ingeniería del valor a la misma idea, pero aplicada al estudio o evaluación de productos por equipos de personas durante la etapa de diseño.

El libro de L.D. Miles, editado en 1961 por Mc Graw-Hil. Book Company, recoge esta dualidad de nombre ya que su título es Techniques of Value Analysis and Engineering.

Todavía existen más nombres para esta técnica, ya que en algunas empresas al aplicarlo dentro de Fabricación lo denominan "Mejora del Valor".

Definición

Toda investigación metódica y sistemática es siempre productiva mientras, que, la feliz idea, o la inspiración genial, aunque proporcionen resultados, éstos son menos probables.

El Análisis del Valor es esta investigación metódica y sistemática, y por tanto podría decirse que es "Un proce-

dimiento para el estudio de los productos que fabrica o va a fabricar la empresa y que tiene por objeto un funcionamiento equivalente con menor coste".(1) Al señalar que un producto debe tener un funcionamiento equivalente se quiere significar que no ha habido reducciones en cuanto a la satisfacción de las necesidades reales del consumidor. Por lo tanto, las reducciones de coste que tienen lugar, no disminuyen los conceptos relacionados con estas necesidades, como son: calidad, utilidad, duración y aspecto exterior.

El procedimiento a que se ha hecho referencia en la definición abarca una serie de técnicas así como principios de economía y de administración de empresas. Al considerar el Análisis del Valor como una técnica de Dirección de Empresas, se aprecia una diferencia con las técnicas y métodos clásicos de reducción de coste. Así como en éstas cada una está orientada a un elemento de la organización, el Análisis del Valor utiliza todos los recursos disponibles en la organización, para alcanzar este objetivo de una mayor economía en piezas, equipos, instalaciones y suministros.

El fin que persigue el Análisis del Valor es el de identificar todas las causas que hacen el coste diferente del valor y aportar los remedios adecuados. Su aportación no es la de utilizar un método recientemente descubierto, sino más bien la aplicación de técnicas y métodos conocidos (cálculo de costes, análisis del producto, ergonomía, tecnologías diversas en una forma lógica y coordinada).

En realidad es más una actitud del espíritu que un método, es una actitud interrogante común a todos los que practican estudios de economía del trabajo, aunque aplicándolos ahora a todos los elementos del coste.

(1) Instituto de Racionalización del Trabajo. "Curso de Análisis del Valor". 1974.

Todas estas técnicas y métodos clásicos tienen un campo de aplicación característico y la aparición del Análisis del Valor no supone su desaparición ni mucho menos, ya que constituye más bien un complemento.

Función

Podría decirse que el Análisis del Valor es el estudio de la función. En líneas generales, la función de un material, una pieza, un producto o un servicio, es precisamente el trabajo que realiza. Así cuando se especifica acero se indica la necesidad de un soporte metálico, al pensar en clip, estamos pensando en unir documentos y el indicar bombilla significa la luz que se precisa.

La correcta definición de las funciones de un producto es la base sobre la que se asienta todo el estudio. Sin embargo, puede suceder que la definición original de las funciones se sustituyan por otras mejores al avanzar el estudio y tener una visión más completa.

Si se empieza por determinar cómo se puede realizar mejor una función se estará preparando para abordar el cómo hacerla con menor coste. Por tanto, la reducción real de costes comienza con el estudio de la función. Bajo estas condiciones el Análisis del Valor es un magnífico aliado de la reducción de costes y no un sustituto.

Por otra parte hay que tener presente que el diseño original del producto es normalmente el mejor, dado el tiempo disponible. Pero también hay que reconocer que podría ser mejor si al diseño se le hiciese una "segunda revisión". El Análisis del Valor es esa "segunda revisión" que va a permitir estudiar las diferentes alternativas del diseño, material y procesos para llegar a los más convenientes.

En la marcha actual de los negocios, no es suficiente crear el producto, estar dentro del plazo y ponerlo a punto para que funcione. Es necesario además encontrar procedimiento y medios para fabricarlo a precios competitivos.

Por lo tanto, la principal tarea del Análisis del Valor es de comprobar que cada partida del coste total: mano de obra, materiales, artículos del comercio, etc., contribuye en una forma proporcionada a la función.

La valoración de la función es lo que constituye los cimientos en los que se apoya el Análisis del Valor. Precisamente es en esta valoración de la función en la que se diferencia de los métodos clásicos de reducción de costes.

Será preciso, en primer lugar, definir la función que realiza el producto, para estudiar en forma creadora, si se puede encontrar un medio mejor, o sea, menos costoso de realizar con garantía la función.

Encontrada esa forma mejor, pueden utilizarse esas ideas para diseñar la pieza o conjunto objeto de estudio.

Con gran frecuencia los diseños de artículos de poco valor, son resultado de una mala solución a un problema creador, más que la falta de una técnica correcta de ejecución.

Cualquier artículo o producto sirve para un fin, que es naturalmente el trabajo o uso al que se destina. Este fin o uso del artículo es el que se va a denominar función. Para describir sencilla y correctamente las funciones, se emplean dos palabras, un verbo, que describe la acción necesaria, y un nombre para identificar la forma de acción.

Una vez definida la función básica de la pieza, subconjunto o conjunto complejo, es preciso emplear la imaginación para tratar de encontrar otros artículos que realicen

esa misma función con garantía, sin preocuparse en este caso del aspecto.

Cuando se trata de estudiar un producto compuesto de varias piezas, existirán varias funciones que pueden considerarse que forman parte de un sistema y dentro del cual unas funciones dependerán de otras.

Las funciones que componen este sistema serán unas básicas y otras secundarias. A las primeras se las denomina críticas y a las secundarias funciones que elaboran. (1)

Valor

Esta palabra por ser de uso general se emplea en muchos sentidos y por lo tanto las personas pueden ver en ella distintos significados. Si se pregunta a varias personas ¿Qué es el valor?, se tendrán tantas contestaciones como personas. El valor, como justicia o libertad, es un concepto abstracto y tiene muchos significados. Es preciso por tanto definir el sentido con que se va a utilizar aquí.

A la empresa le interesa que los productos que fabrica posean un valor uso que sea lo mayor posible, este valor se refiere a las funciones técnicas que estos productos pueden realizar; por otra parte deben poseer aquellas propiedades y características que les dan un gran valor de estima. Para incorporar a estos productos las características de funcionamiento y atractivo, la Empresa debe efectuar unos gastos que se traducen en unos costes más o menos elevados por aparato. El coste de un aparato se compondrá de estos dos costes parciales.

(1) Técnica "FAST", o sea, "Técnica de análisis de sistemas de funciones", desarrollada por C.W. Bytheway, en la revista Product Engineering, en Agosto de 1965.

El valor de estima es totalmente subjetivo y no se puede llegar a él por razonamiento. Por lo tanto, del que se va a tratar es del valor uso, el cual se puede considerar como el menor gasto preciso para proporcionar las funciones necesarias al usuario. Este valor se puede establecer por comparación o sea si se tienen dos productos que cumplen una misma función o que sirven para un mismo fin, el valor uso a considerar para ambos será el correspondiente al de menor coste.

Al referirse a una pieza o un equipo, el "valor" o mejor aún su "índice de valor" se va a considerar que es proporcional a su utilidad e inversamente proporcional al coste. Lo que podría expresarse en la forma:

$$\text{Índice del valor} = \frac{\text{Utilidad}}{\text{Coste}} = \frac{\text{Valor uso}}{\text{Coste}}$$

por lo tanto el índice del valor se puede aumentar:

- Aumentando la utilidad del producto sin cambio en el coste.
- Conservando la misma utilidad pero con menor coste.
- Combinando un aumento de utilidad con una reducción de coste.

Causas de un valor bajo en los productos

Aunque existen muchos factores que dan lugar a que haya en el producto costes innecesarios, se verán aquí algunos.

Falta de información.- Siempre que se toma una decisión sin disponer de la información fundamental necesaria, se introducen costes innecesarios. Esta falta de información tiene dos aspectos; por un lado el mantenerse al día de la técnica, que cambia con gran rapidez, por otra parte, las comunicaciones entre departamentos en una organización compleja no son perfectas.

Decisiones por rutina.- Si cuando se plantea un problema que exige solución se cubre el expediente diciendo "que se haga como la vez anterior que se presentó hace dos años", seguramente se están introduciendo costes innecesarios.

Actitudes negativas.- Podría decirse que ésta va íntimamente ligada a la anterior. Las personas en el desarrollo de su actividad van adquiriendo unas experiencias que van almacenando.

Es muy corriente el tratar de generalizar basándose en las experiencias limitadas. Así se pueden encontrar:

- No tenemos serie suficiente. No merece la pena.
- Será muy cara la coquilla. No la amortizaremos.
- No existe otro proveedor.
- Se ha hecho así durante muchos años. ¿Para qué cambiar?.
- Sé que no irá bien.
- No tenemos tiempo de probar. Dígame qué cosa retrasa.

- Ya hemos probado antes y no va.
- Nuestro caso es diferente.
- Aplacemos la decisión hasta una nueva reunión que ya se convocará.

Se podría seguir anotando actitudes de este tipo, que de buena fé ponen obstáculos al progreso en el que no confían.

Resistencia a pedir consejo.- Es prácticamente imposible, dada la complejidad de la vida actual, el dominar todos los posibles aspectos de una profesión.

Aunque esta situación va cambiando, al personal técnico le cuesta trabajo consultar a otros, parece como si fuera un desdoro admitir que hay algo que no conocen.

La falta de una unidad de medida del valor.- Cuando se estudia un aparato desde el punto de vista de funcionamiento y rendimiento, existen una serie de medidas, ensayos y comprobaciones que permiten formarse una idea clara de la situación de ese aparato. Así puede medirse perfectamente el caudal de agua que da una bomba, la potencia de un motor, etc.

En cambio, si queremos analizar ese producto desde el punto de vista del valor que tiene para el usuario, nos falta la unidad con que medirlo.

De aquí que resulte más fácil llegar a un determinado nivel de rendimiento que a un buen nivel de valor.

La eficacia del análisis del valor

Para conseguir el apoyo decidido y continuo de la alta Dirección en cualquier clase de programa, es preciso

poder demostrar la eficacia de ese programa, en lo que se refiere a los objetivos de la empresa. La eficacia de un programa de análisis del valor, tendrá fundamentalmente - dos sumandos. El primero de ellos serán las economías que pueden lograrse con la aplicación de este método. El segundo serán todas las restantes ventajas que pueden proporcionar, pero que no son fácilmente valorables en pesetas.

Podríamos considerar aquí dos casos claramente definidos de la aplicación de este método.

- Sobre piezas o aparatos ya fabricados.
- Sobre piezas o aparatos en etapa de proyecto.

En el primer caso podrá valorarse fácilmente, ya que, por una parte, se podrá disponer del coste a que estaban resultando esas piezas o aparatos, y por otra, se podrán calcular los nuevos costes a que resultará, entonces podríamos expresar los ahorros en la forma siguiente:

$$E = N(C_a - C_n) - C_u;$$

en la que:

- E serían los ahorros conseguidos.
- N el número de piezas o aparatos que se han de fabricar.
- C_a el coste actual de las piezas o de los aparatos.
- C_n el coste calculado para el nuevo diseño de piezas.
- C_u el coste del equipo necesario para esta nueva fabricación.

En el segundo caso, la valoración no está tan clara. Aunque es indudable que el análisis del valor durante la etapa de diseño puede lograr mayores economías que en el primer caso, el hacer evidentes estas economías resulta más difícil.

Formas de aplicación del análisis de valor

Antes de ver en detalle el Plan General de estudio del análisis de valor, vamos a ver algunas formas de aplicación muy simples, aplicables a piezas o subconjuntos sencillos.

Una primera forma del análisis del valor es el estudio de los costes desde diferentes puntos de vista, con el fin de determinar aquellos puntos en los que los costes resultan altos. Entonces se podría analizar estos puntos cuyo coste resulta alto, para determinar en cada una de las partes del mismo, que son innecesarias. Esta forma de estudio del análisis del valor podríamos denominarla costes detallados.

Otra forma de abordar el análisis del valor es la que podríamos llamar de valoración por comparación. Esta forma de valoración puede aplicarse independientemente, o como complemento de la anterior, para el análisis de esos puntos de costes altos. Este procedimiento se basa fundamentalmente en el supuesto de que "si se dispone de dos artículos semejantes, de distinto coste, el artículo menos caro proporcionará ideas para mejorar el valor del artículo de mayor coste".

En principio se tratará de aplicar la valoración por comparación para los artículos semejantes en forma o tamaño. La técnica de valoración de funciones o comparación de funciones aparecerá solo cuando las anteriores no tengan éxito. Esta forma de aplicación de valoración de funciones, es la que constituye la base del análisis

del valor, puesto que como se ha dicho anteriormente este análisis está fundamentalmente orientado hacia la función que realiza la pieza o dispositivo, en contraste con los programas clásicos de reducción de costes, que están enfocados hacia la mejora del trabajo necesario para la obtención de la pieza o dispositivo.

Quien debe intervenir en el "Análisis de valores"

Deben intervenir en el Análisis de Valores, como se deduce de todo lo hablado anteriormente:

- Servicio de Aprovisionamiento
- Servicio Técnico

y siempre que convenga, las secciones:

- Producción (si está separada de la Técnica)
- Comercial
- Control de Calidad

esto por lo que afecta al comprador. En cuanto al exterior habrá de colaborarse más o menos con los:

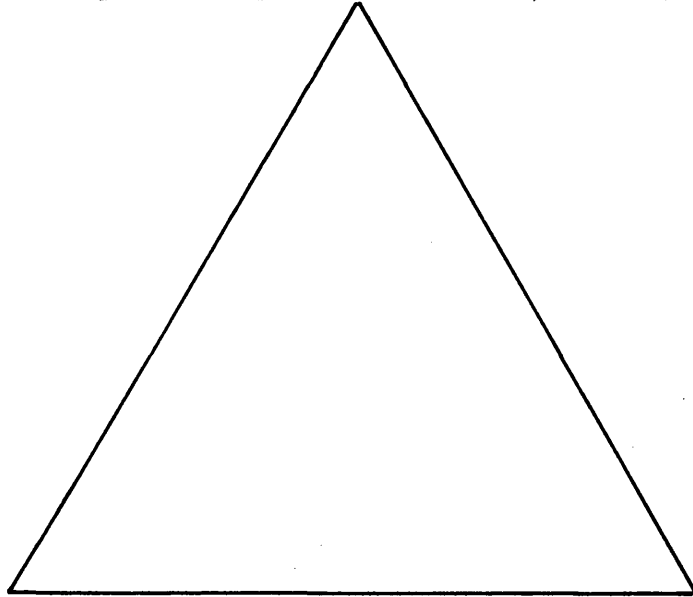
- Servicios Técnicos y Comerciales de los proveedores.

En cuanto al Servicio de Control de Calidad no intervendrá normalmente, En tal caso, sólo debe actuar en la comparación de características como juez neutral.

Gráficamente se debe presentar la colaboración entre los distintos elementos que afectan al análisis de valores con una acción triangular tal como se muestra en la figura 5.

Servicio Técnico

Servicio Comercial.



Producción

Aprovisionamiento

Control de Calidad

Proveedores.

FIG. 5

Formación del equipo

Se debe reunir un grupo de 6 a 10 personas, heterogéneo desde el punto de vista de las especialidades y de los caracteres, lo que favorece las asociaciones de ideas. Estas personas deben representar a todos los servicios interesados en la realización del producto, como son:

- Oficinas de estudios
- Oficina de métodos
- Fabricación
- Compras
- Precios de coste
- Según las necesidades del estudio, Control de Calidad, Servicio Comercial, Servicios Post-Venta.

Todos ellos, de un modo u otro, tienen su función dentro de la empresa y "cada uno ha de funcionar del mejor modo, para lo cual no ha de conocer sólo las actividades propias, sino también las de los Servicios con los que tenga relación, a fin de que pueda apreciar y entender su papel dentro de la organización".(2)

Como una función Staff.

El equipo de análisis de valor deberá proponer a la Dirección un esquema de planificación de la labor a realizar y servir de soporte a lo largo del proceso, coordinando las distintas actuaciones que lo integran.

"La Dirección tiene más que ganar al participar en este proceso que al utilizar un plan elaborado por otras personas". (1) Por tanto, es esencial el compromiso de los eje-

(1) R.L. Ackoff. "Un concepto de planeación de empresas". Pág. 125

(2) Manuel Berlanga. "Economía de la Empresa". Pág. 151,

cutivos en la planificación del análisis del valor, para que éste sea efectivo.

Ello puede conseguirse con un órgano Staff, dependiente de la Dirección, que aglutine los distintos ejecutivos en esta misión específica. Si no se dispone de este organismo, es frecuente que se acuda a fuentes externas, grupos de consultores o grupos académicos de investigación, que pueden proporcionar personal para trabajar con los ejecutivos de la empresa.

El valor del análisis de valor para los ejecutivos consiste más en su participación en el proceso que el producto en sí de éste. Dicha participación estimula el conocimiento más profundo de los productos y su ambiente, y obliga a la formulación y evaluación sistemática de alternativas que de otra manera no serían tomadas en cuenta. "Libera gran cantidad de actividad creadora, que tan a menudo está reprimida por la rutina y la necesidad de enfrentarse con los problemas cotidianos".(1)

Mediante un Comité en Empresa

En términos generales el procedimiento más utilizado por las empresas, ha sido el Comité.

El Comité para el análisis del valor, deberá estar al frente de un Animador, representante y apoyado por la Dirección, y un miembro que represente de forma permanente, a cada uno de los servicios de Compras, Estudio del Producto, Proyecto del Producto, Métodos, Fabricación, Costes y ocasionalmente a otros servicios cuya concurrencia se juzgue oportuno para el caso que se está estudiando.

(1) Ver un "Un concepto de planeación de Empresas" de Russell L. Ackoff, Capítulo 7.

El comité se reunirá generalmente, con la periodicidad necesaria para mantener viva la preocupación de todos sus componentes en la labor que hay que realizar.

Por "task forces"

En concepto de "task forces" más claro es el dado por A.F. Kee director de los programas de valor, de la "Value Programa for Industria Inc.", que dice:

"La task force" para el valor actúa como un agente catalítico en la actividad de eliminar costes innecesarios de un producto o sistema. Una "task force" se crea con un grupo de personas que puede oscilar entre 3 y 50, las cuales se reúnen para un propósito específico, se les proporciona unos objetivos determinados (en beneficio y coste) fijando también una fecha de terminación para crear la necesaria urgencia y que se dispersen nuevamente cuando se han alcanzado los objetivos".

Las semejanzas y diferencias entre la "task force" y los comités son las que se indican a continuación:

SEMEJANZAS

- Son grupos transitorios, formados para resolver un problema.
- Se dispersan una vez resuelto satisfactoriamente el problema.

DIFERENCIAS

- En la "task force":
- Es una tarea de jornada completa sin interferencia de sus obligaciones normales.
 - Las personas incluidas en los equipos, lo son por sus conocimientos.
 - Tienen una misión bien definida, un jefe de equipo y una fecha de terminación.

SEMEJANZAS

DIFERENCIAS

- Tienen autoridad para llevar a cabo las decisiones sin interferencias exteriores a la "task force".
- Tienen, por tanto responsabilidad.

En términos generales el procedimiento más utilizado por las empresas, ha sido el de comité. Esto representa el establecimiento de un grupo para el Análisis del Valor compuesto de un miembro que representa a la Dirección y representantes de Compras. Proyecto del producto, Fabricación, Métodos y algunas veces también Ventas.

Puesta en práctica del Análisis de Valores-Dirección del mismo

Hemos estudiado las preguntas ?Qué?, ¿Por qué? y ¿Cómo?.

Vamos a ver quién conviene que dirija el equipo operacional del Análisis de valores:

- Sección Técnica
- Sección Compras
- Dirección
- Un servicio que podríamos llamar "Animador" de grupos de estudio

Del examen de las anteriores preguntas, puede excluirse inmediatamente la Sección Técnica, porque representaría una pérdida de eficacia, como se ha explicado en otros términos.

Por lo que afecta a Compras, tengamos presente su posición intermedia entre proveedor y Oficina Técnica, y -

que la colaboración del Proveedor es indispensable. Por consiguiente puede ser aceptable que el comprador lleve la dirección de la gestión.

Suponiendo que el jefe de compras normalmente no puede ocuparse de este trabajo, podría encargarse del mismo su Adjunto.

Otra solución posible, sería que Dirección destinara para ello un miembro con autoridad sobre los demás.

La solución del Animador también es posible y se ha puesto en práctica en algunas empresas, en forma de un equipo coordinador de los Servicios de la empresa que ha de intervenir y en función "staff" con autoridad suficiente, ya que es una persona neutral en el asunto.

Técnicas

En la aplicación del Análisis del Valor, se verá la necesidad de emplear una serie de herramientas o técnicas. De estas no se emplearán necesariamente todas en cada caso. Veamos cada una de estas técnicas. (1)

Identificar funciones

Aunque anteriormente ya se ha indicado, la función de un producto (con esta palabra abarcamos cualquier elemento analizable), es el uso práctico que se espera o el valor de apreciación que representa. Dicho de otra forma lo que hace que el producto se venda o funcione.

Una consideración importante respecto de las funciones secundarias.

(1) Tomado de L'Analyse de la Valeur - Claude Jevineau

- Función básica es la descripción de la función que se adapta al propósito específico para el cual se ha diseñado y construido el artículo.
- Función secundaria es la que hace que el producto tenga otras ventajas que complementan la función básica o hacen que se venda mejor.

El conjunto de las funciones básicas constituye la definición comercial del producto.

Determinación de los costes

Para el Análisis del Valor, el poder disponer de una descomposición de costes de los elementos que forman un dispositivo o de las distintas fases que comprenden la fabricación de una pieza es tan importante como los ensayos o pruebas a que puede someterse un dispositivo desde el punto de vista del rendimiento.

El coste de un producto se compone de los gastos realizados para obtener ese producto (coste de fabricación) más los gastos de venta del usuario o el intermediario (costes de distribución o venta).

De los primeros, los que están ligados a la realización del producto se denominan costes directos y pueden obtenerse fácilmente (materiales, mano de obra con cargas sociales, gastos llamados proporcionales que están ligados directamente a la producción, como consumo de fluidos). Pero en cambio, lo que se refiere a gastos de estructura o generales es más difícil. Si se trata de una empresa o taller que fabrica un sólo producto el problema sería sencillo, pero si fabrica varios productos para conocer los costes hay que recurrir a los repartos de gastos y esto es más problemático.

Valorar las tolerancias

Las tolerancias se definen donde y cuando se precisan para obtener el ajuste necesario para permitir un montaje esencial. Sin embargo, las tolerancias dimensionales o el estado de la superficie, son a veces excesivas puesto que:

- Las tolerancias muy estrechas proporciona con facilidad una seguridad al proyectista.
- Se asocia intuitivamente las tolerancias estrechas a la calidad del producto.
- Las tolerancias se escogen frecuentemente por estimación y por tanto, pueden ajustarse más o menos según la experiencia y el temperamento del responsable.

Todas estas razones pueden influir en que se señalan tolerancias innecesariamente estrechas.

Para cada tolerancia que se especifica deben hacerse las preguntas que se indican a continuación para realizar un análisis básico del valor:

- ¿Qué función proporciona?
- ¿Cuánto cuesta?

El coste de obtención de una tolerancia de un determinado nivel, será el mejor freno para la elección rápida de tolerancias estrecha y costosas de respetar.

La busca de ideas

En el mecanismo del pensamiento existen dos componentes:

- El juicio que analiza, compara y escoge
- La capacidad creadora que examina, prevee y hace nacer las ideas.

Por término medio el juicio se desarrolla con la edad y también contribuye a él la educación, por otra parte la capacidad creadora disminuye con la edad en aquellos que no la desarrollan conscientemente.

El Brainstorming es uno de los medios utilizados en el Análisis del Valor para la obtención de ideas.

Podría decirse que es un método colectivo de busca de ideas en el cual los miembros de un grupo limitado tienen la misión de proporcionar sin discusión ni crítica todas las ideas que pueden solucionar un problema que se les plantea.

El método de Caborn o de libre asociación de ideas es el método básico del cual se han derivado los otros métodos, abarca tres fases:

- a) Análisis del problema y preparación del estudio.
- b) Busca colectiva de ideas
- c) depuración y selección de ideas

a) Análisis del problema y preparación del estudio.- Es preciso definir al problema, su naturaleza y sus límites. Pero los límites de la explotación de las ideas las conoce el animador pero no el grupo, con el fin de no limitar la facultad de invención de éste.

La elección de los participantes es también importante. Su número estará comprendido entre 6 y 12. El grupo será heterogéneo desde el punto de vista de las especiali -

dades, de los caracteres, lo que favorece las asociaciones de ideas.

b) La busca de ideas.- Durante la reunión los participantes deben respetar las cuatro reglas siguientes:

- Expresar todas las ideas sugeridas por el problema planteado
- Eliminar la crítica tanto de las ideas propias como de las de los demás.
- Inspirarse en las ideas de otros.
- Buscar la cantidad de ideas y no la calidad.

c) Depuración y selección de las ideas presentadas.- Después de la reunión el animador prepara un informe en el que señalará los nombres de los participantes, la fecha y duración de la sesión, el nombre del animador y el número de ideas aportadas. En el informe también se hará una lista con todas las ideas aportadas. La depuración de las ideas se realizará posteriormente en una reunión del animador con la dirección de la empresa del servicio interesados o en el mismo grupo.

El método de las listas de comprobación.- Este procedimiento se emplea cuando en la fase de buscar ideas ya no surgen espontáneamente más ideas y se han agotado las orientaciones propuestas por el animador.

Las listas de comprobación son unos cuestionarios establecidos previamente que reúnen las preguntas que se deben plantear a propósito de un conjunto de un subconjunto o de una pieza elemental en un estudio del análisis del valor.

Los productos competidores

Este es un tema del que en general no se suele tratar, sin embargo lo cierto es que el estudio de los productos semejantes de la competencia permiten evaluar el producto estudiado desde los puntos de vista de diseño, ejecución y precio. Indudablemente este estudio proporciona una gran cantidad de ideas sobre el artículo estudiado.

Si se trata de analizar un determinado artículo para diseñarlo y posteriormente construirlo la realidad es que el estudio no será completo si no se conocen las soluciones adoptadas por los artículo competidores.

Utilizar el conocimiento de los proveedores

Una empresa por pequeña que sea, tiene acceso a cientos de analistas del valor en potencia, estos son sus proveedores. El proveedor evidentemente, sabe más de los artículos que fabrica que lo que podamos saber en la empresa usuaria. La cuestión es, ¿Cómo se puede lograr que estos conocimientos trabajen a favor nuestro?.

La mejor forma de que los proveedores presten ayuda en este sentido es darles incentivos.

Existen otros procedimientos que pueden usarse para estimular el interés de los proveedores, tales como:

- Exhibiciones: Poner un grupo de piezas en una vitrina en la recepción de proveedores.
- Visitas a la fábrica: algunas empresas tienen establecidos con frecuencia no muy grandes "días de vendedores".

- Sesiones de análisis del valor: Si se tienen reuniones de este tipo o de revisión de costes, se puede pedir a algún suministrador que asista a una parte de la reunión.

Emplear productos normales

Si nos atenemos exactamente a los cálculos, el diseño ideal de un componente o producto es único. Esto daría lugar a tener que fabricar la pieza especialmente, puesto que es difícil que haya coincidido con la necesidad de otros.

Por otra parte es indudable que los productos que un fabricante hace como normales, al poderlos fabricar en cantidad y siendo esos mismos productos su especialidad, puesto que conoce bien la tecnología, los logrará hacer con costes bajos, lo que puesto en términos del análisis del valor quiere decir que esos productos tendrían un valor alto.

Este hecho lo conocen en las oficinas de estudios y tratan de incorporar todos los productos normales que conocen.

Métodos de introducción

Para introducir el Análisis de valores en una empresa, no acostumbra a dar buen resultado, decir "Vamos a revisar todas las piezas y a estudiar su economía", pues esto daría lugar a inconvenientes psicológicos muy graves y una gran oposición de los elementos que pueden sentirse menoscabados en su dignidad profesional.

Por todo ello, es mejor proceder por de pronto sin criticar nada, ya que no es el caso la crítica de nadie e introducir poco a poco el análisis de valores ob -

servando el balance de las mejoras obtenidas, sin hablar del sistema que se sigue, mas que por lo que respecta a su aplicación a cada caso particular.

Así pues, cada vez que el Servicio de Compras observe algo, deberá actuar sobre los proveedores mediante consulta y luego sobre los servicios de la fábrica poniendo de manifiesto sus observaciones. Conseguida en forma suave la colaboración de todos, procederá al desarrollo del análisis de valores en forma que no se critique nunca al Servicio Técnico, sino por el contrario facilitarle por cada mejora conseguida y otorgándole completamente el beneficio moral de las mismas.

Este procedimiento progresivo, permitirá al mismo tiempo ir formándose en este cometido al Servicio de Compras y habituando a los métodos nuevos al resto de la Fábrica y a los proveedores. Así se se puede ir creando un balance de economía evitando asimismo puedan achacarse fracasos al Servicio de Compras, ya que oficialmente no sigue ningún método establecido.

De esta forma procede CHANTIER NAVAL COCKWILL DUGREE.

El equipo operacional no debe ser fijo, sino que variará según el material en estudio, ya que según sea el mismo variarán las personas más aptas.

Implantación de la técnica de Análisis del Valor

Las actitudes

En la aplicación del Análisis del Valor son las personas que logran la diferencia entre el éxito o el fracaso.

Para conseguir los resultados apetecidos en un programa de Análisis del Valor hay que concentrarse en las personas.

La función de una pieza o un componente puede aislarse y estudiarse, pero no es tan sencillo cuando hay que tratar con la persona que hay detrás de la función. No se puede especificar un cambio y esperar que los demás cambien la forma en que han estado haciendo las cosas, es necesario aportar para ello la motivación adecuada.

Para ello hay tres caminos:

- Dar crédito a otros por los ahorros en Análisis del Valor.
- Conseguir el apoyo de los otros departamentos en el Análisis del Valor.
- Mantener una actitud de comparación, un deseo de ayudar a los otros departamentos en sus problemas.

La idea básica es mostrar a los demás lo que puede hacer el Análisis del Valor por ellos, no para el propio grupo de Análisis del Valor.

El plan de Análisis de Valor

Después de lo que se ha visto anteriormente, procederemos a establecer un programa de análisis de valor en forma organizada, que incluirá los puntos siguientes:

- Casos con los que puede iniciarse el programa.
- Personas necesarias
- Formación precisa para las mencionadas personas
- Condiciones respecto de tiempo, posición, autoridad, medios, acceso a la información, etc.
- Previsión del coste del Programa.

En algunos casos puede ser eficaz que la dirección del programa, su iniciación y la formación de las personas que han de tomar parte, sea realizado por un Consultor del exterior de la Empresa.(1)

(1) De un estudio de 125 proyectos de análisis de valor, la "American Ordinance Association" señala que además de la reducción de costes se consiguieron los siguientes beneficios:
76% de reducción de tiempos
39% de reducción de peso
90% de mejora en facilidad de producción
21% de mejora de funcionamiento
38% de mejora en calidad
46% de mejora de seguridad de funcionamiento
40% de mejora en facilidad de mantenimiento

Análisis de los valores susceptibles de hacer evolucionar la tendencia de un mercado

Para practicar dicho análisis precisa establecerse una lista de estos factores, que son por ejemplo:

A) Evolución de la producción de la rama industrial correspondiente.

Así por ejemplo, en Francia existe un programa especial de inversión estatal, para la producción de energía eléctrica para lograr un incremento de un 15% anual. Las industrias eléctricas en general - preveen pues un aumento de consumo proporcionado, o sea de un 15%.

B) Evolución de la publicidad. Las mayores inversiones en publicidad, darán lógicamente, en caso de efectuarse racionalmente, un aumento de ventas.

C) Evolución de la política de venta, que influirá en la evolución de los pedidos, reducción de precios y el aumento de mercado por aumento de sectores de - venta.

D) Evolución de la exportación de la competencia. El conocimiento de la distinta orientación que va a dar a sus productos la competencia, nos dará una idea de la parte del mercado que quedará más libre y por consiguiente nos indicará por donde podemos mejorar nuestras ventas.

Una vez establecidos estos valores para el caso particular de que se trate, tendrá que estudiarse la influencia conjunta de todos ellos sobre la tendencia.

"El productor debe conocer su curva de venta del modo más perfecto y exacto como sea posible".(1)

En líneas generales, se puede establecer un gráfico universal, de tendencias que puede verse en la figura 6 en la que se indican las fases sucesivas de la vida de un producto:

- Una fase inicial de gran incremento
- Una fase intermedia de marcha hacia la estabilización.
- Una fase estable en donde la curva tiene poca inclinación y ésta es debida principalmente al aumento global de poder de compra - del mercado determinado por aumento de la población o mejora de nivel de vida.
- Una fase final de desuso por no tener utilidad o por haber aparecido otro producto mejor.

Algunas veces el descubrimiento de una nueva propiedad de un producto que se encuentra en fase ya avanzada de desarrollo, origina un nuevo impulso, originándose en cierto modo una nueva fase inicial. Esto acontece por ejemplo en la actualidad con las industrias del vidrio y de la madera.

Pues como afirma López Moreno "Las influencias recíprocas entre la empresa y el medio es uno de los grandes ejes para asegurar la lógica en el comportamiento de decisiones". (2)

(1) Berlanga, M. "Economía de la Empresa". Pág. 51

(2) López Moreno, M-J. "El problema conceptual de la Economía de la Empresa. Perspectivas en materia de decisiones". B.E.E. nº 84. Dic. 1971. Pág. 889

En este gráfico, se indica la situación en la curva de las industrias norteamericanas y podemos asimismo aprovecharla para Europa, teniendo presente que por regla general las industrias en Europa, están tanto más atrasadas en la curva respecto a la posición que ocupa en Norteamérica, cuanto más atrasado está el desarrollo industrial de cada país.

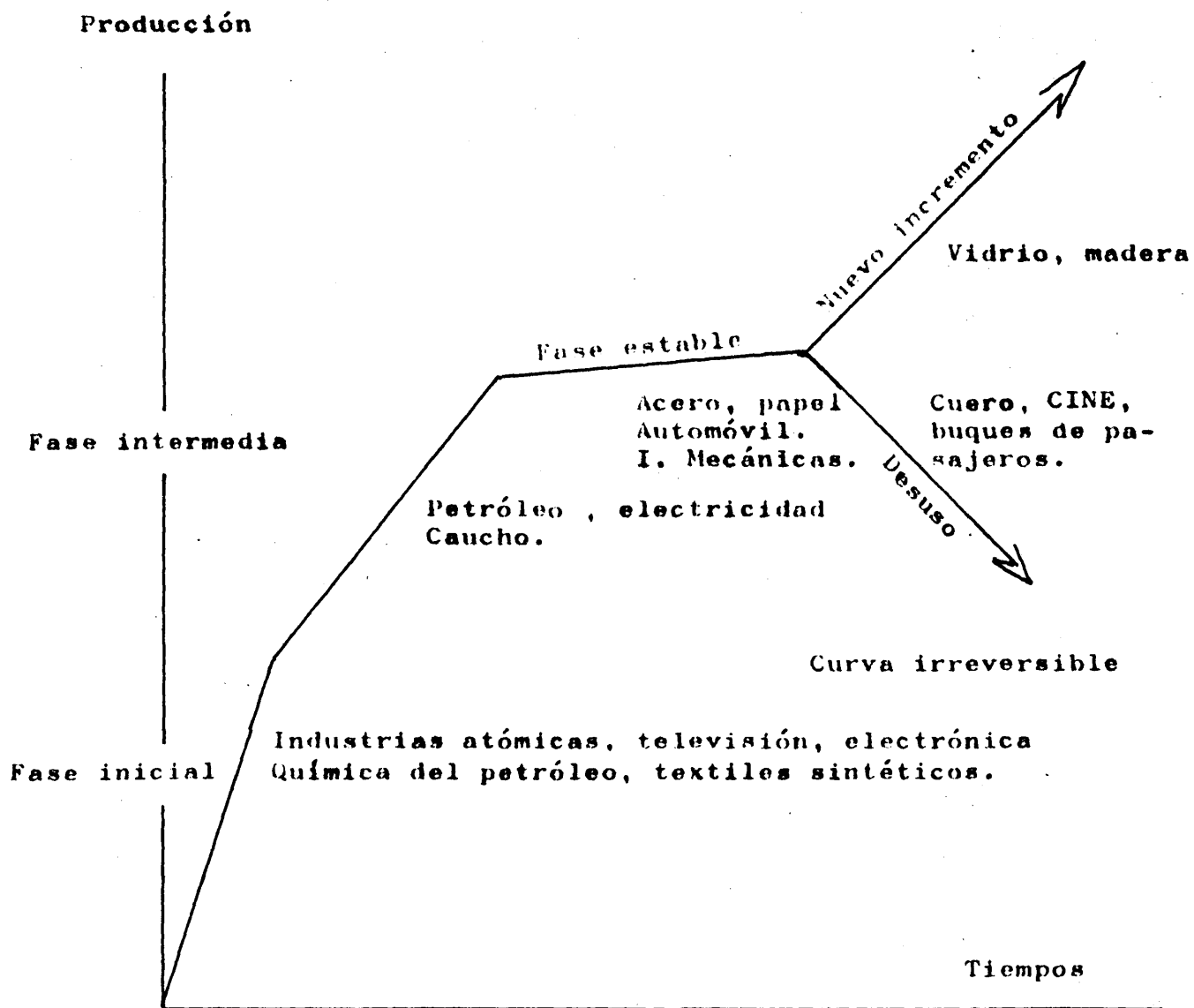


FIGURA 6.

SITUACIÓN EN U.S.A. DE DIVERSAS INDUSTRIAS,
 SOBRE LA CURVA GENERAL DE TENDENCIAS.

(Instituto Nacional de Racionalización del Trabajo
 "Curso de Control de almacenes")

SEGUNDA PARTE

PLANIFICACION DE LA GESTION DE STOCKS

PLANIFICACION DE LA GESTION DE STOCKS.

CAPITULO I

BASES INICIALES PARA EL ESTUDIO DE LA GESTION DE STOCKS	Pág.	86
Empleo de las probabilidades subjetivas.- Concepto de gestión de Stocks	Pág.	88
Programas	Pág.	101
Clasificación de los Stocks	Pág.	128

CAPITULO II

TECNICAS DE GESTION DE STOCKS EN HIPOTESIS DE UNA ECONOMIA EXENTA DE INCERTIDUMBRE	Pág.	142
Cálculo del lote más económico e intervalo más conveniente	Pág.	143
Cálculo del margen de seguridad	Pág.	178
Programación de la producción por gestión de Stocks	Pág.	213
Necesidad de simplificar la aplicación de la gestión de Stocks	Pág.	225

CAPITULO III

LOS FACTORES ALEATORIOS EN LA GESTION DE STOCKS	Pág. 233
Demanda aleatoria	Pág. 236

CAPITULO IV

LA TEORIA DE STOCKS Y LA INVESTIGACION OPERATIVA	Pág. 258
Soluciones mediante programación lineal ..	Pág. 265
Aplicación de la teoría de líneas de espera o colas	Pág. 272

En general, un Stock bien alimentado por unas entradas, o input, se va reduciendo con las salidas, o output, de los productos almacenados, con la limitación de almacenaje correspondiente.

La naturaleza cierta o aleatoria de los precios y cantidades, la naturaleza de las cargas y costes a soportar por razón de almacenamiento, hacen que la gestión de stocks sea un problema sumamente complejo que plantea al empresario la ineludible necesidad de tomar decisiones en cuanto a cantidades, plazos de aprovisionamiento, etc., que constituyen una parcela importante de la actividad empresarial.

Cabe pues hablar de una política de gestión de stocks, de la que vamos a exponer brevemente las bases en que debe apoyarse.

La ciencia económica, en general, es una ciencia de decisiones y, la Economía de Empresa en particular tiene como objeto principal el estudio de las decisiones empresariales. Decisiones que se han de tomar ante circunstancias y hechos que, a su vez, producirán nuevas circunstancias a consecuencia de los cuales la empresa alcanzará unos resultados económicos.

"La información no le viene dada a la empresa sino que ha de procurársela, pues las alternativas de actuación se investigan y descubren secuencialmente. Por otra parte, el orden en que se investigue el entorno determinará, en gran medida, las decisiones a tomar."(1)

La certeza solo es conocida en tiempo pasado, mientras que la empresa actúa para el futuro y encuadrada en un contexto económico en el que, generalmente, no solo puede influir, sino que ni siquiera conoce las múltiples decisiones que otros

(1) Ubaldo Nieto. "La rentabilidad como criterio de la inversión". Ed. Bolsa de Madrid. 1974

sujetos económicos adoptan a la vez que ella y, por tanto, ha de moverse en un ambiente de incertidumbre.

En el mejor de los casos puede enumerar y calcular los beneficios que la representan las distintas decisiones d_1, d_2, \dots que puede adoptar ante diferentes "estados del mundo económico" en sucesivos periodos de tiempo y por actualización de los resultados r_{ij} , ($j = 1, 2, \dots$) conocer el resultado correspondiente a la decisión d_i .

Este es el fundamento de la Teoría de Juegos (1), que presenta la dificultad de la enumeración de los posibles estados del mundo y la complejidad de estos mismos estados, que hacen difícil su completa descripción y sobre todo, la posibilidad dudosa en muchos casos de poder atribuir en cada uno un coeficiente de valoración de su posibilidad de realización, esto es, de una probabilidad que permita eliminar el grado de incertidumbre de los diversos estados E_1, E_2, \dots para reducir los resultados inciertos, $r_{1,1}, r_{1,2}, \dots$ de la decisión d_1 , a unos valores $\alpha_1 r_{1,1}, \alpha_2 r_{1,2}, \dots, \alpha_i r_{i,j}$ que debidamente actualizados constituyan la esperanza matemática o valor probable actual:

$$R_i = \alpha_1 v r_{1,1} + \alpha_2 v^2 r_{1,2} + \dots + \alpha_i v^i r_{i,i}$$

del resultado de la decisión d_i , y resuelvan con ello el problema de preferir la decisión d_i a la d_j si es $R_i > R_j$

"Si cada decisión puede conducir a resultados diversos con ley de probabilidades conocida, decimos que el ambiente es aleatorio".(2)

La dificultad apuntada quedaría salvada cuando a los posibles estados del mundo E_1, E_2, \dots puedan serles atribuidas unas probabilidades objetivas bien determinadas; el cálculo de la esperanza matemática como estimación del resulta-

(1) Mc. Closkey y Trefethen, "Introduction a la Recherche Operationelle" Ed. Dunod. Pág. 7 y siguientes.

(2) E. Prieto. "Teoría de la inversión". Ed. Biblioteca de Ciencias Económicas. Pág. 143.

do de una decisión es correcto, cumpliéndose la ley de los grandes números. Es el caso de muchas empresas, entre ellas, las compañías de seguros.

Como no puede establecerse un sistema de probabilidades objetivas, será preciso recurrir a las probabilidades subjetivas, pues, prescindiendo de las dificultades de orden teórico que presente su utilización, hay un hecho incuestionable: la empresa ha de tomar una u otra decisión, con mayor o menor fundamento de causa.

Indudablemente solo hay lugar a considerar una economía de incertidumbre, esto es, una economía aleatoria; no obstante, por múltiples razones es posible considerar, en muchos casos, los sucesivos estados del mundo como ciertos, esto es, considerar un porvenir perfectamente conocido, y hablaremos entonces de una economía cierta.

Es una hipótesis aceptable, en modo particular si la certeza se considera que afecta a un plazo de tiempo relativamente corto, como es el caso de la gestión de stocks, y la decisión o decisiones a tomar no pretenda optimizar resultados que se extiendan a un lapso de tiempo mayor.

Otras simplificaciones que se introducirán tanto en economía cierta como en economía aleatoria, es la reducción del que se ha llamado con un carácter muy general "estados del mundo", a la sucesión de valores ciertos o aleatorios de una sola variable, la cual es por ejemplo la demanda de un producto, expresada para un periodo $0, T$, por una ley del tipo en economía cierta, o por una ley de probabilidad válida para el periodo $0T$, $f(y)$, de tal modo que $f(y)dy$, es la probabilidad de que la demanda alcance precisamente el valor y .

Empleo de probabilidades subjetivas

En la actividad empresarial, frecuentemente no se dispone de series estadísticas que permitan, atribuir a los acontecimientos una probabilidad objetiva, pero a causa de unas

ciertas informaciones H, atribuimos a varios acontecimientos distintos grados de verosimilitud.

La probabilidad subjetiva es una noción precisa de esa verosimilitud, y en términos de De Finetti (1) "Una noción es una palabra desprovista de sentido hasta tanto se pueda comprobar prácticamente un enunciado en que esta noción intervenga".

La probabilidad p . de un acontecimiento único E, la definiremos por las condiciones del cambio que estamos dispuestos a aceptar según que se verifique o no el acontecimiento E, lo cual obliga a considerar los resultados del cambio en cuestión por su utilidad, concepto general que nos proporciona la realización del acontecimiento a la desutilización que implica su no realización.

Con ello queremos decir, que si una empresa, ante un acontecimiento A, tiene opción a tomar decisiones d_1 ó la d_2 , que estima que reportarán los beneficios b_1 ó b_2 , según se cumplan los condicionamientos de la primera o segunda decisión, y, tomando la d_1 , que se cumple, ganará b_1 , pero si la que se cumple es la d_2 , perderá los beneficios b_2 .

La utilidad que se obtiene en caso de acertar con la decisión d_1 será b_1 , mientras que la desutilidad, en caso contrario, será b_2 . La probabilidad subjetiva del acontecimiento con la decisión d_1 , la definiremos como p , para la cual

$$b_1 p = b_2 (1-p), \text{ de donde } p = \frac{b_2}{b_1 + b_2}$$

Otra empresa que, tomando ante el mismo acontecimiento, la misma decisión d_1 ha estimado sus beneficios en b_1 y b_3 , respectivamente, se conduce a pensar que

$$b_1 p = b_3 (1-p) \text{ de donde } p = \frac{b_3}{b_1 + b_3}$$

(1) De Finetti. "La previsión, ses lois logiques, ses sources subjectives". Annales de l'Institut Henri Poincaré, Núm. VII
Cap. VI.

es decir, su utilidad b_1 en caso de acierto equivale a la desutilidad b_3 en caso de desacierto. Su probabilidad subjetiva $\frac{b_3}{b_1 + b_3}$ es diferente a la de la primera empresa. (1)

La discrepancia puede obedecer a diferencia entre las informaciones de su aprovechamiento por cada una de las empresas, pero también puede suceder, y ésto es más importante, que las empresas tengan funciones de utilidad diferentes. Ello nos lleva a utilizar el criterio de comparación de utilidades, en lugar de resultados económicos, lo cual supone introducir en la noción de probabilidad consideraciones de tipo psicológico. Pues como dice Fernández Pirla "La adopción de decisiones es función no sólo de las expectativas elaboradas, sino de la actitud mental del sujeto." (2)

Para una empresa parece que la utilidad ha de ser expresada en dinero, pero no la exime de tener que considerar otros aspectos, además de la maximización de beneficios, para la adopción de sus decisiones. La probabilidad de una pérdida tan grande que pudiera ser causa de la ruina de la empresa, le haría rechazar las decisiones que pudieran conducirla a tal situación en caso de no acertar; la decisión que adoptase indicaría un término medio entre el beneficio probable y la probabilidad de ruina, eligiendo aquella posibilidad suya que le ofrece una media aritmética más elevada (3).

En particular, en orden a la gestión de stocks, la política óptima a seguir ha de tener en cuenta la posibilidad de "rotura de stocks" y las consecuencias de este hecho, que serían costes por rotura de stocks, en definitiva pérdidas.

(1) Mongenstern y Newman, "Theory of games and Economic Behaviour" Mad Graw-Hill 1952, Pág. 143

(2) Fernández Pirla. "Economía y Gestión de la Empresa". Ed. Biblioteca de Ciencias Comerciales, 1972. Pág. 42.

(3) Kaufman. "Les jeux d'entreprise" 1960. Pág. 28

La evolución del Cálculo de Probabilidades es consecuencia de un continuo elaborar de reglas de comportamiento, complementadas con definiciones indirectas. Bernouilli definió las utilidades, supuestas las posibilidades conocidas; Bayés define las probabilidades partiendo del principio de que las utilidades vienen medidas por dinero; Ramsey, en una posición de síntesis de ambos puntos de vista, muestra que las decisiones son consecuencia de una función de utilidad y una estimación de probabilidad.

"Sea A el conjunto de los resultados posibles de las decisiones del sujeto económico y sea a_{ij} ($i=1,2,\dots,m$; $j=1,2,\dots,n$) el elemento de a asociado con el i -ésimo estado del mundo, y la j -ésima decisión del sujeto. Si el sujeto se comporta "como es preciso", existe un conjunto único de números p_i no negativo y la suma $\sum p_i$, y una función numérica $u(a_{ij})=M_{ij}$ tales que una decisión, la j -ésima, es preferente a la otra, la k -ésima, solamente si

$$\sum_{i=1}^m p_i \cdot M_{i,j} > \sum_{i=1}^m p_i \cdot M_{i,k}$$

Los números p_i reciben el nombre de probabilidades subjetivas; la función u es la función de utilidad. Las sumas que figuran en ambos miembros de la desigualdad de esperanzas de utilidades asociadas respectivamente con la j -ésima y la k -ésima decisión".

En la práctica las probabilidades subjetivas pueden determinarse como hemos expuesto antes y la aplicación de la regla de Ramsey nos permite precisar la función de utilidad.

Los estudios en esta materia tienen planteadas dos cuestiones primordiales:

- Hasta que punto siguen las probabilidades subjetivas las reglas de cálculo de probabilidades.
- La eficacia de un determinado sistema de probabilidades subjetivas.

En cuanto a la primera cuestión, un sistema de probabilidades subjetivas que no siga los teoremas fundamentales, resultará incoherente. Ello implicaría una situación de pérdida segura a quien lo utilizara, incluso antes de la entrada de lo aleatorio en lo conocido.

En cuanto a la eficacia de un sistema de probabilidades, es decir, si puede proporcionarnos previsiones de resultados de observaciones posteriores a partir de los resultados de observaciones iniciales, el sistema depende de la información disponible de tal forma que a través de sucesivas etapas, tal información nos hace ir modificando las apreciaciones de probabilidades subjetivas hasta reducir los sistemas diferentes a uno solo, una vez que tal información, definitivamente prolongada, hace desaparecer la huella del subjetivismo inicial.

El análisis Bayesano es un método lógico que, utilizando el teorema de Bayes, "permite cambiar las probabilidades a priori o subjetivas" con la información "experimental" u "objetiva", obteniendo así las probabilidades "revisadas" o "a posteriori" (1)

De modo absoluto solamente en el límite es eliminada la subjetividad inicial; cuanto más prolonguemos la información - objeto de estudio, mayor grado de objetividad seguirá alcanzando nuestra apreciación de las probabilidades.

En la gestión de stocks, rara vez se presenta el caso de tener que apreciar un mayor o menor grado de verosimilitud de los estados del mundo. Por ello la empresa dispone, bien de un sistema de probabilidades objetivas en orden a los estados futuros del mundo, o bien de un buen sistema de probabilidades subjetivas que siga la reglas de cálculo de probabilidades y entonces el criterio de gestión, o criterio de decisión de la empresa, será la maximización de las utilidades probables, o lo que

(1) A.S. Suárez.- "Investigación operativa y Economía de la Empresa". B.E.E. nº 84. Pág. 952

es lo mismo, la esperanza matemática de unas utilidades adecuadamente definidas a base de las citadas probabilidades, bajo unos condicionamientos con limitación que hagan referencia a una minimización del riesgo, la probabilidad de la rotura de stocks.

Pues como dice Berlanga "La empresa se encuentra dedicada a elevar al máximo sus rendimientos, no a reducir al mínimo sus costes". (1)

Las utilidades probables se reducen a cantidades convenientes, expresadas en dinero, mediante un margen de seguridad de stock con objeto de satisfacer las limitaciones indicadas. En el caso de manejar probabilidades objetivas, el mismo cálculo de probabilidades nos muestra normas para fijar su cuantía.

Cuando se emplean probabilidades subjetivas, el margen de seguridad de stocks, debe ser tanto más importante cuanto mayor sea la distancia de las condiciones del problema en estudio, para satisfacer la ley de grandes números y cuanto menos objetiva sea la apreciación de las probabilidades considerada.

Todo ello puede ser válido dentro de una teoría general de decisión empresarial, pues como dice Vegas, "La teoría de la decisión tiene carácter normativo, por lo que fundamentalmente trata de especificar los resultados que se siguen de realizar una u otra decisión". (2)

Desde el punto de vista de la gestión de stocks, el número de periodos a que afectan las decisiones a adoptar es casi siempre indefinido, pues como veremos más adelante trata de un problema de decisión secuencial y "la elección entre varias alternativas tiene que ser racional y no intuitiva, exigiendo dicha elección un tratamiento científico". (3)

(1) M. Berlanga Barga. "Economía de la Empresa" Ed. B.C.F. Pág. 87

(2) A. Vegas. "Alienación y decisión económica". B.E.E. nº 84 Diciembre de 1971. Pág. 852

(3) A.S. Suárez "Investigación Operativa y Economía de la Empresa". B.E.E. nº 84 Diciembre de 1971. Pág. 942

En cuanto a las probabilidades a utilizar, dado que se refieren a la demanda de productos en stocks, plazos de entrega, nivel de precios,.... pueden, en muchos casos, ser estimadas con un alto grado de subjetividad, pues como dice Ackoff, "Para construir un modelo adecuado de decisión, deben manejarse muchas decisiones tácticas rutinarias, especialmente en compras, producción y distribución". (1)

Concepto de gestión de stocks

Entendemos por gestión de stocks, en un sentido amplio, la serie de técnicas que permiten administrar racionalmente los inventarios, en el sentido de que "un control minucioso de los materiales y suministros proporciona una información que puede servir de base para comprobar y eliminar acontecimientos desfavorables". (2)

Excepto en casos de fabricación o compra de ciertos artículos por una sola vez, puede decirse que será preciso siempre poseer "stocks" de cada producto comprado, ya que nunca podrán llegar a la empresa uno a uno, al mismo ritmo que se les precisa. Siempre dispondremos de ellos en lotes.

Análogamente si una empresa industrial fabrica piezas y submontajes, en lugar de proceder a su compra, el resultado será similar, "siempre necesitará almacenar aquellos, ya que la producción se hará de modo continuo o intermitente, por lotes, pero nunca al mismo ritmo que esos elementos se necesitarán en la cadena de montaje" (3)

(1) Russell L. Ackoff. "Un concepto de planeación de empresas" Ed. Limusa Wiley - México. Pág. 92 y siguientes

(2) T. Lang. "Manual del Contador de Costes". Ed. U.T.E.H.A. pág. 675 y siguientes

(3) Mario E. Bertolotti "Programación Lineal de la producción sin stocks intermedios". Cuadernos de estadística. Vol. 3. 1956 Pág. 132 a 136.

También la gestión de stocks tiene que ver con los productos acabados. Muchas veces este punto es muy importante, ya que los bienes terminados tienen un valor más elevado que las materias primas. Cosa similar ocurre con los productos en proceso de fabricación.

La mayor parte de las veces una empresa de distribución tiene como primordial problema el de distribución de productos terminados, que le son facilitados por sus correspondientes proveedores; tal vez posea igualmente repuestos para los artículos que vende. Por esta razón, el caso de una empresa industrial es más complicado desde el punto de vista de la gestión de stocks, aún cuando es evidente que, conocida la función demanda para los productos acabados, será relativamente sencillo el desglosar estos en sus partes correspondientes y ver las necesidades futuras de materiales, piezas, conjuntos y subconjuntos. Por ello, salvo excepcionalmente, en lo que sigue centraremos el problema en artículos que pueden estar situados en cualquiera de las fases antedichas.

La proyección de los inventarios totales de varias empresas americanas, con respecto al activo, se dan en la tabla que se expone a continuación, al objeto de demostrar el importante papel que puede suponer la reducción del nivel medio de los stocks (1)

<u>Compañía</u>	<u>Activo</u>	<u>Inventario</u>	<u>Ventas</u>	<u>100xInventario Activo</u>
The National Cash Register Co.	270	100	250	37
Good Year Tire & Rubber Co.	1000	350	1500	35
Singer Co.	582	182	525	31
Inland Steel Co.	770	120	747	16

(Año 1960, millones de dólares)

(1) T. Lang "Manual del Contador de Costes". Ed. U.T.E.H.A.

En general, los objetivos de la gestión de stocks pueden resumirse como sigue:

1. Poder atender la demanda
2. No tener una cantidad excesiva en stocks
3. No verse precisados a efectuar demasiados pedidos, ya que éstos representan otro coste más.

Poseer, por ejemplo, gran cantidad de productos terminados en inventario significa que podrá darse un buen servicio a clientes. Sin embargo, grandes stocks son costosos, a veces demasiado para soportarlos. Es preciso mantenerlos bajos aún cuando ocasionalmente nos encontremos con niveles prácticamente nulos.

Existen, en esencia, dos filosofías sobre la gestión de stocks. La primera consiste en suponer que lo que se ha utilizado con anterioridad seguirá necesitándose en el futuro, más o menos en la misma magnitud. La segunda teoría preconiza el cálculo detallado de lo que se necesitará para fabricar los productos que se planea terminar, y seguidamente obtener los suministros precisos para determinar, y atender las necesidades que se prevean. Una serie de procedimientos variados existen entre ambas formas de atacar el problema.

Si se adopta la segunda postura, será necesario deducir previamente qué elementos se precisan, cuándo y cuánto tiempo se tardará en conseguirlos. También se decidirá cuáles deben ser los límites superior e inferior del stock. Una vez determinados estos límites, y conociendo la utilización y el suministro actual, se procederá a establecer las cantidades a pedir.

Podría comenzarse el proceso determinando qué materiales necesitamos. En una empresa industrial será preciso observar el programa de fabricación de productos terminados. Así se determinarán las cantidades necesarias de cada pieza, conjunto,

etc. A continuación observaremos cuantas unidades de cada elemento tenemos ya en inventario o en pedido. Tras esta última comprobación, sabremos cuantas unidades precisamos.

Sin embargo, no es conveniente adelantarse y comprar o fabricar estos artículos, ya que es importante prestar atención antes a condiciones económicas. A veces puede - llegar a cambiarse la cantidad establecida, al observar - ciertos descuentos o mejores condiciones para lotes mayores.

Ocurrirá posiblemente lo que sigue: Control de Producción pedirá a Compras la adquisición de la cantidad precisa. Compras sabe si esta cantidad puede conseguirse a los precios más bajos. Si fuera necesario un ajuste de esas cantidades para obtener precios inferiores, el departamento de Compras preguntará al departamento de Producción si puede revisar la cantidad establecida. Este es el momento en que el órgano encargado de la Gestión de Stocks debe ponderar el incremento de costes de almacenamiento y compararlo con la disminución por precios más bajos.

Para artículos que hayan de ser fabricados dentro de la misma empresa, se determinará igualmente de las hojas de ruta la clase de material y la cantidad necesaria por unidad del producto en pedido. Multiplicando la cantidad de cada artículo por la del material necesario, se obtendrá la cantidad de materia prima. El proceso a continuación será similar al expuesto anteriormente.

El control de inventarios y particularmente cuando se emplean métodos de máximo y mínimo, la consideración de plazos de entrega es muy importante. Servirá este factor para determinar el momento apropiado para efectuar el pedido de reposición.

En resumen, la gestión de stocks, expuesto en forma simple, consistirá en pasar los pedidos de materiales de tal forma que con un trabajo mínimo se consiga:

- Que no se produzcan roturas de stock, es decir, que siempre exista en almacén el material preciso.
- Que la cantidad almacenada sea la más económica.

Esta función se basará en las previsiones y las existencias, influyendo en cuanto a los métodos, el valor del consumo anual de la pieza y su naturaleza, y en cuanto a las cantidades el conocimiento de los lotes y cadencias más económicas, así como los plazos y demoras probables de la entrega.

Para lograr sus fines la gestión de stocks, ha de reaccionar convenientemente ante los desvios que pueden producirse entre las previsiones y las realidades, con gestiones de avance o demora en las entregas, de cambio de cantidades o escalonamiento de los pedidos.

En definitiva, se puede hablar de una Política de Gestión de Stocks dentro de la Política de Empresa.

La configuración de esta política de gestión de stocks presenta numerosas dificultades en las empresas, sobre las cuales Fabian Estapé dice "la causa de la ignorancia de una política de gestión de stocks en la industria, habría que buscarla en la legislación excesivamente proteccionista de la industria en todos sus aspectos" (1)

Las ideas de gestión de stocks expuestas hasta aquí, de forma sencilla, pueden ser puestas en práctica igualmente mediante aplicación de métodos sencillos, simplificados, y cálculos aritméticos.

(1) Fabian Estapé. "Ensayos sobre economía española". Ed. Ariel 1972. Págs. 219 a 284

La entrada progresiva de lo aleatorio en lo conocido le proporciona apreciables complementos de información. Pero "evidentemente, si en cada momento ha de considerarse las tendencias a largo plazo, tampoco podrá tomarse una decisión presente prescindiendo por completo de las referencias futuras" (1)

En definitiva los problemas de gestión de stocks, los encuadramos dentro de la política de empresa, son realmente un problema de elección de estrategia de la empresa, y en ayuda de su solución viene la matemática probabilística, como veremos seguidamente:

Partiendo de un stock inicial S_0 , para el cual tenemos determinado sus costes para el primero de los periodos considerados C_0 , así como un coste de reposición C_x , y una demanda D , aleatoria para la cual hemos estimado la probabilidad $f_i(D)$, el problema de la gestión de stocks se concreta en determinar el pedido de reposición P_1 al final del primer periodo. Esto es, se trata de una estrategia de relación funcional Y , tal que

$$P_1 = Y(S_0, C_0, C_x)$$

Consecuentemente llegaremos al final del primer periodo con un stock $S_1(P_1, D_1)$, que dependerá de la decisión adoptada al comienzo del periodo y del valor D_1 , efectivamente tomado por la variable aleatoria, la demanda durante el citado periodo primero.

Al comienzo del segundo periodo, dispondremos de la información constituida por el stock en ese momento, por los costes de dicho stock y el de reposición en este segundo periodo, que son los mismos vigentes en el anterior, y admitien

(1) E. Prieto. "Teoría de la Inversión". Ed. B.C.E. Pág. 167

do que la demanda D , responde a la probabilidad $f_2(D)$ durante dicho segundo periodo. La decisión a tomar al comienzo de este segundo periodo será

$$P_2 = Y [S_1 (P_1 \cdot D_1) \cdot c_0 \cdot c_x^2]$$

que nos llevará, una vez que la demanda pase del campo aleatorio al cierto, a un stock final $S_2(P_2 D_2)$; con los costes predeterminados y la función de la demanda $f_3(D)$ se calculará P_3 y así sucesivamente los restantes pedidos de reposición para los correspondientes periodos considerados.

Adoptar una estrategia es elegir la función f , que permita ir obteniendo la decisión de cada periodo en función de una información referente a los valores tomados por las distintas variantes en el pasado y de los valores que pueda tomar una o más variables causales para las que conocemos bien objetiva o bien subjetivamente una ley de distribución de probabilidad.

Así pues, "la utilidad de una perspectiva es la esperanza matemática de la utilidad de la perspectiva cierta".(1)

En términos generales, cuando en la función f se hallan incluidas todas las variables, tanto ciertas como aleatorias, representativas de todos los estados del mundo que suponemos por tanto enumerados y descritos, bien de modo cierto, bien en probabilidad, la estrategia Y , es una estrategia completa y representa una regla de gestión indicadora de la decisión a tomar en cada periodo.

Una consecuencia de la decisión adoptada es la de determinar la esperanza matemática del resultado del periodo considerado; se actualizan los resultados obtenidos y la suma de todos ellos determina la esperanza total correspondiente a la estrategia considerada.

(1) E. Prieto. "Teoría de la Inversión". Ed. B.C.E. Pág. 154

Una vez definidas las necesidades de aprovisionamiento, en su naturaleza y, en cierto modo, en cuanto a precios, ya que se ha visto como una calidad fija los límites en cuanto a precios, falta por abordar la última etapa del ciclo de aprovisionamiento en su vertiente interior de la empresa.

Es decir, de los artículos definidos en cuanto a su naturaleza, hay que determinar cuánto hay que comprar y en que fechas son necesarios. La respuesta a estas cuestiones las podemos encontrar por medio de los programas en general.

En definitiva, "las previsiones de distintas clases y periodos, han de quedar refundidos en un programa único, que sirva de directriz objetiva de la empresa". (1)

Así, para establecer un programa deberán seguirse las siguientes fases de desarrollo:

- El servicio Comercial, en base al informe de Marketing, y, de acuerdo con Dirección, elabora un proyecto de programa de acuerdo con la situación del mercado y con la opinión que a su juicio merece la capacidad de fabricación. "El vector de las existencias, conjuntamente con la materia tecnológica, define la capacidad limitada de la producción". (2)
- Los Servicios Técnicos y de Producción:
 - a) Traducen dicho proyecto a elementos de fabricación
 - Mano de obra
 - Máquinas, etc.

(1) Henri Fayol. "Administration industrielle et generale". Ed. Dunod 1956. Pág. 52 y siguientes.

(2) J.M. Fernández Pirla. "Economía y gestión de empresas". Pág. 160.

b) Establecen las necesidades de máquinas, utilajes, etc. que se derivan del estudio anterior y consideran las posibilidades existentes de poderlo llevar a cabo, a la escala de producción propuesta, que se define "como la coordinación particular de factores que es inalterable a través de un periodo dado de tiempo y cuyos costes no pueden ser evitados o reducidos."(1)

c) A la vista del estudio anterior, establece un segundo proyecto de programa que somete a la revisión y acuerdo por parte del Servicio Comercial y de la Dirección, sometiéndolo asimismo a Dirección el programa de necesidades especiales:

Maquinaria

Utilajes

Mano de obra, etc.

sobre cuyo establecimiento y posibilidad, se habrá puesto previamente de acuerdo con los Servicios de Aprovisionamiento y Personal.

- El Servicio de Aprovisionamiento:

a) Traduce a:

Piezas y

Materiales

el proyecto de programa que ha recibido de Servicio Técnico y Producción, ya de conformidad con Servicio Comercial y Dirección.

b) Establece las necesidades del Servicio para cumplimentar el programa estudiando las posibilidades de cumplimiento.

(1) Manuel Berlanga." Economía de la Empresa." Pág. 43

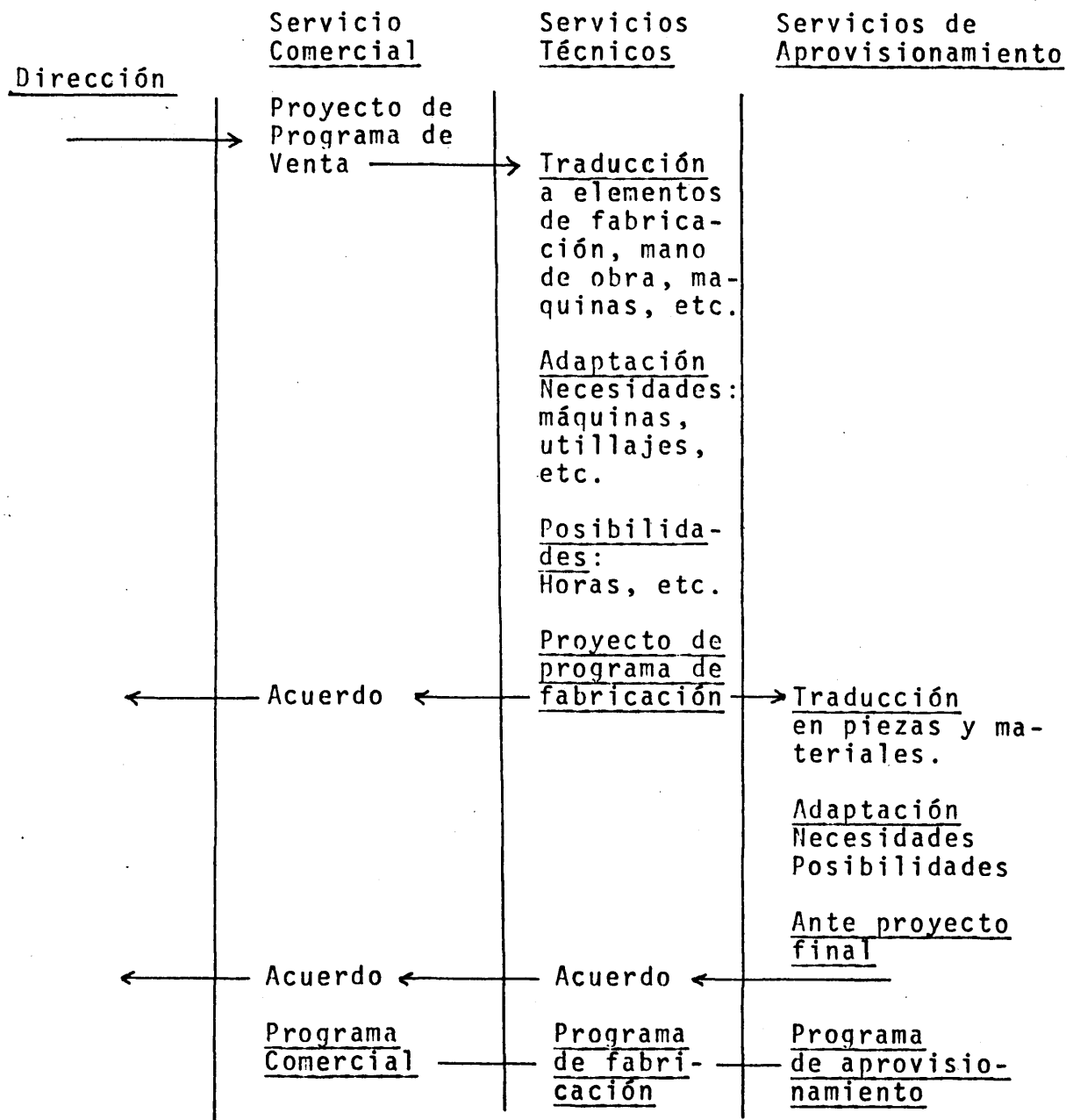
c) A base del estudio realizado, Aprovechamiento presentará a la conformidad de los Servicios Técnicos, Comercial y Dirección, un nuevo proyecto de programa adecuado a sus posibilidades y medios.

- Dirección, visto el proyecto de programa de Aprovechamiento, establece el programa general de la empresa, de acuerdo con el mismo o bien presenta un nuevo proyecto de programa que será sometido a los mismos pasos que el proyecto primitivo, hasta la consecución del programa preciso para la producción óptima que se dará cuando "el coste total de una cantidad de producción dada sea el mínimo, si, para ello, los factores productivos han sido contratados hasta aquel nivel en que la producción marginal, de la última peseta gastada, sea igual en todos sus usos". (1)

En el cuadro anexo, puede verse un esquema del desarrollo anteriormente explicado. Fig. 1

(1) Manuel Berlanga. "Economía de la Empresa". Pág. 56

DIAGRAMA DE ESTABLECIMIENTO DE UN PROGRAMA



PROGRAMA GENERAL DE LA EMPRESA

FIGURA 1

Elementos para la confección de un programa.

Entendiendo como Empresa "toda actividad humana ordenada a la utilización de recursos del carácter más diverso, para conseguir un fin determinado"(1), éste fin determinado, será en toda empresa industrial la - producción y posterior venta de sus productos.

Esta finalidad, consustancial a toda empresa, se desarrollará continuamente a lo largo de toda su vida, y "precisamente por ello, la previsión económica debe verse como un proceso continuado de aprehensión del futuro". (2)

Por ello, los criterios a seguir en el programa de producción, vienen dados por tomas de decisión secuenciales de los ejecutivos de la empresa, pues "la toma de decisiones es una actividad esencial de los ejecutivos" (3), y los criterios, en el momento de hacer el programa de la empresa, pueden resumirse como sigue:

- Los potenciales:

Comercial

de Fabricación y

de Aprovisionamiento

deben nivelarse a la capacidad correspondiente al mínimo potencial de los tres.

Así si el potencial de venta es limitado, debemos ajustar nuestra producción a su nivel, y si el nivel de fabricación es limitado, deberán limitarse los niveles Comercial y de Aprovechamiento mientras no aumenten los medios de fabricación.

(1) M. Berlanga. "economía de la Empresa". Pág. 14

(2) Colin Robinson. "Business forecasting" Ed. Nelson 1971
pág. 199

(3) Russell L. Ackoff. "Un concepto de planeación de empresas"
pág. 90

Análogamente en caso de limitación por lo que respecta a materiales, deberán reducirse los potenciales efectivos de Fabricación y Comercial.

"La toma de decisiones plantea problemas de cardinalidad y ordinalidad, y especialmente problemas de medida, que no es posible resolver en todos los casos, cuando hay que presentar al más alto nivel de decisión unas alternativas que hay que comparar"(1).

- Cuando en una empresa se fabrican distintos productos y se quiere lograr la distribución óptima de la capacidad de la empresa entre los mismos, será útil confeccionar una relación o catálogo de los productos, en la forma que sigue:

Producto	Precio de coste (P.C.)	Precio de venta (P.V)	Relación P.V./P.C.	Orden de rentabilidad
A			1,25	4
B			1,30	3
C			1,10	6
D			1,40	2
E			1,25	5
F			1,08	7
G			1,60	1

En la última columna se ha anotado el número de orden correspondiente a la rentabilidad relativa de cada producto respecto a los demás.

(1) Wright. "Investment decision en industry". Ed. Champan and Hall. 1964. Pág. 49 a 55

La programación racional se hará dando preferencia al producto "G" de mayor rentabilidad, aplicando las posibilidades restantes al producto "D" que le sigue y así sucesivamente.

Se evitará la fabricación de los productos menos rentables como el "E", dejándolos reducidos al mínimo indispensable.

Este método de por sí, nos da automáticamente un aumento en los beneficios, pues, "la empresa tiene un límite de expansión por encima del cual trabaja con ineficiencia, puesto que una vez alcanzados los beneficios máximos (ingreso marginal = coste marginal), no le interesa producir cifra mayor, ya que ello le implicaría una pérdida."(1)

Este criterio es también aplicable a casos de productos muy complejos: Camiones de diversos tipos, maquinaria, etc.

- La validez del programa debe ser por lo menos igual a la duración del ciclo de producción de la pieza más larga. Este dato puede conocerse o no, pero existe y se puede obtener.

Llamamos ciclo de producción al tiempo total que resulta de sumar los parciales siguientes:

Plazo de preparación

Plazo de aprovisionamiento

Plazo de fabricación

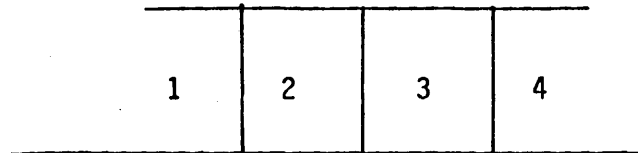
Plazo de montaje

naturalmente si el Aprovisionamiento, Fabricación y montaje pueden hacerse por partes y se encadenan uno con otro, el ciclo de producción será inferior a la suma mencionada. "Como requisito previo a la formación de un programa, se han

(1) Manuel Berlanga. "Economía de la Empresa". Pág. 40

de considerar factores intrínsecos y extrínsecos a la organización de la empresa". (1)

- Supongamos que el programa establecido puede repartirse en cuatro secciones: A-1 - A-2 A-3 y A-4, cuyo total A, corresponde al ciclo de producción:



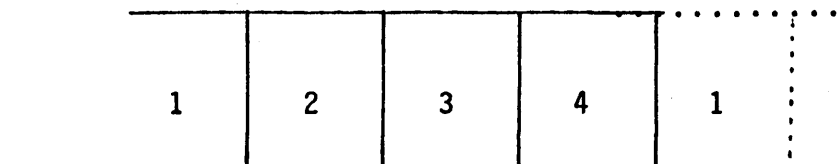
Escala de tiempos

Cuando entramos en el periodo A-1, estamos programados sobre toda la duración A y la empresa trabaja sobre el programa A-1.

Al final del periodo A-1, la empresa trabajará sobre el programa A-2. Pero si entonces no hubiéramos preparado una nueva sección del programa, cubriría entonces una duración de:

$A-2 + A-3 + A-4 < A$, que sería por lo tanto insuficiente.

Luego durante el periodo A-1, debemos preparar el programa de la sección siguiente a A-4, que designaremos B-1.



De esta manera cuando estemos en el periodo A-2, estaremos cubiertos por un programa de duración

(1) Evans. "Planificación del ejercicio y control presupuestario". Pág. 5

suficiente:

A-2 + A-3 + A-4 + B-1

- La empresa montará sobre el programa A-2
- se empezará la preparación del programa B-2
- Los montajes a efectuar sobre el programa B-2, ya se habrán programado en el periodo A-2 y la preparación de pedidos, compras y fabricación, se efectuarán durante los periodos A-3 - A-4 B-1 y B-2.

De todo ello deducimos:

- El aspecto dinámico del programa, puesto que debe establecerse periódicamente por secciones, Empezar a preparar el programa B-1 durante el periodo A-1, y así sucesivamente..
- El carácter de fijeza del programa una vez establecido. Ya no se puede en A-4 modificar el programa B-1, cuando los trabajos preparatorios y de aprovisionamiento han sido realizados y los de fabricación están en plena realización. Las correcciones serán realizadas preferentemente en el momento de establecerse una nueva acción del programa.
- El programa debe cubrir por lo menos un periodo igual a la duración del ciclo de producción del producto, que corresponderá al de la pieza más larga.

Criterio de previsión

Lo expuesto sobre programas muestra la necesidad en las empresas, de una política de previsiones, de la cual el programa es una consecuencia a corto plazo. Las previsiones son siempre necesarias, pero en un mercado normal y competitivo son aún más necesarias.

Las previsiones tienen el mismo sentido dinámico que los programas, prácticamente sólo se diferencian de éstos en cuanto a su duración y su fijeza.

Cuánto mayor sea el grado de duración de las previsiones, mejor será la política de stocks de la empresa; no tiene por que haber límite de tiempo.

La fijeza de las previsiones dependerá de la seguridad y la fijeza de la información manejada, generalmente se utilizará la probabilidad aleatoria.

La información a manejar para elaborar las previsiones de futuro debe ser elaborada mediante los medios científicos más adecuados en cada caso, en el entendimiento de que siempre nos moveremos dentro de un ambiente de incertidumbre, pues como dice Berlanga, refiriéndose a la previsión de ventas, "no existe fórmula adecuada para conocer de modo indudable cuál será el volumen de ventas que una empresa pueda tener en un futuro más o menos próximo". (1)

Muchas veces el programa no puede darse con la anticipación necesaria al ciclo de producción. Si por ejemplo el ciclo es de 21 meses y en el mercado solo puede preverse 12 meses, deberemos aprovisionar la empresa bajo el concepto de previsión para todos los materiales cuyo ciclo de producción sea superior a 12 meses.

(1) Manuel Berlanga. "Economía de la Empresa". Pág. 51

Estas previsiones resultan ser la parte más difícil de la gestión de stocks, pues una desviación importante con los datos reales suele ser la causa de que se originen excesos de stocks, o por el contrario rotura de stocks.

Para realizar estas previsiones, deberemos conocer la evolución de la producción y de las ventas, para que, sobre esta base, estudiemos el método matemático, probabilístico o gráfico más adecuado a cada caso.

Para ello recurriremos a la Estadística, "como medio que nos sirve para analizar la vida de los negocios y que nos ayuda a administrarlos y dirigirlos con eficacia". (1)

De esta forma elaboraremos la información necesaria sobre la evolución de las ventas y la producción habida en todos, o parte, de los años de vida de la empresa, necesaria para la realización de las previsiones económicas del futuro, pues "el método estadístico se emplea cuando no es posible dominar las circunstancias que influyen sobre la observación."(2)

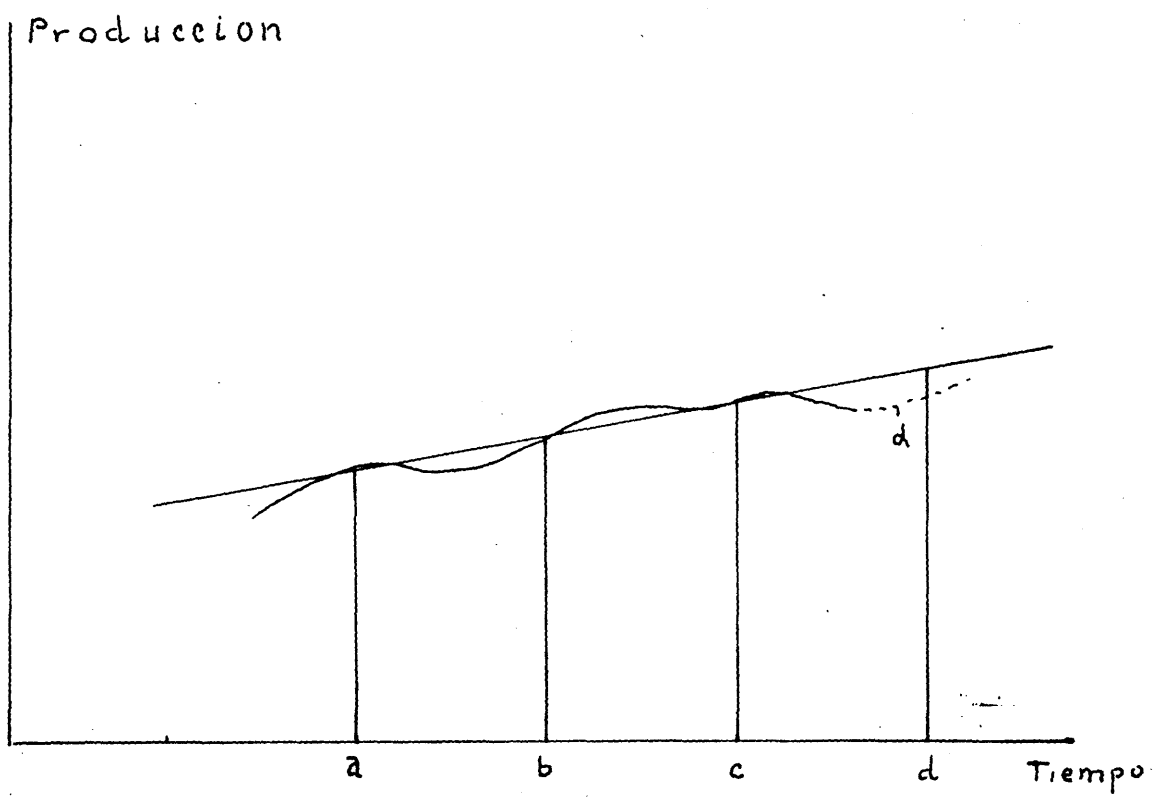
Método estadístico.- "La metodología estadística está integrada por el conjunto de operaciones, reglas de procedimientos y principios esenciales para la recopilación, el análisis y presentación de los datos que han de servir para la obtención de la información estadística deseada."(3)

Veamos seguidamente un método sencillo para formular previsiones económicas, en base a determinar la línea de tendencia que se deduce de la información obtenida de acontecimientos anteriores:

(1) Manuel Berlanga. "Principios de estadística con aplicaciones a la economía de los negocios y las empresas". Pág. 2

(2) Manuel Berlanga. Obra citada. Pág. 8

(3) Manuel Berlanga. Obra citada. Pág. 9



En la figura anterior se ha representado la evolución de una industria, representándose en ordenadas las producciones y en abcisas el tiempo.

La recta media que indica la tendencia probable, se obtiene calculando la ordenada media en el centro de la zona considerada y la inclinación media.

Por ejemplo, si se trata de hacer previsión para el periodo en la zona que va de a á b, la ordenada media vale la media aritmética de las distintas ordenadas repartidas simétricamente a uno y otro lado del centro de la zona.

La inclinación de la recta viene dada por la fórmula siguiente:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sum xy}{\sum x^2}$$

Extrapolando para d, obtendremos la cantidad más probable para la producción de dicha época.

La media e de la diferencia de ordenadas entre los distintos puntos de la curva y de los correspondientes en recta se puede determinar fácilmente sabiendo los valores reales (correspondientes a la curva) y los valores teóricos que resulten de aplicar la fórmula de la recta.

Conociendo los distintos valores de e tendremos que el error probable cometido será:

$$x = \sqrt{\frac{\sum e^2}{n}}$$

Método probabilístico.- "En la metodología seguida para determinar la proyección futura existen varios criterios: el hecho más probable, la esperanza matemática, resultados máximos esperados, el máximo, etc. (1)

En orden a obtener la estrategia óptima entre las posibles representadas por las funciones $f, f_1, f_2 \dots$, la óptima será la que optimiza en el sentido adecuado la esperanza matemática total, que evidentemente será la que proporcione valores actualizados máximos o mínimos, según el caso.

El procedimiento es adecuado cuando el número de estrategias es finito y reducido y, lógicamente, de mayores dificultades en su aplicación cuando se trate de estrategias continuas.

Pero el problema de los stocks, se encuentra en el primero de los casos, pues la estrategia viene dada por la estimación o previsión del pedido de reposición y por razones de tipo técnico o comercial suele tomar un número limitado de valores. $P_1 P_2 P_3 \dots P_n$, en los que el valor n suele ser pequeño y los valores P_n suele limitarse por condicionamientos de almacenamiento, producción, etc.

Consideremos sucesivos periodos de tiempo:

0 _____ 1 _____ 2 _____ t-1 _____ t _____ t+1 _____

y situemos la decisión a adoptar en el momento en que termina el periodo t-1 y da comienzo el periodo t. En este momento dispondremos de un conjunto de informaciones que llamamos M_t , incluyendo todas las informaciones que disponiamos en el momento de comenzar el periodo anterior, además de la decisión que se adoptó con la

(1) Bross. "La decisión estadística" Ed. Aguilar 1958 Págs. 101 y siguientes.

estrategia que se analiza y el estado del mundo en dicho periodo $t-1$, que no es más que el valor o valores adoptado por las variables aleatorias y que llamamos E_{t-1} . Así tendremos:

$$M_t = (M_{t-1} \cdot P_{t-1} \cdot E_{t-1})$$

y la estrategia objeto de estudio será una función Y , tal que la decisión a adoptar a principio del periodo, sea

$$P_t = Y(M_t)$$

Como consecuencia de la adopción de la decisión de un periodo de reposición P_1 , la empresa deberá soportar un Coste C_t durante el periodo t , que dependerá de la decisión adoptada P_1 y de cual sea el estado del mundo durante dicho periodo; ahora bien, el estado del mundo durante el periodo t , en el momento $t-1$ en que nos encontramos, es desconocido y lo llamaremos E_t . Así pues:

$$C_t \equiv C_t(P_t, E_t)$$

por lo que C_t es una probabilidad de ley aleatoria idéntica a la de E_t que suponemos conocida, si admitimos que a cada decisión y a cada conjunto de informaciones al comienzo de un periodo, se le puede hacer corresponder una ley de probabilidad del estado del mundo durante el citado periodo.

Situándonos en el momento de la decisión a tomar al comienzo del periodo $t-1$, esto es el pedido de reposición P_{t-1} sería:

$$P_{t+1} = Y(M_{t+1})$$

como consecuencia de informaciones ciertas disponibles a principio del periodo $t+1$.

Pero si nos situamos en el punto $t-1$, la decisión a tomar P_{t+1} , al comienzo del periodo $t+1$ no es cierta sino aleatoria, dado que las informaciones de que se dispondrá al comienzo del repetido periodo $t+1$, no son en el momento $t-1$ ciertas sino aleatorias, ya que dependerán de cual sea el valor que durante el periodo t , tome la variable E_t . Entonces podremos escribir:

$$P'_{t+1} = Y(M'_{t+1}) \quad \text{siendo} \quad M'_{t+1} = (M_t, P_t, E_t)$$

donde hemos denominado con "prima" la decisión y la información aleatorias, para distinguirlas de las ciertas.

La estimación del coste que ha de soportar la empresa a consecuencia de la decisión de un pedido P_{t+1} durante el periodo $t+1$, efectuada en el momento $t-1$, será la aleatoria

$$C_{t+1}(P'_{t+1}, E_{t+1})$$

cuya ley de probabilidad será la del par (P_{t+1}, E_{t+1}) , o lo que es lo mismo la del par (P'_{t+1}, E_{t+1}) .

Ahora bien, si a cada decisión P'_{t+1} y a cada conjunto de información M'_{t+1} , se le puede hacer corresponder una ley de probabilidad de E_{t+1} la ley de probabilidad C_{t+1} o lo que es igual la del par (M'_{t+1}, E_{t+1}) se obtiene por multiplicación de la probabilidad de M'_{t+1} que es la de E_{t+1} , por la probabilidad asignada E_{t+1} .

Se puede hallar un valor probable o esperanza matemática del Coste C_{t+1} sumando los productos de los valores que puede tomar dicha C_{t+1} para cada par (M'_{t+1}, E_{t+1}) por la probabilidad de dicho par. Para referir el resultado al instante $t-1$ hay que actualizarlo multiplicándolo por un oportuno factor financiero de descuento.

Reiterando el procedimiento tendríamos que para el periodo $t+2$ es

$$M'_{t+2} \equiv (M'_{t+1}, P'_{t+1}, E_{t+1})$$

cuya ley de probabilidad es la del par (M'_{t+1}, E_{t+1}) que se ha determinado anteriormente.

La decisión a tomar al comienzo del periodo $t+2$, será:

$$P'_{t+2} = Y(M'_{t+2})$$

cuya ley de probabilidad es la de M'_{t+2}

El coste del periodo $t+2$ es

$$C_{t+2} (P'_{t+2}, E_{t+2})$$

cuya ley de probabilidad es la del par (P'_{t+2}, E_{t+2}) o lo que es igual la del par (M'_{t+2}, E_{t+2})

Como para cada M'_{t+2} y para cada P'_{t+2} podemos encontrar una ley de probabilidad de E_{t+2} resulta que la ley del par (M'_{t+2}, E_{t+2}) es el producto de las probabilidades. En consecuencia podremos hallar un valor probable de C_{t+2} que se actualizará para referirlo al instante $t-1$ y así sucesivamente.

El valor probable o esperanza del coste total será la suma de todos los costes correspondientes a cada uno de los periodos. Si estos son en número infinito, tal suma será una serie que, a causa de la influencia de los factores financieros de actualización, es en general convergente.

Se logra así una expresión del coste total para la empresa, basada en la hipótesis de que al principio de cada periodo, como consecuencia de las informaciones disponibles y de la decisión que se acaba de adoptar, es posible atribuir una ley de probabilidades a la variable o variables aleatorias que definen el estado del mundo durante el periodo que se indica.

Esta hipótesis se verifica en muchos de los problemas planteados por la gestión de stocks, en los que aplicando resultados de la teoría de Procesos Aleatorios, se puede deducir la ley de probabilidades de los valores aleatorios adoptados y de la cuantía del pedido de reposición.

Este procedimiento, además de un resultado de la decisión a tomar, permite una descripción total, en probabilidades, de la evolución del sistema de previsiones.

Otro método consiste en adoptar un resultado para el último periodo al que la gestión de stocks se refiere, generalmente que el stock final sea nulo.

Así determinaremos a principio del último periodo la esperanza matemática del resultado y simultáneamente la decisión óptima. De los resultados a principio del último periodo se deduce la esperanza y la decisión a utilizar durante el penúltimo periodo y así sucesivamente.

La estrategia resuntiva de todas las decisiones tomadas es óptima en orden al resultado para el último periodo.

El procedimiento es adecuado para estrategias continuas o de un gran número de estrategias discretas.

En el método expuesto antes, habíamos visto como el coste para la empresa en el periodo t , que denominábamos C_t dependía de la decisión P_t adoptada y del estudio del mundo durante el periodo t , y siendo a su vez P_t dependiente de M_t podemos escribir:

$$C_t(M_t, P_t, E_t)$$

que supondremos además valorado en el instante t , por lo que su valor en el momento $t-1$ será

$$(1+i_{t-1})^{-1} C_t(M_t, P_t, E_t)$$

Del mismo modo, los costes posteriores al momento t , eran $C_{t+1}(P'_{t+1}, E_{t+2})$, $C_{t+2}(P'_{t+2}, E_{t+2})$... que teniendo en cuenta que las P'_{t+n} y las E_{t+n} son consecuencia de P_t, M_t, E_t nos permitirán exponerlo en la forma $C_{t+1}(M_t, P_t, E_t)$, $C_{t+2}(M_t, P_t, E_t)$ simbólicamente.

La expresión del valor de todos los costes posteriores a t , en el momento t , será la suma $\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)$.

Partiendo de ella, el valor de todos los costes posteriores al momento $t-1$, en el momento $t-1$, sería:

$$\bar{C}_{t+1} = (1+i_{t-1})^{-1} [C_t(M_t, P_t, E_t) + \bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)]$$

en la que \bar{C}_{t+1} aparece como variable aleatoria E_t , que a su vez depende de la estrategia Y , considerada en

cuanto a $P_t = Y(M_t)$ y el conjunto de informaciones M_t disponibles en el momento $t+1$.

Establecido P_t , o sea, la estrategia Y , podemos calcular el valor probable, valor medio o esperanza matemática de \bar{C}_{t-1} que nos vendría dada por

$$\bar{\bar{C}}_{t-1} = (1+i_{t-1}) H_{E_t} [C_t(M_t, P_t, E_t) + \bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)] = (1+i_{t-1})^{-1} X(M_t, P_t)$$

Seguidamente podemos determinar el valor P_t para el cual $\bar{\bar{C}}_{t+1}$ es mínimo, con lo que llegaremos a la decisión óptima P_t .

$$\bar{\bar{C}}_{t-1}(M_t) = (1+i_{t+1})^{-1} \min. P_t \cdot X(M_t, P_t)$$

y la expresión, $\bar{\bar{C}}_{t+1}$, que dependerá exclusivamente del conjunto de informaciones M_t .

Situándonos en el momento $t-2$, los costes posteriores a este momento, \bar{C}_{t-2} , serán la suma de los valores actualizados de los costes del periodo $t-1$ y de los posteriores al momento $t-1$, que son de acuerdo con la decisión P_t , los siguientes: $\bar{\bar{C}}_t(M_t)$. Y por tanto:

$$\bar{\bar{C}}_{t-2} = (1+i_{t-2})^{-1} [C_{t+1}(M_{t-1}, P_{t-1}, E_{t-1}) + \bar{\bar{C}}_{t-1}(M_t)]$$

Pero en el momento $t-2$ el conjunto de informaciones M_t , no es conocido sino aleatorio y, por tanto, hemos de sustituirlo por M'_t , que a su vez es

$$M'_t \equiv (M_{t-1}, P_{t-1}, E_{t-1})$$

y la expresión anterior quedaría

$$\bar{\bar{C}}_{t-2} = (1+i_{t-2})^{-1} [C_{t+1}(M_{t-1}, P_{t-1}, E_{t-1}) + \bar{\bar{C}}_{t-1}(M_{t-1}, P_{t-1}, E_{t-1})] \quad (I)$$

que permite la elección de la decisión como se ha expuesto antes: determinando el valor medio de la aleatoria \bar{C}_{t-2} y minimizando el resultado seguidamente para un valor adecuado de P_{t-1} . Con ello, los costes posteriores al momento $t-2$, como función de M_{t-1} , quedarían como sigue:

$$\bar{C}_{t-2}(M_{t-1}) = (1+i_{t-2})^{-1} \min_{P_{t-1}} H_{E_t} [C_{t-1}(M_{t-1}, P_{t-1}, E_{t-1}) + \bar{C}_{t-1}(M_{t-1}, P_{t-1}, E_{t-1})]$$

Seguidamente este proceso de recurrencia hasta encontrar $\bar{C}_0(M_t)$ a través de una secuencia de valores del orden de

$$\bar{C}_{t-1}(M_t) \text{ ,, } \bar{C}_{t-2}(M_{t-1}) \text{ ,, } \dots \text{ ,, } \bar{C}_1(M_2) \text{ ,, } \bar{C}_0(M_1)$$

determinados todos a partir de un valor $\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)$

Como hemos elegido arbitrariamente este último valor, queda determinada una cadena de esperanzas de los costes, lógicamente ligadas entre sí, y además quedan determinados los valores $P_1, P_2, P_3 \dots P_t$ del parámetro de decisión, cuyo conjunto constituye la regla de gestión o estrategia óptima en orden a la función \bar{C}_t arbitrariamente considerada.

Si se modificara el valor \bar{C}_t , cambiaría la cadena de esperanzas y el conjunto de los valores P_1, P_2, \dots, P_t . Este proceso necesita, en su aplicación práctica, el número de iteraciones, suficientemente grande, para que dentro del intervalo total de tiempo en que va a desenvolverse la gestión de stocks y la influencia de las condiciones iniciales se desvanezca. Ello se verifica en la gestión de stocks, frecuentemente, y permite obtener la estrategia óptima.

La operación de minimización $\bar{C}_t(M_t)$ indica que

$$\frac{\partial}{\partial P_t} H_{E_t} [C_t(M_t, P_t, E_t)] + \frac{\partial}{\partial P_t} H_{E_t} [\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)] = 0 \quad (\text{II})$$

o sea

$$\frac{\partial}{\partial P_t} H_{E_t} [C_t(M_t, P_t, E_t)] = - \frac{\partial}{\partial P_t} H_{E_t} [\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)]$$

o sea, la decisión óptima implica que la esperanza marginal del coste del periodo t , sea igual y de signo contrario a la esperanza marginal del coste total del futuro, es decir, la suma de los costes futuros actualizados.

En términos menos abstractos, P_t representa el aprovisionamiento a realizar por la empresa en el momento $t-1$ en que comienza el periodo t , al aumento del aprovisionamiento en una unidad, el incremento que recibiría el coste probable a soportar por la empresa en el periodo t , sería exactamente igual a la disminución que experimentarían los costes futuros por causa del citado aumento unitario del aprovisionamiento.

Al resolver la ecuación (II) que determina la decisión óptima P , puede suceder que el valor óptimo que se obtiene sea físicamente admisible, en cuyo caso se dice que el problema se encuentra en régimen equilibrado, pero si por el contrario, la solución matemática obtenida no es físicamente realizable, nos encontramos ante un problema de régimen bloqueado.

Al tener que satisfacer determinados condicionamientos, el problema de minimización de $\bar{C}_t + C_t$ es un problema de mínimos condicionados, muy frecuentemente presentados en la gestión de stocks, que presenta limitaciones como, no admisión de stocks negativos, límite de

la capacidad de almacenamiento, problemas de transporte impedimentos legales, etc.,

Si el parámetro de decisión, representado por P_t , se compusiese de otros parámetros parciales referidos a varias variables $P_t^1, P_t^2, \dots, P_t^n$, para el periodo t , la obtención de $P_t(P_t^1, P_t^2, \dots, P_t^n)$ implicaría la anulación de las derivadas de \bar{C}_{t-1} lo cual nos llevaría a un sistema de ecuaciones:

$$\frac{\partial}{\partial P_t^1} H_{E_t} [C_t(M_t, P_t, E_t)] = - \frac{\partial}{\partial P_t^1} H_{E_t} [\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)]$$

$$\frac{\partial}{\partial P_t^2} H_{E_t} [C_t(M_t, P_t, E_t)] = - \frac{\partial}{\partial P_t^2} H_{E_t} [\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)]$$

$$\frac{\partial}{\partial P_t^L} H_{E_t} [C_t(M_t, P_t, E_t)] = - \frac{\partial}{\partial P_t^L} H_{E_t} [\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)]$$

o más breve

$$\frac{\partial}{\partial P_t^L} H_{E_t} [C_t(M_t, P_t, E_t)] = - \frac{\partial}{\partial P_t^L} H_{E_t} [\bar{C}_t(M_t, P_t, E_t)] \quad , \quad L=1,2,\dots,n$$

De esta forma, la solución obtenida ($P_t^1, P_t^2, \dots, P_t^n$) tendrá que satisfacer los condicionamientos introducidos en el sistema, pero ello no impediría que, como antes, volviéramos a encontrarnos con regímenes equilibrados o bloqueados más o menos parcialmente.

Un conocimiento básico de la posición y posibilidad de la empresa es imprescindible para desarrollar la estrategia conveniente que permita la consecución de los objetivos de la empresa, dicho sea esto dentro de un cierto grado de incertidumbre que rodearan las previsiones formuladas a lo largo de los análisis que hemos venido exponiendo, pues como Gyert-March tiene manifestado "el empresario sería omnisciente en términos de probabilidad".(1)

(1) Gyert, R.H.; March V.G. "Teoría de las decisiones económicas en la empresa". Ed. Herrero Hnos. México 1965.

Método gráfico. - Examinaremos seguidamente un método simple que con auxilio de gráficos nos permitirá establecer previsiones económicas, pues como dice Clifford, "en la experiencia empresarial resulta muy útil la aplicación de procedimientos basados en gráficos de control"(1)

Quizá, este método sea de aplicación limitada a empresas cuyas características sean las de producción de pocos artículos, o que entre los productos puedan destacarse algunos de ellos que con características de "piloto" permitan hacer previsiones de los restantes, y su posterior control, en función de las previsiones estudiadas más detalladamente para esos artículos "piloto", pero en estos casos es un método que ofrece buenos resultados. (2)

En las figuras 2 y 3, puede verse la aplicación del método gráfico sobre la previsión de pedidos de una fábrica textil.

En la figura 2 se ve el curso de los pedidos efectuados por dicha fábrica, agrupados por trimestres, en los que puede observarse una distribución variable con mayor venta en los trimestres 2º y 4º, y menor en los 1º y 3º.

Para determinar la previsión correspondiente a los cuatro trimestres siguientes, se ha procedido de la siguiente forma:

Se han sumado los totales anuales y se ha representado la curva anual en la parte izquierda de la figura 3. Entonces se prolonga la curva en forma de trazos, con lo cual obtenemos la previsión global para el año siguiente.

Por otro lado, en la parte central de la misma figura 3, se han representado las variaciones trimestrales de cada año en forma comparativa.

(1) Paul C. Clifford. "Gráficos de control sin cálculos". Trabajo publicado en cuadernos de Estadística Aplicada e I.O. Vol fasc. 1. Págs 26 á 36

(2) M. Foresteir . "Gráficos de Control simplificado. Cuadernos de Estadística Aplicada e I.O. Vol I, fase 1 Págs 37 á 49

PREVISIONES - METODO GRAFICO -1-

Evolucion de los pedidos

Previsión

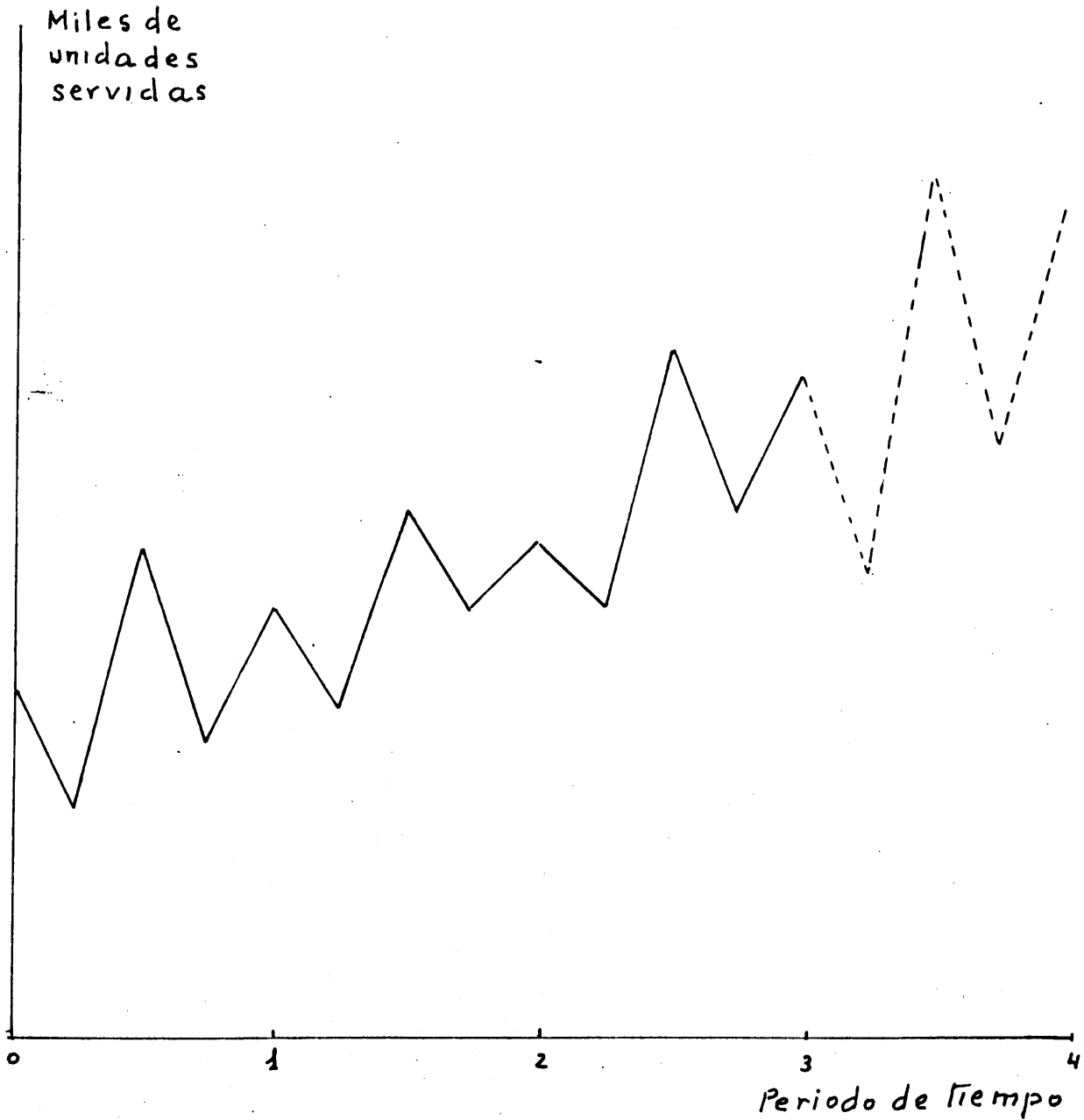


Figura 2

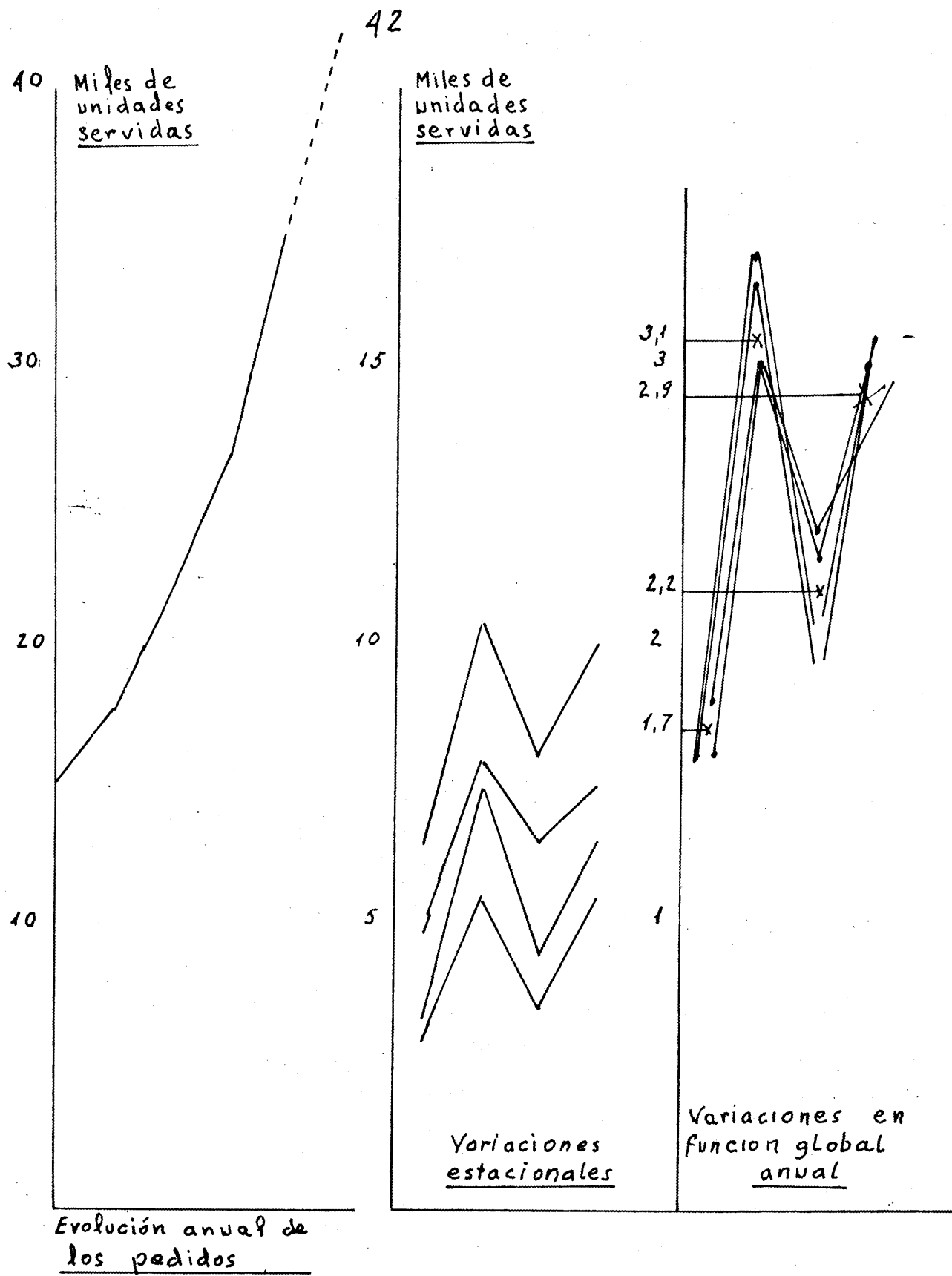


Figura 3

En la parte derecha de la misma figura, se han representado las mismas variaciones trimestrales, pero no en cifras absolutas, sino en porcentaje de la cantidad de pedido anual.

Vemos que las cuatro curvas últimas son bastante coincidentes. Tomando los valores medios de las ordenadas de las cuatro curvas, obtenemos cuatro puntos cuyas ordenadas representan asimismo al tanto por ciento de la producción anual prevista para el año próximo y las variaciones trimestrales a preveer.

Este resultado trasladado a la figura 2 en forma de línea de trazos, nos da la previsión.

En general, es una "necesidad fundamental para el hombre de negocios estudiar de un modo sistemático el desenvolvimiento de los negocios en la triple proyección del pasado, presente y futuro. A estos tres tiempos ha de estar referida toda previsión económica que quiera ser completa y mostrar la realidad tal y como la reflejan y ponen de manifiesto lo que se entiende por condiciones económicas", (1) y, para efectuar las previsiones, debe procederse por los siguientes pasos:

- Determinación de la unidad de medida más conveniente
- Comparación entre el estudio del total de las ventas y el estudio de algún producto clave seleccionado.
- Agrupación de todos los pedidos por meses, trimestres, etc.
- Cálculo de la fórmula de la recta caso de adoptar el método matemático o trazado de la curva en el caso del método gráfico.

(1) Manuel Berlanga. "principios de estadística con aplicaciones a la economía de los negocios y empresas". Pág. 143

- Cálculo de la dispersión
- Extrapolación
- Determinación de los errores probables

Los métodos expuestos para el estudio de las previsiones en la gestión de stocks, en orden a determinar la decisión adecuada para una gestión óptima, van de los más simplificados a los que en la práctica representan importantes dificultades en orden matemático, incluso en la hipótesis de una economía cierta, excluyendo las variables aleatorias, para dar cabida a un proceso simplemente secuencial no aleatorio.

La elección del método adecuado para cada empresa es cuestión fundamental para su éxito en la aplicación, pues como dice Berlanga, "cada negocio o ramo de actividad económica tiene su propio cauce funcional, su camino de marcha, su modo "sui generis" de reaccionar frente a la variabilidad de las condiciones en el tiempo y en el espacio". (1)

Clasificación de los stocks.

Los materiales y productos, necesarios para el desenvolvimiento de una empresa, suelen ser muy diversos y con una significación muy diferente. Por ello, para que la gestión de stocks resulte eficiente, se hace necesario clasificarlos atendiendo a su funcionalidad, y alguna otra característica, dentro de la empresa, con el fin de que en cada uno de estos grupos la intensidad de la gestión y la técnica a emplear sea la adecuada a la naturaleza y la función que ejerce en el proceso productivo.

Siguiendo a Rambaux (2), los materiales de una empresa, para una correcta gestión de stocks, deben considerarse agrupados en cinco clases:

(1) Manuel Berlanga. "Principios de estadística con aplicaciones a la economía de los negocios y empresas". Pág. 143

(2) A. Rambaux. "Gestión económica de stocks". Ed. Hispano europea 1959. Pág. 9 a 11.

- Stock normal.- Materiales de uso cierto y constante que se renuevan periódicamente.
- Stock de tránsito.- Materiales de consumo esporádico o muy variables, como por ejemplo los correspondientes a pedidos especiales de carácter accidental y que no corresponden a la producción normal y continua de la fábrica. Aquí están incluidos aquellos materiales que se encuentran en las condiciones expresadas, aún en el caso de que sean comunes o iguales a otros del stock normal.
- Stock de seguridad.- Materiales que teóricamente no deben utilizarse pero que no obstante deben existir para remediar una contingencia. Ejemplo: Recambios de una máquina de plazo de utilización no previsible para maquinaria, materiales para una eventual reparación de avería.
- Stock de sobrante.- Está formado por los productos en estado nuevo que dejan de necesitarse y por tanto este stock proviene siempre de los stocks anteriores. Solamente los materiales sobrantes del stock de tránsito, que corresponden también al normal, una vez desaparezca la necesidad en virtud de la cual figuraban en el stock de tránsito, no irán al stock sobrante sino al normal.
- Stock de recuperación.- Comprende el material usado pero útil que ha dejado de aplicarse por alguna razón. Ejemplo: bombillas procedentes de una instalación que se ha sustituido por lámparas fluorescentes; mobiliario de una oficina que ha dejado de existir, etc.

Todos estos stocks deben contar con ficheros separados y a ser posible estar separados físicamente en almacenes o por

lo menos estanterías claramente distintas, ya que la conducta a seguir para las materias almacenadas, deberá variar según el stock en que estén clasificadas. (1)

El stock más considerable y sobre el que Aprovisionamiento debe efectuar el estudio de plazos y lotes de la manera que luego veremos, es el stock normal.

El stock de tránsito se efectuará por pedidos globales, así como el stock de seguridad. En cuanto al stock de sobrantes y a recuperación no procede directamente de pedidos y sus materiales deben estar bien a la vista para impedir que se formen rincones inútiles, siempre más fáciles de formar y de dejar sin aprovechamiento en caso contrario.

El material que entra en almacén de sobrante, procedente del de tránsito, no solo debe ser estudiado para ver de lograr su provechamiento, sino que en lo posible ha de entrar en dicho almacén depreciado, mirando de cargar su valor a la obra que motivó la petición del material.

Hasta aquí, las distintas ideas expuestas por Rambaux acerca de las distintas clases de stocks, las cuales son generalmente aceptadas, pero juzgamos oportuno añadir algunas consideraciones:

Sobre el stock de seguridad, al que Rambaux no parece dar más significado que el correspondiente a materiales auxiliares para garantizar el funcionamiento de las instalaciones industriales, nosotros creemos que en este sentido puede llamarse "stock de mantenimiento", pues con el concepto de seguridad, es mayor su importancia en el sentido de que "el stock de seguridad comprende aquellos materiales de serie, constitutivos del producto, que garantizan un normal desenvolvimiento del proceso de producción, o bien comercialización, según los casos".

(1) T. Lang. "Manual del Contador de Costes". Pág. 721 y siguientes.

En cuanto al stock normal, cabe distinguir muchas situaciones, bien diferenciadas en la estrategia empresarial, de las que, al solo efecto de nuestra exposición, citaremos los stocks de productos para la venta, entre los que podemos diferenciar:

- Stock de promoción.- Necesarios en todo momento para la promoción comercial de la empresa, constituido por los productos terminados que se encuentran situados en exposiciones, ferias, y locales comerciales ajenos a la empresa.
- Stock fuera de serie.- constituido por aquellos productos que por sus características "especiales" deben pasar por un proceso de terminación en centros de trabajo ajenos a la empresa, sin pérdida de su dominio económico, tales como industrias auxiliares.
- Stock para la venta.- Constituidos por los productos dispuestos para la venta, que, frecuentemente, pueden encontrarse en los propios almacenes de la empresa, o en los de los Representantes o Distribuidores, y y en este último caso caben dos variantes, que sean propiedad de la empresa o que sean propiedad del Distribuidor.

Nuestra opinión es, como expondremos más adelante, que estos stocks de productos para la venta deben formar parte, en su totalidad o parcialmente, del stock de seguridad, tal como nosotros lo concebimos.

Por último, hemos de señalar que la gestión posible respecto a los stocks de sobrantes y de recuperación, generalmente es la de encontrarlos una rápida utilización antes de que se deterioren totalmente.

Pero el riesgo de quererles buscar un aprovechamiento, es que su coste de posesión cuesta siempre mucho dinero y, por tanto, lo más práctico es desprenderse de ellos. Es muy frecuente, que por revelarse totalmente inútiles, estén condenados a venderse masivamente en su estado o bajo forma de chatarra.

Clasificación de artículos.

Analizados convenientemente los distintos tipos de stocks que pueden presentarse en la empresa, que entrañan distintas directrices de gestión para cada uno de ellos, caben otros criterios para la clasificación de las existencias, atendiendo a su naturaleza y al valor de los artículos, que implican a su vez criterios distintos de gestión de stocks.

Siguiendo a Alford (1), una división general de los artículos en almacén, puede ser la siguiente:

- Materias primas
- Trabajos en curso
- Piezas acabadas de proveedor
- Producto acabado
- Suministros del exterior

sobre la que, a nuestro juicio, cabe hacer múltiples distinciones según la empresa de que se trate, fabril o comercial, el tipo de producto que se fabrique, e incluso la estrategia comercial de la empresa.

(1) Alford, L.P. y John R. Bangs "Manual de la Producción" Ed. Hispano Americana, México 1953.

Dentro de las primeras materias, el criterio de gestión de stocks será muy diferente según se trate, por ejemplo, de perfiles metálicos, chapa, piezas fundidas, o estampadas, en las empresas de transformados metálicos; o bien, ganado vivo, reses en canal o despieces de reses, en un matadero con fábrica de embutidos.

La gestión de los stocks en curso de producción será muy distinta si se trabaja por el sistema de lotes de fabricación, o si se trata de una empresa con proceso de producción de los llamados continuos.

Algunas empresas clasifican sus artículos en existencia en tipos o clases de grupos diferentes, según la proporción del valor económico de los mismos en comparación al número total de unidades de cuantos elementos utiliza la empresa en stock. Así, por ejemplo, la firma General Electric Company fué una de las primeras que utilizó la clasificación A, B y C, siendo hoy frecuente esta división tripartita. Otras empresas emplean solamente dos clases, llamándolas "azul" y "roja". A veces, simplemente se encuentra la denominación "pocos vitales" y "muchos triviales".

General Electric, realizó un estudio en su división de turbinas respecto a la proporción referida más arriba. Encontró que 67% de los artículos suponían tan solo 5% del valor de los materiales utilizados. Estos productos de relativa importancia eran responsables de la mayor parte de los costes correspondientes al control de stocks. En el extremo opuesto, 5% de los artículos, suponían 75% de los costes de los materiales utilizados. Estos eran los productos importantes.(1)

(1) I.N.R.T. "curso de Control y mecanización de almacenes". datos tomados en la exposición.

Tras los resultados interesantes obtenidos en una sola división, General Electric realizó estudios similares en otros departamentos, obteniendo en general los resultados siguientes:

(A)	8%	de los artículos	=	75%	del valor
(B)	23%	"	"	=	21% "
(C)	69%	"	"	=	4% "
	-----			-----	
	100%	"	"	100%	"

Los A son los artículos importantes. Constituyen los "pocos vitales". Es preciso darles un tratamiento de absoluto control; los ahorros que pueden experimentarse manteniendo sus stocks bajos, lo justifica. Por cada artículo de la clase A, calcula sus necesidades, comprueba las cantidades en stocks y en pedido, establece las cantidades a pedir cuidadosamente, así como los puntos de pedido de manera que el nivel siempre se mantenga bajo. Esta empresa trata siempre de no tener en stock más que la cantidad que va a utilizarse en las próximas semanas. Utilizando este sistema, la división de turbinas en General Electric, logró disminuir en 300.000 dólares su stock (1).

Los artículos B se encuentran en posición intermedia. Son lo suficientemente importantes como para justificar una gestión delicada de los mismos. General Electric procura mantener los artículos B dentro del suministro correspondiente a un mes o incluso inferior.

Los C constituyen los "muchos triviales". En la fábrica son los equivalentes a clips, cintas de máquina, y grapas en la oficina. El llevar controles exhaustivos de este tipo

(1) del "Curso de Control y mecanización de almacenes".

de artículos es más costoso que su propio valor, en muchas ocasiones. No será conveniente, por lo tanto, calcular cuán to se necesita para los pedidos o las fabricaciones correspondientes.

En lugar de ello, bastará con conservar en almacén amplios suministros de los mismos en todo momento. Muchas veces, ni siquiera será preciso conservarlos en almacén central, sino que es preferible mantenerlos en almacenes abiertos, en caso de talleres, próximos a los puntos en que vayan a utilizarse.

Queremos hacer notar, que para aplicar las técnicas que hemos comentado, es necesario realizar un estudio previo, artículo por artículo, para formar los tres grupos A, B y C.

Supongamos un stock determinado y las salidas anuales valoradas de los materiales que lo componen.

Podemos con estos datos establecer el siguiente cuadro por orden decreciente de valor de consumo anual.

Número Artíc.	Id. acumulados.	Id.Id. en % total	Denominación	Consumo anual en millones		
				Por art.	A Acumulado.	B Id.Id. en % total
1	1	0,1		1	1	10
1	2	0,2		0,7	1,7	17
1	3	0,3		0,5	2,2	22
1	4	0,4		0,3	2,5	25
1	5	0,4		0,2	2,7	27
-	-	-		-	-	-
-	-	-		-	-	-
1.000	1.000	100,-		10	10	100

Si trazamos en un gráfico (Fig. 4) la curva correspondiente a los valores acumulados sucesivos de consumo anual, expresados en tanto por ciento del valor global anual (columna A) en función de los correspondientes números acumulados expresados en porcentaje del total o sea de los sucesivos considerados de artículos del stock, (columna B), veremos que dicha curva crece rápidamente desde el origen para ir a parar como es lógico, al vértice opuesto del gráfico.

La curva representa pues una forma lógica a la consignada en la figura 4, y según sean las características del stock en estudio, tendrá una mayor o menor curvatura en su parte central.

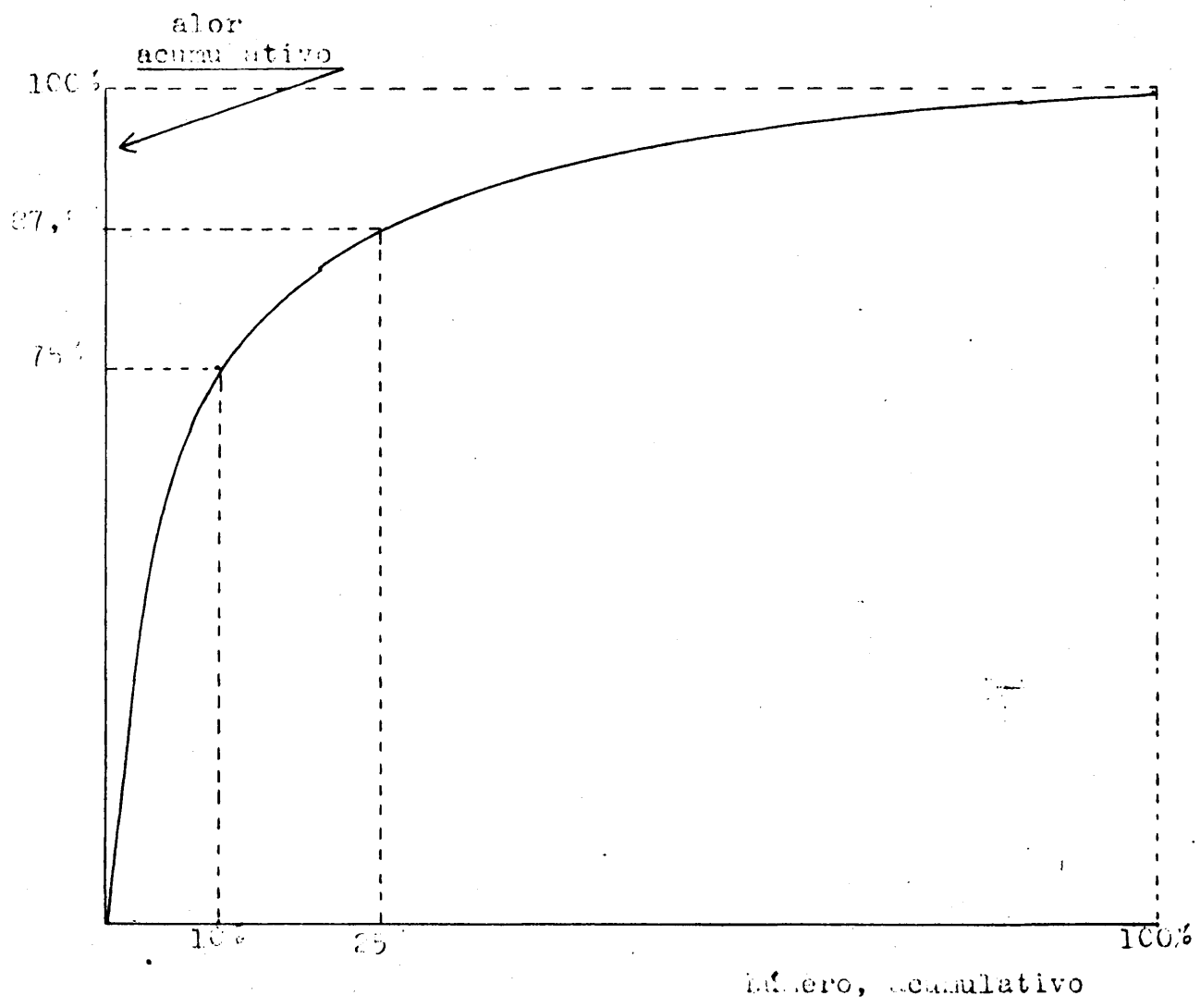


Figura 4

De todas maneras y en líneas generales, del examen de dicha curva se deduce que un pequeño porcentaje de artículos nos dá un valor de movimiento de almacén muy grande en porcentaje. Por término medio podemos suponer que el primer 10% de los artículos por orden del valor de consumo anual decreciente, nos da el 75% anual del valor del movimiento anual.

Si consideramos un 25% de los artículos, podemos estimar que corresponderá un 87,5% del valor total.

Esta curva, aunque debe obtenerse para cada stock a fin de saber los valores exactos, nos permite establecer en principio que en todos los stocks se puede considerar tres clases de artículos correspondientes a las Zonas "A" - "B" y "C" de la curva, o sea, la parte ascendente, la parte de flexión y la parte siguiente de pendiente suave, que tienen una importancia económica muy distinta.

Así pues, una acción sobre los artículos correspondientes al primer 10% (Zona A), representa una acción sobre el 75% del consumo en Ptas., mientras que un esfuerzo análogo sobre el 75% último de los artículos, representa solo una acción sobre el 12,5% del consumo total en ptas.

Vemos así, que el método para gestión de stocks debe ser complejo para las piezas de la Zona A, y sencillo para las de la Zona C que son la mayoría, y que es totalmente antieconómico tratar todas las piezas por el mismo sistema.

Por lo que respecta a los materiales de la zona B, se podrá aplicar el criterio de Zona A o de Zona B, según se crea más conveniente en cada caso particular.

En la figura 5, se ve en forma gráfica y significativa, la distribución de valores, según los artículos en dos empresas estaounidenses.

GENERAL ELECTRIC CO. - Sección "Carboloy"

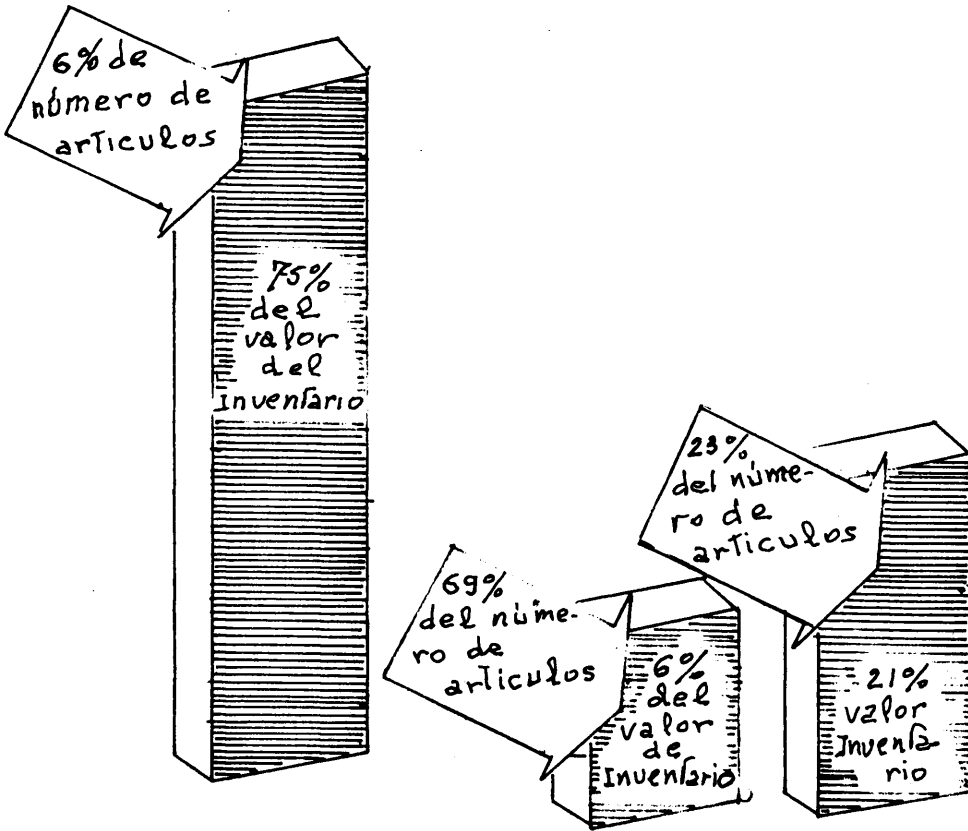


FIGURA 5-A

Pacific Aermotve Corporación

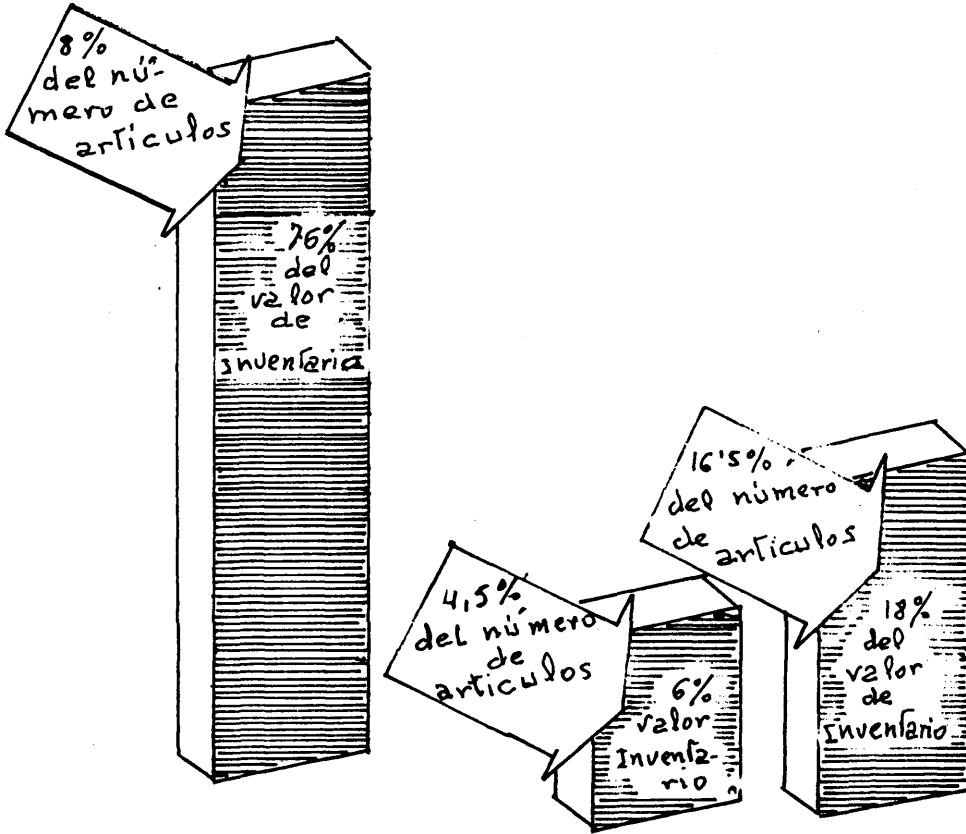


FIGURA 5-B

Como ejemplo de la utilidad práctica del criterio ABC, mencionaremos el que en la R.N. Renault la aplicación racional de criterios distintos a cada zona, permitió bajar el volumen de la inmovilización en el almacén de útiles y herramientas, de 700 a 400 millones de francos a pesar de que antes existía una organización en buen funcionamiento.

TECNICAS DE GESTION DE STOCKS EN HIPOTESIS DE UNA ECONOMIA EXENTA DE INCERTIDUMBRE

Nos encontramos con una complejidad creciente de la gestión de stocks, cada vez se dedica mayor atención a los planteamientos matemáticos, a las funciones exponenciales, integrales o de cálculo matricial y la Aplicación de la Investigación Operativa, de modo que la complejidad de la gestión de stocks va "in crescendo" de forma que requiere una técnica creciente.

Después de muchos intentos y de una intensa investigación se han llegado a encontrar unos procedimientos muy efectivos para el establecimiento de sistemas equilibrados de stocks, cuyo problema es la adaptación más conveniente a cada empresa, para que no se dé la paradoja de que "la administración cueste más que lo administrado".

Por ello se hace preciso una evaluación del sistema de gestión que se adopte y su posterior control. Ello puede hacerse mediante un grupo de ratios de control, que, si bien, "sería de desear un ratio significativo para toda la función, de hecho, parece más lógico y más fácil buscar un ratio de control de ejecución para cada uno de los objetivos o políticas definidas" (1)

Los aspectos cuantitativos de la gestión de stocks pueden resultar de por sí, bastante matemáticos, pero como también, según los casos, pueden resolverse sin complicaciones excesivas, de modo simplificado, es por lo que, tratando de no perder profundidad ni rigor científico, también exponemos métodos en los que los razonamientos matemáticos se sustituyen por explicaciones lógico-intuitivas debidamente ilustradas.

(1) Societe d'expertise comptable et fiduciaire de France. "Los ratios al servicio de la empresa". Vol. II pág. 85 á 89.

También dedicaremos atención a los problemas de interrelación entre los principios de optimización de stocks y otros aspectos operativos, tales como la exigencia de la demanda y las posibilidades de la producción.

Cálculo del lote más económico e intervalo más conveniente entre pedidos.

Primera aproximación.- Si usamos el método de aproximaciones sucesivas, podemos lograr una aproximación a los objetivos primordiales de la gestión de stocks: Lote económico e intervalo entre pedidos.

Es evidente que si controlamos mucho las existencias de un material y subdividimos los pedidos, podemos llegar a tener una existencia mínima en Almacén y por consiguiente un capital inmovilizado muy reducido y un coste de posesión muy pequeño.

Pero siguiendo este camino, nos encontramos cada vez con mayor gasto administrativo y por tanto un coste mucho mayor de adquisición; movimiento de mercancías, pedidos, facturas, etc., mucho mayor.

Por consiguiente el lote y cadencia más económicos, se obtendrá cuando la suma de los gastos de posesión y de adquisición sea un mínimo, dándonos un precio de coste mínimo del material puesto en el almacén.

Es decir, la economía de las compras no depende tal solo del favorable precio de compra en el que deben ir comprendidos los transportes, sino también, y más to-

davía, del coste mínimo de la pieza puesta a disposición del Taller, que es la suma de los siguientes costes:

Precio de compra + Transportes
+ coste de posesión
+ coste de adquisición

= coste del material

En el coste de posesión, a nuestro juicio, van incluidos los siguientes conceptos:(1)

Interés del capital inmovilizado
Pérdidas por deterioro o mermas
Riesgos de modificación de planes constructivos
Amortización y alquiler de Almacenes, en su caso
Seguros
Impuestos, en su caso
Manutención del almacén

El valor de este coste puede oscilar entre el 15 al 25% del valor del stock medio. En España se considera normal el 25%.

En el coste de adquisición, se incluyen, según nuestro criterio, los conceptos siguientes: (2)

Gestión de stocks
Redacción pedidos
Gestiones exteriores
Control de pedidos y facturas
Administración y Contabilidad
Gastos de recepción y control

(1) Ver los incluidos por Rambaux en "Gestión económica de stocks". pág. 20. Sobre los que nosotros introducimos algún concepto, o mejor, hemos hecho mayor precisión.

(2) Rambaux "Gestión económica de stocks". Pág. 21

Este coste oscila en Francia entre los 4.000 y los 6.000 francos. En España puede ser de unas 1.600 ptas.

Vamos a poner un ejemplo de aplicación para un producto de las siguientes características:

Consumo anual = 400.000
(Precio proveedor + transporte)

Coste de adquisición por pedidos .. = 1.200

Coste de posesión = 24%

Podemos calcular en el cuadro siguiente los costes para un año con diversas cadencias anuales, supuesta una oscilación periódica de los stocks de 0 hasta el valor del pedido.

Inter- valo de los pe- didos.	Pedi- dos anua- les.	Coste adqui- si- ción	Stock medio	Coste pose- sión	Incre- mento Total coste	
1	12	14.400	116.666	4.000	18.400	
2	6	7.200	33.333	8.000	15.200	Cadencia económica
3	4	4.800	50.000	12.000	16.800	
4	3	3.600	66.666	16.000	19.600	
6	2	2.400	100.000	24.000	26.400	
12	1	1.200	200.000	48.000	49.200	

En cuyo cuadro podemos apreciar como la cadencia económica para el artículo considerado, es la de aprovisionamiento bimensual.

Gráficamente puede verse en la figura 6, las curvas de variación del coste de posesión y del coste de adquisición, en función de la cadencia económica de aprovisionamiento, y la curva total, cuyo mínimo corresponde aproximadamente a pedidos bimensuales, nos dá la cadencia más económica.

Este punto mínimo corresponde aproximadamente al de interacción de las curvas de coste de posesión y de adquisición, o sea, el punto en que son iguales dichos costes.

Segunda aproximación.- Algebraicamente pueden hallarse los plazo y lotes económicos, como sigue:

El coste del stock, según lo dicho, nos vendrá dado por

coste de adquisición + coste de posesión

es decir:

$$\frac{K}{Q_e} \cdot a + \frac{Q_e}{2} \cdot P_u \cdot i$$

que puede considerarse como modelo de previsión perfecta, al suponer conocido el ritmo de salidas de almacén y prescindirse del stock de seguridad (1)

K = Unidades anuales

Pu = Precio de compra unitario

a = Coste de Adquisición por pedidos

i = Tanto por uno a aplicar sobre las existencias para obtener el coste de posesión

Qe = Lote económico

(1) Lessourne. "Technique economique et gestion industrielle". Ed. Dunod 1958. Pág. 352 y siguientes.

Consumo anual 400.000 pts.

$C_a = 24\%$

C_p por pedido = 1.200

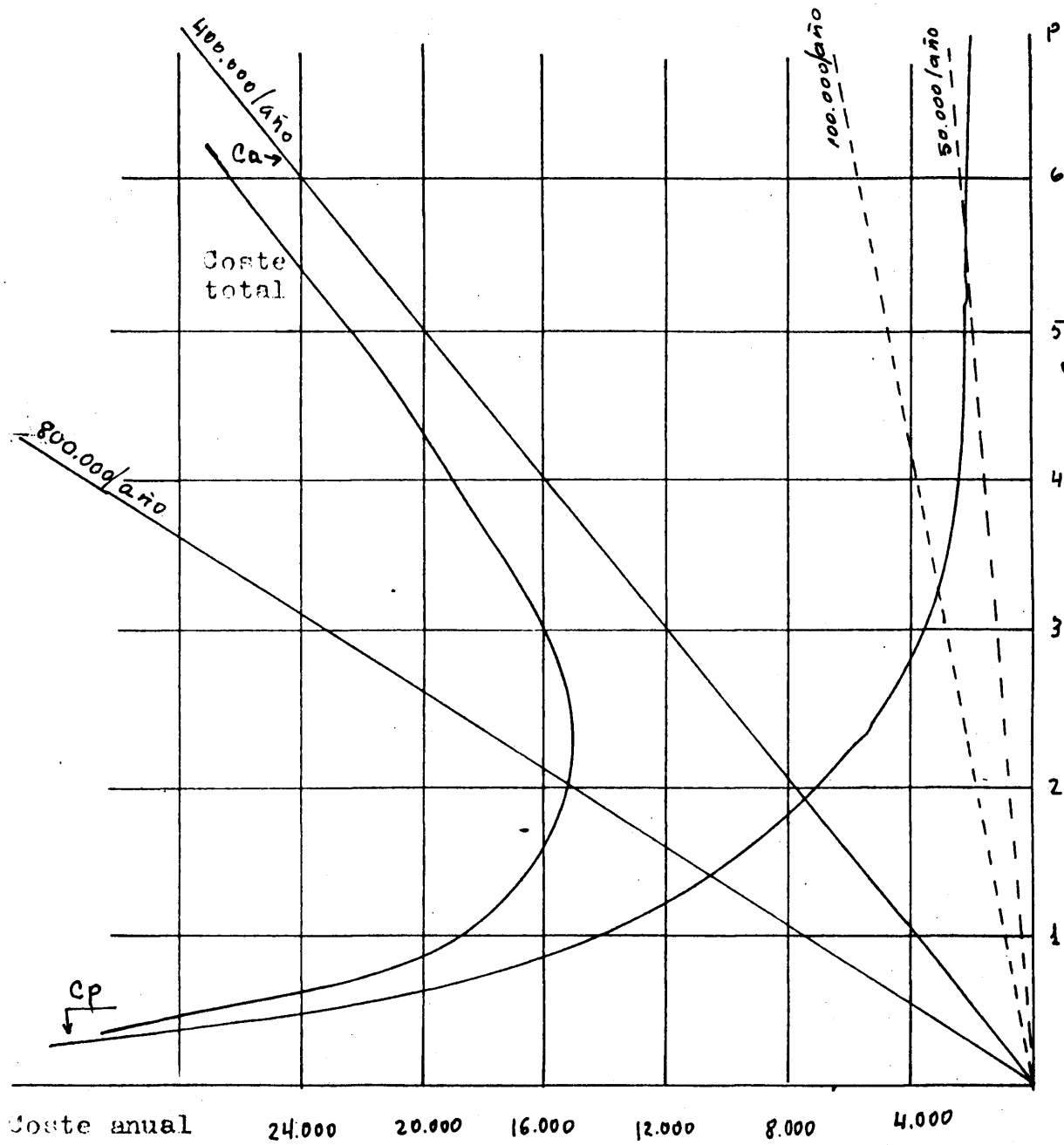


FIGURA 6

Para que el coste del stock sea mínimo, los costes de posesión y de adquisición se han de equilibrar, es decir:

$$\frac{K.a}{Q_e} = \frac{Q_e}{2} \cdot P_u \cdot i$$

y entonces será el mínimo posible. Multiplicando ambas igualdades por $2 \cdot Q_e$, tendremos:

$$2.K.a = Q_e^2 \cdot P_u \cdot i$$

de donde

$$Q_e^2 = \frac{2.K.a}{P_u.i} \quad " \quad Q_e = \sqrt{\frac{2.K.a}{P_u.i}}$$

que será el lote económico expresado en cantidad de artículos (1), y de aquí deducimos el número anual de pedidos, somo sigue:

$$n = \frac{K}{Q_e}$$

También podemos llegar directamente al número óptimo de pedidos dentro de cada periodo, o cadencia económica, del modo siguiente:

el coste anual del stock será

$$a.n + \frac{K.P_u.i}{2.n}$$

que será mínimo cuando:

$$a.n = \frac{K.P_u.i}{2.n}$$

(1) Rambaux en "Gestión económica de Stocks", pág. 25 á 29, llega a igual resultado mediante otro proceso matemático. Norbert L. Enrick en "Gestión de Stocks" Ed. Deusto 1970, Pág 30 y 31, determina el lote económico en valor pesetas.

y multiplicando por n:

$$a.n^2 = \frac{K.Pu.i}{2}$$

de donde:

$$n = \sqrt{\frac{K.pu.i}{2}}$$

Tercera aproximación.- Para una Demanda D, de un determinado artículo durante el periodo T, demanda que ha de ser satisfecha por d unidades por unidad de tiempo, en la hipótesis de que, como hemos venido haciendo, debe ser excluida la penuria o falta del artículo en cualquier momento del periodo T y que las condiciones en que nos aprovisionamos son tales que implican realizar pedidos de x unidades con un total de n pedidos durante el intervalo 0-T. Un pedido, cualquiera que sea su cuantía implica un coste de adquisición A, además del precio de compra unitario Pu.

Suponemos también que entre la fecha del pedido a los proveedores y la recepción del mismo cumplimentado, no existe un tiempo significativo tal y como tal lo despreciamos,

Designado por Cx el coste de posesión de una unidad, se trata de fijar el volumen x de cada pedido, el número n de los mismos y los momentos $t_1, t_2 \dots t_n$ en que deben realizarse, teniendo como objetivo satisfacer la demanda indicada con un coste total mínimo.

En cuanto a las fechas en que deben realizarse los pedidos, observemos que siendo la demanda constante, la representación de la demanda acumulada es una función de la forma indicada en la figura 7, que en la hipótesis de una demanda continua de intensidad d, podemos sustituirla

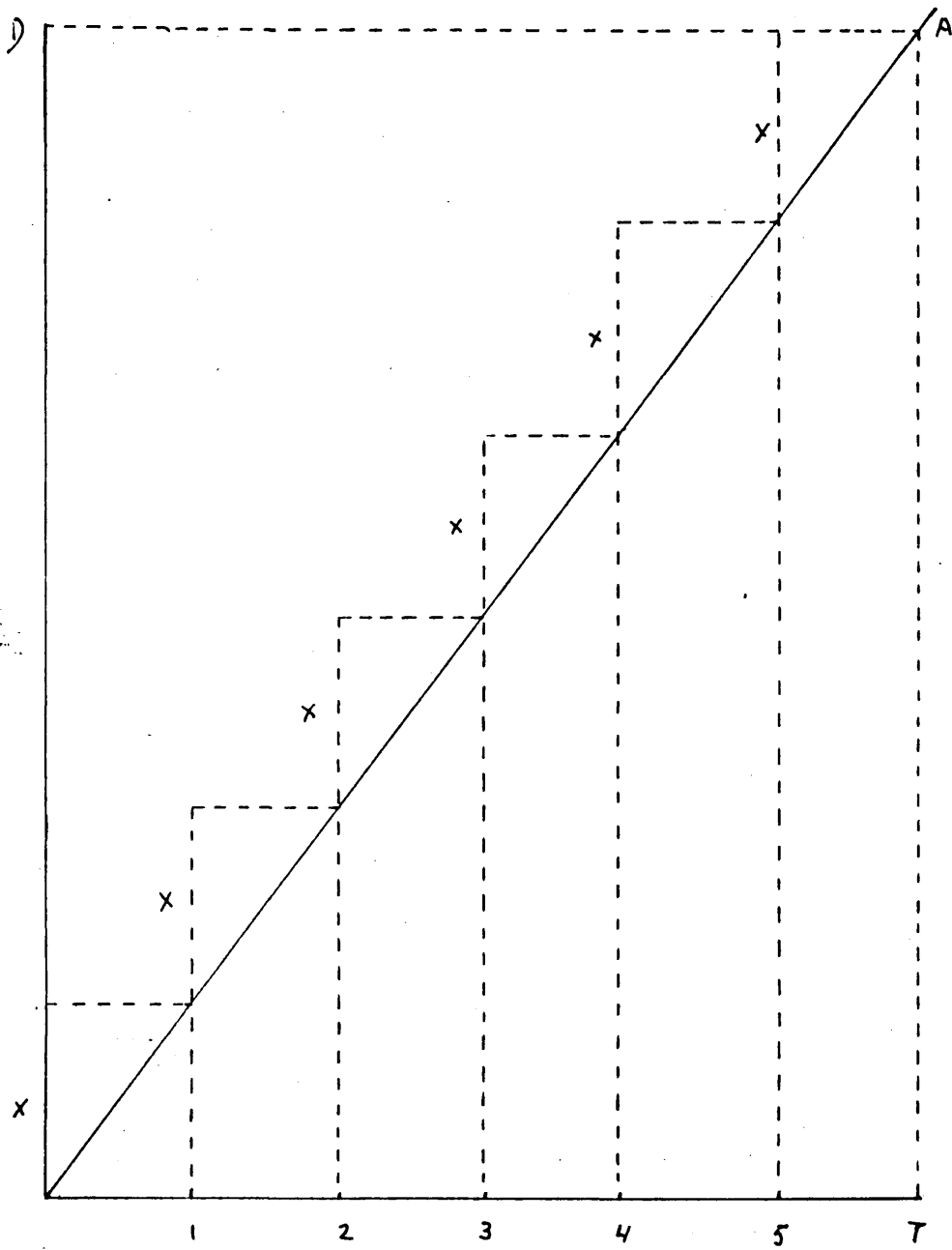


FIGURA 7

por la recta OA , ya que la demanda es entonces de la forma:

$$D(t) = \int_0^t d dt = d_1 t$$

Siendo en particular $d \cdot T = D$ de donde $d = \frac{D}{T}$

Si designamos por x el volumen del pedido, la evolución del stock se desprende de la consideración de la figura 8, que da lugar a una evolución del stock en forma de dientes de sierra, como se observa en la figura 9.

Por ser la demanda rectilínea de ecuación $D(t) = d \cdot t$, se desprende de la figura 8, que en virtud de la igualdad de los triángulos OAB , BCD , DEF , HKD , los intervalos $0-t_1$, $0-t_2$, $0-T$, son iguales entre sí, con lo cual el problema se reduce simplemente a determinar x para que el coste sea mínimo con lo que quedará automáticamente calculada la cadencia entre los pedidos, - que designaremos por c ; o a determinar primeramente c , obteniéndose luego x por la igualdad $x = d \cdot c$.

Para establecer la función de costes de posesión C_s , considerando que el stock $S(t)$ en el intervalo $0-T$ tiene como expresión $S(t) = x - \frac{x}{c} \cdot t$.

el coste total de posesión durante el periodo $0-t$ será:

$$C_s = \int_0^c S(t) c_x dt = \int_0^c c_x \left(x - \frac{x}{c} t \right) dt = c_x \left[x \cdot t - \frac{x}{c} \cdot \frac{t^2}{2} \right]_0^c = \frac{1}{2} c_x \cdot x \cdot c$$

El coste de un pedido de x unidades es a su vez $a + x \cdot P_u$ y como en el intervalo total de tiempo T , se realizarán $n = \frac{T}{c}$ pedidos, el coste de todos ellos, sin tener en cuenta factores de actualización será:

$$C_p = (a + x \cdot P_u) \frac{T}{c}$$

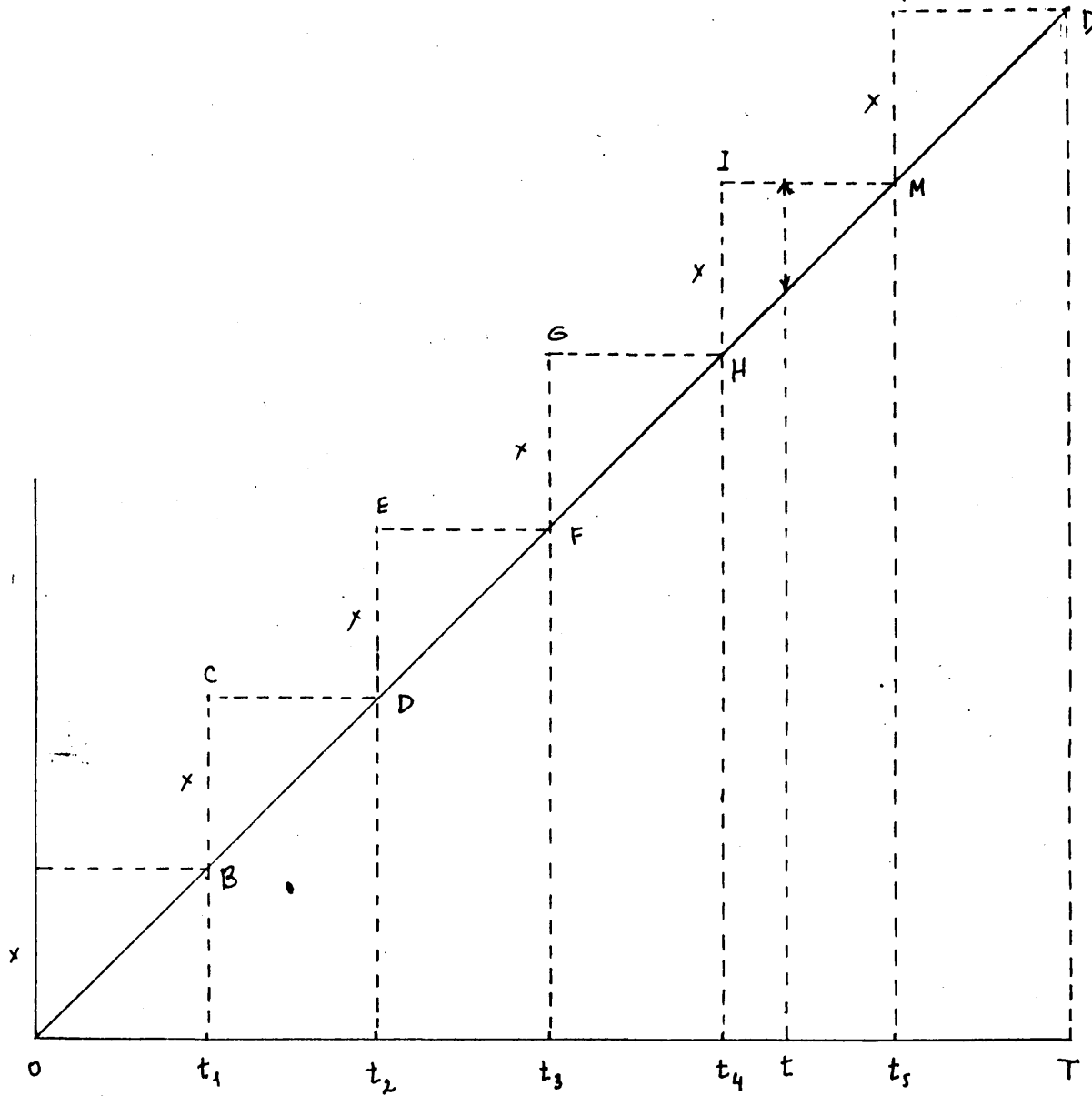


FIGURA 8

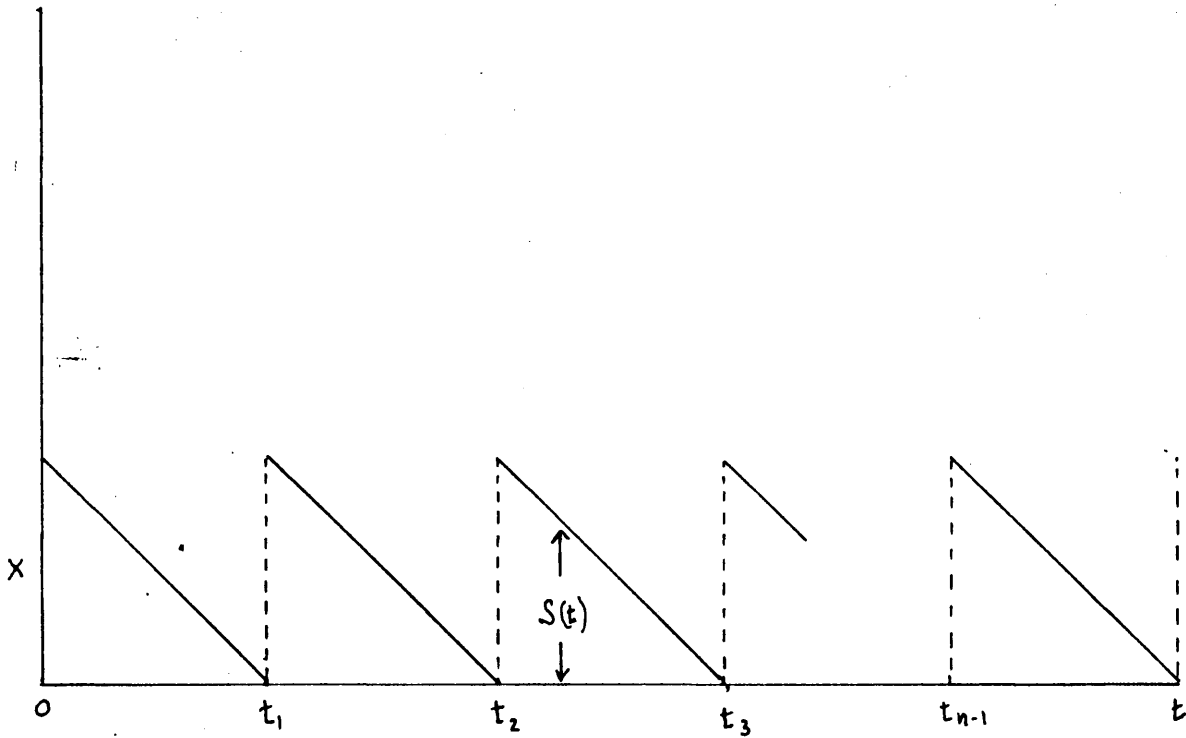


FIGURA 9

Y si tenemos en cuenta la existencia de un interés i del dinero, y supuestos los costes desembolsados al final de cada periodo, el coste total de posesión es:

$$C_p = \frac{1}{2} c_s \cdot x \cdot c \cdot a_{\overline{n}|i}$$

y de los n pedidos $(a + x \cdot P_u) a_{\overline{n}|i}$ representando con $a_{\overline{n}|i}$ el valor actual de una renta unitaria de n términos y periodicidad c .

Resultará así como expresión del coste total para el periodo 0-T

$$C = \left(\frac{1}{2} c_s \cdot x \cdot c\right) \frac{T}{c} + (a + x \cdot P_u) \frac{T}{c}$$

o bien

$$C_a = \frac{1}{2} c_s \cdot x \cdot c \cdot a_{\overline{n}|i} + (a + x \cdot P_u) a_{\overline{n}|i}$$

Dado que $n \cdot x = D$ resulta ser $x = \frac{D}{n}$ y como a su vez $\frac{T}{c} = n$ las anteriores expresiones del coste toman la forma

$$C = \frac{1}{2} c_s \cdot \frac{T \cdot D}{n} + a_{\overline{n}|i} \cdot D \cdot P_u$$

o bien

$$C_a = \frac{1}{2} c_s \cdot \frac{D \cdot T}{n^2} a_{\overline{n}|i} + a \cdot a_{\overline{n}|i} + \frac{D \cdot P_u}{n} a_{\overline{n}|i} \quad (I)$$

y derivando la primera de las expresiones consideradas

$$\frac{\partial c}{\partial n} = -\frac{1}{2} C_x \frac{T D}{n^2} + a = 0, \quad a = \frac{1}{2} C_x \frac{T D}{2a} \quad \rightarrow \quad n = \sqrt{C_x \frac{T D}{2a}}$$

En consecuencia resulta ser el intervalo más conveniente entre pedidos:

$$t = \frac{T}{n} = \frac{T \sqrt{2a}}{\sqrt{C_x \cdot T D}} = \sqrt{\frac{2aT}{C_x \cdot D}}$$

en la que:

T = Periodo considerado

n = Número de pedidos a realizar

a = Coste de adquisición

C_x = Coste de posesión de una unidad

D = Demanda en el periodo T

y por último el lote económico:

$$x = \frac{D}{n} = \frac{D \sqrt{2a}}{\sqrt{C_x \cdot T D}} = \sqrt{\frac{2 D P_u}{C_x \cdot T}}$$

La expresión del coste mínimo es pues:

$$C' = \frac{1}{2} C_x \frac{T D}{n} + a n + D \cdot P_u$$

y sustituyendo n por su valor:

$$C' = \frac{1}{2} \sqrt{2 C_x \cdot a \cdot T \cdot D} + \frac{\sqrt{C_x \cdot T \cdot D \cdot a}}{2} + D \cdot P_u = \sqrt{2 C_x \cdot a \cdot T \cdot D} + D \cdot P_u$$

Si el intervalo de tiempo T al cual hace referencia la demanda fuese grande, para dar lugar a tener en cuenta la actualización de los costes al tanto i, la ecuación a considerar sería la segunda de las (I) de la que se deduce, que para todo $n \neq 1$ es $C_a < C$ ya que $a \frac{1}{n} < n$

Sustituyendo $a \frac{1}{n}$ por su valor

$$a \frac{1}{n} = \frac{a n T}{S T} = \frac{a T}{S T}$$

se obtiene como expresión del coste, teniendo en cuenta la actualización

$$C_a = \left(\frac{1}{2} C_x \frac{D T}{n^2} \cdot \frac{1}{S T} + a \frac{1}{S T} + \frac{D \cdot P_u}{n} \cdot \frac{1}{S T} \right) a T$$

o bien, sustituyendo n por su igual $\frac{T}{t}$, queda:

$$C_a = \left(\frac{1}{2} C_x d c^2 + a + P_u \cdot d \cdot c \right) \frac{a T}{S T}$$

Derivando respecto a c, e igualmente a cero, resulta la ecuación

$$C_x d c + P_u d = \left(\frac{1}{2} C_x d c^2 + P_u \cdot d \cdot c + a \right) \frac{\frac{d S T}{d c}}{S T} \quad (II)$$

y teniendo en cuenta que

$$\frac{\partial S T}{\partial c} = \frac{\partial}{\partial t} \frac{(1+i)^c - 1}{i} = \frac{\min. (1+i)(1+i)^c}{i} = \frac{\delta}{i} (1+i)^c$$

siendo $\min. (1+i) = \delta$ el tanto instantáneo de interés equivalente al tanto i, resulta para la (II)

$$C_x d \cdot c + P_u d = \left(\frac{1}{2} C_x d c^2 + P_u \cdot d \cdot c + a \right) \frac{\frac{\delta}{i} (1+i)^c}{\frac{(1+i)^c - 1}{i}}$$

es decir

$$C_x d c + P_v . d = \frac{\delta}{i} \left(\frac{1}{2} C_x d c^2 + P_v . d . c + a \right) \frac{(1+i)^c i}{(1+i)^c - 1}$$

Como $\frac{(1+i)^c i}{(1+i)^c - 1}$ es el valor inverso de una renta unitaria $\frac{1}{a \overline{a} \overline{i}}$ la anterior ecuación puede ser formulada definitivamente en la forma

$$C_x d . c + P_v . d = \frac{\delta}{i} \left(\frac{1}{2} C_x d c^2 + P_v . d . c + a \right) \frac{1}{a \overline{a} \overline{i}}$$

lo cual hace fácil, con auxilio de tablas financieras, la resolución de la incógnita c , si fuera necesario mediante tanteos sucesivos y posiblemente alguna interpolación.

Obteniendo c se calcula seguidamente n, x y C_a .

Si ahora consideramos un horizonte económico ilimitado y suponemos que la demanda es constante durante el nuevo periodo T_2 y la denominamos D_2 , y durante un periodo sucesivo T_3 es D_3 , etc., el coste total que soporta la empresa tiene como valor actual

$$M = C_a^{(1)} + (1+i)^{-T_1} C_a^{(2)} + (1+i)^{-T_1-T_2} C_a^{(3)} + \dots$$

que es una serie convergente por la influencia de los factores de actualización ya que se trata de una renta perpetua en términos

En esta expresión M intervienen como variables, los aprovisionamientos $x_1^1, x_2^2, x_3^3, \dots$ correspondientes a cada periodo y como parámetros $D_1, D_2, D_3, \dots; T_1, T_2, T_3, \dots; C_1^1, C_2^2, C_3^3, \dots; \dots$ etc.

Al tratar de minimizar el coste total M por derivación se irían obteniendo mediante el procedimiento antes empleado.

$$\frac{\partial M}{\partial \eta_1} = 0 \quad \text{ó sea}$$

$$\frac{\partial M}{\partial \eta_1} = \frac{\partial C_a^{(1)}}{\partial \eta_1} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial \eta_2} = 0$$

"

$$\frac{\partial M}{\partial \eta_2} = \frac{\partial C_a^{(2)}}{\partial \eta_2} (1+i)^{-T_1} = 0 \quad \text{ó} \quad \frac{\partial C_a^{(2)}}{\partial \eta_2} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial \eta_3} = 0$$

"

$$\frac{\partial M}{\partial \eta_3} = \frac{\partial C_a^{(3)}}{\partial \eta_3} (1+i)^{-T_1-T_2} = 0 \quad \text{"} \quad \frac{\partial C_a^{(3)}}{\partial \eta_3} = 0$$

esto es se irían obteniendo para x^i, η^i, c^i y C_a^i los valores obtenidos anteriormente, para la gestión en un determinado periodo.

Es de señalar que este resultado confirma dentro de las hipótesis establecidas, la posibilidad de una regla de gestión o estrategia que regule la actividad de la empresa en orden al problema de aprovisionamientos y stocks.

Frecuentemente, la cantidad económica, o lote económico, no puede variar con continuidad por razones de tipo técnico, quedando sujeta a tomar valores discretos $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ y el valor X' calculado queda comprendido entre x_j y x_{j+i} esto es, $x_j < X' < x_{j+i}$ se calcularán $C_a(x_j)$ y $C_a(x_{j+i})$ adoptándose como lote económico el menor de ambos valores.

Variantes en el concepto de Lote económico.

Examinado ya, el concepto básico de Lote económico, deducimos que éste varía al variar el valor de la demanda, el coste de adquisición, el precio unitario y el coste de

posesión, siendo directamente proporcional a los dos primeros conceptos e inversamente proporcional a los segundos.

Ello nos lleva al planteamiento de múltiples variantes en la determinación de Lotes económicos, según los condicionamientos específicos que, para cada componente, puedan presentarse.

Siguiendo a Grau Dosaigues (1), los casos más generales que pueden presentarse en el componente "precio unitario", en forma resumida son:

- Caso de que el precio se componga de una parte fija "f" independiente del número de artículos pedidos y una parte "Qg" proporcional al número de artículos.

Así "Q" artículos cuestan $f + Qg$.

y un artículo $p = \frac{f}{Q} + g$

Costo anual (K=consumo anual previsto.)

$$Z = K \left(\frac{f}{Q} + g \right) + \frac{Q_i}{2} \left(\frac{f}{Q} + g \right) + \frac{K}{Q_n}$$

$$\frac{\partial Z}{\partial Q} = - \frac{Kf}{Q^2} - \frac{K_a}{Q^2} + \frac{ig}{2}$$

Lote económico $Q_e = \sqrt{\frac{(f + a)}{2K \frac{ig}{2}}}$

- Caso de disminución de precio por encima de X artículos.

Por encima de X artículos → Precio P_1 por unidad
 Por debajo de X artículos → Precio P_2 por unidad

} P_1 P_2

Se calcula Q_{e_1} y Q_{e_2} correspondientes a los precios P_1 y P_2

$(P_1 < P_2)$ ($Q_{e_1} > Q_{e_2}$) siendo Q' el pedido frontera entre ambos precios.

Si $Q' < Q_{e_1}$ hay que comprar al precio P_1 por lotes económicos Q_{e_1}

Si $Q' > Q_{e_1}$ se calculan

$$\begin{cases} z_1 \text{ para } Q = Y_1 \text{ y } pu = P_1 \\ z_2 \text{ para } Q = Q_{e_2} \text{ y } pu = P_2 \end{cases}$$

Siendo Q el lote mínimo que se puede adquirir al precio P_1 .

Si $z_1 \leq z_2$ hay que comprar por lotes Q_1 al precio

$z_1 \geq z_2$ hay que comprar por lotes Q_{e_2} al precio P_2

Si $z_1 = z_2$ se puede adoptar indistintamente una u otra solución

- Lote económico en previsión de un alza de precios antes de la próxima compra.

Se supone que X no se verá afectado por el alza de precio.

Se ha previsto que $Q_1 = \sqrt{\frac{2 K a}{P^1 i}}$ (I)

p_1 = Precio unitario actual
 i = Gastos previsión por peseta
 a = Coste de adquisic.

El nuevo precio se convertirá después del alza en:

$$P_2 = P_1 + \Delta P$$

Se busca el $Q_2 = Q_1 + \Delta Q$ económico en previsión del alza (acumulación más económica)

Realizamos el balance de la operación consistente en la compra Q_2

Ganancia

1.- Sobre el precio de compra $G_1 = \Delta Q \cdot \Delta P$

2.- Sobre el costo de adquisición - al comprar más - disminuir a la frecuencia de pedidos

$$\text{La ganancia anual} = \left(\frac{K}{Q_1} - \frac{K}{Q_2} \right) a$$

Por lo tanto la ganancia sobre el periodo de consumo es

$$\left(\frac{K}{Q_1} - \frac{K}{Q_2} \right) a \cdot \frac{Q_2}{K} \quad \text{Su} \quad G_2 = a \cdot \frac{\Delta Q}{Q_1}$$

Pérdida

Los gastos de posesión aumentan anualmente en: $i p^1 = \frac{Q}{2}$

- Sobre el periodo de utilización

pero $\frac{iP_1}{2K} = \frac{a}{Q_1^2}$

Por lo tanto las pérdidas $P = \frac{\Delta Q \cdot Q^2 a}{Q_1^2}$

El balance = ganancia - pérdida = G1 + G2

$$R = \Delta p \cdot \Delta Q + a \frac{\Delta Q}{Q_1} - a \Delta Q \frac{Q_2}{Q_1^2}$$

$$R = \Delta Q \left(\Delta p + \frac{a}{Q_1} - a \frac{Q_2}{Q_1^2} \right) = \Delta Q \left(\Delta p + \frac{a}{Q_1} - a \frac{Q_1 + \Delta Q}{Q_1^2} \right)$$

Es preciso que R sea máximo $\frac{\partial R}{\partial Q} = \Delta p - \frac{2a \Delta Q}{Q_1^2} = 0$

Incrementos del lote económico:

$$\Delta Q = \frac{Q_1^2}{2a} \cdot \Delta p$$

Ejemplo de cálculo

K = 20.000

Pi = 100 pts

i = 20%

a = 2.000 Pts

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2 \times 20.000 \times 2.000}{100 \cdot 0,2}} = \sqrt{4 \times 10^6} = 2000$$

La cantidad económica es de 2.000 artículos
(10 pedidos por año)

Supongamos que se provoca un alza de un 20%

$$\Delta p = \frac{20}{100} \times 100 = 20 \text{ pts}$$

Es preciso ordenar una cantidad suplementaria al pedido

$$\Delta Q = \Delta p \cdot \frac{Q_1^2}{2a} = \frac{20 \times 4 \times 10^6}{2 \times 2000} = 20.000$$

Es decir el consumo de un año;

el resultado de la operación es una ganancia de:

$$400.000 + 20.000 - 220.000 = 200.000 \text{ pesetas}$$

Hasta aquí, la casuística contemplada por Grau Desaignes, pero veamos ahora que sucede si el coste de posesión en lugar de ser constante, tal como hemos supuesto hasta ahora, se nos presenta variable en función de la magnitud del pedido, esto es si $C_s = C_x(x)$, la expresión del stock será:

$$C_s = \int_0^c S(t) C_x(x) dt = C_x(x) \int_0^c S(t) dt = C_x(x) \int_0^c \left(x - \frac{x}{c}t\right) dt = \frac{1}{2} C_x(x) \cdot c$$

Dentro de la misma hipótesis expuestas en el anterior modelo para el coste total, éste será:

$$C = \left(\frac{1}{2} C_x(x) \cdot x \cdot c\right) \frac{T}{c} + (P + x \cdot P_u) \frac{T}{c}$$

o bien, expresado en función de D.

$$C = \frac{1}{2} C_x\left(\frac{D}{n}\right) \frac{TD}{n} + an + D \cdot P_u$$

y derivando respecto a n;

$$\frac{\partial C}{\partial n} = -\frac{1}{2} C_x\left(\frac{D}{n}\right) \frac{TD}{n^2} - C_x\left(\frac{D}{n}\right) \frac{D}{n^2} - \frac{TD}{n} + D$$

e igualando a cero

$$D = \frac{1}{2} \frac{TD}{n^2} \left[C_x\left(\frac{D}{n}\right) + \frac{D}{n} C_x\left(\frac{D}{n}\right) \right] \quad \text{ó bien:} \quad \frac{2a}{TD} n^3 = n C_x\left(\frac{D}{n}\right) + C_x\left(\frac{D}{n}\right) \quad (\text{III})$$

En la hipótesis de que $C_x = \frac{K}{x}$, siendo K una constante, es $C_x = \frac{-K}{x^2}$ y como $x = \frac{D}{n}$ resulta ser

$$C_x\left(\frac{D}{n}\right) = \frac{Kn}{D} \quad \dots \quad C_x\left(\frac{D}{n}\right) = -\frac{Kn^2}{D^2}$$

y la anterior ecuación (III) toma la forma

$$\frac{2a}{TD} n^3 = \frac{Kn^3}{D} - \frac{Kn^2}{D} = 0$$

que da la solución $n=0$; esto es, no realizar ningún aprovisionamiento

El resultado se justifica porque la hipótesis equivale a $C_x(x) \cdot x = K$ es decir, el coste total de posesión de un pedido de volumen x es constante, cualquiera que sea el volumen de dicho pedido. La ecuación que nos dá el coste total será:

$$C = \frac{1}{2} C_x(x) \cdot x T + a n + D \cdot P_v \quad \text{ó sea: } C = \frac{1}{2} K \cdot T + a n + D \cdot P_v$$

función lineal que admite un mínimo absoluto para $n=0$

En la práctica habrá que realizar algún aprovisionamiento, por lo que adoptariamos $n = 1$ con lo que el coste total resultaría ser

$$C = \frac{1}{2} K T + a + D \cdot P_v$$

para $n=2$

$$C = \left(\frac{1}{2} K T + a + D \cdot P_v \right) + a$$

para $n=3$

$$C = \left(\frac{1}{2} K T + a + D \cdot P_v \right) + 2a$$

que nos muestran como el coste total aumenta en la cantidad a que es el coste marginal de posesión en la hipótesis $C_x = \frac{k}{x}$ que venimos considerando. Analíticamente es evidente que:

$$\frac{\partial C}{\partial n} = a$$

Si consideramos la hipótesis $C_x(x) = K$, nos encontraremos en el caso recogido en la fórmula (I), pues $C_x = 0$ y la

ecuación del mínimo se reduce a

$$\frac{2a}{TD} n^2 = K \quad \text{..} \quad n = \sqrt{\frac{K \cdot T \cdot D}{2a}}$$

Veamos ahora la hipótesis $C_x = K + \alpha \cdot x \cdot P_u$, es decir, el coste unitario de posesión es una función lineal creciente del volumen del pedido, o mejor aún, del valor del pedido representado por el producto $x P_u$, ya que el aumento del valor del pedido representa un incremento de la carga financiera a soportar por la empresa(1)

Tendremos ahora:

$$C_s = \alpha \cdot P_u \quad \text{..} \quad C_s\left(\frac{D}{n}\right) = K + \alpha \cdot P_u \cdot \frac{D}{n} \quad \text{..} \quad C\left(\frac{D}{n}\right) = \alpha \cdot P_u$$

con lo que la ecuación del mínimo de n toma la forma

$$\frac{2a}{TD} n^3 = nK + \alpha P_u D + \alpha P_u D \quad \text{ó sea:} \quad \frac{2a}{TD} n^3 = Kn + 2\alpha \cdot D \cdot P_u$$

ecuación de tercer grado en n , cuya solución puede conseguirse gráficamente, considerando las ecuaciones $y = \frac{2a}{TD} n^3$, parábola cúbica y la $y = Kn + 2\alpha \cdot D \cdot P_u$, recta de coeficiente angular positivo que se cortan en un solo punto II, cuya abcisa da el valor n' mínimo que se busca. Figura 10.

Para la hipótesis de que $C_x = \frac{\alpha}{x} + \beta P_u$ es decir, suma de un coste unitario correspondiente al coste fijo a del pedido más otro coste proporcional al precio de compra de una unidad de aprovisionamiento, tendremos:

$$C_s = -\frac{\alpha}{x^2} \quad \text{..} \quad C_s\left(\frac{D}{n}\right) = \frac{\alpha n}{D} + \beta P_u \quad \text{..} \quad C\left(\frac{D}{n}\right) = -\frac{\alpha n^2}{D}$$

(1) D. Brefort y H. Nussembaun en "La gestión científica de los Stocks" Ed. Guadiana, tratan en sus páginas 56 a 62, desde otro punto de vista, la existencia, o no, de presión financiera.

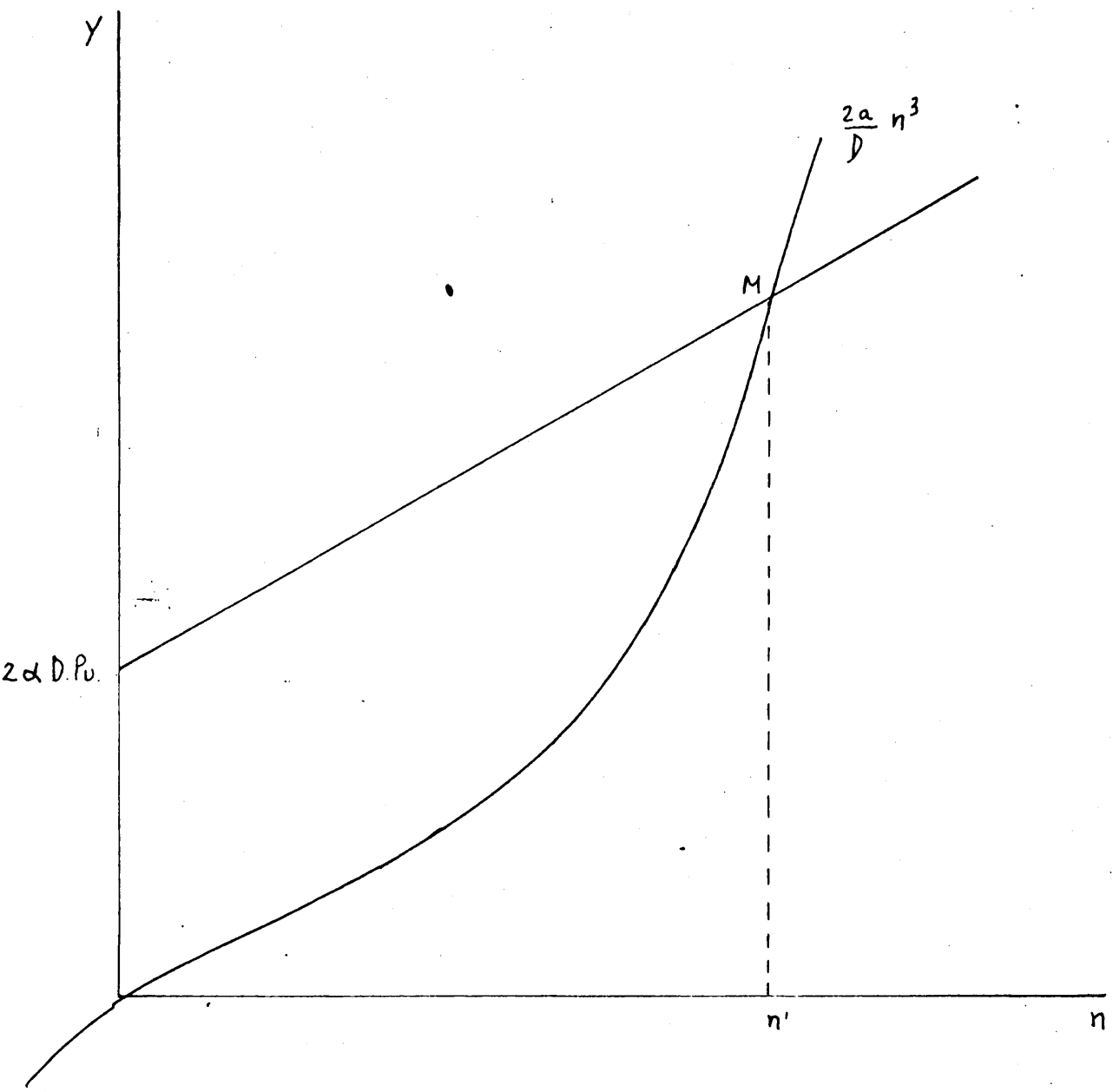


FIGURA 10

con lo que la ecuación para determinar n' es

$$\frac{2a}{TD} n^3 = \frac{a}{D} n^2 + n\beta P_u - \frac{a}{D} n^2, \text{ ó sea: } \frac{2a}{TD} n^3 = \beta P_u \rightarrow n' = \sqrt[3]{\frac{\beta P_u \cdot T \cdot D}{2a}}$$

de la que fácilmente obtendremos

$$t' = \frac{T}{n'} = \sqrt{\frac{2aT}{\beta \cdot P_u \cdot D}} \quad \text{''} \quad x' = \frac{D}{n'} = \sqrt{\frac{2aD}{\beta \cdot P_u \cdot T}}$$

el coste total mínimo; siendo

$$C_s\left(\frac{D}{n'}\right) = \frac{an'}{D} + \beta P_u = \sqrt{\frac{\beta \cdot P_u \cdot a \cdot T}{2D}} + \beta \cdot P_u$$

será

$$\begin{aligned} C'_s &= \frac{1}{2} \left[\sqrt{\frac{\beta \cdot P_u \cdot T}{2D}} + \beta \cdot P_u \right] T \cdot D + a \sqrt{\frac{\beta \cdot P_u \cdot T \cdot D}{2a}} + D \cdot P_u = \\ &= \frac{1}{2} \left[\sqrt{\frac{\beta \cdot P_u \cdot a \cdot T}{2D}} + \beta P_u \right] T \cdot \frac{\sqrt{2Da}}{\beta \cdot P_u \cdot T} + a \sqrt{\frac{\beta \cdot P_u \cdot T \cdot D}{2a}} + D \cdot P_u = \frac{1}{2} \sqrt{2D \cdot a \cdot T \cdot \beta \cdot P_u} + \\ &\quad + \frac{\sqrt{D \cdot T \cdot a \cdot \beta \cdot P_u}}{2} + D \cdot P_u. \end{aligned}$$

es decir:

$$C'_s = \sqrt{2D \cdot a \cdot T \cdot \beta \cdot P_u} + D \cdot P_u + \frac{1}{2} a T.$$

Por último, en la hipótesis de que $C_x = \frac{a}{x} + \beta x P_u$, es decir suma de un coste unitario correspondiente al coste fijo a del pedido, más otro coste unitario proporcional al valor $x \cdot P_u$ del mismo será

$$C'_s = -\frac{a}{x^2} + \beta \cdot P_u \quad \text{''} \quad C_s\left(\frac{D}{n}\right) = \frac{an}{D} + \beta \frac{D}{n} \cdot P_u \quad \text{''} \quad C'_s\left(\frac{D}{n}\right) = -\frac{an^2}{D^2} + \beta \cdot P_u.$$

y la ecuación del mínimo

$$\frac{2a}{D} n^3 = \frac{an^2}{D} + \beta \cdot D \cdot P_u - \frac{an^2}{D} + D\beta P_u \quad \text{ó sea: } \frac{a}{TD} n^3 = \beta \cdot D \cdot P_u \rightarrow n' = \sqrt[3]{\frac{\beta \cdot T \cdot D^2 \cdot P_u}{a}}$$

y en consecuencia

$$t' = \frac{T}{n'} = \frac{T \sqrt[3]{a}}{\sqrt[3]{\beta \cdot T \cdot D^2 \cdot P_0}} = \sqrt[3]{\frac{a T^2}{\beta \cdot P_0 \cdot D^2}} \quad \text{y} \quad x' = \frac{D}{n'} = \frac{D \sqrt[3]{a}}{\sqrt[3]{\beta \cdot P_0 \cdot T D^2}} = \sqrt[3]{\frac{D \cdot a}{\beta \cdot P_0 \cdot T}}$$

Ahora supongamos que el coste de aprovisionamiento C_x sea una función del volumen del aprovisionamiento, esto es $C_x(x)$, o bien puesto que $x = \frac{D}{n}$ „ $C_x\left(\frac{D}{n}\right)$

Con ello la expresión del coste total resulta ser

$$C = \frac{1}{2} C_s\left(\frac{D}{n}\right) \frac{TD}{n} + P_H + DC_x\left(\frac{D}{n}\right)$$

Tomando como allí n como variable de decisión, el coste mínimo corresponderá a la solución de la ecuación

$$\frac{\partial C}{\partial n} = -\frac{1}{2} C_s\left(\frac{D}{n}\right) \frac{TD}{n^2} - \frac{1}{2} C_s'\left(\frac{D}{n}\right) \frac{D}{n^2} \cdot \frac{TD}{n} + P - DC_x'\left(\frac{D}{n}\right) \frac{D}{n^2} = 0$$

o sea

$$P = \frac{1}{2} \frac{TD}{n^2} \left[C_s\left(\frac{D}{n}\right) + \frac{D}{n} C_s'\left(\frac{D}{n}\right) + \frac{2D}{T} C_x\left(\frac{D}{n}\right) \right]$$

o bien habida cuenta que

$$\frac{2P}{D} n^3 = n C_s\left(\frac{D}{n}\right) + DC_s'\left(\frac{D}{n}\right) + 2dn C_x\left(\frac{D}{n}\right) \quad (\text{IV})$$

resultando la determinación numérica de n^* más o menos complicada según la forma de las funciones C_s y C_x

En la hipótesis de que C_x adopta la forma $K - \alpha x$ es decir coste decreciente linealmente y como en el caso ya estudiado para $C_s = C_s(x)$; $C_s = \frac{P}{k} + \beta C_x$, o sea $C_s = \frac{P}{x} + K\beta - \alpha \cdot \beta x$

Tendremos ahora:

$$C_s' = -\frac{P}{k^2} - \alpha\beta \quad \text{„} \quad C_x' = -\alpha$$

con lo que

$$C_s\left(\frac{D}{n}\right) = \frac{Pn}{D} + K\beta - \alpha\beta \cdot \frac{D}{n} \quad \text{„} \quad C_s'\left(\frac{D}{n}\right) = -\frac{Pn^2}{D^2} - \alpha\beta$$

$$C_x'\left(\frac{D}{n}\right) = -\alpha$$

La ecuación (IV) del mínimo toma la forma

$$\frac{2P}{TD} n^3 = \frac{Pn^2}{D} + k\beta n - \alpha\beta D - \frac{Pn^2}{D} - \alpha\beta D - 2\alpha d n$$

o sea

$$\frac{2P}{TD} n^3 = (k\beta - 2\alpha d)n - \alpha\beta D$$

ecuación de tercer grado en n para cuya resolución haremos las siguientes consideraciones:

Consideradas las curvas de ecuaciones $y = \frac{2P}{TD} n^3$ (1)
 $y = (k\beta - 2\alpha d)n - \alpha\beta D$. (2)

de la figura 11B si el coeficiente angular de la recta (2) es negativo la ecuación considerada admitirá una solución negativa que no conviene a nuestro problema.

Ha de ser pues $k\beta - 2\alpha d > 0$ y además mayor que el coeficiente angular de la tangente a la curva (1) desde el punto A $(0, \alpha\beta D)$ Designado por $R = \frac{2P}{TD}$ el coeficiente de n^3 en (1), la ecuación de tal tangente se obtiene fácilmente ya que basta que la resolvente de las ecuaciones

$$y = Rn^3$$
$$y = an - \alpha\beta D$$

tenga una raíz doble.

Tal resolvente es

$$Rn^3 - an + \alpha\beta D = 0 \quad \text{ó bien} \quad n^3 - \frac{a}{R}n + \frac{\alpha\beta D}{R} = 0$$

ecuación del tipo $n^3 - pn + g = 0$ con $p > 0$ y $g > 0$ que admite una raíz doble (condición necesaria y también suficiente) si

$$\frac{g^2}{4} + \frac{p^3}{27} = 0$$

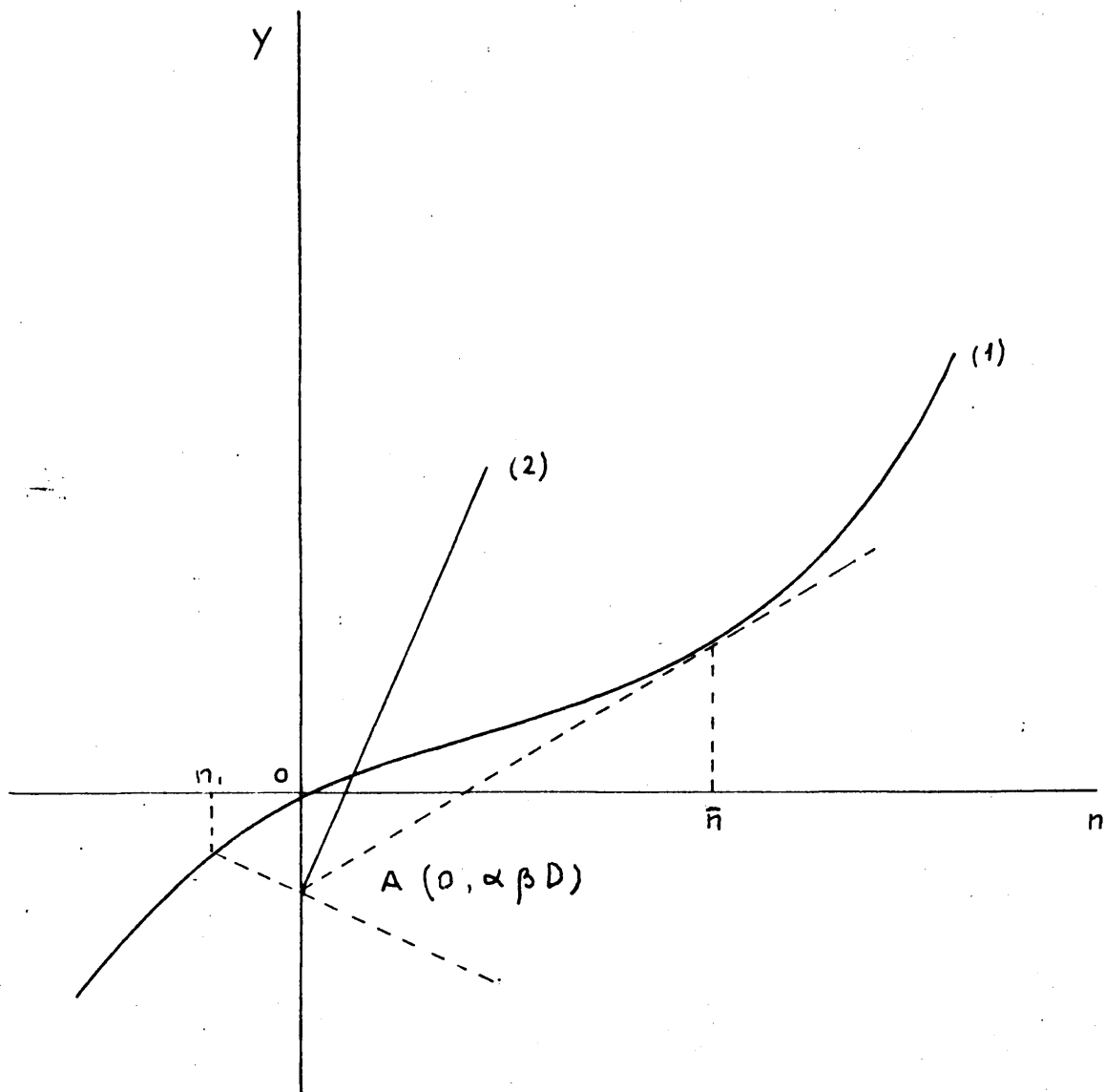


FIGURA 11

condición que en nuestro caso es $\frac{\alpha^2 \beta^2 D^2}{4R^2} - \frac{a^3}{27R^3} = 0$

y de la que se sigue $a^3 = \frac{27}{4} R \alpha^2 \beta^2 D^2$

de donde $a = \frac{3}{2} \sqrt{2R \alpha^2 \beta^2 D^2}$

La ecuación de la tangente a la curva (1) desde Λ es pues

$$K\beta - 2\alpha d > y = \frac{2}{3} \sqrt{2R \alpha^2 \beta^2 D^2} n - \alpha \beta D$$

y la condición para que la recta (2) corte a la (1) y haya por lo menos una solución real y positiva se expresará en virtud de lo dicho por la limitación

$$K\beta - 2\alpha d > \frac{2}{3} \sqrt{2R \alpha^2 \beta^2 D^2} > 0$$

Para que el problema admita una solución positiva única es preciso que la ecuación

$$Rn^3 - (K\beta - 2\alpha d)n + \alpha\beta D = 0 \quad \text{ó la} \quad n^3 - \frac{K\beta - 2\alpha d}{R}n + \frac{\alpha\beta D}{R} = 0$$

que es del tipo $n^3 - pn + g = 0$ con $p > 0$ y $g > 0$ satisfaga a la condición

$$\frac{g^2}{4} - \frac{p^3}{27} > 0$$

que en nuestro caso toma la forma

$$\frac{\alpha^2 \beta^2 D^2}{4R^2} - \frac{(K\beta - 2\alpha d)^3}{27R^3} > 0 \quad \text{ó bien} \quad \frac{27}{4} R \alpha^2 \beta^2 D^2 > (K\beta - 2\alpha d)^3$$

resultando que es incompatible con la limitación antes establecida que implicaba precisamente

$$\frac{27}{4} R \alpha^2 \beta^2 D^2 < (K\beta - 2\alpha d)^3 \quad \text{ó} \quad \alpha^2 \beta^2 < \frac{2}{27dP} (K\beta - 2\alpha d)^3$$

Resulta pues que la ecuación considerada no puede admitir una sola raíz positiva y como por otra parte si admite dos positivas la tercera raíz condición $\frac{g^2}{4} + \frac{p^2}{27} < 0$ que no

es sino la limitación antes aludida. La resolución gráfica es la que se indica en la figura 12C que da dos soluciones positivas n y n^2 y una tercera solución n^3 negativa que no interesa.

En resumen los parámetros K , α y β y que intervienen en las funciones de coste C_s y C_x han de satisfacer a la condición

$$\alpha^2 \beta^2 < \frac{2}{27dD} (K\beta - 2\alpha d)^3$$

que resuelven el problema

Nos queda ahora la cuestión de averiguar cual de los valores obtenidos hace precisamente mínimo el coste total.

Para ello analicemos la $\frac{dC}{dn} = C'$ que según hemos visto puede ser escrita en la forma

$$C' = P - \frac{1}{2} \frac{TD}{n^2} \left[(K\beta - 2\alpha d) - 2\alpha\beta \frac{D}{n} \right]$$

o lo que es igual

$$\frac{2n^3}{DT} C' = \frac{2P}{TD} n^3 - \left[(K\beta - 2\alpha d)n - 2\alpha\beta D \right]$$

Para valores $n_1 - \epsilon$ (Véase figura 12) la curva (2) está por encima de la recta (1), por lo que la diferencia del segundo miembro es positiva y lo es asimismo C' . En cambio para valores $n_1 + \epsilon$, la curva queda por debajo de la recta y en consecuencia es C' negativo. Pasando C' de positiva a negativa, n , es la abscisa de un punto de coste máximo.

En el entorno $(n_2 - \epsilon, n_2 + \epsilon)$ ocurre lo contrario, C' pasa de negativa a positiva y se trata por tanto de un punto de coste mínimo.

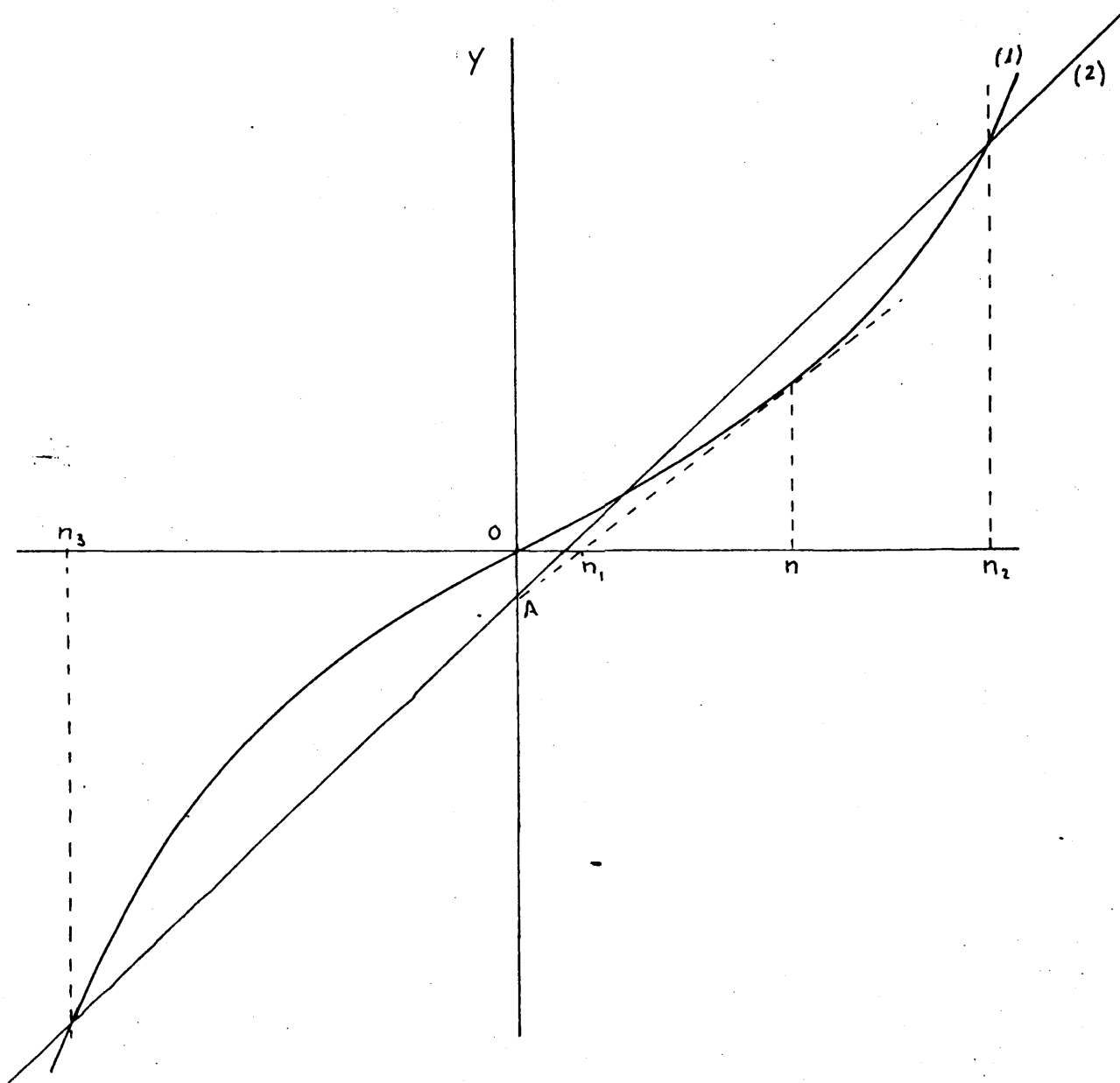


FIGURA 12

En conclusión: supuesto que los parámetros K, α y β satisfacen a la limitación

$$\alpha^2 \beta^2 < \frac{2}{27dP} (K\beta - 2\alpha d)^3$$

el número óptimo de periodos de aprovisionamientos es la mayor parte de las dos soluciones positivas de la ecuación

$$\frac{2P}{TD} n^3 - (K\beta - 2\alpha d)n + \alpha\beta = 0$$

La determinación práctica de n_2^* puede hacerse por método gráfico o por métodos de aproximación a partir del valor de la abscisa del punto de tangencia (figura 12) que es aproximado por defecto. Para la estimación de \bar{n} basta resolver la ecuación

$$3R\bar{n}^2 = \frac{3}{2} \sqrt{2R\alpha^2\beta^2D^2}$$

que iguala los coeficientes angulares de la parábola (1) y de la recta (2). Elevando al exponente 3.

$$R^3\bar{n}^6 = \frac{1}{4} R\alpha^2\beta^2D^2 \quad ,, \quad \bar{n}^6 = \frac{1}{4} \frac{\alpha^2\beta^2D^2}{R^2} \quad ,, \quad \bar{n}^3 = \frac{\alpha\beta D}{2R} = \frac{\alpha\beta D^2 T}{P}$$

y por último

$$\bar{n} = \sqrt[3]{\frac{\alpha\beta TD^2}{4P}}$$

Como es inmediato, obtenido n^* se deduce inmediatamente $x^*, c(n^*)$

Si se cumpliera que

$$\alpha^2 \beta^2 = \frac{2}{27dP} (K\beta - 2\alpha d)^3$$

la recta (2) coincidiría con la tangente a la parábola desde A, figura 11. Las dos soluciones reales y positivas se redu-

cirían a una sola, pero el coste no presentaría máximo ni mínimo, sino un punto de inflexión creciente, ya que entonces C' es positiva en el entorno $(\bar{n}-\epsilon, \bar{n}+\epsilon)$ que anteriormente, esto es del tipo $C_s = \frac{P}{x} + \beta C_x$ y que los de aprovisionamiento varían con discontinuidad ante diferentes valores de nivel de aprovisionamiento

$$\begin{array}{ll}
 C'_x & \text{para } 0 < x < a_1 \\
 C''_x & \text{" } a_1 \leq x < a_2 \\
 \dots & \dots \\
 C_x^{n-1} & \text{" } a_{n-2} \leq x < a_{n-1} \\
 C_x^n & \text{" } a_{n-1} \leq x < a_n
 \end{array}$$

Lo que da lugar a una gráfica de la función del coste de aprovisionamiento, en escalera como la de la figura 13.

La función del coste total válida para el intervalo $a_{i-1} \leq x \leq a_i$ en el cual el coste de aprovisionamiento es la constante C_x^i , será la que se consideró para $C_s = \frac{a}{x} + \beta P$ que daba lugar a los valores óptimos

$$\eta_i^* = \sqrt{\frac{\beta C_x^i T D}{2P}} \quad \text{"} \quad x_i^* = \sqrt{\frac{2DP}{\beta C_x^i T}} \quad \text{"} \quad C_i^* = \sqrt{2DPT C_x^i} + DC_x^i + \frac{1}{2}PT$$

Supongamos calculados los valores x_i^* y C_i^* para $i=1, 2, \dots, n$. Como los costes C_x^i son decrecientes se verificará

$$C_1^* > C_2^* > C_3^* > \dots > C_n^*$$

es decir los mínimos de las funciones de coste total son asimismo decrecientes.

Calculado x_n^* si queda comprendido entre a_{n-1} y a_n el coste mínimo es

Si $x_n^* < a_{n-1}$, se pasa a calcular x_{n-1}^* , pueden ocurrir ahora dos casos:

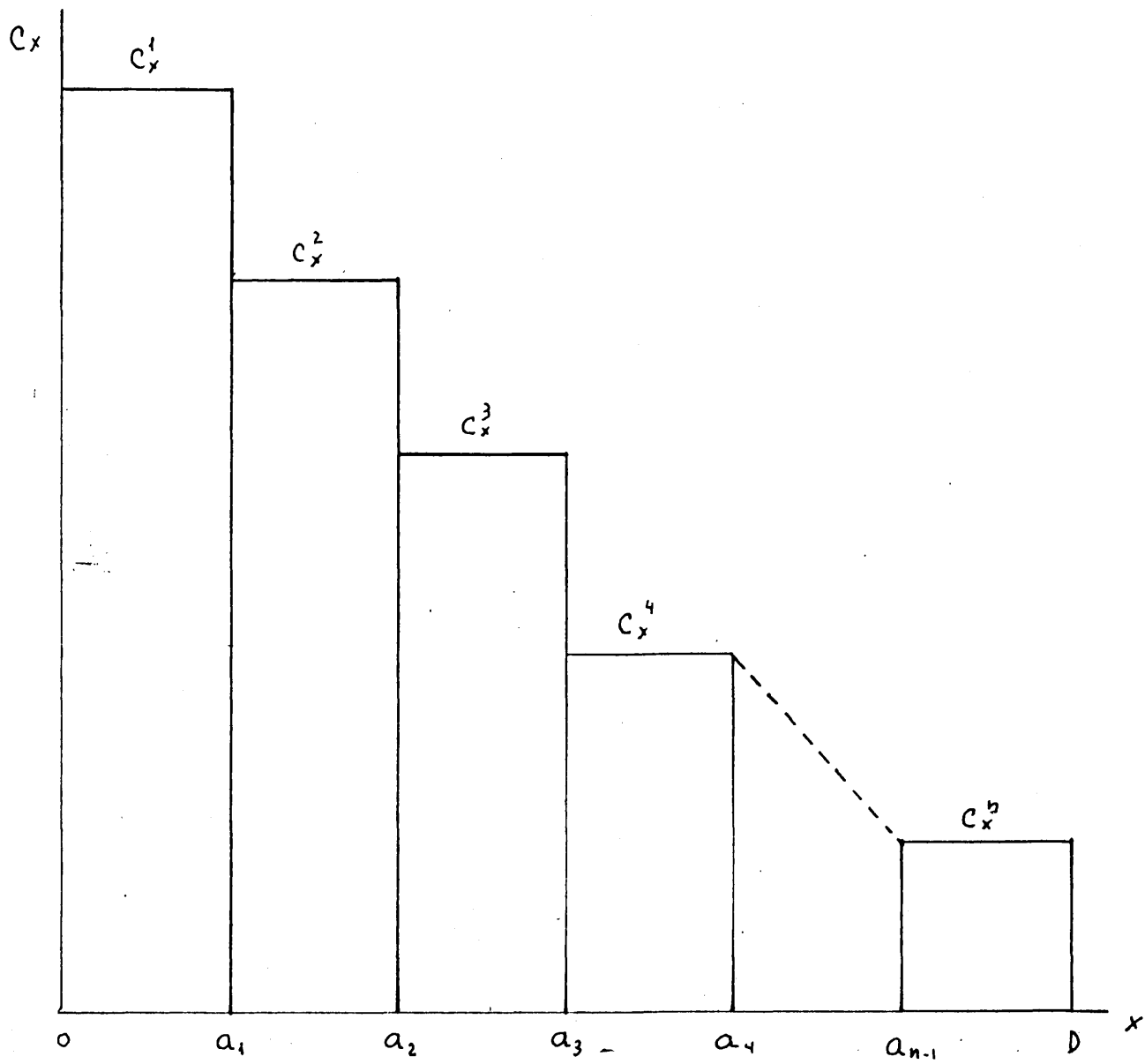


FIGURA 13

1º $a_{n-2} \leq x_{n-1}^* < a_{n-1}$ Se calculan c_{n-1}^* y el coste $c(a_{n-1})$ es decir el coste correspondiente a la cantidad a_{n-1} y se elige como cantidad óptima la que corresponda al menor valor de ambos costes

2º $x^* < a_{n-2}$

Se procede entonces a calcular x_{n-2}^* y de nuevo puede suceder:

a) $a_{n-3} \leq x_{n-2}^* < a_{n-2}$

b) $x_{n-2}^* < a_{n-3}$

En el caso a) se calculan c_{n-2}^* y $c(a_{n-2})$ eligiéndose como cantidad óptima la correspondiente al menor de ambos valores. En el caso b) se procede a calcular x_{n-3}^* y se reitera el proceso que exige para llegar a la determinación del óptimo del coste un máximo de h etapas.

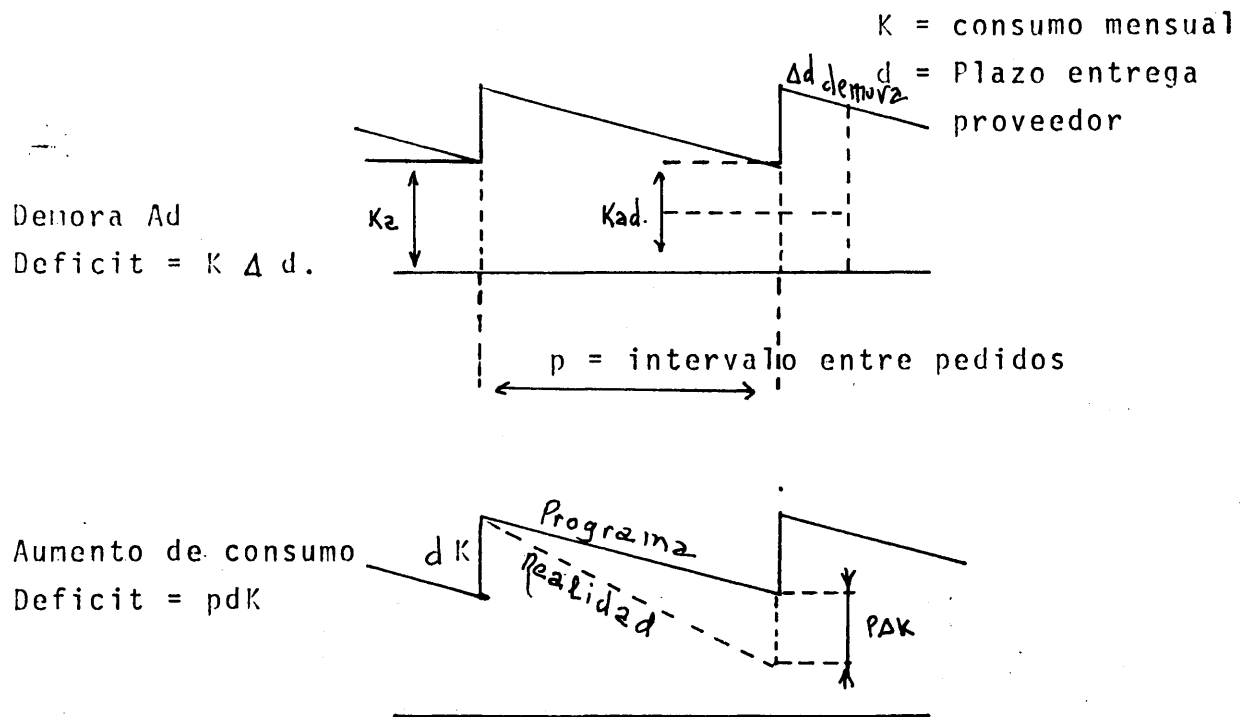
En la práctica ocurrirá que la función en escalera representativa de los diversos costes de aprovisionamiento, podrá ser sustituida por una recta del tipo $Cx = a - bx$ ya que el precio variable corrientemente se estipulará a partir de un máximo que se va reduciendo proporcionalmente a la cantidad contratada x . Con ello se asimila este caso al anteriormente tratado de precio de aprovisionamiento en la forma

$Cx = k - dx$ que implica la determinación del número óptimo de aprovisionamiento como la solución positiva mayor de una ecuación de tercer grado.

Cálculo del margen de seguridad

Para las hipótesis anteriores hemos supuesto que la existencia del almacén, oscilaba entre un lote de compra completo y nada, lo que bastaba para el cálculo del gasto mínimo, pero en realidad hay que considerar además de la existencia oscilante anterior, una existencia mínima constante para cada artículo que dependerá tan solo de nuestra previsión sobre posibilidades de demora del proveedor y sobre aumentos de consumo.

Gráficamente se indica su influencia a continuación



En conjunto el stock de seguridad deberá valer:

$$K_a = p \Delta K + K \Delta d$$

siendo el tiempo en meses que debe poder alimentar a la empresa el stock de seguridad a razón de un consumo normal al mes o sea el margen de seguridad en meses

Ejemplo:

p = 3 meses
K = 1.000 piezas/mes
AK = 100 (10%) determinado con producción
d = 4 meses
Ad = 2 meses (50%) determinado a estimas/antecedentes del proveedor

$$a = \frac{3 \times 100}{1.000} + 2 = 0,3 + 2 = 2,3$$

Stock de seguridad = $Ka = 2,3 \times 1.000 = 2.350$ unidades

El cálculo de a nos permite situarnos a un porcentaje cualquiera de error de previsión.

Con las mismas hipótesis consideradas en los modelos ahora tratados, admitamos que el aprovisionamiento satisfaga a la demanda constante durante unos ciertos intervalos $0-T_1$, T_1-T_2 , T_2-T_3 , ... pero deja la demanda insatisfecha durante el tiempo residual $T_1 \rightarrow T_1'$, $T_2 \rightarrow T_2'$, ... en cada periodo hasta que se realiza un nuevo aprovisionamiento (1) tal como se indica en la figura 14, que da lugar a una evolución del stock como la de la figura 15. De la simple consideración de ambas se desprende que los periodos $T_i - T_{i+1}$ que separan dos aprovisionamientos sucesivos iguales, periodo que designaremos por t así como los plazos de penuria $T_1' - T_1$, $T_2' - T_2$, ... también iguales entre sí que designaremos por t_i con lo que $L_i = \bar{t} - t_i$ representará la fracción de periodo durante la cual el stock es positivo. Designando por S el nivel máximo del stock cuando el aprovisionamiento de volumen X se verifica, la penuria

(1) Rambaux. "Gestión económica de stocks" Pág. 92 y siguientes, estudia la problemática y costes de la rotura de stocks.

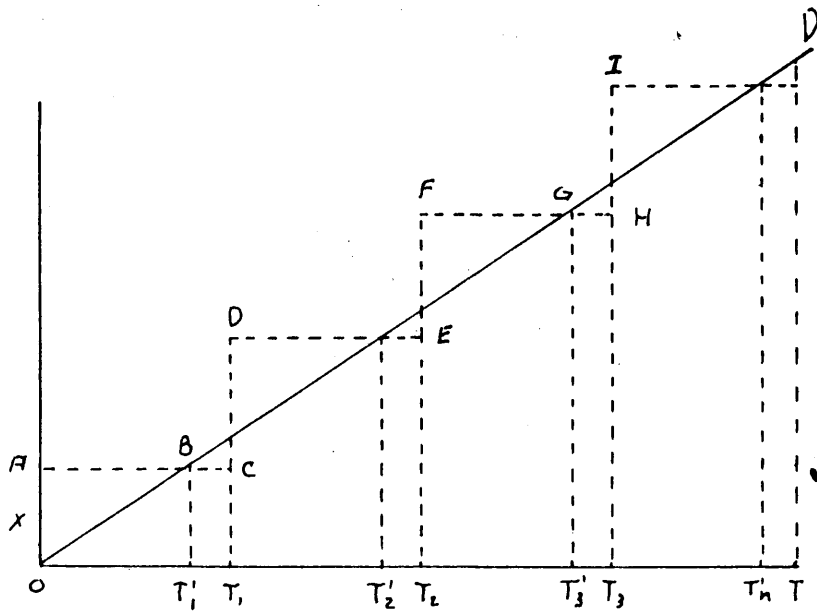


FIGURA 14

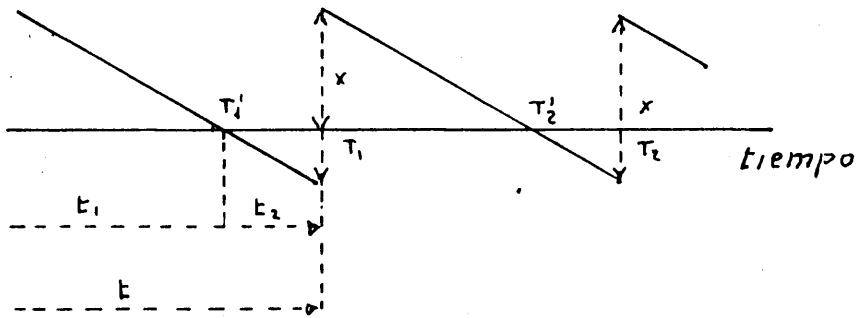


FIGURA 15

ria o escasez máxima en el periodo será $x - S$. Con ello el coste de posesión será como en el modelo anterior

$$C_s = \int_0^{t_1} c_s s(t) dt = c_s \int_0^{t_1} \left(s - \frac{s}{t} t \right) dt = c_s \left[s t - \frac{s}{t} \frac{t^2}{2} \right]_0^{t_1} = c_s \left[t_1 s - \frac{s t_1}{2} \right] = \\ = \frac{1}{2} c_s s t_1$$

Admitamos para la penuria un coste p por unidad de mercancía y unidad de tiempo. El coste total de la penuria durante el periodo t_2 será, utilizando análogo procedimiento

$$C_p = \frac{1}{2} p (x - S) t_2$$

Representando por P el coste fijo de un pedido, por $n = \frac{T}{\bar{t}} = \frac{T}{t_1 + t_2}$ el número de pedidos y por C_x el precio de compra (o de fabricación) unitario el coste total será

$$C = \left(\frac{1}{2} c_s s t_1 \right) \frac{T}{t_1 + t_2} + \frac{1}{2} p (x - S) t_2 \frac{T}{t_1 + t_2} + (P + x \cdot C_x) \frac{T}{t_1 + t_2}$$

o bien

$$C = \frac{1}{2} c_s s t_1 n + \frac{1}{2} p (x - S) t_2 n + (P + x \cdot C_x) n$$

De la inspección de las figuras 14 y 15 se sigue en virtud de una semejanza de triángulos que

$$\frac{x}{t_1} = \frac{x - S}{t_2}$$

o lo que es equivalente

$$\frac{x}{\bar{t}} = \frac{s}{t_1} = \frac{x - S}{t_2}$$

de donde

$$t_1 = \frac{s}{x} \bar{t} = \frac{s}{x} \cdot \frac{T}{n} \quad , \quad t_2 = \frac{x - S}{x} \bar{t} = \frac{x - S}{x} \cdot \frac{T}{n}$$

con lo que

$$C = \frac{1}{2} c_s \cdot S \cdot \frac{S}{x} \cdot \frac{T}{n} + \frac{1}{2} p(x-S) \frac{x-S}{x} \cdot \frac{T}{n} + (p+x \cdot c_x) \frac{D}{x}$$

O sea

$$C = \frac{1}{2} T c_s \cdot \frac{S^2}{x} + \frac{1}{2} p \cdot T \cdot \frac{(x-S)^2}{x} + D c_x + \frac{PD}{x}$$

que expresa el coste total como una función de las dos variables X y S . Para obtener el mínimo de C , derivaremos respecto a X y respecto a S

$$\frac{\partial C}{\partial x} = -\frac{1}{2} T c_s \frac{S^2}{x^2} + \frac{1}{2} p \cdot T \cdot \frac{2(x-S)x - (x-S)^2}{x^2} - \frac{PD}{x^2}$$

$$\frac{\partial C}{\partial S} = T c_x \frac{S}{x} - p T \frac{(x-S)}{x}$$

Igualando a cero ambas derivadas, se obtiene de la segunda

$$S \cdot c_s = p(x-S) \quad \text{..} \quad s(c_s+p) = p \cdot x \quad \text{ó bien:} \quad S = \pi x$$

siendo $\pi = \frac{p}{p+c_s}$

La anulación de la primera derivada y la sustitución de S por πx , permite obtener

$$2PD + T c_s \pi^2 x^2 = p T x (1-\pi) [2x - x(1-\pi)] = p \cdot T x^2 (1-\pi)(1+\pi) = \\ = p \cdot T (1-\pi^2) x^2$$

$$x^2 [T c_s \pi^2 - p T (1-\pi^2)] = -2PD \quad \text{..} \quad x^2 = \frac{2PD}{p T (1-\pi^2) - T c_s \pi^2} =$$

$$= \frac{2PD}{T \left[p \frac{2p c_s + c_s^2}{(p+c_s)} - c_s \pi^2 \right]} = \frac{2PD}{T c_s \left[\frac{2p^2 + p c_s}{(p+c_s)^2} - \frac{p^2}{(p+c_s)^2} \right]} = \frac{2PD}{T c_s} \cdot \frac{2PD}{T c_s} \cdot \frac{(p+c_s)^2}{p^2+c_s^2} \\ = \frac{2PD}{T c_s} \cdot \frac{\frac{1}{\pi^2}}{\frac{1+c_s}{p}} = \frac{2PD}{T c_s} \cdot \frac{\frac{1}{\pi^2}}{\frac{1}{\pi}} = \frac{2PD}{T c_s} \cdot \frac{1}{\pi}$$

y por tanto $x^* = \sqrt{\frac{1}{\pi}} \sqrt{\frac{2PD}{TC_s}}$

Con ello, el stock máximo tiene la expresión

$$S^* = \pi x^* = \sqrt{\pi} \sqrt{\frac{2PD}{TC_s}}$$

El número óptimo de aprovisionamientos es así

$$n^* = \frac{D}{x^*} = \sqrt{\pi} \frac{\sqrt{TC_s D}}{2P}$$

y el plazo que separa dos pedidos consecutivos

$$t^* = \frac{T}{n^*} = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \sqrt{\frac{2PT}{C_s D}}$$

Para el periodo de carencia resulta

$$t_2 = \bar{t}^* - t_1 = \bar{t}^* - \frac{\bar{t}^* S^*}{n^*} = \bar{t}^* \left(1 - \frac{S^*}{x^*}\right) = \bar{t}^* (1 - \pi) = \frac{1 - \pi}{1 + \pi} \sqrt{\frac{2PT}{DC_s}}$$

Considerada la expresión $\frac{1 - \pi}{\sqrt{\pi}}$ como función de p resulta que si $p \rightarrow \infty$, $\pi = 1$ con lo que $t_2 \rightarrow 0$; esto es admitir un coste de la escasez muy grande, es lo mismo que rechazar a priori la posibilidad de una ruptura del stock y además según se desprende de las expresiones obtenidas para S^* y x^* resulta ser $S^* = x^*$

Como expresión del coste mínimo se obtiene:

$$C^* = \frac{1}{2} C_s \frac{\pi^2 x^{*2}}{x^*} + \frac{1}{2} P \cdot T \cdot \frac{x^{*2} (1 - \pi)^2}{x^*} + \frac{PD}{x^*} + DC_x$$

que se reduce finalmente a

$$C^* = \sqrt{\pi} \cdot \sqrt{2DTPC_s} + DC_x$$

Sucede que el coste p atribuible a la penuria y en consecuencia a la tasa de penuria $\pi = \frac{p}{p+c_s}$ es frecuentemente de determinación un tanto arbitraria. Puede hacerse una estimación razonable del mismo a base de prejuzgar un valor máximo t_{i-1} para el plazo de penuria que mida la espera de la clientela con lo que p viene entonces a representar una bonificación o rebaja en el precio de venta por unidad de producto terminado y unidad de tiempo.

Considerada la expresión de t_2 y representando el radical por K , podemos escribir

$$t = K \frac{1-\pi}{\sqrt{\pi}} \quad \text{de donde} \quad \pi t^2 = K^2 (1-\pi)^2$$

o sea

$$K^2 \pi^2 - (2K + t_2^2) \pi + K^2 = 0$$

ecuación de segundo grado en π en la que el producto de sus dos raíces

$$\pi_1 \pi_2 = \frac{K^2}{K^2} = 1 > 0 \quad \text{y} \quad \pi_1 + \pi_2 = \frac{2K^2 + t_2^2}{K^2} > 0$$

y su suma son positivos, que nos indica que lo son asimismo ambas raíces y por ser de producto igual a la unidad de una de ellas es menor que uno y la otra mayor. No pudiendo admitirse $\pi > 1$, la solución conveniente es la inferior a uno. Supuesto que se la π , determinaremos p resolviendo la ecuación

$$\pi_1 = \frac{p}{p+c_s} \quad \text{y} \quad p(1-\pi_1) = \pi_1 c_s \rightarrow p = \frac{\pi_1 c_s}{1-\pi_1}$$

que nos da el coste de la escasez compatible con un plazo que mida la espera que están dispuestos a soportar los clientes a cambio de una reducción unitaria p .

Aprovisionamiento por existencia mínima

Entre los sistemas clásicos de gestión de stocks, han de citarse los controles de máximo y mínimo. En estos casos, la empresa fabril no fabrica componentes basándose en un programa o previsión de productos. En su lugar, la idea consiste en observar los stocks de cada artículo preguntándose cuando son bajos, para efectuar un nuevo pedido u orden de fabricación.

La cuestión se reduce a determinar cuando llega el momento de establecer el nuevo pedido o la nueva orden de fabricación. Ello sucederá al bajar el stock a un nivel, que previamente se ha fijado para cada artículo: el punto de pedido. Este punto es la cantidad que se espera utilizar antes de que el suministro llegue del proveedor o de la fábrica, más un "stock" de seguridad para evitar las existencias nulas en el caso de que:

- 1.- Se utilice más de lo normal después de que el pedido se haya realizado
- 2.- La entrega del material se demore excesivamente con respecto a lo previsto

En el momento de efectuar el pedido o la orden de fabricación, se solicitará una cantidad que eleve el stock correspondiente a un cierto nivel máximo cuando se haga efectivo el suministro. También este máximo habrá de ser prefijado para cada artículo. Estos controles de máximo y mínimo se encuentran las más de las veces en los artículos de las clases B y C como hemos dicho anteriormente. La figura 16 muestra gráficamente los niveles clásicos, producto de este sistema de control.

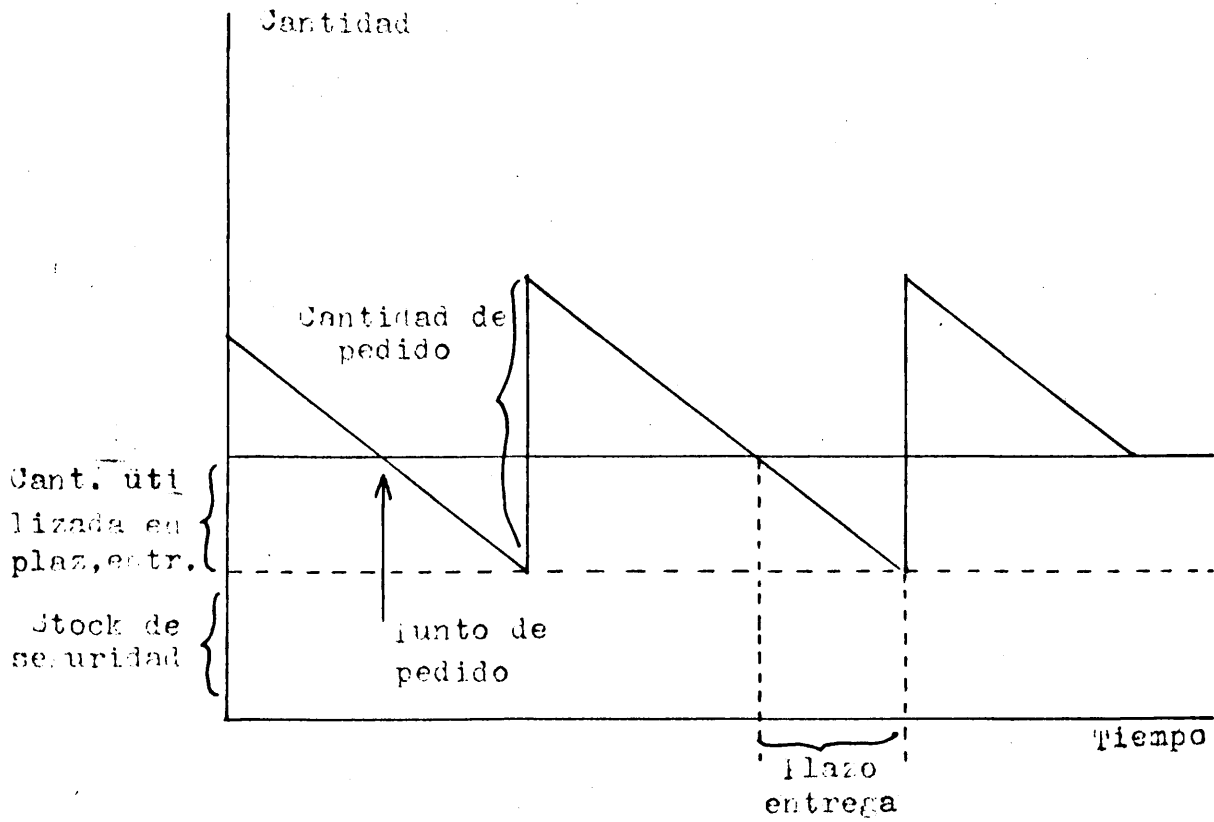


FIGURA 16

La forma más simple de controlar la inversión en stocks consiste en establecer una política, fijando una cantidad de dinero máxima permitida en existencia (1). Este tipo de control de límite económico se convierte prácticamente en una variedad del control de máximo y mínimo. No constituye solamente un procedimiento fácil, sino que además es una forma clásica de controlar tanto inventarios totales, como existencias por productos. Sin embargo, es un sistema peligroso: si establecemos una cifra baja, obligamos a efectuar pedidos con demasiada frecuencia y lotes reducidos. Lo que ahorraríamos a causa de niveles bajos de stock, lo perderíamos sin duda quedándonos sin existencia frecuentemente, o debido a los costes de pedido o puesta a punto de la fabricación de series pequeñas, e incluso por precios por unidad más elevados.

No obstante, el control basado en límites económicos puede utilizarse inteligentemente. Debe procurarse establecer niveles que no impongan los defectos anteriores; siempre proporcionarán a la dirección un control absoluto sobre la inversión en existencias. Asimismo estos sistemas son los únicos que realmente pueden proporcionar un control general realizable, ya que los inventarios están constituidos por miles de artículos usualmente.

Existen una serie de circunstancias a estudiar sobre la aplicación de estos límites económicos. Como índice sobre las mismas, téngase en cuenta los factores siguientes: enjuiciamiento de la política del año

(1) D. Brefort y H. Nussembaum en "La gestión científica de los stocks" desarrollan este enfoque en sus pág. 52 y siguientes.

anterior, condiciones económicas del entorno exterior de la empresa, lotes económicos que se tienen establecido, variaciones en los precios, cambios sustanciales del nivel de operaciones de la empresa, etc.

Supongamos establecido el lote económico Q_e , así como una existencia mínima algo superior al stock de seguridad más el consumo previsto hasta la llegada del próximo pedido o sea $K (a + p)$.

Se pueden confeccionar fichas de almacén como la que sigue:

(artículo)		Q_e	Min	Alerta	Consumo Mensual	
-----		1.000	100	25	Plazo entrega ...	
					Intervalo económ.	
Fecha	Entradas	Salidas	Stock	Pedido	Observac.	
--	1.000	--	1.000			
		500	500			
		300	200			
		120	80	1.000		
		60	(20)			

Cuando la ficha llega bajo mínima, se cursa nuevo pedido y cuando se da el caso que disminuya más y llega a ser inferior a la cifra alerta, entonces debe avisarse especialmente a fin de proceder con urgencia y aplicar medios de aprovisionamiento extraordinarios a fin de evitar la rotura de stock.

La observación del curso de la ficha nos permite afinar las cifras de mínimo y alerta.

Hay ficheros de funcionamiento automático que utilizan fichas perforadas que caen al llegar bajo mínima.

La ventaja de este método es su sencillez y gran facilidad de empleo.

Las desventajas para emplear este método con una mínima reducida, son las siguientes:

- 1.- Exige plazos de entrega muy constantes y que el proveedor entregue las partidas por pedidos completos.
- 2.- Exige que el consumo de la empresa sea muy regular.
- 3.- Han de revisarse periódicamente las mínimas por ejemplo cada seis meses.

No obstante, puede aplicarse con ventaja sino importa que las mínimas sean altas o sea si se trata de piezas de la Zona C de la clasificación ABC.

Aprovisionamiento por revisión periódica

Cualquier método de control de stocks ha de reducirse, en última instancia, a artículos específicos cuyas cantidades de pedidos es preciso valorar. El método de límites de tiempo, puede hacer uso de los adecuados, incluso siendo integrado con el de límites económicos. Al igual que dijimos respecto a los límites económicos, los de tiempo no son más que una variedad del control de máximo y mínimo.

Utilizados con límites económicos, los de tiempo son, efectivamente, otra forma de expresar el margen a mantener en stock, de manera que pueda ser aplicado a artículos individuales. Si por ejemplo se tiene de un límite de 1.800.000 ptas, para un cierto tipo de productos, y se utilizan habitualmente 600.000 ptas al mes se tiene igualmente un límite de 3 meses. No importa mucho la forma de expresar los límites, sí tiempo o dinero. Probablemente nuestro inventario permanecerá cerca de 1.800.000 ptas., ya que al ir utilizando materiales, compraremos mas. Raramente desdenderá mucho, por que si hubiéramos podido operar con menos cantidad habríamos situado nuestro límite en inferior cuantía. Y por supuesto que tampoco se elevará debido a que no aprobaremos pedidos que incrementen los stocks. Conservando el stock alrededor del dato de los tres meses, significa que tendremos aproximadamente una rotación de stocks de cuatro veces al año.

Los límites de tiempo son satisfactorios para mantener la inversión en inventario dentro de límites específicos. Al reducir el límite correspondiente, decrecerá el peligro de pérdidas por disminución de precio, se obtendrá una rápida rotación del inventario, y disminuirá análogamente el riesgo de obsolescencia. Otras ventajas de control de stocks basado en límites de tiempo son las siguientes: no necesitan ser variados en cambios de precio o de niveles de negocio (uno de los inconvenientes del sistema de límites económicos); se obtiene una mejor solución para tratar artículos individualmente.

Los límites de tiempo en stocks oscilan habitualmente entre seis semanas y dos o tres meses. Su utilización difiere según la empresa de que se trate, pero normalmente los límites se varían siempre que sea preciso cortar o ampliar las existencias.

El modelo que se estudió para la hipótesis de aprovisionamiento constante, en el que se suponía una demanda constante d por unidad de tiempo, lo que daba lugar a una demanda acumulada de tipo lineal con $D = dt$, constituye un ejemplo de lo que se llama en la literatura anglosajona ordering cycle system o método de la orden cíclica, esto es, revisar el stock en plazos fijos iguales y aprovisionarse en una cantidad de modo que en el intervalo total T se satisfaga la demanda D . En el modelo a que venimos aludiendo el hecho de ser la demanda acumulada lineal tenía como consecuencia que al ser los plazos de aprovisionamiento iguales fuese asimismo constante la cantidad x de aprovisionamiento a efectuar, con lo que la cuestión quedaba reducida a la determinación del número de plazos y de la cantidad x .

Pero aún sin salirnos de la hipótesis de previsión perfecta en que nos venimos hasta ahora desarrollando, la demanda frecuentemente no es constante sino que tiene carácter estacional, es decir es una función del tiempo $a(t)$ que da lugar a que la cantidad demandada en el intervalo infinitésimo dt sea $a(t)dt$ con lo que la demanda total hasta el momento r es

$$D(r) = \int_0^r a(t) dt \quad \text{y} \quad D(T) = \int_0^T a(t) dt = D$$

que se ha representado en la figura (17); como es lógico, si se fija x de modo arbitrario queda automáticamente determinado el número de plazos $n = \frac{D}{x}$ y las fechas de los aprovisionamientos por las abscisas de los puntos A_1, A_2, A_3, \dots de ordenadas $\frac{D}{n}, \frac{2D}{n}, \dots$ o sea de ordenadas $x, 2x, 3x, \dots$

En este caso la expresión del coste total de stock sería

$$\begin{aligned} C &= nP + \int_0^{t_1} c_s [x - D(t)] dt + \int_{t_1}^{t_2} c_s [2x - D(t)] dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^T c_s [nx - D(t)] dt + C_x D = \\ &= nP + \int_0^{t_1} c_s x dt + \int_{t_1}^{t_2} 2c_s x dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^T n c_s x dt - c_s \int_0^T D(t) dt + D C_x = \\ &= nP + c_s x (-t_1 - t_2 - t_3 - \dots - t_{n-1} - T) - c_s D + D C_x = nP - c_s x \theta + D(C_x - c_s) \end{aligned}$$

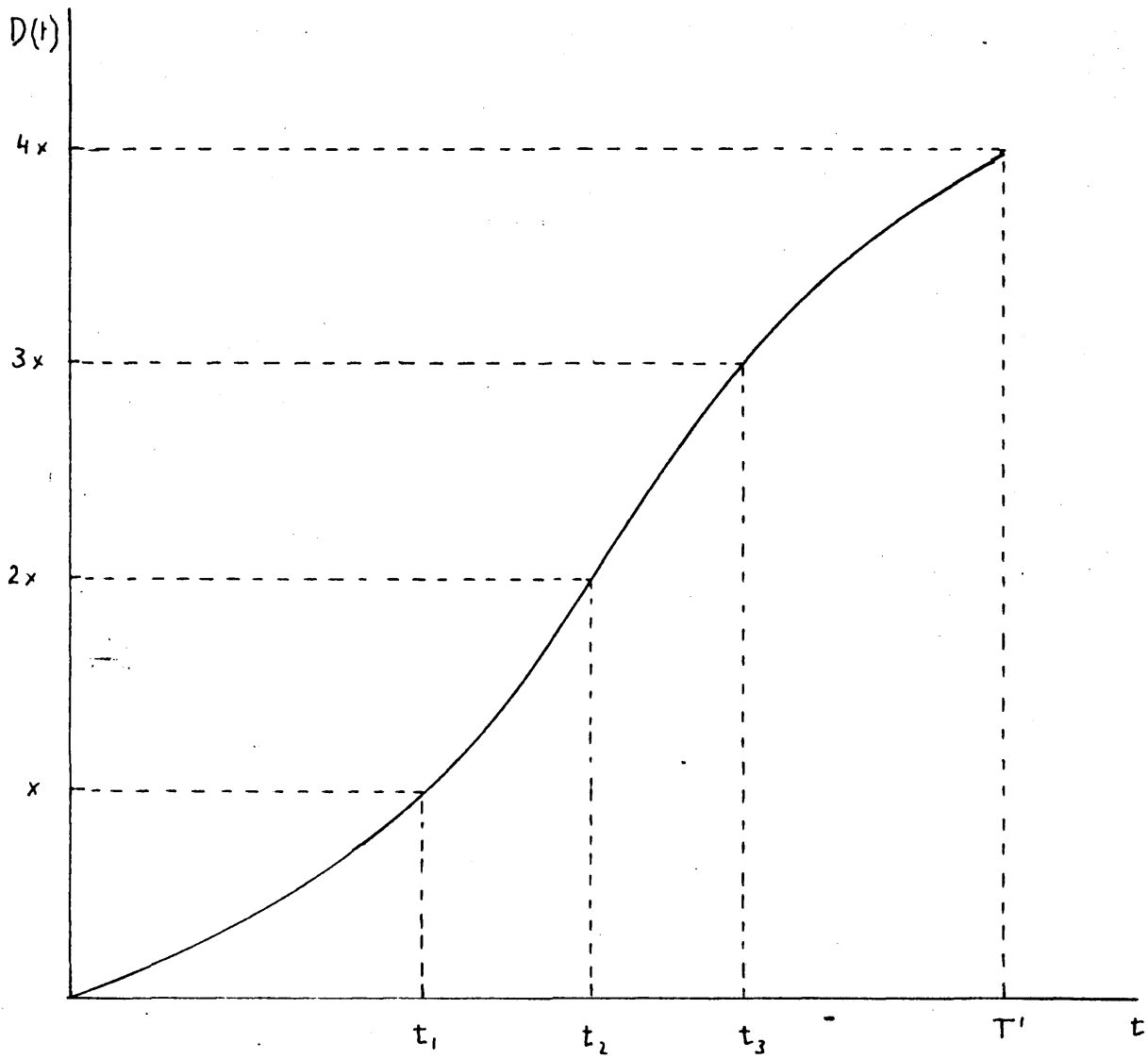


FIGURA 17

donde se ha representado con σ la suma $t_1 + t_2 + \dots + t_{n-1} + T$

Si sustituimos x por $\frac{D}{n}$ es

$$C = nP - C_s D \frac{\sigma}{n} + D(C_x - C_s)$$

Respecto a σ cuando $n \rightarrow \infty$ es $\sigma = T$ y a medida que n aumenta es una expresión creciente cuyo límite es infinito. Al objeto de poder averiguar si C que viene como diferencia de dos funciones una de las cuales es creciente presenta o no algún mínimo al variar n hemos de estudiar el comportamiento de la expresión $\frac{\sigma}{n}$ cuando n varía.

Para ello observemos que designando por $\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_{n-1}$ a las diferencias $t_2 - t_1, t_3 - t_2, \dots, T - t_{n-1}$, podemos escribir:

$$\begin{aligned} t_1 &= t_1 \\ t_2 &= t_1 + \Delta t_1 \\ t_3 &= t_1 + \Delta t_1 + \Delta t_2 \\ &\dots \\ T &= t_1 + \Delta t_1 + \Delta t_2 + \dots + \Delta t_{n-1} \end{aligned}$$

Sumando miembro a miembro

$$\sigma = nt_1 + (n-1)\Delta t_1 + (n-2)\Delta t_2 + \dots + 2\Delta t_{n-2} + \Delta t_{n-1}$$

considerando ahora la función inversa de $D(t)$, esto es

$t = \varphi(D)$ podemos escribir en virtud del teorema del valor medio

$$\Delta t_i = \varphi'(D_i) \Delta D_i$$

siendo D_i un punto interior al intervalo ΔD_i

en nuestro caso $\Delta D_i = x$, resulta

$$\sigma = nt_1 + x[(n-1)\varphi'(D_1) + (n-2)\varphi'(D_2) + \dots + 2\varphi'(D_{n-2}) + \varphi'(D_{n-1})]$$

Supuesto que la $\varphi'(D)$ esté acotada inferior y superiormente y que sean $\varphi'(D_m)$ y $\varphi'(D_M)$ sus valores extremos, resulta

$$nt_1 + x\varphi'(D_m)[1+2+\dots+(n-2)+(n-1)] < \sigma < nt_1 + x\varphi'(D_M)[1+2+\dots+(n-1)]$$

o sea

$$nt_1 + x \varphi'(D_M) \frac{(n-1)}{2} n < \sigma < nt_1 + x \varphi'(D_M) \frac{n-1}{2} n$$

y en consecuencia, dividiendo por n los tres miembros de la limitación y sustituyendo x por $\frac{D}{n}$

$$t_1 + \varphi'(D_M) \frac{n-1}{2n} < \frac{\sigma}{n} < t_1 + \varphi'(D_M) \frac{n-1}{2n}$$

Al pasar al límite cuando $n \rightarrow \infty$, $\frac{\sigma}{n}$ queda acotada entre $t_1 + \frac{\varphi'(D_M)}{2}$ y $t_2 + \frac{\varphi'(D_M)}{2}$ lo que nos dice en definitiva que el infinito σ es del mismo orden que el n .

La expresión $\frac{\sigma}{n}$ en consecuencia es creciente con n por efecto del sumando P_n y admite tan solo un mínimo absoluto para $n=1$.

Si C_x ó C_s o ambos fuesen funciones de x , o lo que es igual de $\frac{D}{n}$ podrían ocurrir en determinadas condiciones que D presentase un mínimo. Su determinación solo podría realizarse en forma aproximada por causa de la dificultad de expresar σ analíticamente en función de la variable de decisión bien sea x ó n .

En una segunda hipótesis, fijemos ahora arbitrariamente en número n de aprovisionamientos a realizar durante el periodo total T y tratemos de determinar las fechas t_1, t_2, \dots, t_{n-1} así como los aprovisionamientos x_1, x_2, \dots, x_{n-1} a efectuar en cada uno de dichos instantes además del inicial x , en el momento 0. Con análogo razonamiento al efectuado antes, el coste total del stock es

$$\begin{aligned} C &= nP + \int_0^{t_1} C_s [x_0 - D(t)] dt + \int_{t_1}^{t_2} C_s [x_1 - D(t)] dt + \dots + \int_{t_{n-1}}^T C_s [x_{n-1} - D(t)] dt + DC_x = \\ &= nP + DC_x + (\text{área de la zona rayada en la figura 18}) \end{aligned}$$

Supuestas fijas las x_i , la distribución de puntos $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{n-1}$ dará el mínimo de C si cualquiera otra

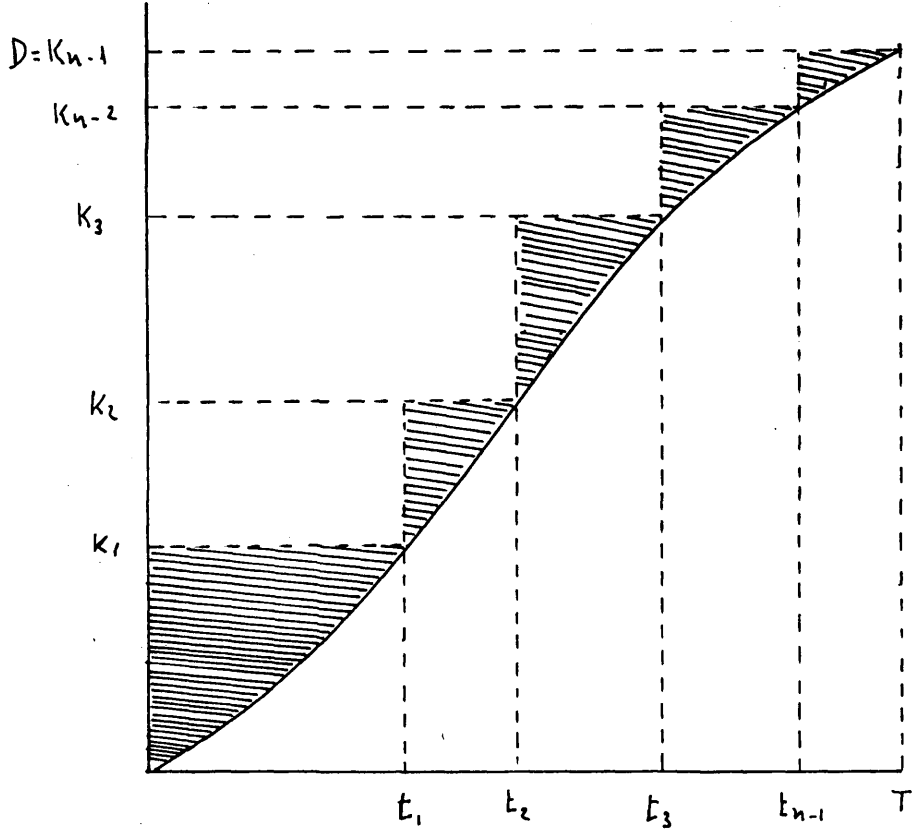


FIGURA 18

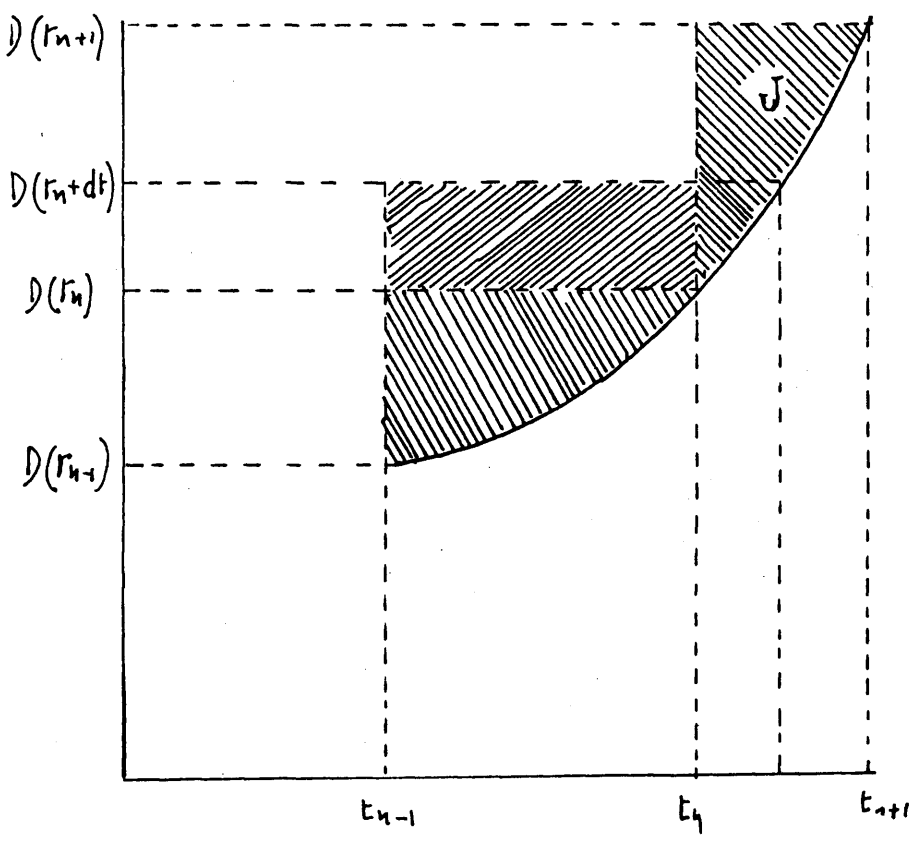


FIGURA 19

distribución de los mismos conduce a un valor mayor del área en cuestión; esto podrá también demostrarse si la variación del área resulta nula ante una variación o desplazamiento infinitésimo de los puntos t_i .

Consideremos al efecto en la figura 19 el intervalo correspondiente a los puntos t_{n-1}, t_n, t_{n+1} . Al desplazar el punto t_n a la posición infinitamente próxima $t_n + dt_n$ el área aumenta en el rectángulo mixtilíneo de la figura y por otra parte disminuye en el J . Para una distribución óptima de los t_n , ambos deben ser iguales y prescindiendo de la zona común J podemos escribir:

Area rectángulo horizontal = Area rectángulo vertical

$$(t_n - t_{n-1}) [D(t_n + dt_n) + D(t_n)] = dt_n [D(t_{n+1}) - D(t_n)]$$

o bien prescindiendo de infinitésimos de orden superior a dt_n

$$(t_n - t_{n-1}) D'(t_n) dt_n = dt_n [D(t_{n+1}) - D(t_n)]$$

y en definitiva

$$D(t_{n+1}) - D(t_n) = (t_n - t_{n-1}) D'(t_n)$$

expresión de la que podemos deducir sucesivamente

$$D'(t_2) = D'(t_1) = (t_1 - 0) D'(t_1)$$

$$D'(t_3) = D'(t_2) = (t_2 - t_1) D'(t_2)$$

(V)

$$D'(t_{n-1}) = D'(t_{n-2}) = (t_{n-2} - t_{n-3}) D'(t_{n-2})$$

y por último

$$D - D(t_{n-1}) = (t_{n-1} - t_{n-2}) D'(t_{n-1})$$

pues $t_n = T$ y $D(t_n) = D(T) = D$

Supongamos por un momento conocido t_1 ; la primera de las igualdades ahora escritas nos permite el cálculo de t_2 ; la segunda nos proporciona t_3 y así siguiendo la penúltima nos permite determinar t_n pudiéndose comprobar la bondad del resultado mediante la última de ella.

Los aprovisionamientos buscados son:

$$x_0 = D(t)$$

$$(x_1 - x_0) = D(t_2) - D(t_1)$$

$$(x_2 - x_1) = D(t_3) - D(t_2)$$

$$\dots \dots \dots$$

$$(x_{n-1} - x_{n-2}) = D(t_n) - D(t_{n-1})$$

Si el punto de partida t , no pertenece al conjunto de los puntos $t_1, t_2, t_3, \dots, t_{n-1}$ que dan valor mínimo al coste, la aplicación de las igualdades (V) conducirá a una sucesión de puntos $t'_2, t'_3, \dots, t'_{n-1}$ que originarán unos valores que no satisfarán a la última igualdad lo cual revela que el punto elegido t , no era conveniente. El procedimiento práctico a seguir es pues ir ensayando diversos valores de t , hasta lograr que se verifique la última de las (V).

Numéricamente tratado el problema es bastante penoso pero se simplifica notablemente habida cuenta de la interpretación geométrica de la igualdad

$$D(t_{n-1}) - D(t_n) = (t_n - t_{n-1}) D'(t_n)$$

que escrita en la forma

$$D'(t_n) = \frac{D(t_{n+1}) - D(t_n)}{t_n - t_{n-1}} \quad (\text{VI})$$

nos dice que la tangente a la curva de demanda total en el punto t_n ha de ser paralela a la hipotenusa de un triángulo rectángulo que tenga como catetos $D(t_{n-1}) - D(t_n)$ y $t_n - t_{n-1}$.

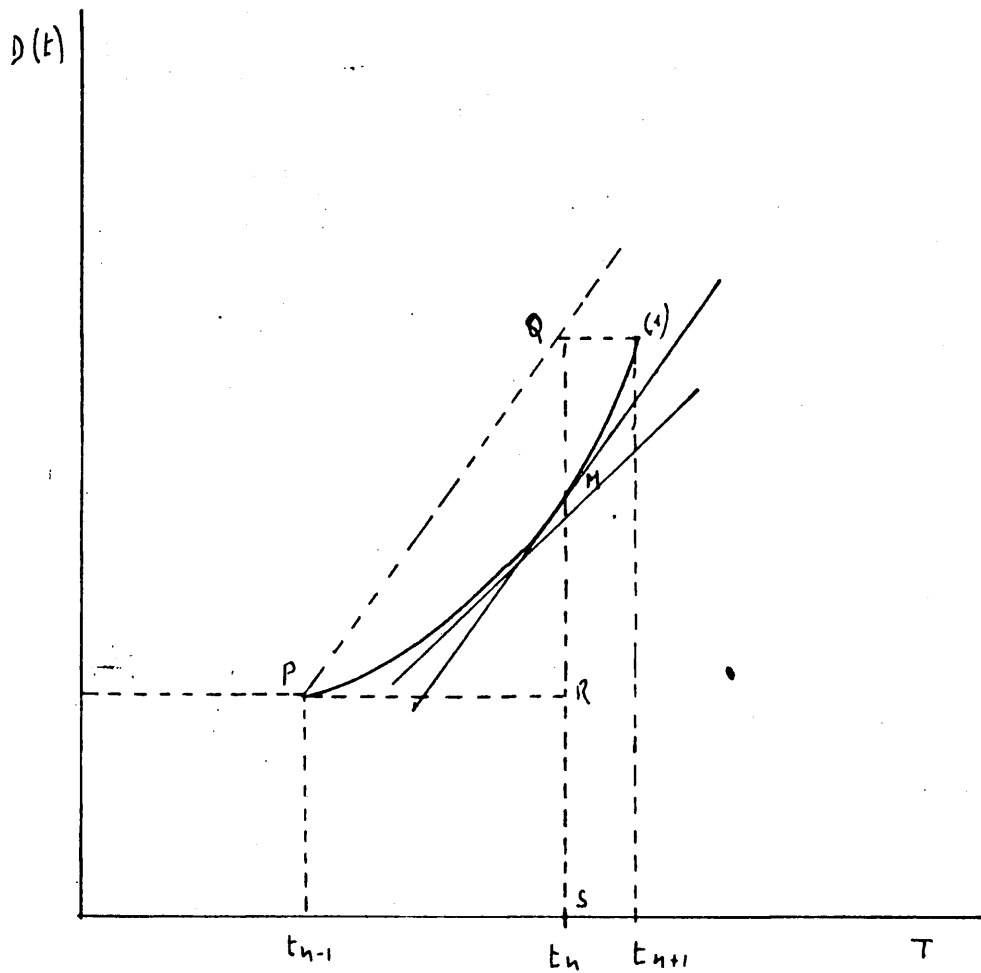


FIGURA 20

El procedimiento a seguir supuestos calculados ya t_{n-1} y t_n para obtener t_{n+1} es pues (figura 20) trazar la tangente MN a la curva de demanda en el punto N de abscisa t_n y seguidamente por el punto P de la abscisa t_{n-1} , la paralela PQ a dicha tangente hasta que corte con Q a la ordenada de t_n con lo cual el segmento RQ es precisamente el numerador de la (VI) y por tanto QS es $D(t_{n+1})$. Trazando desde Q la paralela al eje de abscisas se obtiene el punto U de la curva cuya abscisa es precisamente t_{n+1} . Como se ha indicado repetidamente el último punto t_n debe coincidir con T si el punto t_1 de partida era adecuado.

Una vez determinado el lote y cadencia más económicos, se clasifican las piezas por grupos de igual cadencia y se establecen fichas como la que sigue:

Nº Simbolo (denominación)		Clase Libro											
		Fechas de Pedido											
		E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Consumo mensual K =	120								125				
Plazo de entrega p =	4								2				
Cadencia de pedidos d =	6								6				
Existencia mínima	480								250				
Margen de seguridad	1								1				

=====

Q=K (p+d+a)		Pedidos																					
Fecha	e las salidas mensuales mes últimos	Stock M	Pend C	Pedidos																			
				pend pasar	Nº	Fecha	Proveedor	Preci															
				Q																			

Quando le toca el turno a la pieza en cuestión, se establece la cantidad a pedir mediante la fórmula:

$$Q = (p+d+a)K - (M+C)$$

en las que las letras tienen los siguientes significados:

Q = Cantidad a pedir

K = Consumo mensual

p = Cadencia de los pedidos en meses

d = Plazo de entrega de las mercancías en meses

a = Margen de seguridad en meses

M = Pedidos pasados pendientes de entrada en almacén.

C = Pedidos pasados pendientes de entrada en almacén.

La fórmula como puede verse, halla la cantidad a pedir para que, añadida al stock M de almacén y a los pedidos anteriores pendientes de llegar, pueda alimentarse la empresa a razón de K piezas al mes el tiempo p + d que tardará en llegar el próximo pedido y queda un mínimo de seguridad ak.

En la figura 21 puede verse la variación de stocks que resulta de aplicar sucesivamente el método a una pieza con distintos plazos de entrega de proveedor y comprobamos que los plazos de entrega no influyen en absoluto en el stock medio exceptuando al periodo inicial.

En la figura 22 se presenta la variación de stocks que resulta de aplicar sucesivamente el método a una pieza con distintas cadencias de pedido y puede verse que el stock medio crece proporcionalmente a los intervalos entre pedidos, tal como se dijo, al calcular los lotes y cadencia más económicos.

Este método tiene la desventaja respecto al anterior de que el pase de pedidos necesita una revisión especial del fichero, mientras que para el otro servía el movimiento ordinario de fichas de almacén y también tiene

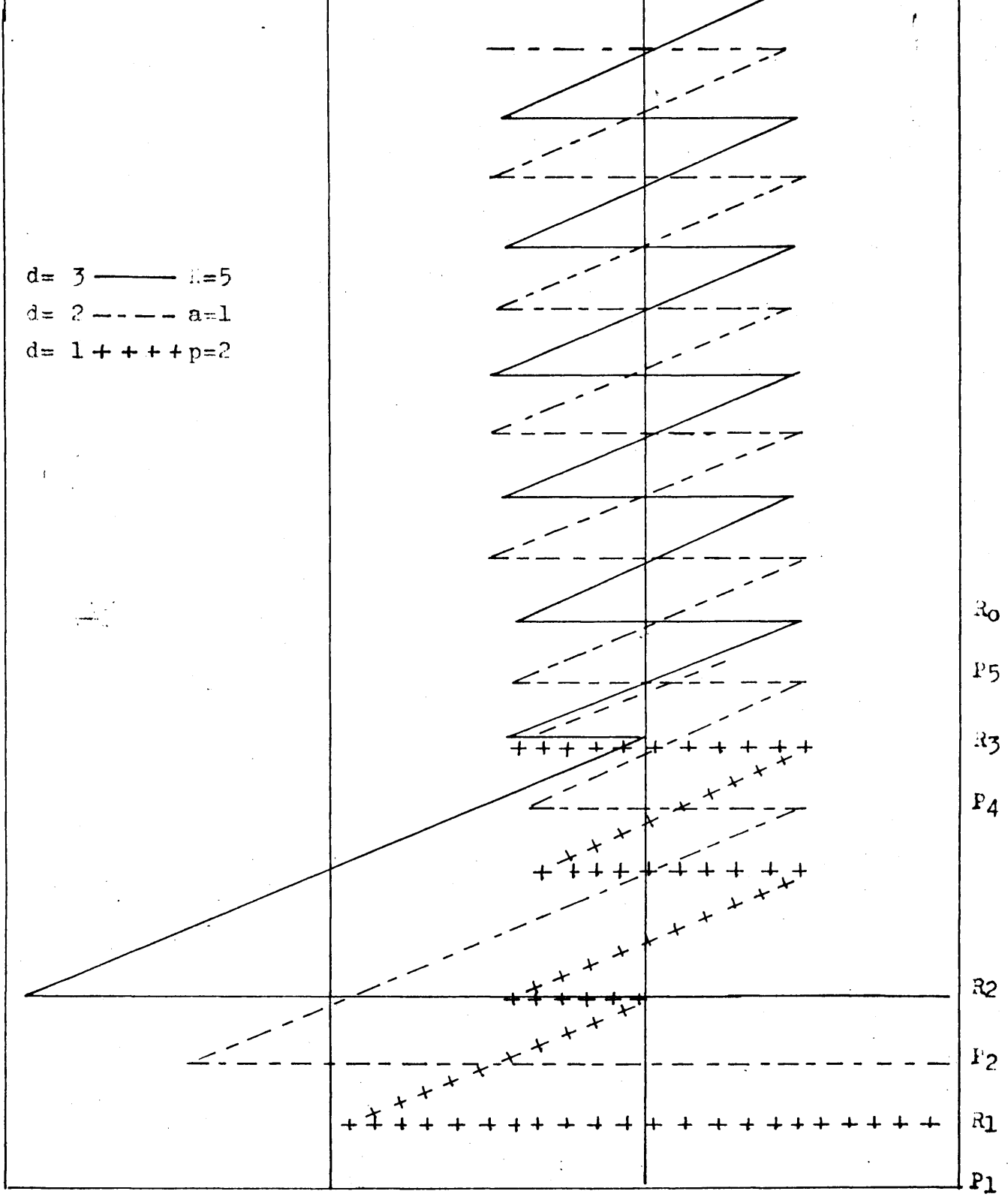
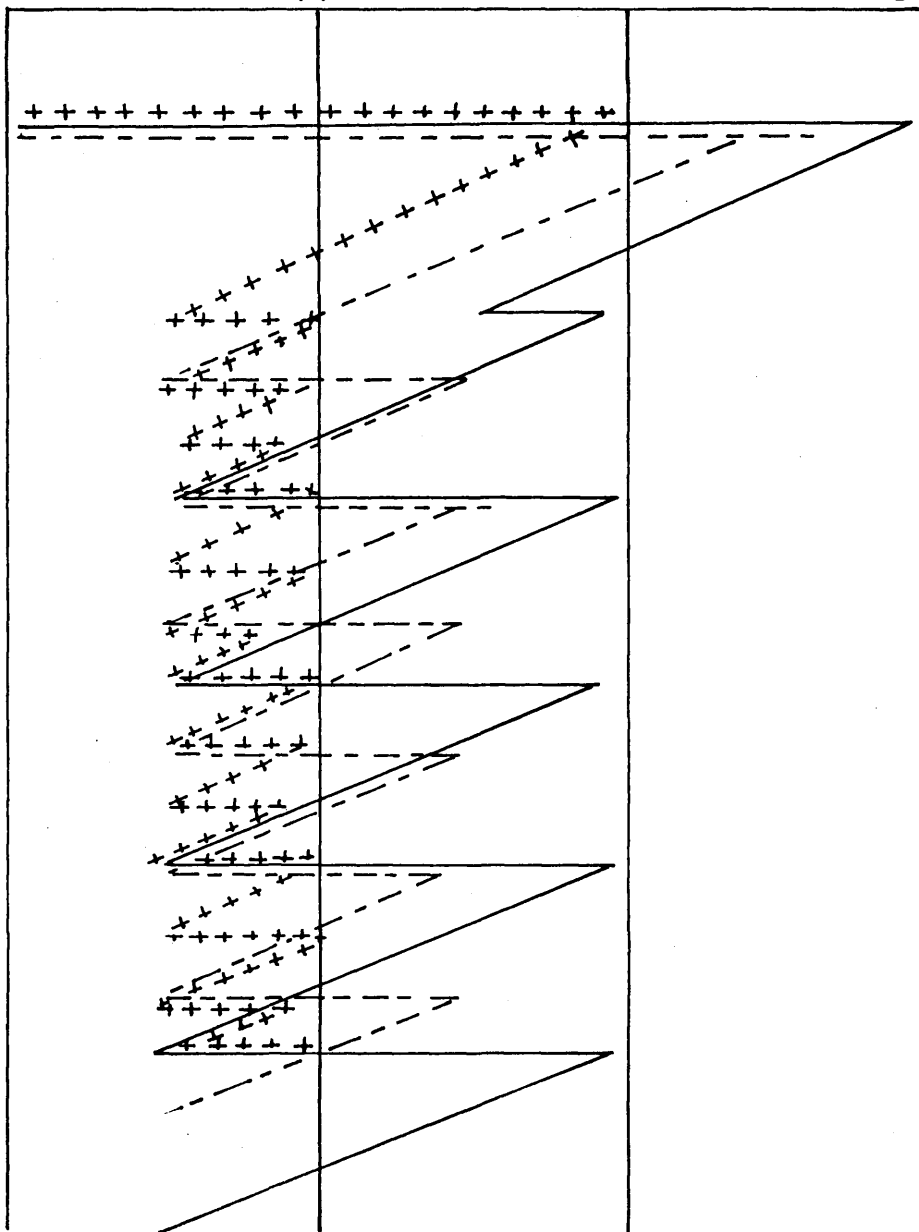


FIGURA 21



$$K=5 \quad p=3 \quad \text{---} \quad d=2 \quad a=1$$

$$K=5 \quad p=2 \quad \text{---} \quad d=2 \quad a=1$$

$$K=5 \quad p=1 \quad \text{+++} \quad d=2 \quad a=1$$

- 1º.- El mínimo alcanzado es Ka (Stock de seguridad)
- 2º.- La cantidad pedida cada vez es Kp .
- 3º.- El intervalo entre pedidos y entregas es p .
- 4º.- p es el único factor dependiente de la gestión
- 5º.- La importancia del plazo no influye en el stock, ni sobre el stock de seguridad ni sobre el stock final
- 6º.- La importancia del stock es proporcional al consumo

FIGURA 22

la desventaja de tener que agrupar las fichas por cadencias de pedido.

Es decir, este método da algo más de trabajo que el de mínimas.

En cambio, permite trabajar con mínimas muy reducidas y por tanto con menos inmovilización en almacén y en caso de consumo o suministro irregular o de datos equivocados respecto al consumo, permite mejor detección y más fácil corrección.

Además de la revisión periódica, el que lleva el fichero y hace los pedidos, y como en el método anterior, debe detectar al porqué cuando las existencias se acercan a la mínima fuera del periodo normal y dar cuenta de ello haciendo además el pedido especial oportuno. Asimismo, si las existencias fueran demasiado elevadas sobre lo previsto al tiempo de la revisión, debe dar cuenta de ello para ver la causa y corregir si es preciso una eventual deficiencia.

Este método es aplicable pues a las piezas de la Zona B y C.

Método gráfico acumulativo

Supongamos conocido el programa de aprovisionamiento de un artículo, los plazos de aprovisionamiento d , la cadencia de pedidos p y el margen de seguridad a (1)

Si consideramos en un gráfico (figura 23) la curva de nuestras necesidades según programa en forma acumulativa a lo largo del año, ésta será una recta P que pasa por el origen de coordenadas. Como para nuestras previsiones debemos tener en cuenta al margen de seguridad a , la curva base

(1) Grau Desaignes trata esta hipótesis en la ampliación a "Gestión económica de stocks" de Rambaux.

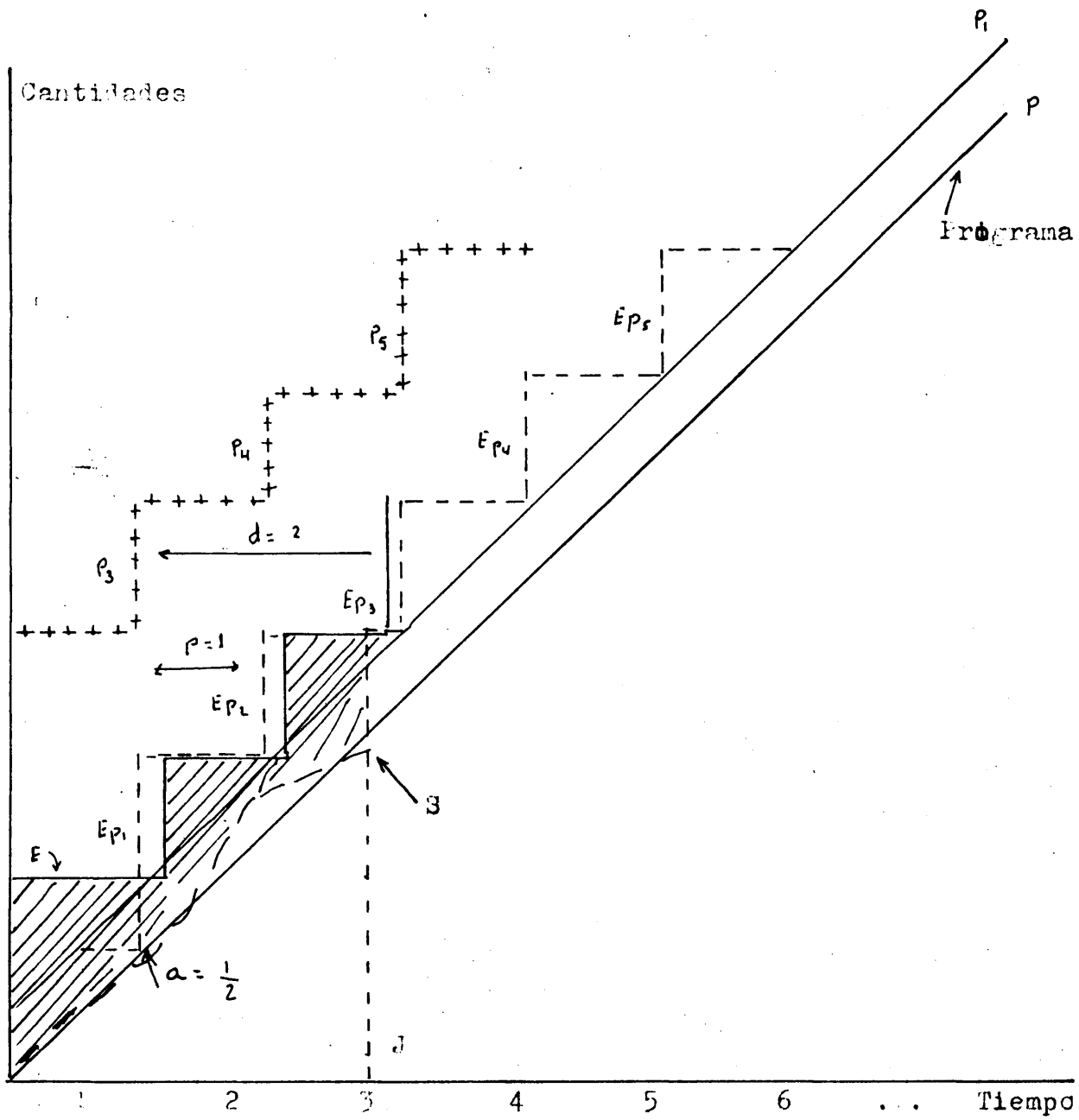


FIGURA 23

para los pedidos será otra recta \underline{P} de igual inclinación y distancia una longitud \underline{a} horizontalmente.

Si llamamos $P_1 - P_2 - P_3 \dots$ los pedidos sucesivos representados en el gráfico en el lugar correspondiente al tiempo de de su emisión y a su cuantía, tendremos la línea de puntos $P_3 - P_4 - P_5$.

La curva de entradas teóricas será la línea de trazos $E_{p1} - E_{p2} - E_{p3} \dots$ separada horizontalmente de la anterior una distancia \underline{d} .

La línea de trazos seguido $E_1 - E_2 - E_3$ representa las variaciones reales de los aprovisionamientos que no coincidirá exactamente con la anterior por lo general, pues habrá demoras o anticipos en las entradas de almacén previstas.

Finalmente la curva de trazos gruesos \underline{S} corresponde a las salidas de almacén reales.

La función de aprovisionamiento debe ser la de conseguir que la curva \underline{E} esté siempre cerca y por encima de \underline{S} . Si está lejos habrá exceso de inmovilización de stock y si se cruza entonces hay rotura de stock; por lo tanto paro de producción o venta o por lo menos interrupción de la producción normal o venta de aquel artículo o de su grupo.

Así pues el área y la forma de la Zona entre P_1 y S , nos permite controlar el valor de la gestión de aprovisionamiento.

La comparación entre P y S nos permite comprobar la previsión de consumo y la comparación entre E_p y E y nos permite comprobar las desviaciones entre los plazos de entrega de proveedores previstos y reales

El gráfico acumulativo nos permite controlar la gestión de stocks pues no solamente nos da a conocer el programa y sus desviaciones, sino que nos permite acciones correctivas.

Por ejemplo, en la figura 24 se ha señalado una modificación de programa que se nos ha comunicado en fecha J_1 . Dicha modificación viene indicada por la nueva línea P' siendo P la línea correspondiente al programa primitivo, así como E_p la de los suministros previstos en un principio.

Dicha modificación lleva a rotura de stock en fecha J_1 ; antes del plazo normal de un suministro.

Procederemos a una de las formas siguientes:

- 1.- Gestionar el aumento de las entradas empezando por E_{p3} .
Esta solución como las demás, exige buena voluntad del proveedor y un clima de confianza y de colaboración, todo ello muy importante, como objetivo de la política de aprovisionamiento.
Observese que si el plazo $d=4$ ha sido calculado con amplitud el esfuerzo no es imposible.
- 2.- Adelantar E_{p4} y hacer un pedido suplementario.
- 3.- Efectuar un pedido de emergencia
- 4.- Si todo es imposible, informar a Producción para solicitar una disminución en el ritmo de las salidas.

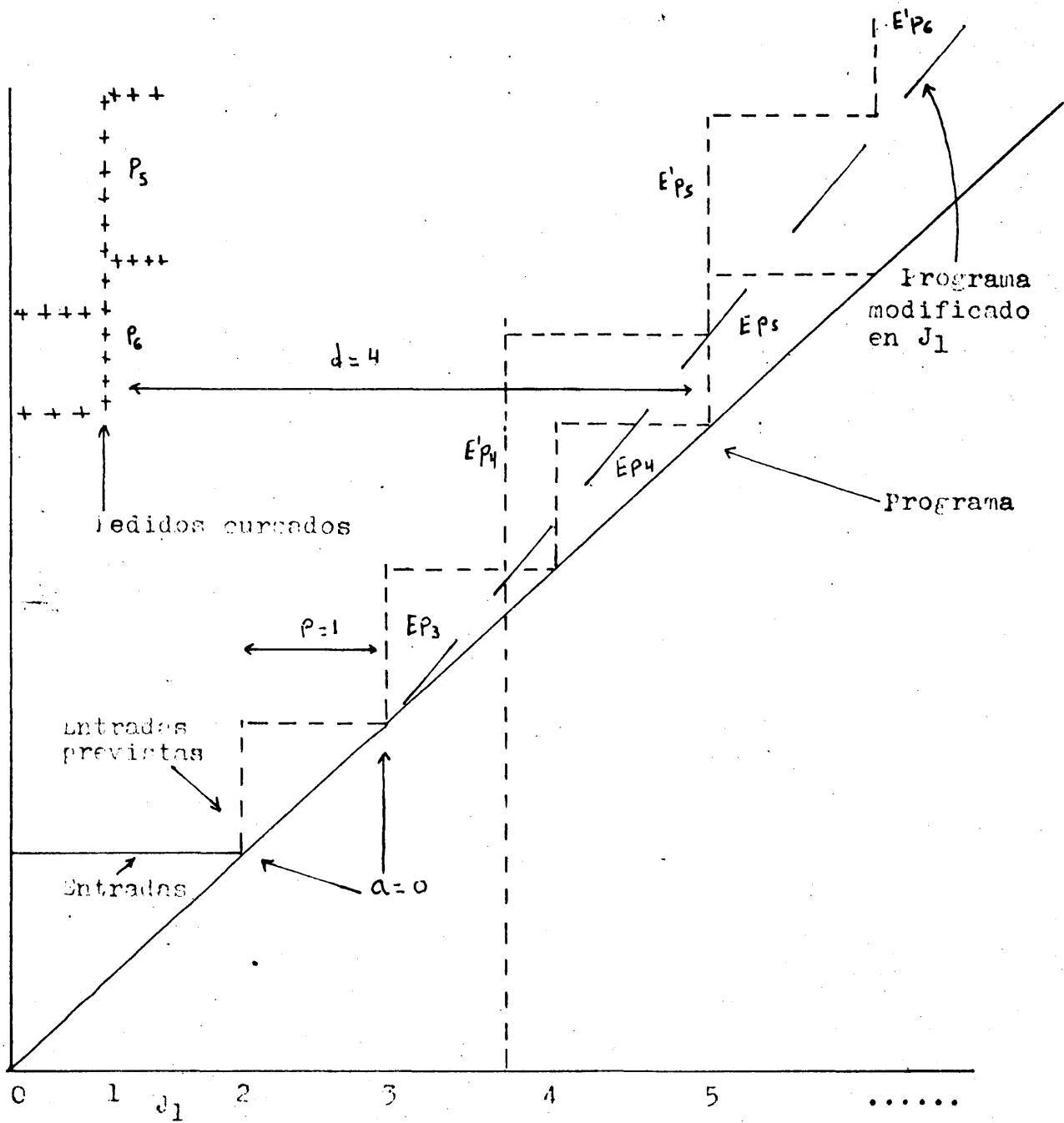


FIGURA 24

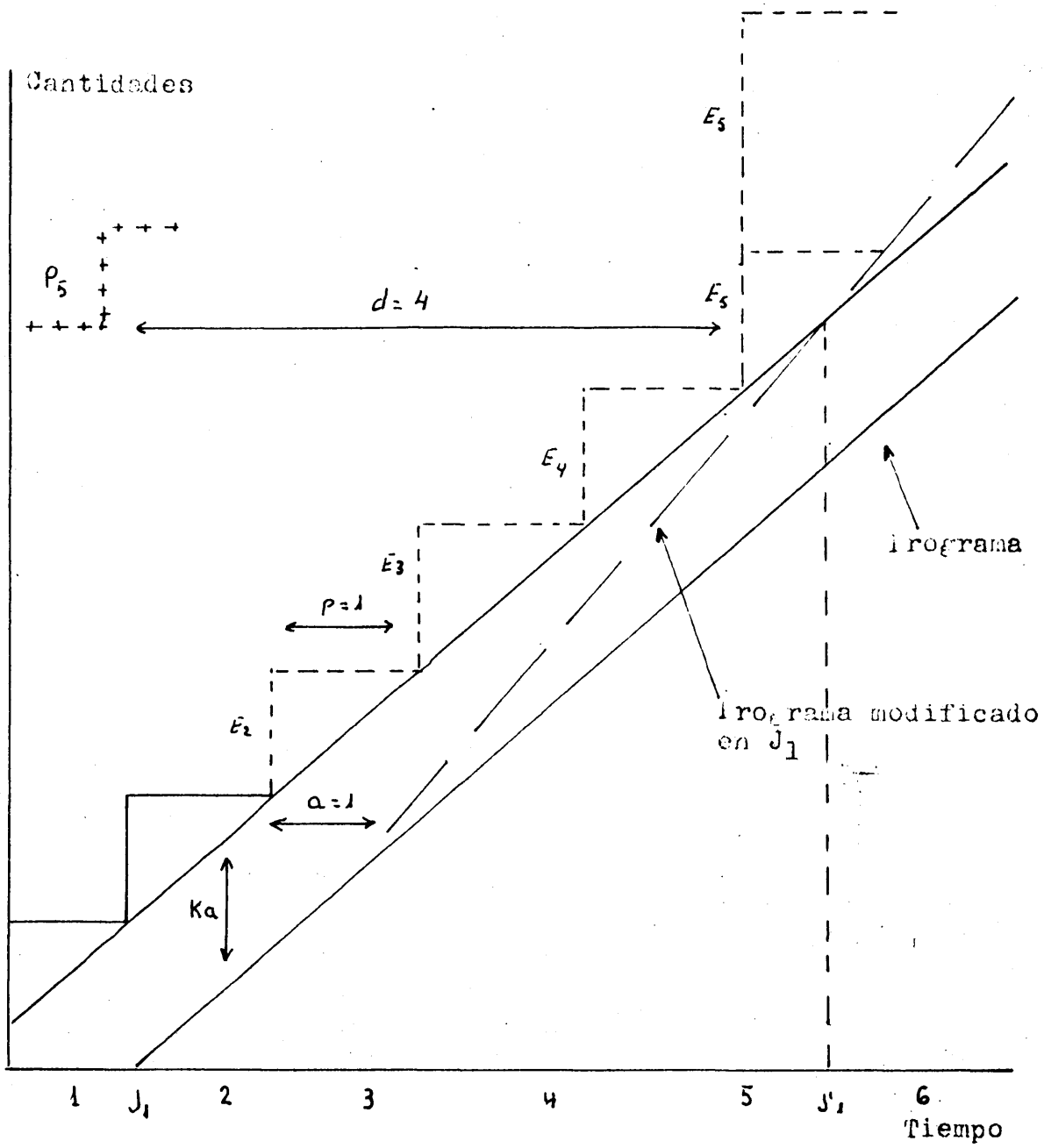


FIGURA 25

En la figura 25 aparece otro ejemplo, que nos exige además una mayor vigilancia en los plazos.

El empleo del gráfico acumulado nos permite un control verdadero de la gestión de stocks, es decir, nos da el programa y las previsiones; por él conocemos las desviaciones y nos permite corregirnos.

Por el contrario su empleo es más dificultoso que el uso de la ficha correcta, ya que el gráfico está trazado con los datos de la ficha.

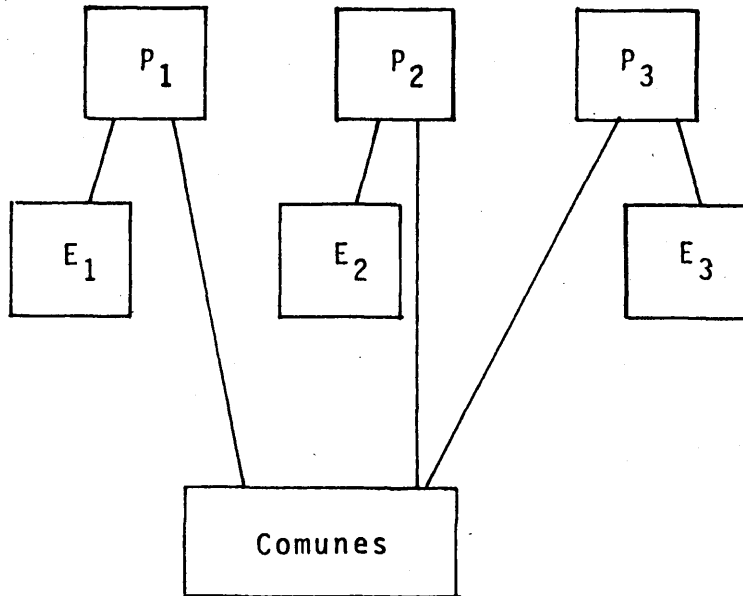
Por consiguiente su empleo es aconsejable para las piezas de la Zona A, que son las que requieren el máximo control y es desaconsejable para los de la Zona C por cuanto con ellas nos podemos permitir el tener un gran stock de seguridad.

Caso de piezas ligadas

Supongamos un artículo P_1 correspondiente a la Zona A, compuesto de unas piezas especiales E_1 que solo sirven para P_1 y no para otros artículos P_2 , P_3 etc. y de otros que son comunes.

En este caso decimos que E_1 es un artículo ligado a P_1 y que P_1 es el artículo piloto de E_1 . Y siguiendo a Lang en sus "diagramas de desarrollo de montajes y submontajes, tenemos (1):

(1) T. Lang "Manual del Contador de Costes". Ed. U.T.E.H.A. Pág. 228



En este caso para los pedidos de las piezas ligadas podemos emplear un cuadro como el de la figura 25 en que constan todos los datos necesarios para los pedidos y se ve su desarrollo.

Los coeficientes correspondientes al número de artículos ligados que van por grupo, son fraccionarios - cuando no se montan siempre en igual cantidad. Por ejemplo el coeficiente 2,5 puede corresponder a que en el 50% de la producción, van dos piezas por unidad y en el otro 50% 3 piezas por unidad.

Los productos ligados pueden controlarse de esta manera con tanta exactitud como el piloto con su gráfico acumulativo.

PLAN DE APROVISIONAMIENTO

Artículo piloto: A

Necesidades del plan: 6.000
1.000/mes

Artículo Piloto		Cantidad económica del Pedido	Necesidades	Plazo meses	Stock inicial	ENERO		FEBRERO ...	
Rep.	Coef.								
a	3	3.000	18.000	3	4.000	c_1	r_1	c_1	r_1
b	2,5	4.000	15.000	1	5.000			c_2	r_2
c	0,5	5.000	30.000	2	-				

FIGURA 26

Programación de la producción por gestión de stock.

Primera aproximación.

Veamos como podemos establecer un programa de producción en orden a satisfacer una demanda acumulada de función $D(t)$ durante un periodo $0-T$, de modo que los gastos totales a soportar por la empresa en cuanto al sostenimiento del stock y a la producción sean mínimos.

El problema ha sido tratado tácitamente en la hipótesis de aprovisionamiento constante si la cantidad económica x de aprovisionamiento a que allí nos referíamos la interpretamos como cantidad a producir al Coste Cx durante un periodo de tiempo t . Es el caso de la fabricación de series de un artículo que implican poner en marcha una cadena de producción con un coste de lanzamiento P y se trataba de averiguar la duración óptima x^* de las series de fabricación.

Se trata ahora de considerar una producción continua de tasa $y(t)$ de modo que la producción realizada en el intervalo $t-t+dt$ es $y(t)dt$ con una producción acumulada.

$$Y(t) = \int_0^t y(t) dt$$

siendo por tanto

$$\frac{\partial Y(t)}{\partial t} = y'(t) = y(t)$$

La producción total D en el intervalo $0-T$ viene dada por $Y(t) = \int_0^T y(t) dt = y'(t) dt$ donde con D designaremos como siempre la demanda total para el periodo considerado.

Los gastos de producción de la cantidad $y(t)dt$ será una cierta función $\varphi(y) dt$ o sea $\varphi(y') dt$ o bien $\varphi'[y'(t)] dt$. Supondremos además que la función $\varphi(y)$ admite derivadas primera y segunda $\varphi'(y)$, $\varphi''(y)$ y siendo $\varphi'(y)$ precisamente el

coste marginal, añadiremos la hipótesis $\varphi(y) > 0$ con objeto de situarnos en el caso muy general de costes marginal de producción creciente.

Designando por C_s el coste unitario de posesión por unidad de tiempo que supondremos constante y dado que el stock en un instante t , tiene como expresión $y(t) - D(t)$ el coste total de almacenamiento será

$$C_s = \int_0^T C_s [y(t) - D(t)] dt$$

A su vez el coste total de producción en el periodo $0 - T$ es

$$C_p = \int_0^T \varphi(y) dt = \int_0^T \varphi(y') dt$$

Como expresión del coste total tendremos

$$C_o = \int_0^T [C_s [y(t) - D(t)] + \varphi(y')] dt \quad (\text{VII})$$

coste que puede escribirse en la forma

$$C = \int_0^T f(t, y, y') dt \quad (\text{VIII})$$

ya que el integrante es función evidentemente de t, y, y' . La cuestión planteada ahora es elegir la función $y(t)$ y como consecuencia de ella $y'(t)$ de tal modo que el coste total sea mínimo; ello nos plantea un problema típico de Cálculo de Variaciones, sujeta la función incógnita a las limitaciones.

- (1) $y(0) = S_0$ Designando por S_0 el stock inicial a comienzo del periodo
- (2) $y(t) \geq D(t)$ Si excluimos la posibilidad de penuria o ruptura del stock
- (3) $y(T) = D(T) = D$ La producción total debe satisfacer a la demanda total sin que quede ningún stock

En términos geométricos se trata de determinar la curva $Y(t)$ que pasa, figura 27, por los puntos (D, S_0) , (T, D) y hace mínima la integral (VIII).

Ahora bien, la solución se encuentra resolviendo la ecuación de Euler

(IX)

$$\frac{\partial t}{\partial y} - \frac{d}{dt} \frac{\partial t}{\partial y'} = 0 \quad \text{ó} \quad \frac{\partial f(y, y', t)}{\partial y} - \frac{d}{dt} \frac{\partial f(t, y, y')}{\partial y'} = 0$$

que da como solución Y a base de dos constantes arbitrarias K_1 K_2 que se determinan en virtud de las condiciones (1) y (3) de que la curva extremal pase por los puntos $(0, S_0)$ y (T, D) . Si la demanda es como la (1) o la (3) de la figura 27 la limitación (2) se cumple en todo intervalo $(0, T)$, pero si tuviese la forma de la (2) la solución estaría formada por el arco extremal S_0M , por la misma curva de demanda MN y por el arco extremal ND .

Según sabemos cualquier curva que no sea la extremal solución de la (IX) da a esta expresión valor distinto a cero. Aquí como estamos determinando un mínimo la curva de demanda nos interesará tan solo utilizarla en aquellos intervalos tales que al dar una variación en la función que figura en el integrando de (VIII) hagan que la variación de la integral sea positiva, lo cual representa que el coste crece ya que por contraposición si al alejarnos de la curva $D(t)$ la variación de la integral fuese negativa, el coste decrecería y no nos convendría tomar como solución la curva $D(t)$ sino otra curva de la familia de extremales obtenida al resolver la (IX).

Por lo tanto solo habrá lugar a considerar la curva frontera $D(t)$ como solución, en aquellos intervalos en que la variación de la integral sea positiva al alejarnos de $D(t)$ es decir, en aquellos intervalos para los que

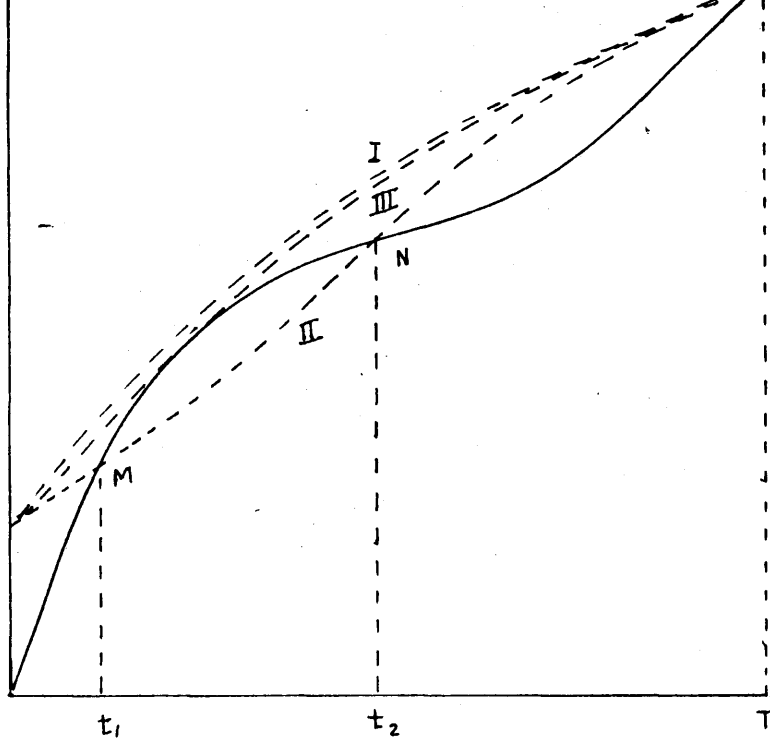


FIGURA 27

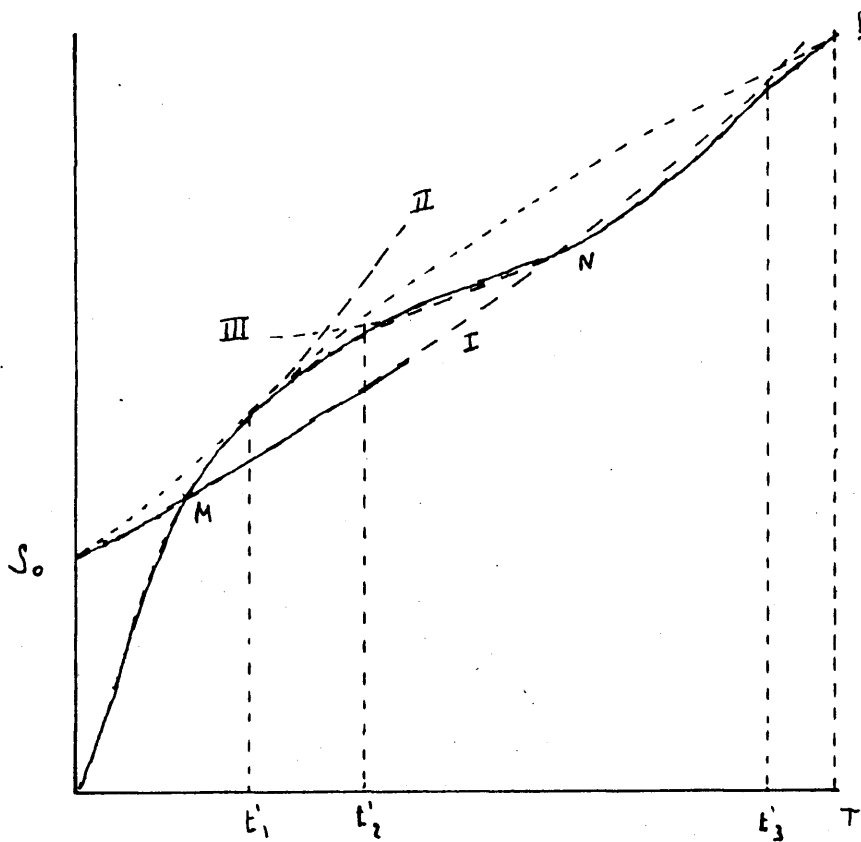


FIGURA 28

se verifique

$$\frac{\partial t(t, D, D')}{\partial D} - \frac{d}{dt} \frac{\partial f(t, D, D')}{\partial D'} \geq 0 \quad (X)$$

La solución indicada ahora, implica la utilización de la misma función de producción acumulada en el intervalo $0-t_1$ y en el t_2-T , empleándose la curva frontera en el intervalo intermedio. Ahora bien, dado que interesa aumentar el coste lo menos posible, convendrá utilizar asimismo lo menos posible arcos de la curva frontera y esto puede conseguirse utilizando distintas curvas extremales que como es natural pertenezcan todas a la misma familia $\gamma(t, R_1, R_2)$ de soluciones de la ecuación de Euler con dos constantes arbitrarias. El proceso consistirá pues en ir adaptando sucesivamente distintas extremales a partir del punto $(0, S_0)$ hasta llegar al (T, D) utilizándose según se ha dicho la curva frontera tan solo en intervalos en los que se cumpla la condición (X) y en los cuales no pueda ser adaptada una curva de la familia. El proceso se ilustra en la figura 27. La extremal única I no puede ser utilizada; se determinan los intervalos en que no se cumple la (X) en los cuales $0-t'_1$, $t'_2-t'_3$ de la figura 27 deben utilizarse extremales que se irán adaptando sucesivamente de modo que sean tangentes a la curva frontera $D(t)$, tal como se indica en la figura 27 con las extremales II y III. La razón de tomar las tangentes es con objeto de evitar los puntos como M, N o R discontinuidades en la derivada de $\gamma(t)$ esto es en $\gamma'(t)$ que es la tasa de producción que daría lugar a variaciones bruscas del coste de producción.

En aquellos intervalos en que se cumpla la (X) la solución está formada por el arco correspondiente de la curva frontera $D(t)$. En el caso de la figura (28) la solución o expresión de la función de producción acumulada es

extremal II	en el intervalo	$0 - t_1$
Curva frontera D(T)	" "	$t_1' - t_2'$
extremal III	" "	$t_2' - t_3'$
curva frontera D(T)	" "	$t_3' - T$

A los efectos de determinar la familia de extremales es de observar que aplicando la ecuación de Euler a la integral (VII) resulta

$$c_s - \frac{d}{dt} \varphi'(y') = 0 \quad \text{o sea} \quad c_s - \varphi''(y') \frac{dy'}{dt} = 0 \quad \text{es decir} \quad \varphi''(y') y'' = c_s$$

ecuación diferencial de segundo orden en la que no intervienen la función D(t). Es decir las extremales que se obtengan son independientes de la curva de demanda.

Los intervalos en que no se cumple la condición limitativa (2) se obtienen análogamente de la desigualdad

$$\varphi''(d) d' \leq c_s$$

Un caso sencillo lineal es aquel en el cual el coste marginal de producción es una función lineal creciente esto es, $\varphi'(y) = 2ay + b$ o lo que es igual

$$\varphi'(y') = 2ay' + b$$

con lo que $\varphi(y') = ay'^2 + by' + c$ y $\varphi''(y') = 2a > 0$

La ecuación de Euler da como curvas extremales

$$2ay'' = c_s \quad \text{"} \quad y'' = \frac{c_s}{2a} \quad \text{"} \quad y' = \frac{c_s}{2a} t + K_1$$

y finalmente

$$y(t) = \frac{c_s}{2a} t^2 + K_1 t + K_2$$

donde K1 y K2 son dos constantes arbitrarias.

Los intervalos en que no se cumpla la limitación (2) se obtienen de la

$$\varphi''(d) d' \leq c_s \quad \text{"} \quad d' \leq \frac{c_s}{\varphi''(d)} \quad \text{"} \quad d' \leq \frac{c_s}{2a}$$

Construyamos ahora en dos gráficos como los de la figura 29 la curva $D(t)$ y la $d(t)$ y señalemos una pendiente $m = \frac{C_s}{2a}$. Tracemos a la curva $d(t)$ las tangentes paralelas a tal dirección con lo que habremos descompuesto la curva en arcos AB, BC, CD, DE. En el arco AB es $d'(t) > \frac{C_s}{2a}$ por lo tanto que el arco AB y por idéntica causa el arco CD señalan unos intervalos $0-t_1$ y t_2-t_3 en los cuales la curva de demanda $D(t)$ no puede formar parte de la solución buscada. En cambio en el intervalo t_1-t_2 y en el t_3-T se cumple la condición $d'(t) \leq \frac{C_s}{2a}$ y en ellos hay la posibilidad de que la curva frontera $D(t)$ se incorpore a la solución buscada para $Y(t)$.

En el gráfico superior construyamos la parábola I que pasa por el punto S_0 y es tangente a $D(t)$ en el punto M la que da lugar en el gráfico inferior al punto M' cuya abscisa juntamente con el origen determinan un intervalo $0-t_1$ para el cual la solución es la parábola I que en el gráfico inferior da lugar a la curva $y(t)$ que es ahora una recta de pendiente $\frac{C_s}{2a}$ y de ecuación $y(t) = \frac{C_s}{2a}t + K_1$, válida para $0 \leq t \leq t_1$. Construyamos seguidamente la parábola II bitangente a la curva $D(t)$ en los puntos N y R que dan lugar a los N' y R' que determinan otro intervalo t_2-t_3 y en el cual la solución es una parábola de la familia de extremales que da lugar a la función $y(t) = \frac{C_s}{2a}t + K_1'$ (K_1' es en general distinto de K_1). Entre los puntos M' y N así como entre los R y E las soluciones están constituidas por los arcos MN y RE de la curva $D(t)$ que en el gráfico inferior están reflejados en los arcos $M'N'$ y $R'E'$ de la curva $d(t)$.

En uno y otro gráfico se han subrayado en rojo los diversos arcos que componen la solución $Y(t)$ y la $y(t)$.

Si ahora suponemos que el coste de posesión es nulo, esto es $C_s = 0$ las extremales son rectas de ecuación $y(t) = K_1 + K_2$. La pendiente m resulta ser igual a cero y el doble gráfico anterior toma la forma de la figura 29. La solución

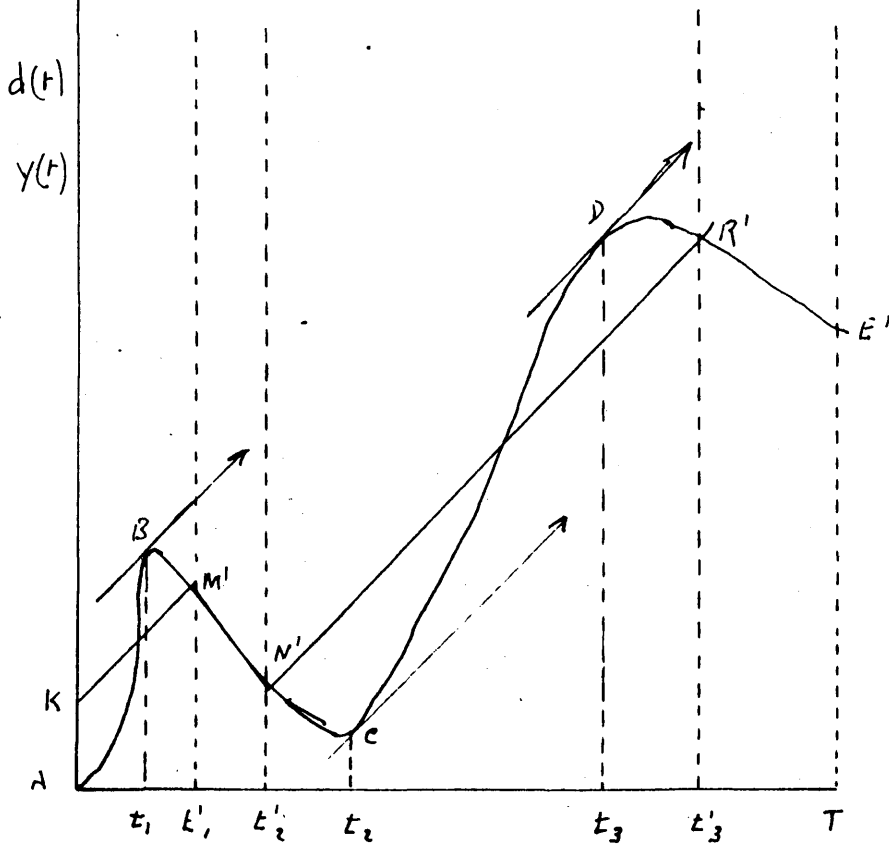
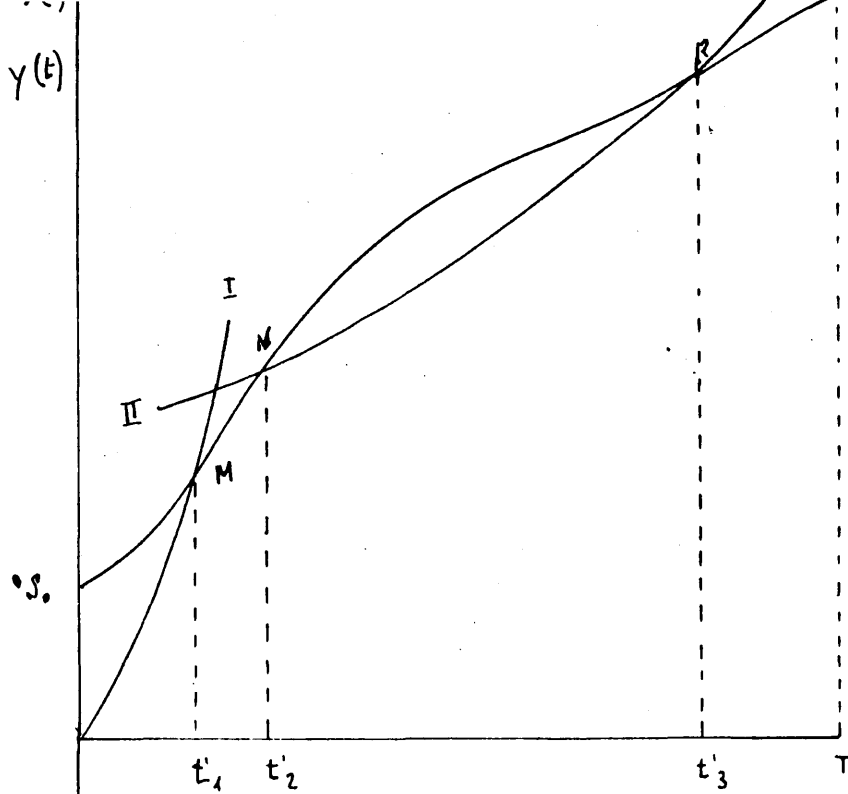


FIGURA 29

está constituida por la recta S_0M el arco MN de la curva $D(t)$, la recta NR y el arco RE de la curva $D(t)$ la recta NR y el arco RE de la curva $D(t)$. En el gráfico inferior la solución $y(t)$ está constituida por el segmento K_1M' el arco $M'N'$ de la curva $d(t)$, el segmento $N'R'$ y el arco $R'E'$ de la curva dt .

La solución $Y(t)$ recibe en este caso el nombre de solución del "hilo tendido" (fil tendu) ya que la función de producción se obtiene tendiendo un hilo entre S_0 y E de forma que el hilo se apoye en algunos trozos sobre la curva $D(t)$ y es rectilíneo en los restantes.

La interpretación económica del resultado es en uno y otro de los dos casos considerados la siguiente:

"La política óptima de producción y almacenamiento es tasa de producción variable linealmente (o constante) en unos intervalos, separados por otros en los cuales la tasa de producción es idéntica a la densidad de la demanda $d(t)$ ".

En el caso de coste de posesión despreciable $C_s=0$ la política óptima resulta independiente de la función de coste $\varphi(y)$ pues la ecuación de Euler da

$$y'' = 0 \quad , \quad y' = K_1 \quad , \quad y = K_1 t + K_2$$

Para el caso $C_s > 0$ la política a seguir es la misma para todas las funciones de costes que tengan derivadas segundas iguales, esto es para todas las funciones de coste de tipo parabólico.

$$\varphi(y) = ay^2 + by + c$$

que tengan el mismo coeficiente a , ya que este es el único que interviene en la condición $d' \leq \frac{C_s}{2a}$

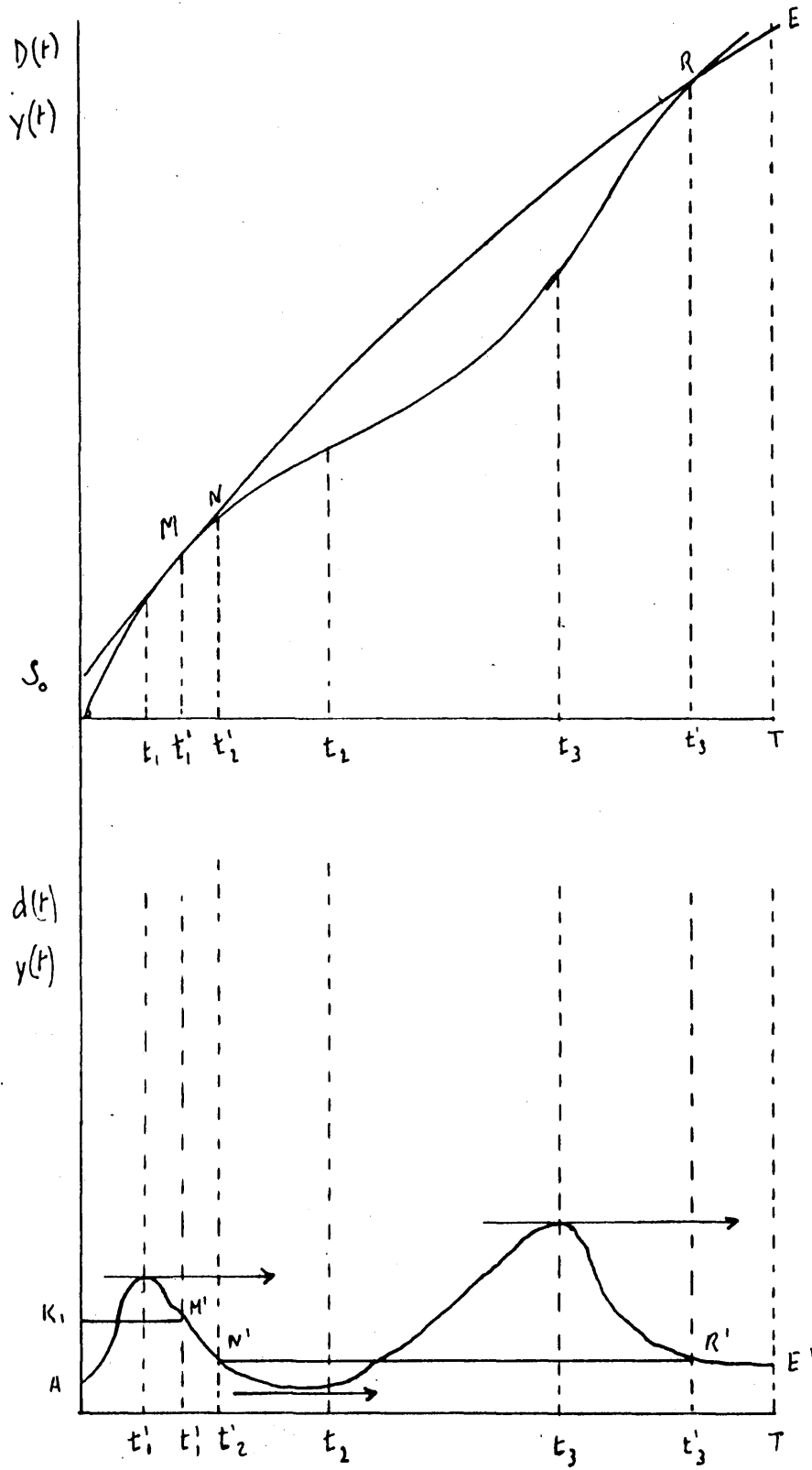


FIGURA 30

En las dos hipótesis tenidas en cuenta los segmentos rectilíneos K, M' y $N'R'$ constituyen la política de producción y stocks, óptima en régimen equilibrado. En cambio los arcos $M'N'$ y $R'E'$ de la curva $d(t)$ o los MN y RE de la $D(t)$ constituyen la política en régimen bloqueado.

Para terminar este estudio, tengamos ahora en cuenta la capacidad de almacenamiento que designaremos por S ; dado que el stock en el instante t es $Y(t) - D(t)$, habrá de ser

$$Y(t) - D(t) \leq S$$

y por lo tanto $Y(t) \leq D(t) + S$

Con esto imponemos a la solución $Y(t)$ una nueva limitación que es la de no poder superar en ningún momento a la curva $D(t) + S$

Pero esta curva no es sino el resultado de desplazar la demanda $D(t)$ hacia arriba en la cantidad S dando lugar a la curva $D_1(t)$ de la figura 31. La solución $Y(t)$ ha de discurrir entonces entre los puntos S_0 y E y S_1, S_2 si se admite un stock final S_f . Entonces si la extremal correspondiente quedase en algún intervalo por encima de la curva $D_1(t)$ razonaríamos sobre ella como antes se hizo con la $D(t)$, sustituyéndola por varias extremales de la familia que fueran tangentes a $D_1(t)$ y por arcos es esta misma curva

=====

Todo lo hasta aquí desarrollado constituye un ejemplo de que el conocimiento de unos datos o informaciones nos permite averiguar las consecuencias, coste, de una decisión determinada, para un periodo y para periodos sucesivos recurriendo como se indicó oportunamente al proceso de actualización.

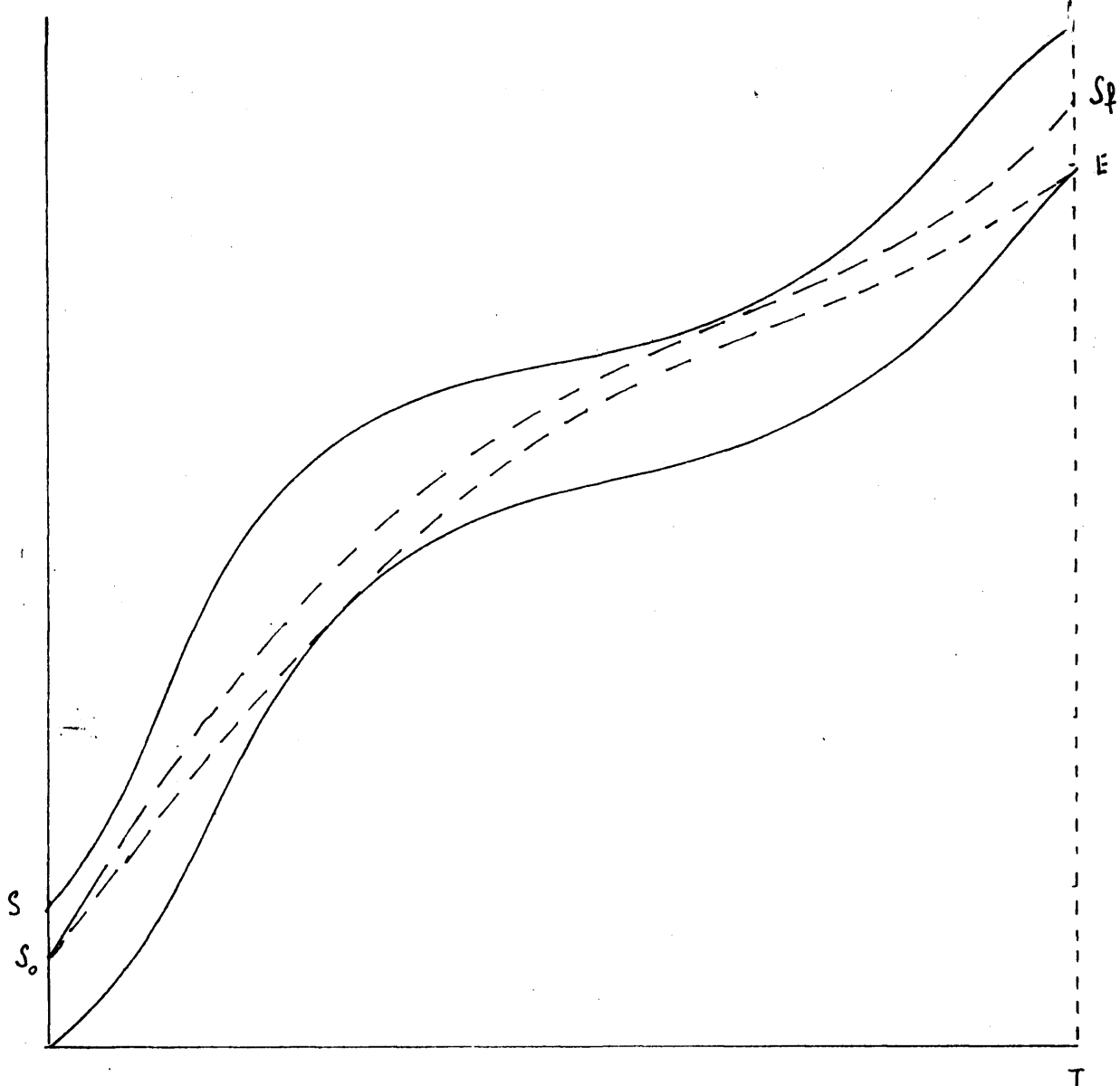


FIGURA 31

En unos casos la variable de decisión era única para todo el periodo considerado; en otros es un conjunto de infinitos valores como en el caso últimamente tratado en que la decisión óptima era elegir una función $Y(t)$ de producción conveniente. Los óptimos logrados son ciertos en cuanto que las informaciones precisas, costes de posesión y adquisición y el estado del mundo representado por la función de demanda se suponían conocidos de modo cierto.

Necesidad de simplificar la aplicación de la gestión de stocks.

Acabamos de analizar diversos métodos de gestión de stocks, algunos de los cuales fueron gradualmente utilizados en los años 20 y 30, especialmente los correspondientes a límites económicos y límites de tiempo.

Conjuntamente aparecieron fórmulas económicas que tuvieron una gran aceptación. En lugar de fijar límites máximos y mínimos de cantidades a almacenar por artículo, dinero en stocks o significado en tiempo de los productos en stock, se trata con estas fórmulas de determinar las cantidades óptimas a pedir, teniendo en cuenta los costes que influyen en la operación a almacenar, o aquellas referentes a la puesta a punto de la serie objeto de un pedido, en caso de fabricación.

Se obtiene, por lo tanto, una cantidad que, según la fórmula empleada, proporcionará unos costes totales mínimos.

En 1931 Mc. Graw Hill Book Company, publicó el libro de Fairfield E. Bayond (1) "Quantity and economy in Manufacture" en el que se proporcionan muchas fórmulas a aplicar en diversos casos para la obtención de lotes económicos. Como ya se ha dicho la aplicación de fórmulas de lotes económicos constituyó un gran paso hacia

(1) Fairfield E. Raymond "Quantity and Economy in Manufacture". Ed. Mc. Graw-Hill Book Company 1931

el desarrollo de técnicas matemáticas complejas para resolver problemas de stocks.

Las situaciones que hemos venido contemplando constituyen modelos sencillos dentro de la hipótesis de naturaleza cierta de la demanda y demás circunstancias.

Es posible, profundizando más en estas cuestiones incorporar todos o parte de los caracteres reales de la demanda y plazos de aprovisionamiento, considerando su naturaleza aleatoria. Igualmente serán necesarios otros modelos para describir los sistemas de información completa, cuando no se conocen los stocks, más que en determinados momentos de su revisión.

Sin embargo, en la generalidad de las empresas, las aplicaciones más corrientes pueden ser tratadas con algunos de los métodos sencillos que hemos expuesto, pues

Los modelos más sofisticados resultan, a menudo de muy difícil aplicación y una mala aplicación de un modelo matemático perfecto, conduce, frecuentemente, a resultados peores que los obtenidos con métodos sencillos. (1)

Las más de las veces, las dificultades consisten en la imposibilidad de obtener los valores de los parámetros necesarios, o no ofrecen fiabilidad bastante.

De aquí la necesidad de simplificar, no solo los métodos a emplear, sino también el campo de aplicación.

Algunas empresas precalculan respuestas de lotes económicos y realizan gráficos para su determinación más sencilla. Easman Kodak ha empleado durante muchos años un ábaco que se representa esquemáticamente en la figura 32.

(1) Breford y H Nussembaum "La gestión científica de los stocks" Ed. Guadiana 1973 - Pág. 126

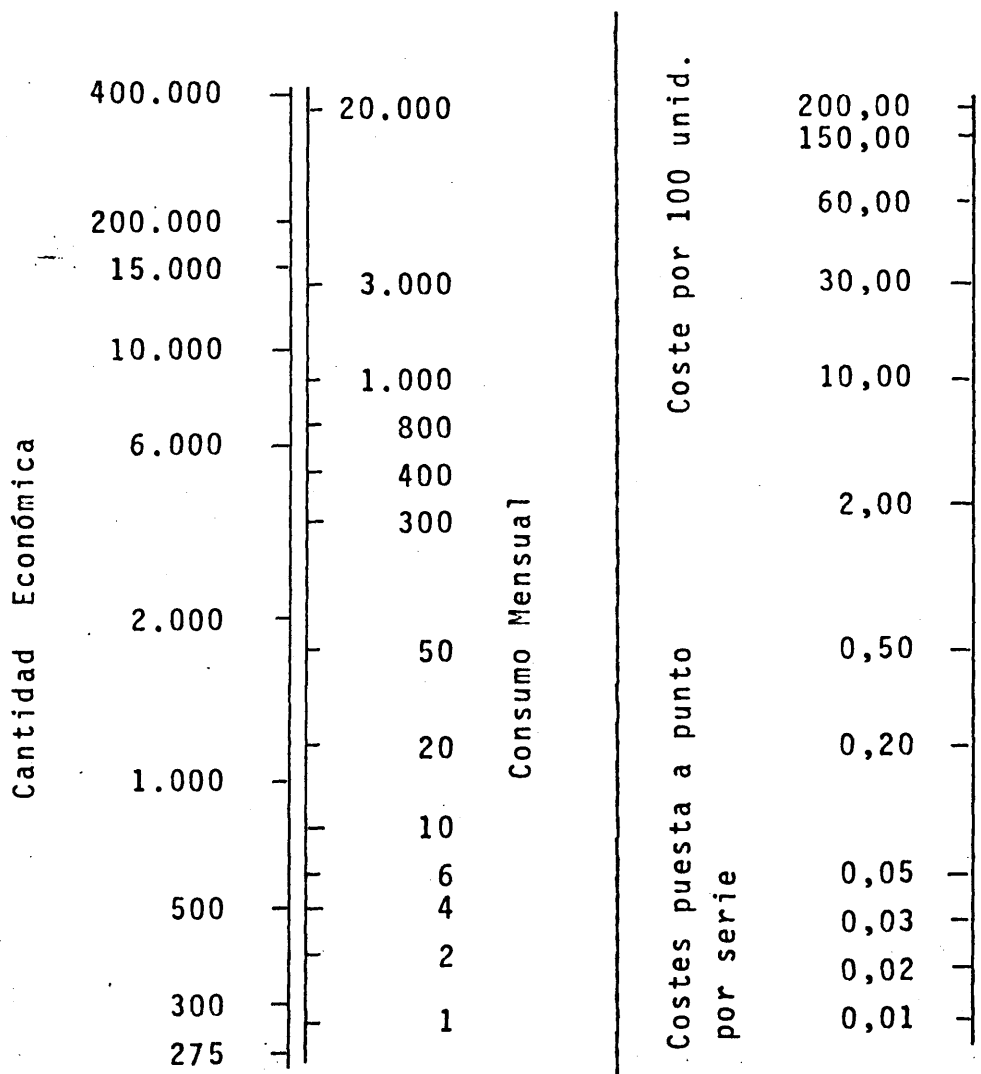


FIGURA 32

Un gráfico distinto es necesario para cada porcentaje a aplicar sobre los costes por unidad, a fin de determinar los costes de posesión.

Buscando en la escala de la derecha el coste de pedido o de puesta a punto por serie, y uniendo el correspondiente punto con el que en la escala de la izquierda corresponda al consumo por semana, se obtendrá en la recta central un punto de intersección. A continuación bastará unir igualmente el coste por materiales, mano de obra y gastos generales, buscando en la escala de derecha, con ese punto intersección en la recta del centro, para obtener en la escala izquierda la cantidad o lote económico. El ábaco representado esquemáticamente en la figura 32 corresponde a un porcentaje del 16% utilizado por Kodak.

John F. Magee ofrece un tipo diferente de diagrama en el que puede leerse lotes económicos desde una serie de líneas diagonales trazadas en un papel logarítmico (1). Existen muchos otros sistemas gráficos para obtener cómodamente lotes económicos, basados en fórmulas de tipo sencillo, de los que como muestra de ello hemos confeccionado uno que incluimos como figura 33.

Por otra parte, estudiando el campo de su aplicación, la gestión de stocks se simplifica progresivamente del modo siguiente:

- Simplificación por diferenciación de stocks.
- Simplificación por criterio ABC
- Simplificación por piezas ligadas.

Para la Zona A se tomarán los máximos cuidados, programando las piezas piloto con la mayor exactitud, pues las otras quedan automáticamente programadas

(1) Magee, John F., Production Planning and Inventory Control, Mc Graw-Hill Book Co., Inc. 1958, opág. 53

LOTES ECONOMICOS DE COMPRA								
C. adquisición: 250 Pt ³ /pedido			C. posesión: 20% s/valor existencias					
Intervalo de compra - meses	Valor anual - Pt ³	Valor mensual - Pt ³	Precio unitario de productos mensuales.					
			110	220	330	440	550	660
48	75	6,50	0,055	0,027	0,038	0,014	0,011	0,009
	300	25.-	0,230	0,115	0,077	0,057	0,046	0,038
24	1.250	110.-	0,50	0,33	0,25	0,20	0,16	0,143
	5.000	420.-	3,80	1,90	1,27	0,90	0,76	0,633
6	20.000	1.700	15,40	7,70	5,13	3,85	3,08	2,57
	60.000	5.000	45.-	22,5	15.-	11,25	9.-	7,50
3	175.000	15.000	69.-	46.-	34,50	27,60	23.-	19,70
	700.000	60.000	550.-	275.-	183.-	137,5	110.-	91,66
0'5	3.000.000	250.000	2350	1.150	767.-	560	460	387,3

FIGURA 33

Los pedidos de la Zona A se harán a base de lotes económicos bien estudiados siempre que sean posibles. Caso de tratarse de artículos ligados podrá convenir escalonar las entregas de acuerdo con el programa de artículo piloto.

El control de los artículos piloto se hará mediante gráfico acumulativo, procurando mantener un stock de seguridad mínimo. Un mismo gráfico puede contener algún artículo además del piloto.

Para las piezas de la Zona C, no será necesaria muchas veces una programación precisa, que exige ver en qué productos programados entra a tomar parte el artículo en cuestión y luego resumir las cantidades desglosadas, y bastará hacer una programación basada en salidas medias anteriores. Para las piezas ligadas seguiremos el programa de las piezas piloto.

En cuanto a los pedidos, se determinará el lote económico que sólo sufrirá revisión de tarde en tarde y se agruparán por naturaleza para evitar flujo de pequeños pedidos. Los pedidos de las piezas ligadas se harán por el método descrito.

Finalmente, el control de la Zona C, se hará por el método más sencillo posible, que generalmente será el de mínimas, adoptando en cambio un stock de seguridad amplio que será revisado periódicamente. Si se trata de un artículo ligado, su control es simultáneo al del artículo piloto, aunque el margen de seguridad será suficiente para que no influyan en la gestión de aprovisionamiento las desviaciones del programa.

En la figura 34 puede verse un gráfico ilustrativo de lo escrito en los párrafos anteriores.

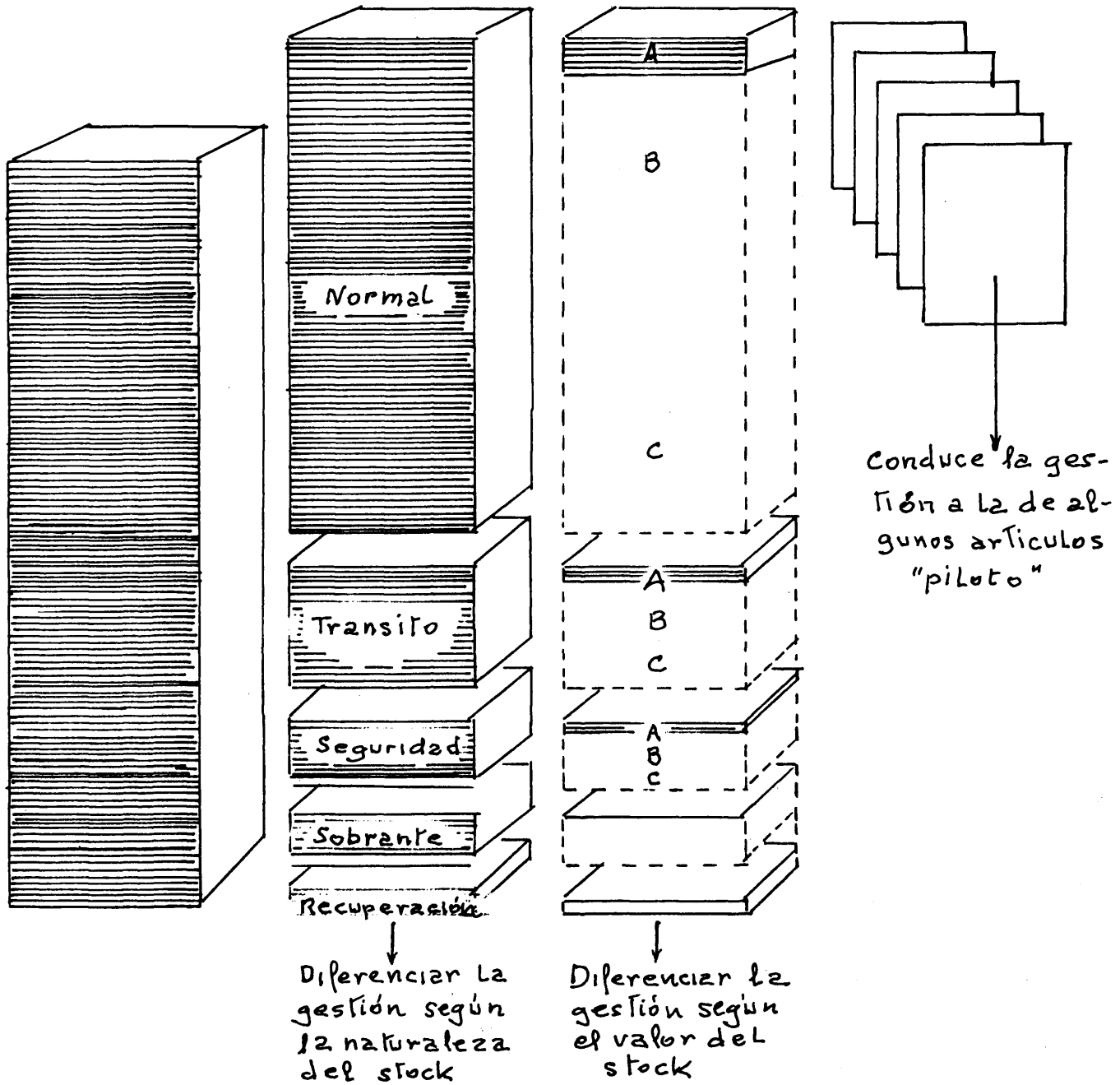
PUESTA BAJO CONTROL DE LA GESTION DE STOCKS

Total de los stocks antes del estudio, representado por la masa de las fichas

Primera fase
"Pos 5 stocks"

Segunda fase
ABC.- Criterio del valor

Tercera fase
Criterio de enlace



Conduce la gestión a la de algunos artículos "piloto"

(De Rembaux. "Gestión económica de Stocks." Pág. 151)

No hemos hablado aquí de los materiales de la Zona B. La conducta a seguir con ellos variará, agrupándose según los casos a los de la Zona A o C.

LOS FACTORES ALEATORIOS EN LA GESTION DE STOCKS

Cuando las hipótesis de una demanda conocida, un plazo de aprovisionamiento constante y plazo de espera del cliente no se cumplen, la gestión de stocks precisa de un análisis matemático probabilístico, a menudo bastante complejo.

En efecto, siguiendo a Vegas "el concepto de certidumbre trasciende de simple descripción de posibilidades alternativas, por cuanto va a aparecer como la consecuencia de elegir entre ellas la mejor de las que responden a lo que va a ser el futuro en una definición de carácter "estructural", es decir, dentro de un orden de acontecimientos consistentemente prescritos y que, por ello, recogen términos y relaciones fundamentales". (1)

Para decidir el método de previsión de la demanda, será preciso que previamente analicemos y describamos su comportamiento. La hipótesis de que la demanda depende solamente del periodo T durante el intervalo de tiempo $T - t + T$ simplifica mucho el análisis matemático.

Esta hipótesis que pudiera parecer, en principio, excesivamente arbitraria, en la práctica resulta muy conveniente y su efectividad depende mayormente del periodo T elegido.

La hipótesis de un plazo de aprovisionamiento constante suele ajustarse frecuentemente a la realidad, pero en aquellos casos de plazo aleatorio, éste puede ser definido por una sencilla ley de probabilidad.

El flujo de salidas de los stocks, otro de los parámetros a considerar en el modelo de gestión de stocks,

(1) Angel Vegas Pérez. "Alienación y decisión económica". B.E.E. nº 84 Dic. 1971. Pág. 847

presenta dos alternativas: a) que las demandas no satisfechas se anulen.. b) que las demandas no satisfechas se difieran

Otros parámetros, cuya aleatoriedad suele ser menos frecuente son los costes de adquisición y de posesión, aún cuando pueden ser variables en función de otro parámetro aleatorio.

En cuanto al plazo de entrega del cliente, suele ser aleatorio en alto grado, pues en ello influyen las condiciones de competencia del mercado en que cada empresa se desarrolla. Su medida, coste de atención al cliente, a su vez estará en función de que las demandas no satisfechas se anulen o se difieran.

En el modelo a plantear, se incluyen también otras variables que son producto de una toma de decisiones de la empresa. Algunos de esta clase pueden estar relacionados con el periodo de revisión de los stocks y de la cuantía de aprovisionamiento, con todos los condicionamientos que ello lleva implícito. Los resultados esperados son por consiguiente una magnitud aleatoria, por ser expectativa, y el modelo a plantear adolecerá de incertidumbre, al manejar conjuntamente magnitudes conocidas y aleatorias (1)

El criterio general del modelo es la minimización de los costes totales. Cuando el coste de rotura de stock es de difícil cuantificación, puede considerarse en su lugar la calidad del servicio al cliente.

En el planteamiento de este tipo de modelos es fundamental el conocimiento que se tiene del sistema de gestión de stocks en un momento dado. Se dirá que este sistema es de información completa cuando todas las variaciones en el

(1) Knight "Riesgo, incertidumbre y beneficios" Ed. Aguilar 1947. Cap. II

... mismo son consignados y registrados en el momento que tienen lugar y su información correspondiente es inmediatamente conocida.

Dentro de este sistema de información completa es posible la toma de decisión cada vez que se presenta una demanda, siendo el único problema presentado la previsión de la demanda durante el periodo de reposición de stocks. Pues como dice Vegas "las expectativas del empresario vienen generalmente expresadas en términos económicos y como consecuencia, cabe hablar del valor actual de las expectativas, y hasta, con Hicks, de la elasticidad de las mismas (1)

Cuando el estado del sistema no es conocido más que en los momentos de revisión de stocks, se denomina sistema programado.

Partiendo de la hipótesis de una demanda aleatoria, el estado del sistema no se conocerá con certidumbre cada vez que se cumplimente un pedido y para definir el nivel de seguridad de stock habrá que tener presente si las ventas pueden ser diferidas o por el contrario se pierden.

Para el caso de que las ventas puedan ser diferidas, el stock de seguridad será el nivel de stock neto a la cumplimentación del pedido. Cuando la venta se pierde, el stock de seguridad nos vendrá dado por el valor probable del nivel disponible del stock.

El método heurístico permite determinar, por una demanda aleatoria, el valor óptimo del pedido, el punto de pedido y el stock de seguridad, mediante ensayos sucesivos corregidos por errores hallados anteriormente (2)

(1) Angel Vegas "Alienación y decisión económica" B.E.E. 84. Dic. 1971. Pág. 870

(2) D. Brefort y M Nussembaum en "La gestión científica de los stocks" pág. 112 á 126 exponen dos modelos determinados por este sistema para demanda aleatoria con ventas diferidas y perdidas

Veamos ahora la determinación de algunos modelos en los que se presentan parámetros aleatorios.

Demanda aleatoria sin coste de posesión

Consideremos un periodo $0-T$ para el cual la demanda y es una variable aleatoria cuya función de densidad es $f(y)$, de tal modo que la probabilidad de que la demanda tome precisamente el valor y es $f(y)dy$. Así, "la predicción es la formulación de lo que estimamos que puede pasar, aunque no pase, en razón de que pudo pasar" (1)

Supongamos que ante un aprovisionamiento de x unidades para el periodo en cuestión, si se producen excedentes es preciso saldarlos con pérdida unitaria e , mientras que si el aprovisionamiento resulta ser inferior a la demanda, es decir si se produce rotura del stock, el coste unitario de rotura sea p .

El nivel de stock es pues $S=x-y$ cuyo significado es existencia de excedentes si $x > y$ o rotura si $x \leq y$. Tal diferencia es una variable aleatoria cuya ley de probabilidad es $f(y)dy$ por lo tanto el coste probable de la realización de un aprovisionamiento de x unidades será

$$\begin{aligned} c(x) &= \int_0^x e(x-y) f(y) dy + \int_x^{\infty} p(y-x) f(y) dy = \\ &= e \int_0^x (x-y) f(y) dy + p \int_x^{\infty} (y-x) f(y) dy \end{aligned}$$

A efectos de obtener el valor x^* que da el coste mínimo, recordemos la fórmula de derivación de una integral dependiente de un parámetro entre límites variables

(1) Angel Vegas Pérez. "Alineación y decisión económica". B.E.E. nº 84 Dic. 1971 - Pág. 851

$$q(x) = \int_{\varphi_1(x)}^{\varphi_2(x)} f(xy) dy \quad \text{..} \quad q'(x) = \frac{dq(x)}{dx} =$$

$$= \int_{\varphi_1(x)}^{\varphi_2(x)} \frac{df(xy)}{dx} dy + f(x, \varphi_2(x)) \frac{\partial \varphi_2(x)}{\partial x} - f(x, \varphi_1(x)) \frac{\partial \varphi_1(x)}{\partial x}$$

Como las integrales que figuran en la función de costes, dependen de x , derivando según la anterior fórmula se pondrá:

$$\frac{\partial C(x)}{\partial x} = e \int_0^x f(y) dy - p \int_x^{\infty} f(y) dy$$

Si se representa por $F(y)$ la función de repartición o función acumulativa de la $f(y)$ es

$$F(h) = \int_0^h f(y) dy \quad \text{por lo que} \quad \int_0^x f(y) dy = F(x) \quad \text{..}$$

$$\int_x^{\infty} f(y) dy = 1 - F(x)$$

con lo cual se obtiene para la derivada del coste

$$\frac{dC}{dx} = e F(x) - p [1 - F(x)]$$

o sea

$$\frac{\partial C}{\partial x} = (e+p) F(x) - p, \quad \text{y} \quad \frac{d^2C}{dx^2} = (e+p) f(x) > 0$$

(para todo x)

Anulando esta derivada para obtener x^* , se tiene

$$F(x^*) = \frac{p}{e+p} < 1$$

o bien designando por π al cociente $\frac{p}{e+p}$ al cual llamaremos tasa de rotura

$$F(x^*) = \pi$$

nos dice que "el aprovisionamiento óptimo corresponde a aquel valor de x para el cual la probabilidad de que la demanda sea inferior a él es exactamente igual a la tasa de rotura"

"La decisión viene a ser entonces el acto que resulta de que la voluntad da por terminada la deliberación adoptando una resolución" (1)

Bien por cálculo gráfico bien con ayuda de unas tablas de la $F(x)$ es inmediato el cálculo de x^* y en consecuencia el de $C(x^*)$; C^* ya que

$$\begin{aligned} C^* &= e x^* \int_0^{x^*} f(y) dy - e \int_0^{x^*} y f(y) dy + p \int_{x^*}^{\infty} y f(y) dy - p x^* \int_{x^*}^{\infty} f(y) dy = \\ &= F(x^*) e x^* - p x^* [1 - F(x^*)] + p \int_0^{x^*} y f(y) dy - p \int_0^{x^*} y f(y) dy - e \int_0^{x^*} y f(y) dy = \\ &= (\pi e - p + p \pi) x^* + p \bar{y} - (p + e) \int_0^{x^*} y f(y) dy = p \bar{y} - (p + e) \int_0^{x^*} y f(y) dy \end{aligned}$$

donde con \bar{y} se ha representado la demanda durante el periodo $0 - T_1$

Si la gestión afectase a más de un periodo, deberemos calcular el valor x_2^* del aprovisionamiento a realizar al comienzo del segundo periodo $T_1 - T_2$ para lo cual deberemos conocer la función de distribución de la demanda durante el nuevo periodo que representaremos por $f_2(y)$ lo que nos conducirá a un coste C_2^* valorado en el momento T_1

(1) Angel Vegas Pérez "Alienación y decisión económica" B.E.E. nº 84 Dic. 1971 Pág. 852

Situados ahora a la conclusión del periodo segundo o comienzo del tercero, calcularemos el coste mínimo y así sucesivamente. El coste actualizado total será supuesto un tanto de interés unitario i

$$C = C_1^* + (1+i)^{-T_1} C_2^* + C_2^* + (1+i)^{-(T_2+T_1)} C_3^* \dots \text{ó bien: } C = C_1^* + (1+i)^{-T_1} + C_2 (1+i)^{-(T_1+T_2)} \dots$$

Si suponemos los costes materializados a final de periodo, resultado que constituye una renta de términos variables, de carácter perpetuo si el número de periodos a que afecta es ilimitado y que será en general convergente por causa de la influencia de los factores de actualización.

Si suponemos ahora en particular que los periodos sucesivos son iguales y que la ley de distribución de la demanda es la misma en cada uno de ellos, nos proponemos ahora tratar de buscar, no unos aprovisionamientos x_1^*, x_2^*, \dots a efectuar el comienzo del primero, segundo, tercero y sucesivos periodos sino un aprovisionamiento único x^* para el total de los nT_1 periodos considerados.

Para ello utilizaremos la misma función de coste (I) pero sustituyendo $f(y)$ por la ley de probabilidad referente al periodo total nT_1 lo cual nos lleva a ver como puede determinarse la ley de probabilidad de la demanda y para el intervalo total $0 - nT_1$ conocida la ley de probabilidad $f(y)$ para el periodo $0 - T_1$ y sabiendo que esta es la misma para el periodo $T_1 - 2T_1$ que para el $2T_1 - 3T_1$, etc.

Distinguiremos dos casos según que la demanda sea discreta con las probabilidades $p_1(1), p_1(2), \dots, p_1(\kappa)$ o sea continua de función de distribución $f(y)$ como es el caso de que hasta ahora nos hemos ocupado.

Tratemos de determinar $p_2(y)$ probabilidades de que la demanda en el periodo total $2T_1$ sea precisamente y .

Ello implica que la demanda sea

0 en el 1º periodo e y en el 2º suceso de probabil. $p_1(0) \times p_1(y)$

1 " " y-1 " " " $p_1(1) \times p_1(y-1)$

r " " y-r " " " $p_1(r) \times p_1(y-r)$

y " " 0 " " " $p_1(y) \times p_1(0)$

Por tanto en virtud del teorema de las probabilidades totales será

$$p_2(y) = \sum_{r=0}^{r=y} p_1(r) p_1(y-r)$$

Calculamos ahora $p_2(y)$ Ello implica

0 en el 1º periodo e y en los dos seg., suc. de prob. $p_1(0) p_2(y)$

1 " " " y-1 " " " " $p_1(1) p_2(y-1)$

k " " " y-k " " " " $p_1(k) p_2(y-k)$

y " " " 0 " " " " $p_1(y) p_2(0)$

Es decir, en definitiva $p_3(y) = \sum_{k=0}^{k=y} p_1(k) p_2(y-k)$

Es ahora fácil ver que para $p_n(y)$ se puede considerar la descomposición en dos subperiodos, uno de h periodos y el otro con los $n-h$ restantes y que de modo análogo a como se ha calculado $p_3(y)$ pueda establecerse

$$p_n(y) = \sum_{k=0}^{K=y} p_n(k) p(n-k)^{(y-k)}$$

o bien

$$p_n(y) = \sum_{k=0}^y p_n(y-k) p_{n-h}^{(k)}$$

Observemos ahora el producto de la matriz

$$\Phi = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{cccc} p_1(0) & 0 & 0 & 0 \dots \\ p_1(1) & p_1(0) & 0 & 0 \dots \\ p_1(2) & p_1(1) & p_1(0) & 0 \dots \\ p_1(3) & p_1(2) & p_1(1) & p_1(0) \dots \end{array} \right] \end{array}$$

por el vector columna $P_1 = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} p_1(0) \\ p_1(1) \\ p_1(2) \\ \dots \end{array} \right] \end{array}$ nos da precisamente el $P_2 = \begin{array}{c} \left[\begin{array}{c} p_2(0) \\ p_2(1) \\ p_2(2) \\ \dots \end{array} \right] \end{array}$

es decir $[\Phi] \times [P_1] = [P_2]$

y que del mismo modo

$$[\Phi] \times [P_2] = [P_3] \quad \text{o bien} \quad [\Phi]^2 [P_1] = [P_3]$$

y en general

$$[\Phi] \times [P_{i-1}] = [P_i] \quad \text{o sea} \quad [\Phi]^{i-1} [P_1] = [P_i] \quad (\text{II})$$

que constituye por tanto la expresión general de la distribución de la demanda para un conjunto de i periodos a base de la distribución $[P_1]$ para uno de ellos y de la matriz de paso $[\Phi]$

Se puede hallar también $[P_i]$ observando que es

$$[P_i] = [P_{i-1}] \cdot [P_1] \quad (\text{III}) \quad \text{donde} \quad [P_{i-1}] = \begin{bmatrix} P_{i-1}(0) & 0 & 0 & \dots \\ P_{i-1}(1) & P_{i-1}(0) & 0 & \dots \\ P_{i-1}(2) & P_{i-1}(1) & P_{i-1}(0) & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots \end{bmatrix}$$

La comparación entre (II) y (III) pone además de manifiesto que

$$[P_{i-1}] = [P_1]^{i-1}$$

Si se trata de una función de distribución continua tendremos de modo análogo como probabilidad elemental de que la demanda tome el valor y en el intervalo z .

$$f_2(y) = \int_0^y f_1(z) f_1(y-z) dz$$

que utilizando el símbolo de composición $*$ puede escribirse en la forma

$$f_2(y) = f(y) * f_1(y)$$

En general

$$f_n(y) = f_1(y) * f_2(y) * \dots * f_1(y) \quad (\text{IV})$$

recordando que

$$f_1(y) * f_1(y) = \int_0^y f_1(z) f_1(y-z) dz = \mathcal{L}^{-1} \frac{g_1(p) \cdot g_1(p)}{p}$$

donde \mathcal{L}^{-1} representa la transformación inversa de Laplace-Carson, definida por

$$g_1(p) = \int_0^{\infty} f_1(z) e^{-pz} dz = \mathcal{L} f_1(z)$$

Así si fuese por ejemplo $f_1(y) = 0.02(1 - \frac{y}{100})$ se tendría

$$f_2(y) = \int_0^y 0'02 \left(1 - \frac{z}{100}\right) 0'02 \left(1 - \frac{y-z}{100}\right) dz = 0'004 \int_0^y \left(1 + \frac{yz - z^2}{10.000} - \frac{y}{100}\right) dz =$$

$$= 0'0004 \left(y - \frac{yz^2}{100} + \frac{yz^2}{60.000} \right)$$

La determinación de la ley de probabilidad para un periodo $0 - 2T$ nos permite pues aplicando la misma expresión

$$c = \int_0^x e^{-(x-y)} f_2(y) dy + \int_x^\infty e^{-(y-x)} f_2(y) dy$$

determinar el aprovisionamiento óptimo para un plazo $2T$ y análogamente mediante la utilización de la (IV) para un plazo nT .

Demanda aleatoria, coste de posesión proporcional al volumen del stock y coste de rotura de stock

Supongamos realizado un aprovisionamiento x al principio del periodo T y sea Y la demanda total durante dicho periodo que supondremos se desarrolla a lo largo del mismo a tanto constante, es decir, según una evolución del tipo dt de tal modo que

$$\int_0^T dt \cdot dt = Y$$

Entonces si $X > Y$, la evolución del stock tiene lugar como se indica en la figura 35, que arroja a fin del periodo un stock residual de $X - Y$ unidades. El stock en un momento cualquiera es la ordenada S correspondiente al punto de abscisa t y dado que la recta representativa de la evolución del stock tiene como ecuación

$$S = x + \frac{x-y-x}{T} t \quad \text{o sea} \quad S = x - \frac{Y}{T} t$$

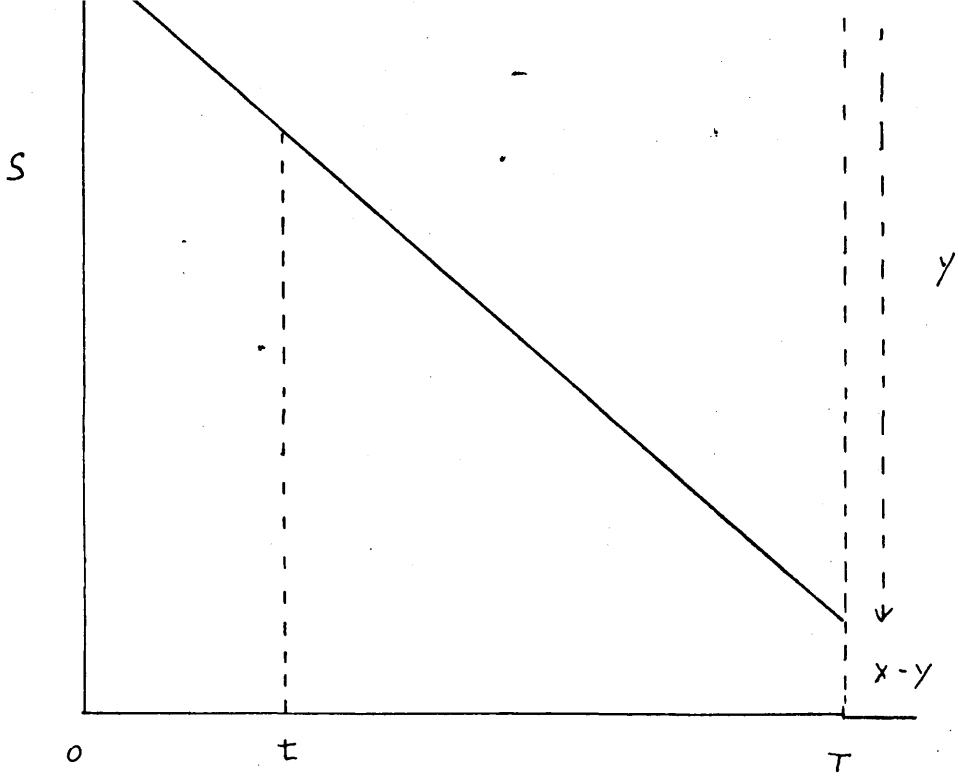
El coste de almacenamiento correspondiente al periodo a base de un coste C_s por unidad de aprovisionamiento y unidad de tiempo, será:

$$\int_0^T (x - \frac{Y}{T} t) C_s dt = C_s x T - C_s \frac{Y}{T} \frac{T^2}{2} = C_s T (x - \frac{1}{2} Y)$$

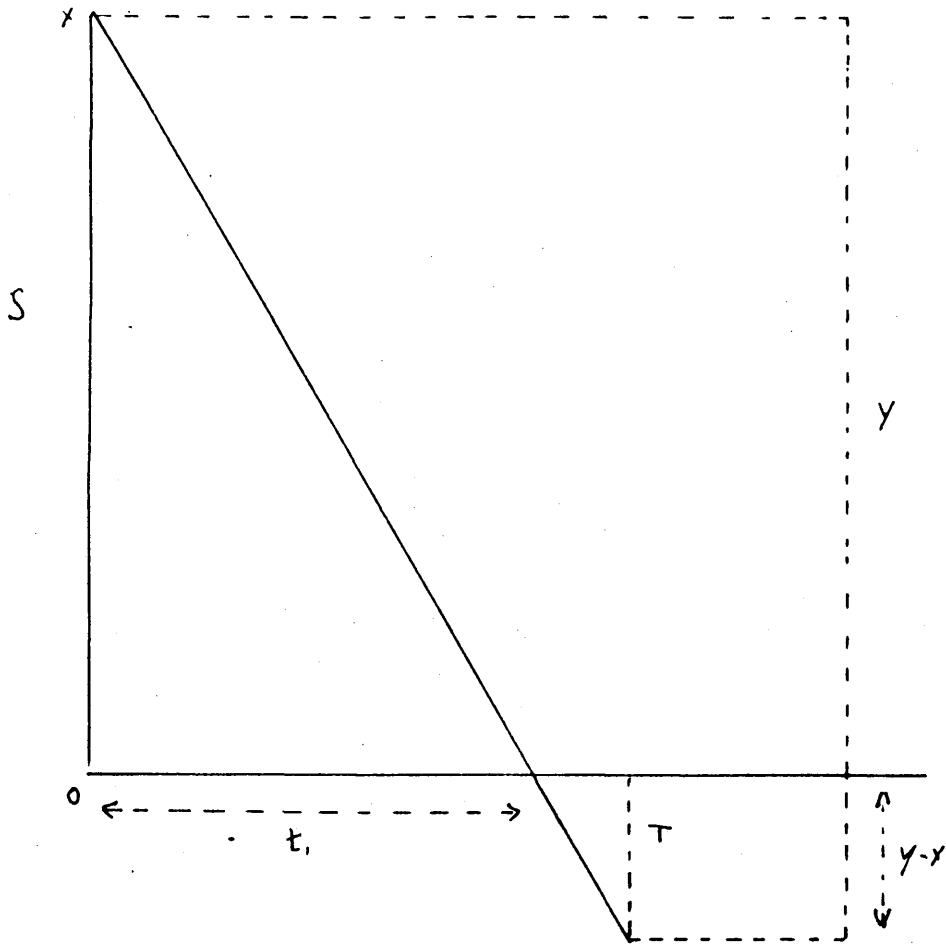
Si la demanda y supera el stock x , la situación es la representada en la figura 36, produciéndose rotura de stock en el instante t_1 y dando lugar a penuria durante el tiempo $t_2 = T - t_1$.

Durante el intervalo t_1 , el stock tiene como expresión $C = x - \frac{x}{t_1} t$, y por lo tanto el coste de posesión durante el mismo será

$$\int_0^{t_1} C_s (x - \frac{x}{t_1} t) dt = \frac{1}{2} C_s x t_1$$



PICTURA 36



Como por la semejanza de los triángulos formados en la figura es

$$\frac{x}{t_1} = \frac{y-x}{t_2} = \frac{y}{T}$$

resulta $t_1 = \frac{xT}{y}$ con lo cual el coste de posesión correspondiente al intervalo t , resulta ser

$$\frac{1}{2} c_s \frac{x^2}{y} T$$

de modo análogo la penuria o escasez durante el intervalo t_2 , tendrá como expresión $\frac{1}{2}(y-x)t_2$ y siendo $t_2 = \frac{y-x}{y}T$ el coste de rotura durante el intervalo t_2 , a razón de un coste unitario p por unidad de mercancía y unidad de tiempo, tomará la forma

$$\frac{1}{2} p \frac{(y-x)^2}{y} T.$$

Los costos ahora calculados quedan establecidos en función de una demanda determinada Y , pero siendo ésta aleatoria de función de densidad $f(y)$, el coste probable total será la suma de los costes parciales ahora establecidos y por lo tanto

$$c = \int_0^y c_s T (x - \frac{1}{2}y) f(y) dy + \frac{1}{2} \int_x^\infty c_s \frac{x^2}{y} f(y) dy + \frac{1}{2} \int_x^\infty T p \frac{(y-x)^2}{y} f(y) dy$$

que haciendo para simplificar $T = 1$, toma la forma

$$c = c_s \int_0^x (x - \frac{1}{2}y) f(y) dy + \frac{c_s}{2} \int_x^\infty \frac{x^2}{y} f(y) dy + \frac{p}{2} \int_x^\infty \frac{(y-x)^2}{y} f(y) dy$$

Para obtener el valor x , derivaremos respecto a c y tendremos

$$\begin{aligned} \frac{\partial c}{\partial x} &= c_s \int_0^x f(y) dy + c_s \int_x^\infty \frac{x}{y} f(y) dy - p \int_x^\infty \frac{y-x}{y} f(y) dy = \\ &= c_s \int_0^x f(y) dy + c_s \int_x^\infty \frac{x}{y} f(y) dy + p \int_x^\infty \frac{y-x}{y} f(y) dy - p \int_x^\infty \frac{y-x}{y} f(y) dy = \\ &= (c_s + p) \int_0^x f(y) dy + c_s \int_x^\infty \frac{x}{y} f(y) dy - p \int_x^\infty \frac{x}{y} f(y) dy - p + p \int_x^\infty \frac{x}{y} f(y) dy = \\ &= (c_s + p) \int_0^x f(y) dy + (c_s + p) \int_x^\infty \frac{x}{y} f(y) dy - p \end{aligned}$$

O sea, designando por $F(y)$ la función acumulativa de la $f(y)$

$$\frac{dc}{dx} = (C_s + p) \left[F(x) + x \int_x^{\infty} \frac{f(y)}{y} dy \right] - p$$

El valor óptimo x^* se obtiene pues resolviendo la ecuación

$$F(x^*) = x^* \int_{x^*}^{\infty} \frac{f(y)}{y} dy = \frac{p}{C_s + p}$$

que puede solucionarse gráficamente, construyendo la curva representativa del primer miembro de la misma.

Demanda aleatoria, coste de posesión, proporcional al volumen del aprovisionamiento, coste de rotura y pérdida por excedentes.

Consideremos ahora un tercer caso de aprovisionamiento al comienzo del periodo de la cantidad X que se compra al precio C_x y es entregado inmediatamente constituyendo como en los modelos anteriores el stock inicial; supongamos asimismo que el almacenamiento representa un coste C_s y sean como antes el coste de la rotura y a la pérdida unitaria con que se saldan los excedentes a fin de periodo. Designaremos por Y la demanda aleatoria, el coste a la empresa es

$$C = (C_x + C_s)x + p \int_x^{\infty} (y-x) f(y) dy + e \int_0^x (x-y) f(y) dy$$

ecuación que como se observará es la misma que la considerada en el modelo I, agregándole el coste de adquisición y un coste de posesión proporcional al volumen x .

Derivando para determinar el óptimo de C , se tiene

$$\frac{dc}{dx} = (C_x + C_s) - p[1 - F(x)] + e F(x) = (C_s + C_x) - p[1 - F(x)] + e F(x) = 0$$

Si en lugar de considerar una pérdida unitaria , utilizamos el precio de saldo que designaremos por \underline{r} , la expre -

sión del coste a la empresa es

$$C = (C_s + C_x)x + p \int_x^{\infty} (y-x) f(y) dy - r \int_0^x (x-y) f(y) dy$$

obteniéndose al derivar la misma ecuación que anteriormente sin más que cambiar e por -r

$$\frac{dC}{dx} = (C_x + C_s) - p[1 - F(x)] - rF(x) = 0$$

de la que se deduce

$$C_x + C_s = p[1 - F(x^*)] + rF(x^*) \quad (\text{V})$$

designando por x^* como siempre el aprovisionamiento óptimo.

En la teoría de la producción se establece como óptimo de producción que se logra cuando el coste marginal se iguala al ingreso marginal. Ahora bien, en nuestro caso el aumento de una unidad en x^* se traduce en un aumento del coste de $C_x + C_s$; esta suma representa por lo tanto el coste marginal del aprovisionamiento inicial. La expresión $1 - F(x^*)$ es según sabemos la probabilidad de que la demanda sea superior a x^* , es decir de que haya lugar a penalidad por penuria de importe p . Al incrementar x^* en una unidad el producto $p[1 - F(x)]$ es la economía probable o esperanza marginal de economizar p . De un modo análogo $rF(x^*)$ es la esperanza marginal de obtener r al incrementar x^* en una unidad. La igualdad (V) puede interpretarse ahora diciendo:

El coste marginal del aprovisionamiento inicial es igual en el óptimo a la esperanza marginal de Stock. La esperanza marginal del stock es la suma de una esperanza de economía de la penuria más la esperanza de un ingreso residual.

En definitiva este resultado generaliza el teorema aludido al caso de una Economía aleatoria y comprueba que la utilidad de una cantidad en stock es debida a que

economiza p por evitar la penuria o que proporciona r por su venta posterior.

La ecuación (V) es susceptible de una segunda interpretación:

Despejando en ella $F(x^*)$ se tiene

$$F(x^*) = \frac{p - (C_x + C_s)}{p - r} \quad \text{de donde} \quad 1 - F(x^*) = \frac{(C_x + C_s) - r}{p - r}$$

y dividiendo ambas igualdades miembro a miembro

$$\frac{F(x^*)}{1 - F(x^*)} = \frac{p - (C_x + C_s)}{(C_x + C_s) - r} \quad (\text{VI})$$

Pero $F(x^*)$ = probabilidad de una demanda inferior a x^* , esto es de que haya exceso de aprovisionamiento

$1 - F(x^*)$ = probabilidad de una demanda superior a x^* , es decir de que haya falta de aprovisionamiento.

$p - (C_x + C_s)$ = pérdida unitaria en caso de falta de aprovisionamiento.

$(C_x + C_s) - r$ = pérdida unitaria en caso de exceso de aprovisionamiento.

Por lo tanto la (VI) nos dice que para el aprovisionamiento óptimo ; las probabilidades por exceso y por falta de aprovisionamiento son inversamente proporcionales a las pérdida por exceso y por defecto de aprovisionamiento.

Conviene observar que el cociente $\frac{F(x^*)}{1 - F(x^*)}$ es creciente con x^* dado que el numerador aumenta con x^* mientras que el denominador disminuye; con ésto resulta fácil ver en qué sentido debe modificarse el aprovisionamiento para realizar

la igualdad característica del óptimo pues si $r=0$

$$\frac{F(x^*)}{1-F(x^*)} \stackrel{\leq}{\geq} \frac{p-(C_x+C_s)}{(C_x+C_s)-r} \quad \text{es representativamente } x \stackrel{\leq}{\geq} x^*$$

En la práctica es fácil obtener una aproximación del cociente $\frac{F(x)}{1-F(x)}$ ya que si un total de n periodos se observa que en n_1 , ha habido excedentes, mientras que en n_2 ha habido penuria, $\frac{n_1}{n_2}$ es un valor aproximado de $F(x)$ para el aprovisionamiento x con el cual se ha hecho la observación y $\frac{n_1}{n_2}$ expresa a su vez el valor de $1-F(x)$. Por tanto bastará calcular $\frac{n_1}{n_2}$ y compararle con

$$\frac{p-(C_x+C_s)}{(C_x+C_s)-r} \quad \text{y según se establezca}$$

$$\frac{n_1}{n_2} \stackrel{\leq}{>} \frac{p-(C_x+C_s)}{(C_x+C_s)-r}$$

iremos aumentando o disminuyendo el aprovisionamiento hasta lograr que se produzca la igualdad

Como es evidente la solución x^* obtenida ha de ser inferior a la capacidad A de almacenamiento pues si resulta mayor, estaremos en regimen bloqueado y tomaremos $x^*=A$

Por otra parte, para que el problema abordado tenga sentido es preciso que

$$p > C_x + C_s > r$$

pues de ser $p < C_x + C_s$ nos interesaría estar siempre en defecto de aprovisionamiento y de ser $C_x + C_s > r$ nos convendría siempre el aprovisionamiento por exceso que estaría limitado a la capacidad A de almacenamiento.

Modifiquemos la hipótesis del modelo anterior en cuanto al coste de rotura en el sentido de no considerar penalidad proporcional sino una penalidad P de caracter fijo, a satisfacer unicamente si la rotura llega a producirse cualquiera que sea el volumen de la misma y supongamos también

que es nulo el valor de los exponentes, esto es $v=0$

$$C = (C_x + C_s)x + P \int_x^{\infty} f(y) dy$$

o bien

$$C = (C_x + C_s)x + P[1 - F(x)]$$

Derivando

$$\frac{\partial C}{\partial x} = C_x + C_s - P \cdot f(x)$$

El óptimo resultará pues de la solución de la ecuación $C_x + C_s = P \cdot f(x^*)$ es decir

$$f(x^*) = \frac{C_x + C_s}{P}$$

En la mayoría de las aplicaciones, la curva de probabilidad de la demanda será del tipo de la figura 37 a) en la cual una paralela al eje horizontal o no la corta o bien lo hace en un solo punto. O como en la figura 37 b) de forma más o menos acampanada en la cual una paralela al eje horizontal puede cortarla hasta en dos puntos.

En el caso a) la solución x^* corresponde en efecto a un mínimo del coste pues

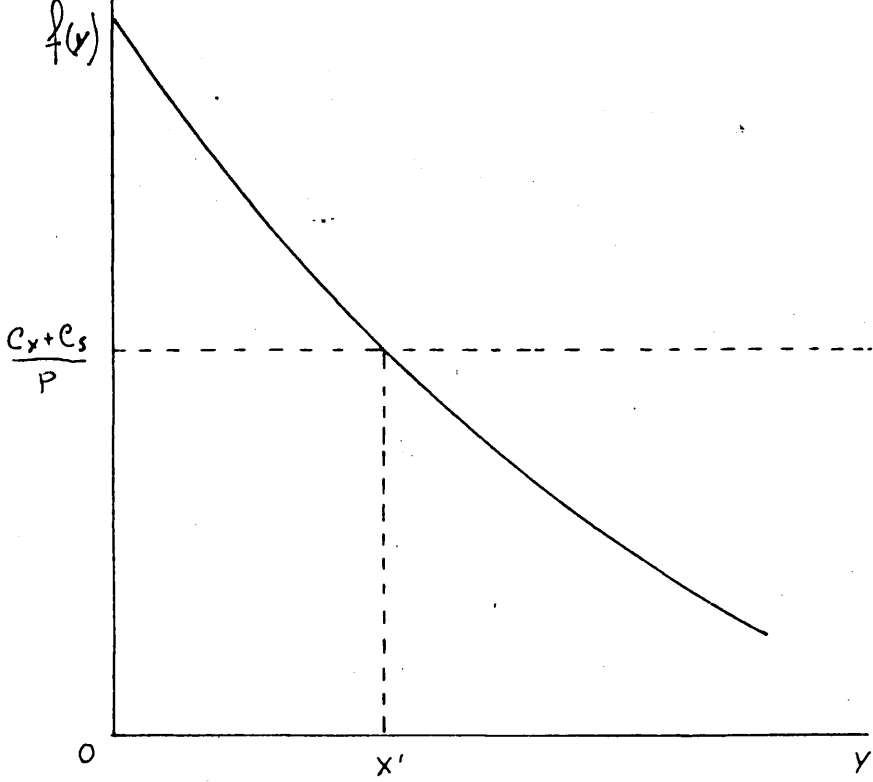
$$\frac{d^2 C}{dx^2} = (C_x + C_s) - P f'(x)$$

y para x^* es en efecto positiva ya que

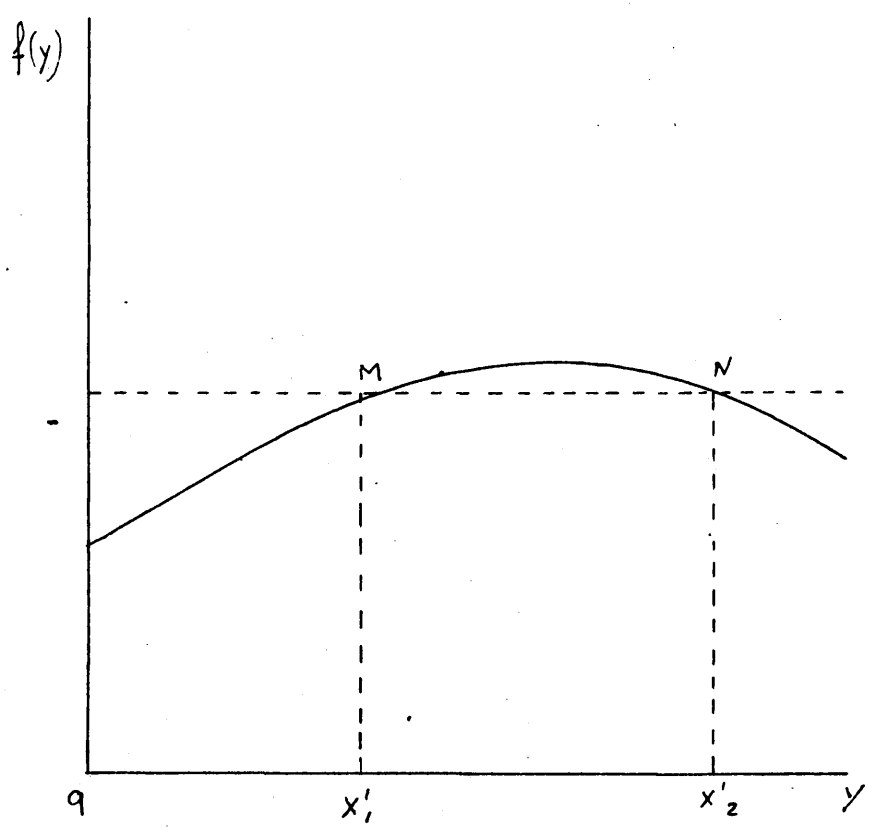
$$\frac{C_x + C_s}{P} - f'(x^*) > 0$$

desigualdad evidente por ser $x^* > 0$ y $f'(x^*) < 0$ en razón del tipo de curva de probabilidad que se ha considerado.

En el caso b) si fuera $\frac{C_x + C_s}{P} > f(y)$ para todo y , no habría solución para el problema, resultando entonces



a)



b)

$$(c_s + c_x) - p f(y) > 0 \quad \text{ó sea:} \quad \frac{dc}{dx} > 0$$

que nos indicaría que el coste es creciente con y . El mínimo correspondería a $x^* = 0$ esto es no comprar nada.

Si la paralela $\frac{c_x + c_s}{p}$ corta en dos puntos puntos M y N de abscisas x_1^* y x_2^* resultará:

$$\text{En M, } y = x_1^* \text{, } f_1(x_1^*) = \frac{c_x + c_s}{p} \text{, } \frac{d^2C}{dx^2} = p f'(x_1^*) < 0 \text{ por ser } f'(x_1^*) > 0$$

Lo cual prueba que x_1^* produce un máximo del coste.

$$\text{En N, } y = x_2^* \text{, } f(x_2^*) = \frac{c_x + c_s}{p} \text{, } \left(\frac{d^2C}{dx^2}\right)_{x=x_2^*} = -p f'(x_2^*) > 0 \text{ por ser } f''(x_2^*) < 0$$

es decir x_2^* produce un mínimo de coste

El coste mínimo resulta ser

$$C^* = (c_x + c_s) x_2^* + p [1 - F(x_2^*)] = p \left[f(x_2^*) + 1 - F(x_2^*) \right] = p \left[\frac{c_x + c_s}{p} + 1 - F(x_2^*) \right]$$

Para $x=0$ es $C=P$ entre 0 y x_1^* el coste crece, disminuye entre x_1^* y x_2^* y vuelve a crecer para valores superiores a x_2^* . Cabe no obstante pensar que el coste correspondiente a $x=0$, esto es $C=P$ fuese menor que el coste correspondiente a $x > 0$, pero esto no ocurrirá ya que es escrito C^* en la forma

$$C^* = c_x + c_s + p [1 - F(x_2^*)]$$

será en general, salvo que $F(x_2^*)$ fuese muy próximo a cero o la suma $c_x + c_s$ muy grande

$$p > c_x + c_s + p [1 - F(x_2^*)] \quad (\text{VII})$$

por lo que el óptimo correspondiente a x_2^* y cualquier otro valor inferior o superior conduce a un coste más elevado.

Si la anterior desigualdad (VII) no se cumpliera el coste mínimo sería $C=P$ correspondiente a $x=0$ lo cual equivaldría a abandonar la actividad empresarial caso que no presenta especial interés.

Demanda aleatoria y costes fijos de rotura y adquisición

Consideremos una penalidad P a satisfacer en caso de rotura así como coste fijo A de aprovisionamiento que se produce al hacer el pedido cualquiera que sea su cuantía.

Si designamos por z_0 el stock preexistente y el aprovisionamiento a realizar por Z , el valor de la existencia inicial será $C_x(z_0 + Z)$ o bien $C_x X$ si designamos por x la suma $x = z_0 + Z$.

El coste total será pues

$$C_1 = C_x x + p \int_x^{\infty} f(y) dy + A \quad \text{ó bien: } C_1 = C_x x + p [1 - F(x)] + A$$

Esta función de costes debe en realidad desdoblarse en dos ya que si $z = 0$ es decir si $x = z_0$ hay coste de adquisición y el coste toma la forma

$$C_2 = C_x x + p [1 - F(x)]$$

mientras que si $z > 0$ es decir si $x > z_0$ hay que pagar el coste A y la función del coste total es la

$$C_1 = C_x x + p [1 - F(x)] + A$$

Como es lógico si el stock inicial es nulo, esto es si $z_0 = 0$ siempre habrá que realizar aprovisionamiento y por lo tanto pagar el coste A , en cuyo caso la única función a considerar es la C_1 .

Resulta así que para $z_0 > 0$ la función del coste total representa una discontinuidad al pasar x de z_0 a $z_0 + \epsilon$

Derivando una u otra de las funciones de coste se tiene

$$\frac{\partial C}{\partial x} = C_x - p f(x) \quad \text{y de aquí } f(x^*) = \frac{C_x}{p}$$

Ecuación que supuesta conocida la probabilidad de la demanda nos permite determinar el óptimo de las funciones C_1 y C_2 . Observemos que la C_1 es el resultado de dar un desplazamiento de A a C_2 , y que tanto una como otra son realmente funciones de x y de z_0 , por lo que podemos representarlas en un sistema de coordenadas tridimensional en el que las curvas de referencia aparecen en un plano paralelo al COX a una distancia z'_0 del mismo igual al valor fijo del stock inicial.

Determinamos el punto N de la curva C_2 que tiene la misma ordenada que el mínimo alcanzado por la C_1 (figura 38) y sea α la abscisa de tal punto.

Puede ocurrir ahora:

a) $z'_0 < \alpha < x^*$ como en la figura 38. Por ser el hecho de ser $\alpha > z'_0$ hay aprovisionamiento y en consecuencia la curva operante es la C_1 . El coste RU es mayor que el MV correspondiente a x^* y por lo tanto el aprovisionamiento a efectuar será x^* y no α .

b) Si $\alpha < z'_0 < x^*$ como en la figura 39 un aprovisionamiento por α unidades implicaría ante un stock inicial mayor de Z'_0 , desalmacenar lo cual no es posible. Realizando un aprovisionamiento igual a Z'_0 (es decir no reaprovisionando) el coste a soportar es RA pues la curva operante es la C_2 que resulta inferior a MN que es el mínimo de C para un reaprovisionamiento x^* . Por lo tanto la decisión es no comprar nada.

En un tercer caso en que fuese $x^* < z'_0$ (figura 40) desalmacenar. La solución es z'_0 , es decir como en el caso b) no comprar nada. Con ello el coste será NU que podrá ser mayor, igual o menor que el VM según la forma de las curvas C_1 y C_2 .

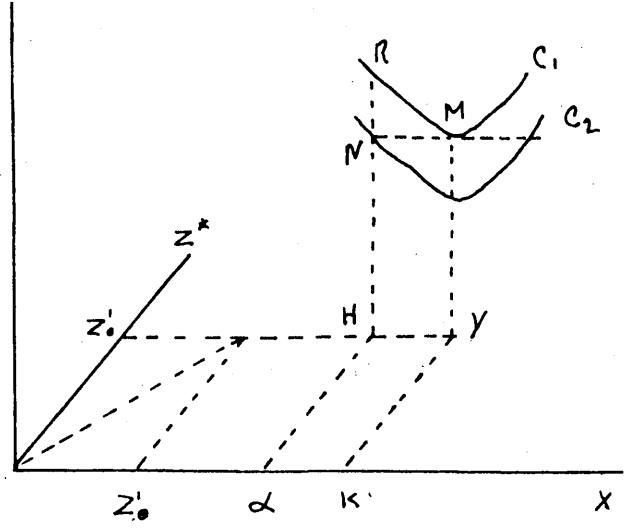


FIGURA 38

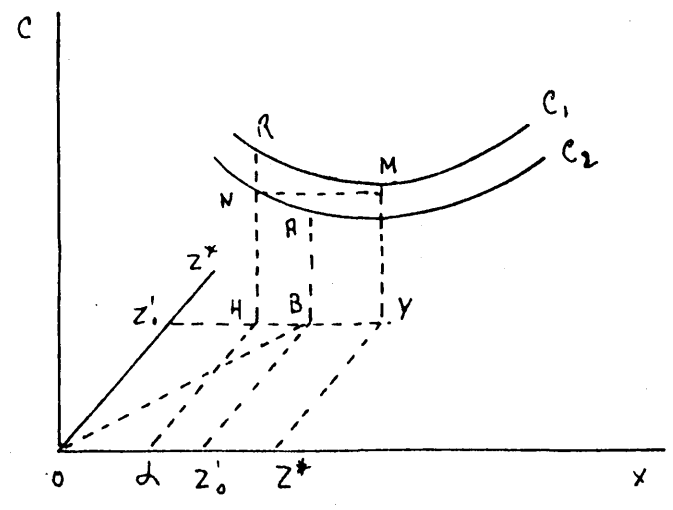


FIGURA 39

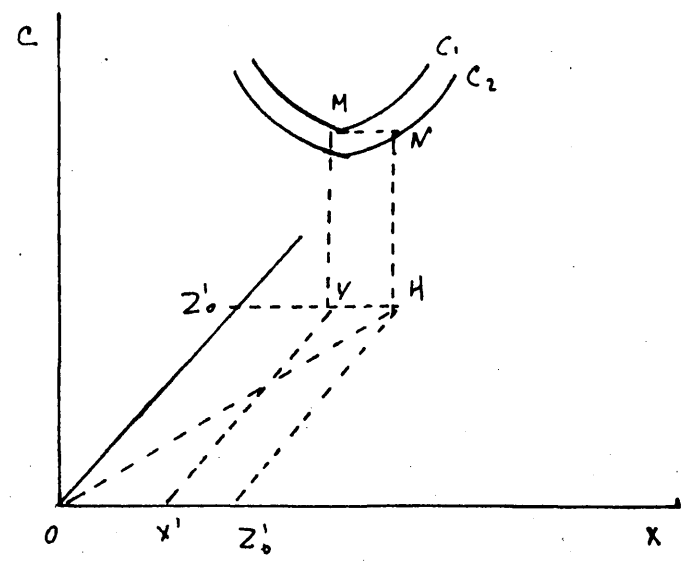


FIGURA 40

En resumen la política a seguir ante un stock inicial z_0 es, calcular x^* , solución de la ecuación

$$f(x^*) = \frac{C_x}{p}$$

y seguidamente α , abscisa del punto en que la curva sin aprovisionamiento tiene la misma ordenada con reaprovisionamiento. Entonces:

Si $z_0 < \alpha$ la decisión x^* , es decir aprovisionamiento inicial de importe $z = x^* - z_0$

Si $z_0 > \alpha$ La decisión es z_0 es decir aprovisionamiento inicial de importe cero o lo que es igual no efectuar aprovisionamiento alguno

Se trata de lo que en la literatura americana se conoce por regla de consigna (α, x^*) o (S, S) según la notación corrientemente utilizada por Arrow, Harris, Marchack y otros.

Como se ha visto en capítulos anteriores, las empresas utilizan sistemas más o menos precisos para el control de sus stocks. Métodos tales como el control de máximo y mínimo (quizá el más usado), el que establece límites económicos o el de límites de tiempo, son bastante frecuentes.

Paulatinamente ha ido consolidándose una Teoría de Stocks que, si bien fué originalmente sugerida y motivada por problemas de aplicación, se ha desarrollado más tarde dentro de una disciplina matemática. Así se han creado numerosos modelos matemáticos que responden a situaciones diversas, desde la demanda constante con plazo de entrega despreciable y parámetros estables, hasta problemas probabilísticos de características dinámicas.

Desde el núcleo único de stock puede resolverse situaciones encadenadas, en las que se presentan interacciones entre núcleos diversos. De esta manera se originarán problemas de núcleos simples, núcleos en paralelo (en el caso de varios stocks al mismo nivel, entre los que puede o no existir interacción), núcleos en serie (en los que la salida de uno de ellos constituye la entrada del siguiente).

En el año 1941 aproximadamente, fué propuesto y formulado por primera vez el problema de las dietas por Jerome Cornfield (1), cuando sin duda el control de stocks por métodos no científicos estaba en pleno desarrollo. Hasta 1947 - aquel problema de dietas no fué resuelto científicamente.

Cuando Dantzing (2) y su grupo dentro de las fuerzas aéreas americanas (SCOOP), lograron una de las mayores y primeras aportaciones a la Investigación Operativa: el método "Simplex (3)

(1) Cornfield, J. "A class of queveing Problems" Tesis del Instituto de Tecnolodía de Machachusés 1956

(2) Dantzing "Applications et Prolengements de la programmation lineaire

(3) J.M. Fdez. Pirla "Economía y gestión de la empresa" Pág. 162. planteamiento del problema fundamental de la programación lineal.

Por el contrario, los primeros modelos matemáticos para la resolución de problemas de stocks, comienza a ver la luz en 1951. A continuación resumimos las principales aportaciones de 1951 a 1959;

<u>Modelos</u>	<u>Autores</u>	<u>Año</u>
Modelos probabilísticos estáticos	Arrow, Harris y Marschack	1951
Modelos dinámicos	Dvoretzky, Kiefer y Wolfowitz	1952
Núcleos paralelos por programación lineal	Dantzing	1955
Núcleos en serie	Bryan, Wadsworth y Whitin	1955
Modelo dinámicos	Bellman	1956
Núcleos paralelos	Salveson	1956
Modelos probabilísticos estáticos por teoría de las colas	Karush	1957
Núcleos paralelos, problema no lineal	Vazsonyi	1958
Modelos dinámicos no probabilísticos	Arrow, Karlin y Scarf	1958
Núcleos paralelos dinámicos	Bonini	1958
Núcleos en serie	Simpson	1958
Núcleos en serie	Hanssmann	1959

A partir de 1951, así pues, la Teoría de Stocks comienza a considerarse como una técnica más dentro del amplio cuerpo de la Investigación Operativa. Es interesante, a juicio nuestro, observar que estando planteado el problema de stocks mucho antes que otros, haya sido resuelto matemáticamente con posterioridad. Hoy día existen pocos libros sobre la materia que no dediquen un capítulo a la Teoría de Stocks, pero como dice Le Chateller "al incorporar los métodos científicos al estudio de la empresa, estos métodos no difieren más que en una cosa de los que todo hombre de ciencia emplea en su laboratorio: la organización científica de la producción industrial debe producir más de lo que cuesta" (1)

En el empleo de modelos matemáticos para la resolución de un problema de stocks, convendrá determinar antes que nada hasta donde puede ser conveniente la aplicación de un modelo refinado, y si tal vez uno más sencillo puede proporcionar soluciones aceptables. Se impone un análisis selectivo en el que se determinarán cuáles son los artículos a los que conviene prestar una mayor atención por su alta contribución en ventas, valor de inversión, posibilidad de que se pasen de moda o que sean perecederos, costes de almacenamiento, servicio, manejo, etc. A este respecto la clasificación A, B, C, estudiada anteriormente, puede ser de gran utilidad.

Aplicando el principio económico de costes marginales, podríamos decir que interesa perfeccionar un modelo matemático hasta el punto en que el empleo de la última cantidad en perfeccionamiento y cálculo, proporcione una cantidad igual en ahorro de costes de stocks. Por encima de este punto de perfeccionamiento, no es económico seguir, es decir, "en el punto donde el precio y el coste marginal son iguales, así como también son iguales los costes marginal y medio" (2)

(1) Le Chateller. "Organización científica de la Empresa". Ed. Dunod 1957. Pág. 87

(2) Manuel Berlanga. "Economía de la Empresa". Pág. 41

En relación con los parámetros del modelo, otro punto de interés a considerar, es la sensibilidad de los resultados con respecto a las variaciones de aquellos parámetros. A veces, variaciones grandes en los costes del problema, no afectan proporcionalmente los resultados óptimos. Por ello debe hacerse un análisis de sensibilidad del modelo, para determinar hasta donde debemos llegar en la precisión de los costes del problema.

Hemos comentado los dos pasos fundamentales a tener en cuenta en la preparación de un modelo matemático: refinamiento del mismo y preparación de parámetros de entrada.

Pero, ¿Cuales son ahora los resultados prácticos, una vez resuelto el modelo creado?.

En primer lugar la finalidad principal del mismo es la determinación de la cantidad óptima a pedir (COP) y el Punto Optimo de Pedido (POP). Estas dos variables se determinan periódicamente, modificándolas si fuera necesario.

En segundo lugar, el modelo nos puede servir para valorar diversas cuestiones en la política a seguir en stock. Las más importantes contribuciones son (1):

- 1 Evaluación del efecto producido por incremento o disminución en el plazo de entrega.
- 2 Consideración a la posibilidad de elegir entre varios vendedores cuando existen variaciones en precio, descuentos y plazos de entrega.
- 3 Establecimiento de programas en nuestros descuentos.

(1) Fetter, Robert B. y Winston C. Dalleck, "Decisión Models for Inventory Management", Richard D. Irwin, Inc., 1961

- 4 Distribución del espacio disponible en almacén (si éste es limitado) entre artículos diversos.
- 5 Determinación de una estrategia óptima de empresa al enfrentarse con una falta de suministro o cambio de precios.

Parámetros

Ya nos referimos anteriormente a la conveniencia de analizar la sensibilidad del modelo a emplear con respecto a posibles variaciones en los costes del problema. Si el modelo es muy sensible a estas variaciones, la determinación exacta de aquellos se hace grandemente necesaria. Por ello, y dados los límites de esta exposición, reduciremos este apartado a exponer los componentes principales de los parámetros con algún comentario adicional.

Precios

La única observación de interés acerca de este punto, corresponde al caso de descuentos en relación con el número de unidades de pedido. Será conveniente tener en cuenta estas variaciones en los precios, ya que influirán en la decisión sobre la cantidad óptima a pedir.

Costes de posesión

Los componentes principales de estos costes son:

- 1 Interés del capital invertido
- 2 costes de almacén propiamente dichos
- 3 Deterioro y/o depreciación
- 4 Impuestos
- 5 Seguros

Suelen tener mayor importancia los primeros, si bien los costes de almacén requieren a veces tratamiento especial. En nuestro desarrollo posterior supondremos que este grupo de costes es lineal respecto al inventario medio, pero hay ocasiones en las que puede interesar asignar los costes de almacén propiamente dicho al inventario máximo de un artículo, o por lo menos a un nivel superior al inventario medio.

Costes de adquisición

El grupo de costes invariables respecto al número de unidades solicitadas, y que han de afrontarse por cada pedido, viene constituido usualmente por los siguientes parámetros:

1. Escritura y proceso del pedido
2. Continuidad del pedido
3. Recepción, movimiento, inspección y almacenamiento.
4. Proceso de la factura para su abono

Normalmente estos costes no son constantes, sino que varían proporcionalmente con el número de pedidos, debido a un incremento escalonado de su componente fija. A pesar de ello, es muy frecuente el tomar un valor medio para los mismos, que simplifica los cálculos. Si se tratara de una industria, la equivalencia de estos costes serían aquellos correspondientes a la puesta a punto del equipo necesario para la fabricación, pues "no es fácil prescindir del comportamiento de una organización".(1)

(1) López Moreno. "El problema conceptual de la economía de la empresa. Perspectivas en materia de decisiones". B.E.E. nº 84. Dic. 1971 Pág. 889

Costes de penalización por incumplimiento

La sensibilidad del modelo suele ser muy reducida a las variaciones de este tipo de costes, lo que supone una gran ventaja debido a la dificultad de su determinación.

Para una estimación sencilla y que proporciona resultados satisfactorios, el establecimiento de un criterio de servicio es aconsejable. Este procedimiento en que la dirección fija una política a seguir en cuanto a no poder atender la demanda por falta de "stock", por ejemplo puede establecerse que la demanda insatisfecha no debe suceder más de una vez cada x años.

El problema de no poder atender una determinada demanda, puede enfocarse desde dos puntos de vista: venta posterior del producto, o venta perdida.

Los modelos estudiados anteriormente constituían ejemplos de determinación de decisiones óptimas en orden a la gestión de stocks a base de los procedimientos generales expuestos al comienzo de nuestro trabajo.

Estos modelos, unos eran operacionales, en el sentido de ser aplicables para obtener resultados concretos, mientras que otros por causa de dificultades de tipo matemático, que implicaban la resolución de las ecuaciones planteadas, en la práctica no siempre permiten llegar a resultados aplicables.

De aquí el interés que tienen las técnicas desarrolladas por la Investigación Operativa como la programación lineal, la teoría de colas, el método de simulación, que bajo ciertas hipótesis simplificativas permiten resolver ciertos problemas de gestión de stocks.

En su aplicación en España, podemos definir la Investigación Científica "como la aplicación de métodos científicos a problemas de organización, en los que existe interacción de diversos componentes funcionales de la organización, para indicar a los que dirigen la organización cual es la decisión más conveniente desde el punto de vista de la organización en su conjunto "(1)

Soluciones mediante la programación lineal

Una empresa produce los artículos A, Ac.....An distintos utilizando para ello m máquinas de tal modo que $T_{k,i}$ es el tiempo que debe utilizarse la máquina k en la elaboración del artículo i. Si el tiempo T para el cual se intenta la planificación lo consideramos dividido en n periodos de igual duración, la máquina k podrá utilizarse durante un tiempo máximo de T_k^j durante el periodo j.

Designamos asimismo por x_i^j la producción del artículo A durante el periodo j; por d_i^j la demanda de dicho artículo durante el periodo j que supondremos constante y conocida y por C el coste de posesión de una unidad del artículo i durante uno cualquiera de los r periodos. Haremos además la hipótesis de que el orden de utilización de las diferentes máquinas en la elaboración de un artículo A cualquiera es indiferente.

Las sumas

$$X_i^j = \sum_{T=1}^j X_i^T \quad " \quad D_i^j = \sum_{T=1}^j d_i^T$$

representan respectivamente la producción y la demanda acumuladas hasta el periodo j y por tanto la diferencia

$$X_i^j - D_i^j$$

(1) De la Sala, J. "Situación actual de la investigación operativa en la industria americana. Rev. Recionalización n.º 3, 1957

es el stock existente en el periodo j del artículo i .

La suma

$$C_i = \sum_{j=1}^r c_i (X_i^j - D_i^j)$$

es el coste total de almacenamiento durante los r periodos del artículo i . El coste total de almacenamiento de los n artículos considerados será pues

$$C = \sum_{i=1}^n C_i \quad \text{ó bien} \quad C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r c_i (X_i^j - D_i^j)$$

Las ligaduras o restricciones a considerar son:

- 1º No admitiendo rotura del stock $X_i^j - D_i^j \geq 0$ para todo i para todo j .
- 2º El tiempo de utilización de la máquina k en la fabricación de los n artículos no puede superar, durante el periodo j , el tiempo total de disponibilidad de utilización de la dicha máquina durante el periodo j . Es decir

$$\sum_{i=1}^n T_{k,i} X_i^j \leq T_k^j$$

desigualdad que debe cumplirse para todo

$j = 1, 2, \dots, r$, y todo $k = 1, 2, \dots, m$

El problema es pues determinar X_i^j de tal modo que sea mínimo

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r c_i (X_i^j - D_i^j)$$

bajo las limitaciones

$$X_i^j \geq D_i^j \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, n \\ j = 1, 2, \dots, r \end{array} \right.$$

$$\sum_{i=1}^n T_{k,i} X_i^j \leq T_k^j \quad \left\{ \begin{array}{l} i = 1, 2, \dots, r \\ k = 1, 2, \dots, m \end{array} \right.$$

La función de coste puede escribirse en la forma

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r c_i \left(\sum_{T=1}^j x_i^T - \sum_{T=1}^j d_i^T \right) = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r \sum_{T=1}^j c_i (x_i^T - d_i^T)$$

en la que se evidencia la naturaleza lineal de la misma respecto a las variables

Se trata de un problema de programación lineal que puede ser resuelto mediante la técnica del Simplex. En general el número de variables que intervienen es puesto que i varía de 1 a n y h de 1 a r , $(n+m)r$

El número de ecuaciones de ligadura es

De una parte:

$$x_i^j \geq d_i^j \quad \text{o bien} \quad \sum_{T=1}^j x_i^T \geq \sum_{T=1}^j d_i^T \quad \text{que representan}$$

$n \cdot r$ ligaduras

De otra

$$\sum_{i=1}^n T_{k,i} x_i^j \leq T_k^j \quad \text{que representan}$$

$m \cdot r$ ligaduras

El problema tiene pues $n \cdot r$ variables sin contar las variables de holgura a introducir para transformar las desigualdades en igualdades y $n \cdot r + m \cdot r = (n+m)r$ ligaduras.

Así pues para $n = 50$ artículos; $r = 12$ periodos y $m = 20$ máquinas tendríamos

$$50 \times 12 = 600 \text{ variables}$$

$$50 \times 12 + 20 \times 12 = 600 + 240 = 840 \text{ ecuaciones de ligadura.}$$

La magnitud del problema para valores relativamente bajos en muchas industrias de m , n , r , lo hace inabordable incluso con la ayuda de calculadoras electrónicas y

esto ha dado lugar a un método especial de aproximación debido a Vazsonyi (1) que fundamentalmente consiste en lo siguiente:

Se considera un solo artículo, el i -ésimo y se establece la función de coste de almacenamiento durante los r periodos, esto es la

$$C_i = \sum_{j=1}^r C_i (X_i^j - D_i^j)$$

y se determina el programa óptimo de fabricación de tal artículo, esto es lo $X_i^1, X_i^2, \dots, X_i^r$ durante los periodos considerados, satisfaciendo a las ligaduras

$$X_i^j \geq D_i^j \quad (r \text{ ligaduras})$$

$$T_{k,i} K_i^j \leq T_k^j \quad (m+r \text{ ligaduras})$$

Una vez obtenido el programa $\bar{X}_i^1, \bar{X}_i^2, \dots, \bar{X}_i^r$ se calculan los tiempos de utilización de cada máquina en cada periodo y se restan de los tiempos totales de utilización, esto es

$$T_1^1 - \bar{X}_i^1 T_{1,i} = T_1'^1 \quad \dots \quad T_1^2 - \bar{X}_i^2 T_{1,i} = T_1'^2 \quad \dots \quad T_1^r - \bar{X}_i^r T_{1,i} = T_1'^r$$

$$T_2^1 - \bar{X}_i^1 T_{2,i} = T_2'^1 \quad \dots \quad T_2^2 - \bar{X}_i^2 T_{2,i} = T_2'^2 \quad \dots \quad T_2^r - \bar{X}_i^r T_{2,i} = T_2'^r$$

$$T_m^1 - \bar{X}_i^1 T_{m,i} = T_m'^1 \quad \dots \quad T_m^2 - \bar{X}_i^2 T_{m,i} = T_m'^2 \quad \dots \quad T_m^r - \bar{X}_i^r T_{m,i} = T_m'^r$$

es decir, se pasa de la matriz $[T]$ de los tiempos totales de utilización posible de cada máquina, a la matriz $[T']$, mediante la operación

$$[T'] = \begin{array}{c} \left| \begin{array}{ccc} T_1^1 & T_1^2 & \dots & T_1^r \\ T_2^1 & T_2^2 & \dots & T_2^r \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ T_m^1 & T_m^2 & \dots & T_m^r \end{array} \right| - \left| \begin{array}{ccc} \bar{X}_i^1 T_{1,i} & \bar{X}_i^2 T_{1,i} & \dots & \bar{X}_i^r T_{1,i} \\ \bar{X}_i^1 T_{2,i} & \bar{X}_i^2 T_{2,i} & \dots & \bar{X}_i^r T_{2,i} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \bar{X}_i^1 T_{m,i} & \bar{X}_i^2 T_{m,i} & \dots & \bar{X}_i^r T_{m,i} \end{array} \right| \end{array}$$

(1) "Economic Lot size Formulas in Manufacturing", Fall Meeting of the American Society of Mechanical engineers Sept 1956, Denver, Col. U.S.A.

Se pasa seguidamente a obtener el programa que minimiza C , para un nuevo valor de i tomando como tiempo de disponibilidad total de utilización de las máquinas los elementos de matriz, $[T^i]$. A base del nuevo programa se determina la matriz $[T^i]$ de tiempos disponibles y se repite el proceso hasta obtener n programas óptimos para cada uno de los n artículos, óptimos separadamente puesto que minimizan cada una de las

$$C_i = \sum_{j=1}^r c_i (X_i^j - D_i^j) \quad " \quad i = 1, 2, 3, \dots, n.$$

pero que no tiene forzosamente que minimizar el coste global

$$C = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^r c_i (X_i^j - D_i^j)$$

para obtener el programa óptimo $\bar{X}_i^1, \bar{X}_i^2, \dots, \bar{X}_i^r$ correspondiente al artículo i el procedimiento de Vazsonyi es el siguiente:

Considerada la función C , en el último periodo, esto es en el r -ésimo, debe ser $X_i^r = D_i^r$ puesto que la producción total debe ser igual a la demanda total. Ahora bien para disminuir el coste de almacenamiento en el periodo $r-1$, dado que el stock es $\bar{X}_i^{r-1} - D_i^{r-1}$ convendrá que éste sea lo más pequeño posible y dado que D_i^{r-1} es fijo, se conseguirá esto reduciendo X_i^{r-1} satisfaciendo sin embargo a las ligaduras.

Para ello veamos que la producción del periodo es

$$X_i^{r-1} = X_i^r - X_i^{r-1}$$

que exige un tiempo de utilización de la máquina k , dado

por la limitación $X_i^{r-1} T_{k,i} \leq T_k^{r-1}$ desigualdad que con referencia a las m máquinas representa, a las

$$\left. \begin{array}{l} X_i^{r-1} T_{1,i} \leq T_1^{r-1} \\ X_i^{r-1} T_{2,i} \leq T_2^{r-1} \\ \dots \dots \dots \\ X_i^{r-1} T_{m,i} \leq T_m^{r-1} \end{array} \right\} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} X_i^{r-1} \leq \frac{T_1^{r-1}}{T_{1,i}} \\ X_i^{r-1} \leq \frac{T_2^{r-1}}{T_{2,i}} \\ \dots \dots \dots \\ X_i^{r-1} \leq \frac{T_m^{r-1}}{T_{m,i}} \end{array} \right. \quad (I)$$

por lo que no puede superar al cociente mínimo $\frac{T_k^{r-1}}{T_{m,i}}$ ($k = 1, 2, \dots, m$) y con ello satisfará a la ligadura referente a los tiempos de utilización de cada máquina.

Por otra parte, el valor mínimo que puede asignarse a X_i^{r-1} es D_i^{r-1} por lo que tomando como variable X_i^{r-1} podemos asignar o bien el valor

$$X_i^{r-1} - \min. \frac{T_k^{r-1}}{T_{k,i}} \quad \text{o bien el} \quad D_i^{r-1}$$

y eligiendo de estos dos números. minimizaremos el stock del periodo $r-1$ compatiblemente con las ligaduras. Es decir se tomará

$$X_i^{r-1} = \max \left[\left(X_i^{r-1} - \min \frac{T_k^{r-1}}{T_{k,i}} \right) D_i^{r-1} \right]$$

Determinado \bar{X}_i^{r-1} , pasaremos al periodo $r-2$. En él el stock es $\bar{X}_i^{r-2} - D_i^{r-2}$ y por las mismas razones que antes nos convendrá que X_i^{r-2} sea lo menor posible. Como la producción del periodo $r-2$ es

$$X_i^{r-2} = X_i^{r-1} - X_i^{r-2} \rightarrow X_i^{r-2} = X_i^{r-1} - X_i^{r-2}$$

formaremos los cocientes análogos a los (I)

$$\frac{T_1^{r-2}}{T_{1,i}} \quad \frac{T_2^{r-2}}{T_{2,i}} \quad \dots \quad \frac{T_m^{r-2}}{T_{m,i}}$$

y eligiremos X_i^{r-2} por la condición de ser

$$X_i^{r-2} = \max. \left[(\bar{X}_i^{r-1} - \min. \frac{T_k^{r-2}}{T_{n,i}}) D_i^{r-2} \right]$$

y así siguiendo iremos determinando $\bar{X}_i^{r-3}, \bar{X}_i^{r-4}, \dots, \bar{X}_i^1$
 Como $\bar{X}_i^1 = X_i^1$ podemos ahora ir hallando

$$X_i^2 = \bar{X}_i^2 - \bar{X}_i^1, \quad X_i^3 = \bar{X}_i^3 - \bar{X}_i^2, \quad \dots \quad X^* = \bar{X}_i^r - \bar{X}_i^{r-1}$$

con lo que queda establecido el programa óptimo.

Debe recordarse que el programa total, conjunto de los programas óptimos de producción, no tiene que ser por sí mismo óptimo.

El procedimiento utilizado dentro de una economía cierta, es análogo al procedimiento descrito en el epígrafe en que hablamos de estrategia óptima, ya que implica el ir remontando el curso del tiempo y procediendo por recurrencia a ir obteniendo sucesivamente los valores sucesivos a partir de un valor previo a convenio de fin de juego de ser

$$X_i^r = D_i^r$$

APLICACION DE LA TEORIA DE LINEA DE ESPERA O COLAS

Aparece la línea de espera siempre que en un espacio de tiempo dado, un conjunto de elementos tienen intención de recibir un servicio, y la capacidad de la instalación o dispositivo encargado de prestarlo es inferior a la demanda de aquel tiempo.

La corriente de productos en un almacén constituye una operación con oferta y demanda variables, por lo que puede ser analizada mediante la teoría de colas, particularmente aquellos aspectos que dependen del grado de variabilidad de la oferta o la demanda.

Desde el punto de vista de líneas de espera, las "llegadas" pueden identificarse con los pedidos de almacén, o disminuciones del stock, mientras que el "servicio" vendrá constituido por el proceso de reposición de artículos al que hemos dado salida o baja en el stock.

Así pues, el tiempo de servicio corresponderá al plazo de entrega del proveedor correspondiente.

En consecuencia, la cola puede considerarse como el número de pedidos cursados a proveedor en un momento dado (1).

El fenómeno de la formación de una cola aparece como un hecho natural y previsible y como consecuencia de las oscilaciones estadísticas de los valores reales en torno al valor medio de las distribuciones de los tiempos de llegada y de servicio y de la interferencia entre ambos.

(1) Morse Philip H., "Queues, Inventories and Maintenance", John Wiley and Sons, Inc. New York 1958, Págs. 139 á 156.

Es objeto de la teoría de las colas preveer los efectos de tales fluctuaciones, determinando además los valores cuantitativos de los mismos.

Es evidente que la capacidad media de un servicio debe ser suficiente para absorber el tráfico medio de clientes previsto. Sin embargo, debido a las oscilaciones de los intervalos entre llegadas y en la duración de los tiempos de servicio, puede ocurrir que se forme una cola, a pesar de que la capacidad media de absorción sea superior al tráfico medio. Este hecho es debido a dos causas:

- 1.- Durante un intervalo de tiempo dado el tráfico puede ser superior a la capacidad de absorción en aquel intervalo.
- 2.- Los periodos de inactividad forzosa del servicio por falta de clientes, originan un retraso que se traduce en posterior acumulación.

En la totalidad de los problemas encontraremos los elementos fundamentales siguientes:

- 1.- Las unidades llegan al servicio con una determinada frecuencia $\lambda = 1/T_a$, a intervalos de tiempo distribuidos de acuerdo con una determinada distribución estadística, que puede obtenerse experimentalmente y cuyo valor medio es T_a .
- 2.- El servicio mismo, el cual va despachando dichas unidades con otra frecuencia $\mu = 1/T_s$ de acuerdo con otra distribución experimental de tiempo de valor medio T_s .

La cola viene formada, evidentemente, por los elementos que llegan al servicio estando éste ocupado, y quedan por este motivo en espera de ser atendidos por el mismo.

En los estudios sobre colas se trabaja con distribuciones acumuladas de frecuencias, con lo cual una ordenada expresa la probabilidad de que entre dos llegadas transcurre un tiempo t o superior a t en la distribución de llegadas y de que un servicio tenga una duración t o superior a t en la distribución de tiempos de servicio.

En principio estas distribuciones pueden tener una forma cualquiera, aunque en esta exposición admitimos la hipótesis (suficientemente aproximada en una inmensa mayoría de casos) de que las distribuciones de llegadas y de servicio son del tipo exponencial representado por $A_0(t) = e^{-\lambda t}$, probabilidad de que transcurra un tiempo igual o superior a t entre dos llegadas sucesivas y por $S_0(t) = e^{-\mu t}$, la probabilidad de que la duración de un servicio sea igual o superior a t (Curvas de frecuencia acumuladas).

Las distribuciones A_0 y S_0 (figs. 41 y 42) se deducen fácilmente por integración de las distribuciones simples de probabilidad y tienen particular interés en nuestra teoría. Su significado se comprende fácilmente si se consideran formadas por la superposición de la totalidad de las observaciones experimentales en orden de magnitud decreciente.

La propiedad esencial de la distribución exponencial que puede servir para definirla y a la que se debe la relativa simplicidad de operación bajo dicha hipótesis es la siguiente: La probabilidad de que en un momento dado

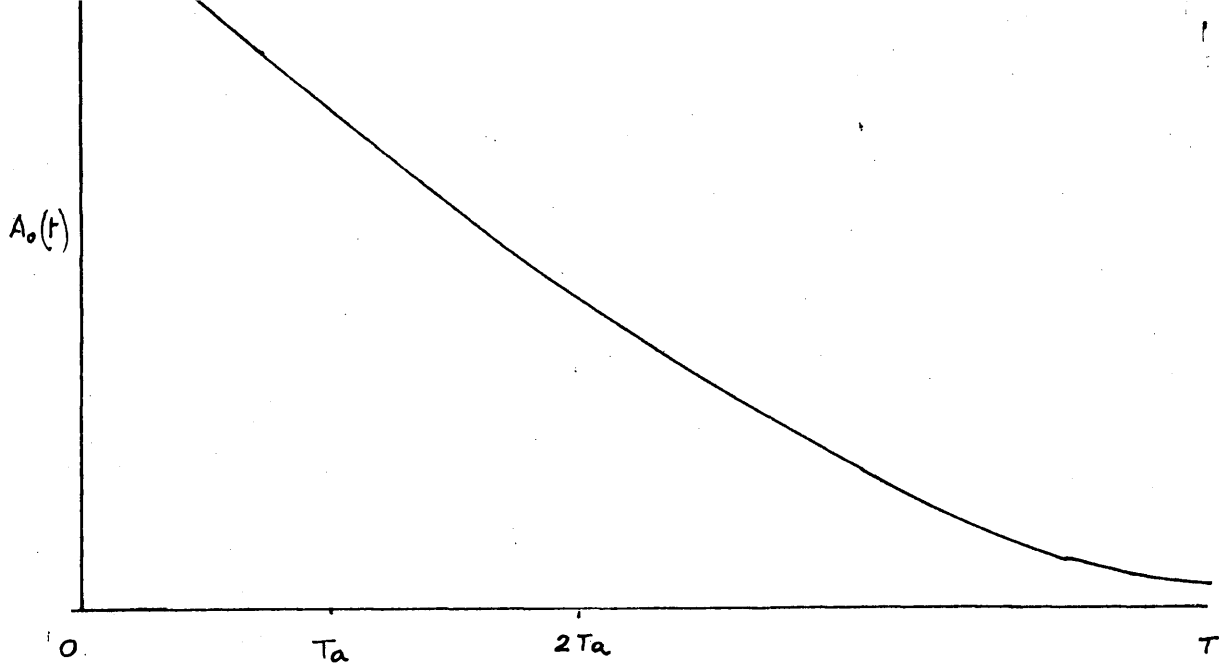


FIGURE 41

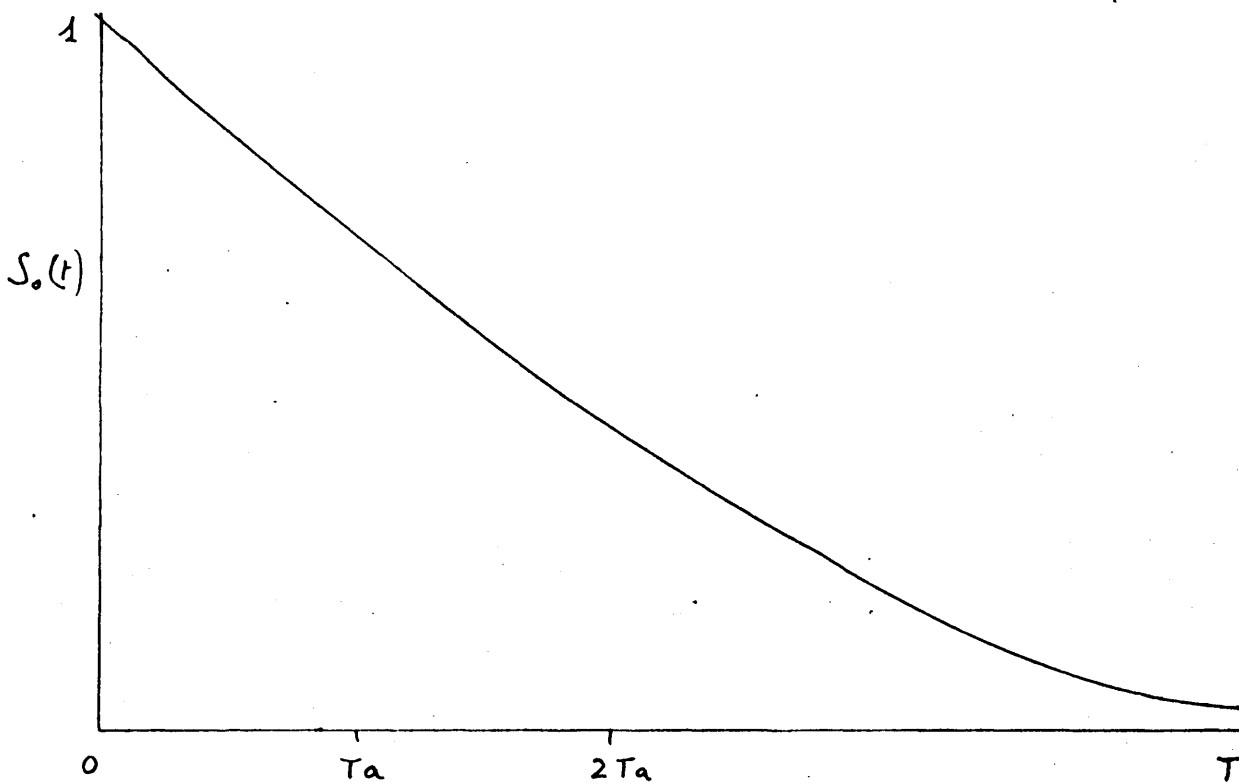


FIGURE 42

tenga lugar una llegada o una terminación de servicio es independiente del origen de tiempos, no dependiendo, por lo tanto, del tiempo transcurrido desde la llegada o terminación de servicio respectivamente anteriores. Tales probabilidades valen respectivamente para un intervalo de tiempo dt :

$$A_1(dt) = (\lambda dt) e^{-\lambda t} \approx \lambda dt$$
$$S_1(dt) \approx \mu dt$$

despreciando los términos de grado superior al primero en dt .

En la misma forma

$$A_0(dt) = e^{-\lambda dt} \approx 1 - \lambda dt$$
$$S_0(dt) = 1 - \mu dt$$

son respectivamente las probabilidades de que en un intervalo de tiempo dt , no ocurra ninguna llegada o no termine el servicio.

Es interesante señalar aquí que, así como en lo que se refiere al servicio suele hablarse de si se realiza o no se realiza en un espacio de tiempo, es decir, de $S_1(t)$ o $S_0(t)$, para las llegadas aparece con frecuencia el concepto "2, 3, n llegadas" durante un espacio de tiempo t . Si el fenómeno de las llegadas es exponencial, la expresión matemática correspondiente a la probabilidad de n llegadas durante un tiempo t es

$$A_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t}$$

que es la fórmula de Poisson (1) en la que si $n=0$ o $n=1$, tenemos los valores de $A_0(t)$ y $A_1(t)$ indicadas anteriormente.

El sistema en estudio puede adoptar un número determinado de estados posibles que pueden caracterizarse por el número total de unidades presentes en el mismo. El cómputo de la probabilidad de existencia correspondiente a cada estado constituye nuestro primer objeto; del conocimiento de las probabilidades se deducen seguidamente los valores medios de algunas magnitudes interesantes.

Definimos pues P_n como la probabilidad de que en un momento dado existan n unidades en el sistema (suma de unidades en la cola y en el servicio) y P_0 como la probabilidad de que en un momento dado se encuentre el servicio parado (0 unidades en el sistema).

Evidentemente, el servicio se encuentra en cualquier momento en uno u otro de la totalidad de los estados previstos, de tal modo que $\sum_{n=0}^{n=M} P_n = 1$, siendo M el número máximo de unidades en el sistema posibles.

Por definición del valor medio, el número medio de unidades en el sistema tiene por expresión

$$L = \sum_{n=0}^M n P_n = P_1 + 2 P_2 + 3 P_3 + \dots$$

y el número medio de unidades en la cola (supuesto que el servicio admite solo una unidad a un tiempo).

$$L_q = \sum_{n=1}^M (n-1) P_n = \sum_{n=0}^M n \cdot P_n - \sum_{n=1}^M P_n = L - (1 - P_0)$$

Se observa que $L_q \neq L - 1$. En efecto, en cualquier momento el número de unidades en la cola es inferior en

(1) Nico F. Laubscher. "estabilización de la varianza de la disminución de Poisson". Trabajos estadísticos Vol. IX Cuader. II C.S.I.C.

1 unidad al número de unidades en el sistema, excepto en aquellos momentos en que el número de unidades en el sistema es 00, por cuyo motivo el valor medio de la diferencia vale:

$$1. \sum_{n=1}^M P_n + 0.P_0 = \sum_{n=1}^M P_n = 1 - P_0$$

Admitiendo que las distribuciones de llegadas y de servicios no varían en el tiempo, cabe esperar que el sistema alcance en un tiempo relativamente corto una situación de equilibrio tal, que las probabilidades P_n son a partir de aquel momento independientes del tiempo (si el tiempo de trámite fuera muy largo, cabe estudiar también el comportamiento transitorio del sistema).

La determinación de dichas probabilidades se funda en el estudio de las variaciones por medio de las cuales puede alcanzarse cualquier estado del sistema. La probabilidad de que en un momento dado existen n unidades en el sistema se obtendrá como probabilidad total, suma de las probabilidades correspondientes a todos los modos posibles de alcanzar el estado n . Cada uno de los términos de dicha suma constituirá una probabilidad compuesta, obteniéndose como producto de la probabilidad de existencia de cualquier estado m por la probabilidad $T_{m,n}$ de tránsito del estado m al n . En un intervalo dt se tendrá pues:

$$P_n(t+dt) = \sum_m P_m(t) T_{m,n}(dt)$$

que constituye un sistema de ecuaciones, cuya resolución será más o menos complicada según sea la naturaleza del problema real.

A este modelo se le puede hacer corresponder otro análogo en orden a la evolución de un stock.

Sea este stock inicial de N unidades de una mercancía; a medida que va habiendo demanda, van saliendo unidades del stock, por lo que si la demanda sigue una Ley de Poisson de parámetro μ , la salida de las unidades (clientes) tiene lugar según esa misma ley.

El aprovisionamiento supondremos que tiene lugar realizando pedidos unitarios, que nos sean servidos de modo aleatorio con arreglo a una ley asimismo de Poisson de parámetros λ ; además, cada vez que vendemos una unidad, realizamos un pedido por otra unidad, por lo que el número de unidades en el conjunto del fenómeno es constante e igual al número N de unidades que componen el stock inicial.

Este número N se descompone entre pedidos efectuados y no recibidos; pedidos recibidos que se han incorporado al stock y constituyen un total de unidades en cola, más una unidad del artículo en curso de servicio si hay demanda del mismo.

El nivel medio del stock será pues

$$\bar{N} = N - (1 - P_0) \frac{1 + \psi}{\psi}$$

o sea

$$\bar{N} = N - \frac{1 + \psi}{\psi} \frac{\sum_{n=1}^N \frac{N!}{(N-n)!}}{1 + \sum_{n=1}^N \frac{N!}{(N-n)!} \cdot \psi^n}$$

El tiempo medio de permanencia de una unidad en stock será

$$\bar{t} = \frac{1}{\mu} \left(\frac{N}{1 - P_0} - \frac{1 + \psi}{\psi} \right)$$

Podemos ahora calcular el coste inherente al sistema de aprovisionamiento y almacenaje, ya que al cabo de un lapso de tiempo suficiente, el número medio de ventas que designaremos por N coincidirá con el número de pedidos. Si con C representamos el coste unitario de compra y con P el coste fijo de un pedido asimismo unitario, y por último con C_s el coste unitario de almacenamiento, el coste del stock será

$$C(N) = \bar{N}C_s + (C_x + P)M, \text{ o sea: } C(N) = \left[N - \frac{(1+\psi) \sum_{n=1}^N \frac{N!}{(N-n)!}}{\psi \left(1 + \sum_{n=1}^N \frac{N!}{(N-n)!} \psi^n \right)} \right] (C_s + (C_x + P)N)$$

Ante las hipótesis efectuadas, el stock inicial más conveniente es el valor de N , para el cual $C(N)$ o mejor aún el primer sumando de su expresión es mínimo. El cálculo puede efectuarse para varios valores de N , para proceder por tentativas a la determinación del correspondiente mínimo (1)

(1) J. Gani "Problems in the probability theory of storage systems".
J. Of Royal Stat. Sec. B. Vol. 19 - 1957.

TERCERA PARTE

GESTION INTEGRADA DE STOCKS

GESTION INTEGRADA DE STOCKS.

CAPITULO I

INTRODUCCION	Pág.	284
--------------------	------	-----

CAPITULO II

—ESTUDIO DE LA PRODUCCION	Pág.	294
Concepto de flexibilidad de producción	Pág.	294
Análisis de la flexibilidad	Pág.	298
Cálculo del coste de la flexibilidad	Pág.	316
Conclusiones sobre la flexibilidad de empresa	Pág.	327

CAPITULO III

LA ROTURA DE STOCKS	Pág.	329
Concepto de rotura de Stocks	Pág.	329
Análisis del coste de la rotura de Stocks..	Pág.	334
Cálculo del coste de la rotura de Stocks...	Pág.	342
Conclusiones al capítulo	Pág.	343

CAPITULO IV

EL COSTE DE POSESION	Pág.	346
Concepto del coste de posesión	Pág.	346
Análisis del coste de posesión	Pág.	349
Cálculo del coste de posesión	Pág.	351
Conclusiones al capítulo	Pág.	352

CAPITULO V

ESTUDIO ECONOMICO DE LA GESTION DE STOCKS ..	Pág.	354
Justificación del estudio económico	Pág.	354
Planteamiento del estudio económico	Pág.	357
Conclusiones al capítulo	Pág.	389

CAPITULO VI

MODELO DE GESTION INTEGRADA DE STOCKS.....	Pág.	391
De los factores a considerar	Pág.	391
Descripción general del modelo	Pág.	396
Conclusiones al capítulo	Pág.	415
CONCLUSION FINAL	Pág.	417
BIBLIOGRAFIA	Pág.	422

INTRODUCCION

Exponemos un estudio sobre Gestión de Stocks de productos terminados, con objeto de investigar los factores que influyen en la misma para llegar a poder cuantificar las unidades a mantener como stock de seguridad en cada momento y según aconseje la relación que nos vendrá dada por la capacidad de producción de las instalaciones y la demanda del mercado.

Objetivos

Los objetivos que nos hemos fijado para el desarrollo de este estudio son los que siguen:

- 1º Definición de los factores primordiales, los modelos que los conjugan y peso de cada uno de estos factores dentro del valor del stock a mantener.
- 2º Cálculo del stock de seguridad óptimo de productos a mantener en un momento en que la demanda del mercado supere la capacidad de las instalaciones.
- 3º Cálculo del stock de seguridad óptimo de productos terminados a mantener en un momento en que la capacidad de producción supere la demanda.
- 4º Juicios de valor que se deriven de este estudio, intentando cuantificar su operatividad y eficacia y definiendo si procede los estudios complementarios.

Ambito de aplicación

Se ha considerado en el presente estudio únicamente el stock de seguridad óptimo de productos terminados a mantener por una industria con proceso de manufactura, por entender que éste es el caso de mayor complejidad y repercusiones económico financieras de cuantos pueden presentarse en el campo empresarial.

Indudablemente las técnicas de gestión de stocks son aplicables también a casos de empresas comerciales y de servicios, aunque no hayan entrado en los objetivos que nos hemos propuesto.

En este estudio tratamos únicamente de la optimización del stock de seguridad, soslayando otros stocks necesarios al mismo tipo de empresa para cubrir otras funciones pero cuya optimización no hemos pretendido ahora y que a veces no entran dentro del campo de la gestión de stocks.

Sólo a título enunciativo, en la estrategia empresarial podemos encontrarnos, entre otros, los stocks siguientes:

- Productos terminados propiedad de la empresa situados en exposiciones, ferias y locales comerciales ajenos.
- Productos propiedad de los Representantes o Distribuidores.
- Productos depositados en poder de Clientes, Representantes e Industrias Auxiliares.

todos ellos por su específica situación quedan al margen de nuestra consideración.

Ello nos lleva a una primera clasificación de los Stocks que realmente necesita una empresa para su funcionamiento:

- 1º Stocks de promoción. Necesarios en todo momento para la promoción comercial y cuya optimización y decisión deberá ser hecha por las Direcciones Comerciales según su propia planificación.
- 2º Stocks de productos fuera de serie. Que lo constituirán aquellos que por su característica de "especiales" deben pasar por un proceso de termina-

ción, en industrias colaboradoras, frecuentemente, o en talleres propios montados al efecto.

- 3º Stocks para venta. Constituidos por los productos dispuestos para la venta, que son los que tratamos en nuestro trabajo y comprenden el programa de ventas medio y una cantidad adicional que llamaremos Stock de seguridad que mantenemos para los casos en que la demanda es mayor que la media programada.

La optimización de este stock de seguridad es el problema que proponemos.

Indudablemente, los stocks mencionados antes, correspondientes al campo de la promoción comercial, pueden formar parte, en su totalidad o parcialmente, del stock de seguridad referido, pero hemos preferido dejarlo aparte por la casuística que puede presentarse según las empresas.

Definición de Conceptos

Juzgamos oportuno ahora formular una primera definición de los conceptos fundamentales que hemos de utilizar a lo largo de nuestro trabajo:

Stock óptimo de Seguridad.- Llamaremos así al número de unidades que aseguran de una forma económica un plazo de entrega a los pedidos que nos llegan, definiendo este plazo de entrega en función de las condiciones de la competencia.

Este número de unidades queda determinado de forma que se minimicen los costes probables motivados por intentar cubrir tales demandas.

Llegamos a esta definición como consecuencia de la razón de ser del stock de seguridad, motivado por las premisas siguientes:

- La desviación que necesariamente presentarán los programas de ventas y los realmente conseguidos.
- La desviación que necesariamente presentarán los programas de producción y la realmente conseguida.

o lo que es lo mismo, la oferta no corresponde exactamente a la demanda.

Si el plazo de espera de los clientes no consiente este desacuerdo periódico entre la oferta y la demanda se producirán los costes mencionados antes, surgiendo el stock de seguridad óptimo como resultado de la minimización de los mismos.

De aquí se deduce la importancia fundamental que posee el plazo de espera del cliente en la determinación de la cantidad a poseer como stock de seguridad óptimo, de forma que cuando tal plazo llegara a ser igual o superior al que, sin costes adicionales, necesita la empresa para producir la demanda existente, desaparece la necesidad de poseer stock de seguridad. Tal es el caso de las industrias que fabrican sobre pedido.

El plazo de entrega al cliente, que tanto influye en la determinación del stock de seguridad óptimo, debe ser definido en función de las condiciones de competencia cuando ésta existe o de política de inversiones de la empresa cuando la misma falta.

Con esto podemos afirmar que el plazo de entrega al cliente, que habremos de utilizar, es una variable de nuestro problema, dependiente de las condiciones extrínsecas a la empresa para el caso, poco probable, de competencia inexistente y el más frecuente de nuestro mercado competitivo.

Cuando no existe competencia, tal plazo de espera podemos alargarlo hasta el punto óptimo económico para la empresa, siempre que en estas condiciones persista la necesidad del mercado.

El mecanismo de distribución comercial de la empresa puede introducir una nueva faceta en el stock de seguridad.

De este modo, la dispersión geográfica de los puntos de ventas obliga a calcular un stock de seguridad que abastezca a todos los puntos de venta y otro adicional en cada uno de éstos que les permita responder a las variaciones de la demanda mientras son abastecidos por el primer stock.

Esto se conoce como distribución de dos escalones, práctica comercial bastante generalizada, y que será objeto de tratamiento más adelante, limitándonos aquí a poner de manifiesto otro problema que se plantea sobre cual de los dos escalones ha de soportar financieramente el stock, tema este que queda al margen de nuestro trabajo y que pertenece al campo de la gestión comercial.

Gestión de Stock.- Definimos así al conjunto de acciones a tomar respecto al stock de seguridad de productos terminados, basados en la consideración conjunta de los factores más importantes que influyen en el mismo, conjugados por medio de unos modelos cuantitativos con objeto de lograr el óptimo económico de las diferentes funciones empresariales, tales como compras, producción y ventas, y que afectan al stock tratado.

De aquí la necesidad de definir los factores más importantes del problema y de calcular los costes que afectan a cada una de las funciones empresariales citadas, elaborando unos modelos probabilísticos de optimización

que equilibrando los riesgos posibles den por resultado el cálculo de los stocks de seguridad correspondientes.

La optimización de valores probabilísticos de los factores que intervienen, tales como el programa de ventas, el plazo de entrega al cliente, etc., y la optimización del conjunto de estos factores, como objetivo para lograr un óptimo económico en función de tales riesgos, es la aportación de la Investigación operativa a nuestro trabajo.

Gestión integrada de Stocks.- Dicho ha sido que el objetivo principal de nuestro trabajo consiste en optimizar la gestión del stock de seguridad de productos terminados.

Optimización ésta que depende de unos factores que a su vez están supeditados a condiciones intrínsecas a la empresa, de forma que si éstos los consideramos invariables, el resultado de nuestra investigación será una optimización únicamente del stock de seguridad de productos terminados y por tanto parcial. Esta optimización estará lejos del óptimo logrado si entran en juego los stocks de aprovisionamiento, curso de fabricación y productos terminados, de forma global.

A la optimización conjunta de todos estos stocks de la empresa es a lo que vamos a llamar gestión integrada de los stocks.

Este tipo de gestión integrada permitirá condicionar económicamente las funciones de compras, producción y ventas al interrelacionarlas entre sí encontrando así la contrapartida a las cuantiosas inversiones en primeras materias y curso de producción, no siempre justificadas.

Esperamos que a lo largo de nuestro trabajo se vea claramente la necesidad de tal gestión integrada tratando de demostrar su oportunidad y factibilidad.

Problemática de la Gestión de Stock

Dicho ha sido que el objetivo perseguido por la gestión de stocks es la definición, análisis y estudio económico de los factores principales que influyen en la misma.(1)

En la gestión de stocks de productos terminados influyen fundamentalmente tres factores:

- Coste de la flexibilidad de las instalaciones
- Coste de la rotura de stocks
- Coste de posesión

El coste de la flexibilidad de las instalaciones surge al introducir cambios en los programas de producción como consecuencia de la necesidad de seguir las variaciones cualitativas o cuantitativas de la demanda del mercado.

Dado que esta flexibilidad no es siempre tanta como se necesita, surge otro factor: el coste de posesión que corresponde a un número determinado de productos inmovilizados para atender las dichas variaciones de demanda.

No siendo económico hacer frente siempre a estas variaciones, surge el tercer factor básico; el coste de rotura de stocks, correspondiente al perjuicio económico que se producirá a la empresa al perder ventas por falta de productos.

Al análisis detallado de estos tres factores, así como a ciertas particularidades de los mismos que pueden presentarse en la empresa de transformación, dedicaremos los tres siguientes

(1) Seguimos la metodología expuesta por D. Angel Vegas y J.M. Fernandez Pirla en "Los problemas de la decisión y la valoración de la información" en su trabajo presentado en las Reuniones Nacionales sobre investigación operativa en Madrid, 1962.

capítulos, tratando en el siguiente la metodología de conjunción económica por medio de los correspondientes modelos matemáticos que nos llevarán, como resultado, al stock de seguridad óptimo buscado.

Los tres factores básicos definidos anteriormente dependerán a su vez de una serie de factores que serán analizados más adelante al tratar de los mismos. Sin embargo consideramos aquí dos de ellos, que no serán tenidos en cuenta a los efectos de cuantificación del stock de seguridad óptimo.

Cumplimentación del programa de fabricación.- Nos referimos a la comparación de la producción respecto al programa en un momento dado.

La diferencia, en número de productos será una nueva variable respecto a la que debe cubrirse con el stock de seguridad de productos terminados.

Si procedemos al análisis exhaustivo del grado de cumplimentación de los programas de fabricación de una empresa, durante varios ejercicios pasados, nos encontraremos, una vez analizadas las causas de estas desviaciones entre la producción real y programada, como razones principales, entre otras las siguientes:

- Falta de cumplimentación, en cantidad y plazo, de los pedidos a proveedores.
- Falta de unos stocks idóneos de acopios y materiales en curso de elaboración.
- Paros del personal.
- Problemas de puesta a punto del proyecto, si es el caso, y del proceso de fabricación. Propio en el lanzamiento de nuevos productos, presentándose tanto en las instalaciones propias como en las auxi-

liares de proveedores si la fabricación necesita esta fase.

Todas estas razones nos han llevado a abandonar el estudio de este factor, al menos de momento.

Es decir, a efectos de cuantificar el stock de seguridad óptimo, consideramos que el grado de cumplimentación del programa es exacto en cantidad y plazo, dedicando, más adelante, una consideración más detallada respecto a la política a adoptar sobre el mismo.

Creemos que sería absurdo llevar a la práctica una gestión del stock de productos terminados, sin considerar y optimizar paralelamente la gestión de aprovisionamiento y materiales en curso, particularmente cuando se haya observado que han motivado, tiempo atrás, la falta de cumplimentación del programa.

El paro del personal, cuando es de tipo estacional, puede preverse en cierta forma y cubrirse en parte respecto a él.

Finalmente, respecto a los productos de nuevo lanzamiento, no es posible aplicar un estudio de gestión de stock como el que nos proponemos desarrollar aquí, hasta que no se hayan salvado los problemas existentes inicialmente, de proyecto y fabricación, así como conocido la reacción del mercado respecto a los mismos, debiéndose aceptar en tal periodo una política de prudencia basada en la experiencia.

Nivel de ocupación.- La política de producción más económica de unás instalaciones industriales es posiblemente la de mantener constante a lo largo de todo el año el nivel de producción de las mismas.

Cuando las ventas de la empresa tienen un cierto grado de estacionalidad, tal política óptima para las instalaciones, deja de ser, en muchos casos, la más económica para la empresa,

puesto que, de adoptarla, en los periodos de baja venta podrían llegar a producirse unos excesos de stocks imposibles de mantener para las finanzas de la empresa.

Ello nos lleva a que puede ser óptimo para la empresa mantener variable el nivel de producción de sus instalaciones a lo largo del ejercicio económico. En cualquier caso, el periodo de vacaciones del personal introduce, frecuentemente, una discontinuidad en tal nivel de producción mensual, supuesta esta periodicidad en el programa.

La consideración anterior es importante respecto a uno de los factores de nuestro estudio, el coste de flexibilidad de producción, puesto que la cantidad de flexibilidad y el coste de la misma dependen del nivel de producción mensual adoptado.

Consideramos en nuestro trabajo, en primer lugar, el caso de que el nivel de producción mensual es constante a lo largo del año, tratando seguidamente la evolución de tal consideración y su repercusión sobre el coste de flexibilidad de producción.

Creemos que el error que se introduciría así en la cuantificación no será muy grande para empresas en que la estacionalidad del total de la producción no sea muy marcada, excepto en el periodo de vacaciones.

ESTUDIO DE LA PRODUCCION

Vamos a analizar en el presente capítulo el primero de los factores mencionados en la Introducción de la triada básica a analizar para definir el stock de seguridad óptimo: la flexibilidad de producción.

Iniciaremos nuestra exposición con una presentación breve, pero suficientemente rigurosa de la problemática que encierra el concepto de flexibilidad de producción en general.

A la luz de estos conceptos analizaremos el fenómeno de flexibilidad de una empresa hasta llegar a cuantificarlo. En este proceso de cuantificación se obtendrán conclusiones útiles respecto a la conveniencia de analizar más detalles, no entrando en ellos.

Concepto de flexibilidad de producción

Entendemos por flexibilidad de producción la capacidad que posee una unidad, o conjunto coordinado de unidades fabriles, de cambiar en un cierto porcentaje un programa de producción previamente establecido.

Este cambio porcentual del programa puede ser realizado siguiendo instrucciones formuladas con una cierta antelación y puede deformar la estructura del programa original en mayor o menor grado.

Esta definición corresponde simplemente a una de las cualidades de toda empresa. A nosotros nos interesa relacionar esa cualidad de empresa, capacidad de reacción, con el coste inherente a la misma.

Podemos agrupar en dos grupos los factores básicos que afectan a la flexibilidad de una empresa. El primer grupo es de factores intrínsecos, y refleja la naturaleza del propio proceso productivo. El segundo, aún dependiente también del proceso productivo, tiene una vinculación eminentemente extrínseca a la empresa, y existe en tanto cuanto la empresa depende del exterior en su política de aprovisionamiento.

Factores intrínsecos

El mayor o menor grado de flexibilidad de una empresa depende, evidentemente, de cual sea la naturaleza de su mano de obra e instalaciones, y de la forma en que estos factores de producción estén conjuntamente organizados.

Efectivamente, existen procesos en la industria química que requieren instalaciones especializadas, que una vez construidas solo pueden ser destinadas a la producción de un solo producto. Por el contrario, existen algunas instalaciones de ensamblaje donde las limitaciones de flexibilidad impuestas por el propio proceso son mínimas, y dependen, en todo caso, de la mano de obra.

Existe otro factor intrínseco muy vinculado a los anteriores, y al mismo tiempo de naturaleza muy distinta; la naturaleza del propio producto.

Es muy rara la empresa que no está, en mayor o menor medida, diversificada. Si no fabrica productos completamente distintos, producirá al menos distintos modelos de un mismo producto.

La flexibilidad con la que pueda reestructurar un programa de producción inicialmente establecido, dependerá evidentemente del mayor o menor grado de diferenciación de

los productos, o lo que es lo mismo, del número de elementos comunes que los distintos productos posean. Si los productos fabricados por la empresa se diferencian, por ejemplo, solamente en el color, será más fácil sustituir uno de ellos por el otro, dentro de un mismo programa de producción, que en el caso en que la empresa produzca productos de proyecto muy diferente y desee aumentar el número de uno disminuyendo el número de otro producto, en el mismo periodo de tiempo.

Por ello, al definir la flexibilidad nos hemos basado, entre otras cosas, en la capacidad que tiene una empresa para deformar la estructura del programa original.

Esta capacidad de la empresa necesita un soporte material al que poderse aplicar para convertirse en realidad. Aparece así un nuevo factor, los stocks de acopios y materiales en curso.

Los stocks correspondientes a acopios de proveedor están en última conexión con los factores extrínsecos y son un complemento de ellos. Los stocks de materiales en curso deben cubrir la doble función de dar continuidad a dos procesos productivos contiguos y de proporcionar una flexibilidad óptima de cara a las variaciones de la demanda.

La flexibilidad de una empresa depende pues no solo de la magnitud del cambio y de la antelación con la que tal cambio se anuncia, sino también de la estructura del cambio por lo que se refiere a los tipos y características de los productos implicados en los mismos así como de los stocks de acopios y materiales en curso que posea.

Factores extrínsecos

Como no es concebible una empresa autónoma, todos deben apoyar, en mayor o menor grado, su proceso productivo en elementos adquiridos del exterior, lo cual implica que en fle

xibilidad obtenida como función de los factores intrínsecos ya descrita, viene también condicionada por la flexibilidad que se puede lograr en la política de aprovisionamiento.

Acción múltiple de estos factores

Un hecho que normalmente dificulta la evaluación del grado de flexibilidad productiva de una empresa, consiste en que la acción de los factores extrínsecos y los intrínsecos tiene lugar, repetida y sucesivamente, a lo largo del conjunto del proceso de fabricación.

Es muy corriente el caso de que una empresa que adquiere unas ciertas materias primas, las somete a un cierto proceso de fabricación, entregándolas después a otro centro de trabajo, dentro de la empresa. Tras nuevas operaciones este material en curso de producción puede ser entregado a otro nuevo centro, o al Almacén de Ventas.

Además de cada uno de estos centros, puede aprovisionarse directamente del exterior determinados elementos que combina con los semielaborados dentro de la empresa.

Todo ellos nos lleva a afirmar que la acción de los factores anteriores es difícil de analizar, y su efecto difícil de evaluar, en general.

Por otra parte, es necesario tener en cuenta, desde ahora que la flexibilidad resultante del proceso anterior viene condicionada por la que sea la flexibilidad mínima obtenible en cualquiera de las etapas anteriores, por lo que es indispensable, antes de evaluar la citada flexibilidad resultante, hacer un análisis fragmentado de las distintas etapas. Por otra parte, este concepto de flexibilidad resultante tiene una implicación positiva, ya que puede ocurrir que una mejora de la misma puede ser conseguida simplemente mejorando

las correspondientes a determinados procesos de fabricación o aprovisionamiento que podrían considerarse "cuellos de botella de la flexibilidad".

Un incremento de la flexibilidad no implica, por tanto, un incremento de la misma en todo el proceso de producción. Tendremos ocasión de analizar de nuevo este concepto más adelante.

Análisis de la flexibilidad

No es frecuente que exista en las empresas un análisis integrado de la flexibilidad de la producción, basado en los factores dichos anteriormente.

Dejando al margen la posibilidad de realizar un estudio de ingeniería, destinado a definir la flexibilidad de cada una de las etapas en que se descompone el proceso de producción, por no ser ello materia de estudio por nuestra parte, puede optarse por emplear un procedimiento sin duda más subjetivo, pero viable dentro del contexto de nuestro estudio.

El procedimiento que nosotros proponemos, básicamente consiste en:

- Definir la estructura del producto, por lo que se refiere a componentes comunes, para tener en cuenta el factor de cambio de estructura de programa antes citado.
- Evaluación subjetiva de las flexibilidades parciales que puedan existir en las distintas etapas del proceso de producción y aprovisionamiento mediante encuesta entre los principales responsables.

Estos valores han de ser los existentes en condiciones normales de trabajo puesto que únicamente en esta situación cabe pensar en utilizar

tal flexibilidad en los momentos en que las variaciones de la demanda así lo requieran.

En condiciones excepcionales, importante estrategia empresarial, posiblemente puedan lograrse valores de flexibilidad superiores, forzando personal, instalaciones, costes y calidad. Tales situaciones se salen del campo de la gestión de stocks.

Es necesario evaluar el coste derivado de los distintos niveles de flexibilidad que se obtengan.

- Combinar los datos obtenidos en los dos apartados anteriores para llegar a la definición de los valores de flexibilidad total para los distintos productos, correspondientes a distintos plazos para el cambio y de las dos estructuras básicas de dicho cambio que definiremos más adelante.

Estructura del producto

Comenzaremos por definir y especificar los elementos comunes a los distintos tipos de productos que fabrique la empresa.

Los elementos comunes seleccionados deben ser básicos para el producto y cumplir la doble condición siguiente:

- El coste unitario y el total de cada elemento es importante dentro del coste del producto.
- Los restantes elementos comunes poseen un valor relativamente pequeño y no presentan dificultades en su aprovisionamiento y fabricación.

Convenimos que dos productos, o tipos de producto, tienen un componente común cuando las diferencias entre los correspondientes componentes de los dos productos son lo suficientemente pequeñas como para que no creen problemas de limitación de flexibilidad durante el proceso de producción o de aprovisionamiento del exterior.

Es decir, lo único que nos interesa conocer es como hemos de clasificar las distintas estructuras de cambio de programa que, como hemos dicho, son una de las variables a definir dentro del concepto de flexibilidad.

El resultado detallado de los componentes comunes nos ha de permitir conocer, si existe, o no, una gran comunidad de los mismos dentro de los productos de la empresa de forma que sea factible, o no, cambiar de un producto a otro si poseemos en el momento adecuado los materiales en que se diferencian.

Flexibilidades parciales

Siempre que un centro de trabajo necesita acopiar materiales en curso de otro centro de la empresa, está sujeto para establecer cambios en su propio programa a las limitaciones de flexibilidad de los citados acopios; pero esta flexibilidad de los acopios no es sino la conjunción de la flexibilidad de producción del centro proveedor, con la correspondiente a los stocks internos de materias primas y materiales en curso del departamento receptor, valores ambos que pueden ser perfectamente determinados.

Sin embargo, cuando el acopio proviene del exterior, la limitación de flexibilidad causada por la citada operación de aprovisionamiento depende, además de los stocks existentes de este acopio, del comportamiento del proveedor exterior, y requiere un análisis de dicho comportamiento.

La función a desempeñar por estos stocks dentro del problema de flexibilidad puede ser importante. Decíamos antes que podría existir una gran comunidad de componentes entre los productos de la empresa, lo cual nos lleva a que en caso de existir unos stocks adecuados de los elementos diferenciales la flexibilidad interproductos es total para una producción constante de este tipo de productos.

Esta importante cualidad de los productos que reúnen tales condiciones nos llevará a realizar un estudio que determine los stocks intermedios óptimos a poseer en la empresa en función de las previsibles variaciones de demanda.

No obstante, pueden ser tantos los condicionantes del problema que nos inducen a suponer, para proseguir nuestro trabajo, que los citados stocks de seguridad que nosotros proponemos no tendrán en cuenta estos otros stocks intermedios de producción.

Procederemos pues, a exponer una metodología para obtener las distintas flexibilidades parciales, partiendo de la clasificación básica entre acopios del exterior y producción. Los stocks intermedios quedarán incluidos a través de las producciones previas necesarias.

Flexibilidad de Fabricación

Por lo que se refiere a las flexibilidades de fabricación, el análisis debe ser hecho en todos los centros de producción de la empresa.

Dicho ha sido que para este fin acudiríamos a la realización de encuestas entre los responsables de cada centro, y de estas encuestas obtendríamos los valores estimados de la flexibilidad existente en cada centro para los productos en ellos fabricados. Esta evaluación deberá definirse utilizando las unidades mencionadas cuando definimos la flexibilidad: magnitud del cambio, antelación en su anuncio y estructura del mismo.

La magnitud del cambio puede expresarse en porcentajes sobre el programa a modificar, conviniendo que puede hablarse de total, cuando la flexibilidad existente es suficientemente elevada como para que no sea necesario utilizarla totalmente, dadas las previsibles variaciones de la demanda. Es de advertir que el hecho de que los datos base se expresen en tanto por ciento, es aconsejable, por una mayor facilidad a los encuestados para expresar sus estimaciones, pero estos datos deben utilizarse, de hecho, en unidades físicas.

La antelación con que se anuncia el cambio nos vendrá expresada generalmente en meses, pues juzgamos excepcionales aquellas empresas que pueden modificar sus programas en menos de un mes. Esta magnitud tiene un límite máximo que nos vendrá dado por la antelación que proporciona una flexibilidad superior a la requerida desde el punto de vista de la gestión de stocks.

La tercera unidad referente a la estructura del cambio de programa se refiere, como hemos dicho, a dos situaciones básicas para cuya definición se hace preciso definir antes un concepto incluido en ellos: la unidad diferenciada de producción.

Llamamos unidad diferenciada de producción, en adelante U.D.P., a un conjunto de instalaciones y mano de obra dedicados generalmente a la fabricación de un solo componente del producto y ubicados en un mismo centro de producción.

La U.D.P. tiene la propiedad estructural de poseer a corto plazo y en mayor o menor grado, una cierta intercambiabilidad de instalaciones y mano de obra mientras que la intercambiabilidad no existe normalmente entre una U.D.P. y el exterior.

No consideramos en esta definición los cambios que pueden ser logrados a más largo plazo con readaptación de instalaciones, nuevas distribuciones en planta, trasvase de

operarios de una unidad a otra con el correspondiente lapso de tiempo de formación y adaptación al puesto, etc.

Definido el concepto de unidad diferenciada de producción pasamos seguidamente a definir las dos estructuras básicas de cambio de programa que serán consideradas.

La primera de ellas corresponde al caso de que en una U.D.P. se desea incrementar al máximo posible la fabricación del producto correspondiente a base de disminuir la cantidad necesaria los otros productos producidos en tal U.D.P., de forma que la cantidad total producida no rebase la capacidad de producción de la U.D.P.

La segunda estructura básica contemplada se refiere al caso de que se pretende aumentar la producción de todos y cada uno de los productos fabricados por una U.D.P., con el mismo condicionamiento de limitación del total de la producción por la capacidad máxima de la U.D.P.

Estas dos estructuras básicas vemos que son consecuencia de la polivalencia de mano de obra e instalaciones existentes dentro de una determinada U.D.P. y de la falta de la misma, a corto plazo, entre dos de las mismas.

Los resultados de la flexibilidad de fabricación, los recogeremos en estados del tipo que se incluye como Fig. I y II.

El estado de la Fig. I se presenta ordenado por centros de producción, pero admite múltiples combinaciones orgánicas según necesidades de cada empresa en particular. Lo importante de este estado es que nos muestre los valores que se han obtenido para la flexibilidad de cada unidad diferenciada de producción.

Por diferencia entre los valores que se obtengan, para una misma U.D.P., según antelación, puede calcularse la

FLEXIBILIDAD DE FABRICACION

RO DE PRODUCCION

DE CAMBIO DE PROGRAMA		UNIDADES DIFERENCIADAS DE PRODUCCION			
	ANTELACION DEL ANUNCIO (meses)	Sección A	Sección B	Sección C	Sección
ac.	1	P	H	M	P
ma	2	H	P	J	M
	3	N	S	P	J

t	X	X	X	X	X
	1	O	A	B	C
ac.	2	D	H	E	F
ma	3	6	I	J	K
o	..	..	.	..	..
t	..	..	..	..	..

FIG. I

FLEXIBILIDAD DE FABRICACION

DE CAMBIO DE PROGRAMA		ELEMENTOS COMUNES A LOS DISTINTOS TIPOS DE PRODUCTOS										
		Elemento A	Elemento B	Elemento --								
ac. ima r o	1											
	2											
	3											
	--											
fac. xima or upo	t											
	1											
	2											
	3											
	--											
	t											

FIG. II

flexibilidad parcial de fabricación correspondiente a cada mes.

La Fig. II muestra un estado síntesis del anterior, pues se trata de una reordenación de la flexibilidad de empresa por cada uno de los componentes comunes en que hemos estructurado cada producto.

Para su elaboración habremos de limitar los valores de la flexibilidad al menor entre las dos o más U.D.P. que intervengan en cada componente.

Hasta aquí nuestro análisis de la evaluación de la flexibilidad de fabricación, independiente del coste que la misma implica.

El coste de esta flexibilidad estará relacionado con la estructura de la mano de obra, así como con la naturaleza de la maquinaria e instalaciones de cada empresa y, en algunos casos, este coste puede ser nulo. Más adelante volveremos sobre este tema.

Flexibilidad de aprovisionamiento

Para conocer la flexibilidad de aprovisionamiento, el análisis debe ser hecho en los centros de compras de las empresas.

También ahora acudiremos al sistema de encuesta entre los responsables de las compras y definiremos la evaluación utilizando las ya mencionadas unidades: magnitud del cambio, antelación en su anuncio y estructura del mismo.

Los resultados que obtengamos serán recogidos en un estado del tipo que se incluye en la Fig. III, en que la clasificación básica es ahora por proveedores nacionales y extranjeros, y dentro de cada grupo de procedencia por grupos de elementos o materias primas.

FLEXIBILIDAD DE APROVISIONAMIENTO

COMPRAS EN MERCADO -----

	C. DE PRODUCCION	C. DE PRODUCCION B	C. DE PRODUCCION C
ANTELAÇION DEL CAMBIO (meses)			
PRIMERA MATERIA a)			
PRIMERA MATERIA b)			

COMPONENTE a)			
COMPONENTE b)			

PRIMERA MATERIA n			
PRIMERA MATERIA c)			

COMPONENTE n)			
COMPONENTE s)			

PRIMERA MATERIA x)			
PRIMERA MATERIA z)			

COMPONENTE c)			
COMPONENTE r)			

N
AD TOTAL SUMINISTRADA
... MESES VISTA
t. 1 2 3

FIG. III

De forma análoga a como actuamos en el caso de flexibilidad de fabricación, ahora montamos un estado del tipo expuesto en la Fig. IV, donde se sintetiza, ordenada por componentes, la información contenida en el estado anterior referente a aprovisionamientos procedentes del mercado nacional de importación.

Es importante señalar que ha de mantenerse el periodo de antelación máximo contemplado para la gestión de stocks.

Definición de flexibilidades por tipo de productos

Los estados de flexibilidades obtenidos como se ha dicho, podemos combinarlos ahora para obtener las flexibilidades finales por tipo de producto.

El proceso a seguir será combinar la flexibilidad de fabricación expuesta en el estado de la Fig. II y las flexibilidades de aprovisionamiento recogidas en el estado de la Fig. IV, obteniéndose así la flexibilidad de empresa de cada componente expuesta en el estado de la Fig. V.

Esta combinación deberá ser hecha teniendo en cuenta las premisas generales siguientes:

- Para cada componente la flexibilidad de empresa en el mes T, será el menor valor entre la flexibilidad de fabricación del mes T y la flexibilidad de aprovisionamiento del mes T + 1, si el componente es transformado en las instalaciones de la empresa.

Si el componente no sufre transformación en la empresa, se toma como flexibilidad de empresa la correspondiente a aprovisionamiento del mismo mes T.

FLEXIBILIDAD DE APROVISIONAMIENTO

INCREMENTO DE LA
CANTIDAD TOTAL SUMINISTRADA
DESDE A ... MESES VISTA

		ELEMENTOS COMUNES A LOS DISTINTOS TIPOS DE PRODUCTOS											
t.	i	3	2	1	ANTELACION DEL ANUNCIO (meses)								
					PRIMERA MATERIA a)								
					PRIMERA MATERIA b)								
					PRIMERA MATERIA c)								

					COMPONENTE x)								
					COMPONENTE y)								
					COMPONENTE z)								

FIG. IV

ANTELACION DEL ANUNCIO (meses)		ELEMENTOS DE LOS DISTINTOS TIPOS DE PRODUCTO											
		ELEMENTO A	ELEMENTO B	ELEMENTO ...									
c. a	1												
	2												
	3												
	--												
	t.												
c. a	1												
	2												
	3												
	--												
	t.												

FIG. V

Cuando el proceso de transformación dentro de la empresa lo permita, la flexibilidad de empresa podrá calcularse como el menor valor entre la flexibilidad de fabricación y la de aprovisionamiento, ambas correspondientes al mismo mes T.

- Se han de definir previamente los grupos de productos dentro de los cuales se puede aplicar la flexibilidad máxima por tipo. A estos grupos llamaremos "grupos de intercambiabilidad de producción".

La condición que cumplen todos los tipos de productos incluidos en uno de estos grupos es que cada componente o elemento de cada tipo es fabricado por una misma "unidad diferenciada de producción". Esta condición resulta evidente desde el momento en que no existe intercambiabilidad de medios a corto plazo, tales como instalaciones y mano de obra, entre dos unidades diferenciadas de producción.

- Para cada tipo de productos se calculará la flexibilidad de fabricación como la menor entre las correspondientes a los elementos comunes.

Los valores obtenidos los expondremos en un estado del tipo incluido como Fig. VI, donde serán agrupados los distintos tipos de productos en los "grupos de intercambiabilidad de producción" correspondientes.

En general nos encontraremos que, para la hipótesis "variación máxima por tipos", existe una cierta flexibilidad para aumentar la producción de un tipo de producto de un "grupo de intercambiabilidad de producción" a base de disminuir la cantidad necesaria de otro, u otros, tipos de productos del mismo "grupo de intercambiabilidad de producción", pero será muy pe-

FLEXIBILIDAD DE EMPRESA

MA ANTELACION DEL ANUNCIO (meses)		TIPO DE PRODUCTOS											
		PRODUCTOS DEL MISMO GRUPO DE INTERC											
ac. ma s	1												
	2												
	3												
	--												
	t												
ac. ma o	1												
	2												
	3												
	--												
	t												

FIG. VI

queña o nula la flexibilidad entre dos o más "grupos de intercambiabilidad de producción", para un cambio de estructura realizado de forma que se pretenda aumentar la producción de uno de los "grupos de intercambiabilidad de producción", a base de disminuir el programa del otro grupo.

Resumiendo, habremos obtenido la flexibilidad de empresa de los tipos de producto, en las dos estructuras básicas consideradas: variación máxima factible del programa de un tipo de producto determinado correspondiente a cada "grupo de intercambiabilidad de producción" y, variación máxima factible del programa de todos y cada uno de los tipos de productos comprendidos en cada "grupo de intercambiabilidad de producción".

Efecto de la consideración de los "STOCKS INTERMEDIOS" sobre los valores de flexibilidad

En lo expuesto hasta aquí sobre evaluación de la flexibilidad de fabricación en una empresa, no se ha considerado la existencia de stocks intermedios de fabricación.

El efecto que los stocks intermedios de fabricación tienen sobre la flexibilidad de fabricación de una empresa puede ser tanto cualitativo como cuantitativo.

El efecto cualitativo se debe a que la existencia de estos stocks puede hacer variar la composición de los "grupos de intercambiabilidad de producción", incluyendo en los mismos otros tipos de productos que se diferencian en algún elemento con gran rigidez de fabricación o aprovisionamiento. Este efecto nos lleva a que al existir, dentro de los tipos de productos correspondientes a una misma característica, una gran intercambiabilidad de elementos, la existencia de unos stocks intermedios de elementos no comunes hace que la mayoría de los tipos de productos comprendidos dentro de una misma característica, puedan ser incluidos en un mismo "grupo de intercambiabilidad de producción" al que se puede aplicar la hipótesis "variación máxima por tipo de producto".

El efecto cuantitativo consiste en que la existencia de stocks intermedios de determinados elementos que organizan "colas" de fabricación o aprovisionamiento pueden hacer variar muy notablemente la flexibilidad claculada sin haberlos tenido en cuenta, puesto que se ha dicho que la flexibilidad de empresa de un tipo de producto era la del elemento que tuviese menor valor de flexibilidad.

Ante la gran influencia que pueden tener los stocks intermedios sobre la cuantificación de la flexibilidad de empresa, es aconsejable estudiar los stocks intermedios óptimos que deben poseerse.

Conclusiones

Queda definida la flexibilidad de empresa como la capacidad que posee una unidad, o conjunto coordinado de unidades fabriles, de cambiar en una cierta cuantía y con una cierta antelación, un programa de fabricación previamente establecido.

Esta flexibilidad depende de una serie de factores intrínsecos, tales como "la naturaleza de la mano de obra, de las instalaciones, organización interna y composición del producto", y también de factores extrínsecos a la empresa derivados de la necesidad de dependencia de unas empresas de otras.

Aunque la cuantificación de estos factores puede realizarse midiéndolos mediante técnicas ingenieriles mas o menos teóricas, hemos expuesto la metodología a seguir para realizar una evaluación suficientemente aproximada de la flexibilidad por medio de datos estimados por los principales responsables de la empresa, que pueden ser ajustados por aproximaciones sucesivas.

La combinación adecuada de estos datos permitirá llegar

a la cuantificación de la flexibilidad de una empresa en los supuestos de "variación máxima por tipo" y "variación máxima por grupo de productos".

Finalmente, hemos recogido ya algunos aspectos de la problemática de la Gestión de Stocks, que requerirán un mayor desarrollo posterior.

CALCULO DEL COSTE DE FLEXIBILIDAD

Al estudiar la flexibilidad de empresa hemos visto que no solamente influye el concepto de coste, sino también el de cantidad existente de la misma. Ambos temas tienen una importancia y extensión tal que justifican tratarlos separadamente.

Por supuesto no son dos temas independientes sino que el coste de flexibilidad corresponde a una cantidad de la misma. La importancia de la cantidad radica en que es limitada, como veremos mas adelante, y la determinación del límite máximo de la misma es de gran interés en el cálculo del stock de seguridad óptimo. Seguidamente tratamos cada uno de los puntos mencionados.

Factores influyentes en el coste de flexibilidad

Una situación de constantes cambios de programa de producción producirá una cierta desorganización de la empresa que probablemente provocará un aumento de los costes directos de fabricación, principalmente, así como un exceso de dedicación de los mandos de la empresa, que les reducirá el tiempo para realizar proyectos a más largo plazo.

Para estudiar el coste de flexibilidad de una empresa y su plausible evolución en un futuro, habremos de comenzar por analizar los factores que influyen en este coste.

El coste de flexibilidad de empresa depende, a nuestro juicio, de factores diversos y de entre ellos los más generales

son: Nivel de ocupación. Adaptabilidad de instalaciones.
Aprovisionamiento de urgencia y Stocks intermedios.

Nivel de Ocupación

Entendemos por nivel de ocupación el porcentaje de producción efectivamente realizado por unas instalaciones respecto a su capacidad de producción máxima.

Fácilmente se deduce que la capacidad de producción se encontrará limitada por la mano de obra y por las instalaciones.

Dada la idiosincracia del mercado nacional de mano de obra, en la empresa española pueden representarse dos casos, según que la producción media mensual se realice dentro de la jornada normal de trabajo, o, que siendo deficitaria dicha jornada, se realice con auxilio de prolongación de jornada.

- Cuando la producción se realiza empleando, de forma general, la prolongación de jornada, la utilización de la flexibilidad de fabricación no dará lugar a coste de flexibilidad por este concepto, puesto que la utilización de la misma provocará, simplemente, que unos meses se realicen mayor número de horas fuera de jornada que otros. La especial estructura en nuestro país del coste de la mano de obra lleva consigo el que las horas de trabajo fuera de jornada normal tengan un coste hora menor al de las horas de jornada normal, lo cual hace disminuir el coste directo de fabricación, sin influir, por tanto, en el coste de flexibilidad.
- Cuando la producción se realiza dentro de la jornada normal de trabajo, la utilización de la flexibilidad de fabricación provoca un coste debido

a la cuantificación de la flexibilidad de una empresa en los supuestos de "variación máxima por tipo" y "variación máxima por grupo de productos".

Finalmente, hemos recogido ya algunos aspectos de la problemática de la Gestión de Stocks, que requerirán un mayor desarrollo posterior.

Cálculo del Coste de Flexibilidad

Al estudiar la flexibilidad de empresa hemos visto que no solamente influye el concepto de coste, sino también el de cantidad existente de la misma. Ambos temas tienen una importancia y extensión tal que justifican tratarlos separadamente.

Por supuesto no son dos temas independientes sino que el coste de flexibilidad corresponde a una cantidad de la misma. La importancia de la cantidad radica en que es limitada, como veremos mas adelante, y la determinación del límite máximo de la misma es de gran interés en el cálculo del stock de seguridad óptimo. Seguidamente tratamos cada uno de los puntos mencionados.

Factores influyentes en el coste de flexibilidad

Una situación de constantes cambios de programa de producción producirá una cierta desorganización de la empresa que probablemente provocará un aumento de los costes directos de fabricación, principalmente, así como un exceso de dedicación de los mandos de la empresa, que les reducirá el tiempo para realizar proyectos a más largo plazo.

Para estudiar el coste de flexibilidad de una empresa y su plausible evolución en un futuro, habremos de comenzar por analizar los factores que influyen en este coste.

El coste de flexibilidad de empresa depende, a nuestro juicio, de factores diversos y de entre ellos los más generales

al empleo de prolongación de jornada por este motivo.

La estacionalidad de las ventas a lo largo del año puede dar lugar a que el nivel de ocupación mensual deba ser variable a lo largo del año, por lo que es factible que a lo largo del mismo se den en una misma empresa los dos casos comentados.

Cuando la estacionalidad de las ventas de una empresa adquiera suficiente entidad como para que el nivel de producción constante a lo largo de un año no sea la solución más rentable, se dará, por una parte, la necesidad de definir una estrategia de producción óptima a lo largo del año que defina el nivel de producción mensual y, por otra parte, a que este nivel, variable en los diferentes meses del año, provoque posiblemente un coste de flexibilidad en determinadas épocas del año.

Adaptabilidad de instalaciones

Entendemos por adaptabilidad de instalaciones la posibilidad de absorción de un cambio de programa mediante una sencilla puesta a punto de las instalaciones.

Su coste será el de la citada puesta a punto cuando la frecuencia del cambio de programa sea del mismo orden o inferior al lote económico de fabricación, en aquellas máquinas o instalaciones que no sean universales.

Esto es, si consideramos un cambio de programa de frecuencia máxima mensual, en aquellas instalaciones de lote económico superior a un mes, se generará, probablemente, coste de flexibilidad por este concepto.

Por el concepto de amortización de instalaciones no existirá coste de flexibilidad. Ello es así porque el objetivo perseguido al utilizar la flexibilidad de fabricación es la

producción de los productos más próximos al momento de la venta, reduciendo por tanto el stock medio a poseer, pero produciendo en total a lo largo del año, el mismo número de unidades.

En resumen se utilizarán el mismo número de horas de instalación a lo largo del año, pero en momentos diferentes, de cara a conseguir menores stocks.

Aprovisionamiento de urgencia

El aprovisionamiento de urgencia por parte de los proveedores surgirá, en un cambio de programa, cuando los stocks intermedios de la empresa sean insuficientes.

Su coste estará formado por el incremento de costes de la compra, en caso de que existan, y los costes extraordinarios de gestión de la misma.

El coste de aprovisionamiento de urgencia, en cuanto al coste extra de compra de materiales, puede tener gran importancia para determinados productos del mercado nacional cuya capacidad resulta, en momentos de euforia de la economía nacional, inferior a la demanda.

Por otra parte, el tema tiene fuertes implicaciones de política de aprovisionamiento, dado que la utilización de un precio superior para los aprovisionamientos de urgencia podría tener consecuencia de alza de los mismos.

Así pues, la flexibilidad de aprovisionamiento puede tener una fuerte influencia en la flexibilidad de empresa, por lo que el aprovisionamiento de urgencia debe ser objeto de un estudio profundo, pero no independiente de la política general de aprovisionamientos.

Stocks Intermedios

Llamaremos stocks intermedios a los constituidos por las empresas con destino a facilitar la flexibilidad de empresa necesaria en el proceso integral de optimización de la compra, producción y comercialización.

Están constituidos por materias primas, productos semielaborados y productos en curso de fabricación.

En consecuencia, en el estudio de gestión de stocks de productos para la venta, estos stocks intermedios deben ser considerados como un coste de flexibilidad de empresa y constituirán una inversión de circulante industrial, que deberá tratarse como un coste adicional de posesión.

Algunos de estos stocks intermedios estarán destinados a optimizar el ciclo de fabricación, minimizando el tiempo de parada de máquinas e instalaciones y de los costes de su puesta a punto.

En estos casos, en que su necesidad se deriva del proceso productivo propiamente dicho, puede beneficiarse la flexibilidad de fabricación utilizada en la gestión de stocks, pero no deben cargarse a ésta sus inversiones correspondientes.

Vista así la influencia de los stocks intermedios en el coste de flexibilidad se plantea el problema de la determinación de los stocks intermedios óptimos. Estos stocks pueden ser más o menos elevados, pero si están muy desequilibrados entre sí, su influencia en el incremento de flexibilidad puede ser despreciable y sólo tienen razón de ser como seguro contra las eventualidades de producción que puedan surgir dentro de las unidades diferenciadas de producción.

La determinación de stocks intermedios óptimos es problema de la gestión integrada de stocks que pretende optimizar los mismos en sus diferentes niveles de aprovisionamientos, productos en curso de fabricación y productos terminados, a base de minimizar el coste total de la gestión de compra, producción y comercialización.

Aparece así la necesidad de determinar la estructura óptima de stock en la empresa, bajo una consideración integrada de empresa.

El criterio en que debe basarse la determinación de esta estructura óptima de stocks es el de coste total mínimo de la gestión. Este coste total será la suma de los costes de rotura de stocks, posesión y flexibilidad.

Para cada estructura de empresa corresponde un coste total mínimo de gestión, y aquella estructura que proporciona el valor mínimo entre estos mínimos será la estructura óptima.

Una vez determinada la estructura óptima habrá que considerar el coste del cambio de la estructura de una empresa a la así determinada, y así, considerar la oportunidad de este cambio, la permanencia de la estructura de la empresa en ese momento, o bien, la evolución hacia una intermedia.

Un cambio de este tipo, no cabe duda, llevará consigo una serie de problemas, pero como contrapartida tendremos un lado positivo en la disminución sensible del stock de seguridad óptimo a poseer para un mismo servicio de atención al mercado.

También debemos añadir, en muchos casos, un ejemplo de gran importancia psicológica sobre el mercado, como consecuencia de disminuir el número de productos terminados en

stocks de seguridad y dado que el resto del mismo estará constituido por elementos componentes, materiales en curso de fabricación y aprovisionamiento de materias primas, quedando así ignorada su verdadera importancia para personas de dentro y fuera de la empresa, a las cuales se les dará la impresión de poseer un stock más bajo que el verdadero.

Un trabajo previo a la determinación de la estructura óptima de stocks de una empresa, consistirá en conocer el grado de homogeneidad de sus productos. Es frecuente que entre los diversos productos, o tipos de producto, que se fabrican en una misma empresa, existan grupos de ellos que se componen por elementos idénticos, o poco diferenciados desde el punto de vista del proceso productivo.

Así pues, la estructura óptima de los stocks dependerá de la homogeneidad de los componentes de los productos o tipos de productos fabricados por la empresa.

Factores influyentes en la cantidad de flexibilidad

Cuando realizamos el análisis de los factores que influyen en la cantidad de flexibilidad de empresa, decíamos que ésta era la resultante de las flexibilidades parciales de fabricación y de aprovisionamientos. La cantidad de flexibilidad de empresa máxima existente, decíamos también, que estaba limitada por las colas correspondientes, bien de la mano de obra, de las instalaciones o de los aprovisionamientos.

Apuntábamos como suficiente para un estudio previo, la estimación de la cantidad de flexibilidad de fabricación en porcentajes referidos a la producción de determinado periodo, generalizado a un mes. Pero en la fase de implantación esta cantidad de flexibilidad deberá ser calculada directamente en forma de productos factibles de producir adicionalmente y actualizar estos cálculos periódicamente.

De todo ello se desprende la necesidad de estudiar profundamente la cantidad de flexibilidad existente en cada momento, para los próximos meses, en función del nivel de ocupación que nos vendrá determinado por el programa de producción vigente.

Esta flexibilidad deberá ser calculada directamente teniendo en cuenta, por una parte, el potencial de instalaciones y mano de obra disponibles, y, por otra, la flexibilidad de aprovisionamiento existente en cada momento. Ambas flexibilidades deberán interrelacionarse con arreglo al PERT de producción de cada producto.

Por tanto aparece la necesidad de realizar un estudio del procedimiento objetivo de cuantificación de la flexibilidad, una vez se haya definido la estructura óptima de la empresa.

Pasamos seguidamente a tratar, separadamente, los dos conceptos de cuya integración resulta la flexibilidad de empresa.

Flexibilidad de fabricación

Hemos dicho que la cantidad máxima de flexibilidad de fabricación está limitada por las colas que se ocasionan en instalaciones o mano de obra existentes en algunos o algún componente correspondiente a cada producto.

Por tanto para incrementar la flexibilidad de fabricación es evidente que no será necesario ampliar en la misma medida cada uno de estos medios. Observaremos que pueden obtenerse importantes aumentos de flexibilidad de fabricación actuando sobre puntos muy específicos de la instalación de la empresa.

Es pues, un problema de rentabilidad de inversiones a largo plazo, la eliminación de estas colas que limitan la flexibilidad de fabricación. Problema éste que comporta consideraciones a largo plazo que salen del contexto de la Gestión de Stocks y contempla otros aspectos importantes y muy varios.

No obstante, el planteamiento del problema de inversiones a largo plazo deberá considerar la disminución del stock de seguridad de productos terminados, que provocaría un aumento en la flexibilidad de fabricación.

Vemos así que no siendo un problema de gestión de stocks, ésta influye en el mismo y se beneficia de sus resultados.

Por último, hemos de tener presente que el incremento útil de flexibilidad de fabricación estará limitado por la máxima flexibilidad de aprovisionamiento cualificable para cada momento, de forma que, pasado este límite tal incremento constituirá un derroche de medios.

Flexibilidad de aprovisionamiento

Antes de profundizar en la flexibilidad de aprovisionamientos, hemos de señalar que en los estudios de Gestión de Stocks no entran algunas clases de aprovisionamiento, que a veces existen en las empresas, como son: Stocks especulativos y Stocks estratégicos.

Los stocks especulativos tienen su razón de ser en condiciones de inflación de precios, y alrededor de ellos han existido siempre y existen grandes negocios. Los stocks estratégicos surgen al poseer instalaciones con gastos fijos muy importantes cuya parada trae consigo enormes costes.

Hecha esta aclaración, diremos que la flexibilidad de aprovisionamiento máxima obtenible deberá ser definida dentro del marco de la Política de Aprovisionamiento de las empresas, que a su vez estará condicionada con las de Producción y Comercialización, dentro del marco de la Gestión Integrada de Stocks.

La normativa a aplicar a las diferentes clases de aprovisionamientos no puede ser única, dado que se presentará una abundante casuística. Una primera clasificación de los aprovisionamientos de una empresa nos llevaría a tres grandes grupos: nacionales con capacidad de producción limitada por parte de los proveedores, nacionales sin limitación y de importación.

Los aprovisionamientos nacionales en que la capacidad de producción por parte de los proveedores es limitada, motivan en momentos álgidos de producción nacional, las consabidas colas en la producción de las empresas ofertadas. La forma de obrar en estos casos no puede estar basada, exclusivamente, en la posesión, por parte de la empresa, de unos stocks de los mismos, sino que debe ser la resultante de una serie de consideraciones, especificadas para cada caso, adicionales al almacenamiento de los mismos.

Los aprovisionamientos nacionales sin limitación de capacidad de producción constituyen un grupo fluido, sin que por ello pueda desecharse el caso del material que hasta un cierto momento no había tenido problemas pase mas tarde a tenerlos, por múltiples causas. El tratamiento de este grupo indudablemente tiene menores dificultades que el anterior.

Los aprovisionamientos de importación pueden constituir las colas de producción en ciertas empresas. Cuando se trata de materiales con bajo precio relativo, cabe pensar en la formación de stocks que permitan la flexibilidad apetecida, pero si se trata de materiales de alto precio, esta táctica

tica puede representar un serio handicap para la empresa. Además en estos aprovisionamientos se sufre la coyuntura de los países en que se compran, con incidencias muy variadas.

Ante este programa de aprovisionamientos que se traduce, generalmente, en una pequeña flexibilidad de aprovisionamiento a corto plazo, debe actuarse con arreglo a una política coordinada de empresa. La definición de los términos en que debe establecerse tal política supera el enfoque de la gestión de stocks, incluyendo además los de calidad, precio y relaciones con los proveedores.

Pero si hemos de señalar aquí, la necesidad de que tal política coordinada de compras, al conjugar los diferentes factores que influyen en la misma, sopesa correctamente los beneficios que para la gestión de stocks se derivan de un incremento de la flexibilidad de los mismos, obtenibles quizá a base de un incremento de precios o de unas condiciones de pago menos favorables.

Políticas de participación accionaria en los proveedores que trabajan materiales de capacidad de producción limitada, contratos de compra que contemplen una buena flexibilidad de aprovisionamientos, financiamiento de stocks de primeros materiales a empresas proveedoras clave, amplia prospección de mercados nacionales y de importación, investigación sobre elementos sustitutivos con mayor facilidad de aprovisionamiento etc., serían de gran importancia desde el punto de vista de la gestión de stocks, y que deben ser considerados en la Política de Aprovisionamientos, coordinada con la Gestión Integrada de los Stocks de la empresa.

Conclusiones sobre flexibilidad de la empresa

Examinada la problemática de la flexibilidad de empresa, en su doble vertiente de coste y cantidad, se justifica la

necesidad que cada empresa tiene que conocer:

- Su coste de flexibilidad en un momento dado y posible evolución futura.
- Nivel de ocupación óptimo
- Posibilidad y coste del aprovisionamiento de urgencia
- Estructura óptima de stocks bajo una consideración integrada de empresa.
- Grado de homogeneidad de los componentes de sus productos.
- Procedimiento más apto para determinar la cantidad de flexibilidad de fabricación en la empresa.
- Posibilidad de establecer una Política de Aprovisionamientos coordinada con la Gestión Integrada de los stocks de la empresa.

LA ROTURA DE STOCKS

Vamos a analizar seguidamente el segundo de los factores, que mencionábamos en el capítulo I de esta parte, de la triada básica a analizar para definir el Stock de Seguridad óptimo de productos terminados: el coste de la rotura de stocks.

Siguiendo la línea del capítulo anterior, realizaremos una exposición breve, pero rigurosa, de la problemática que encierra el concepto de coste de rotura de stocks y exponemos una posible metodología para llegar a cuantificarlo.

Concepto de Rotura de Stocks

Llamamos coste de rotura de stocks al que se produce en toda empresa, en el momento que no puede ser atendido un pedido por falta de existencias.

Definición de los factores principales

Al tratar de cuantificar el coste de la rotura de stocks nos encontraremos con que ello dependerá de cuatro factores principales:

- Coste unitario de la rotura de stocks
- Intercambiabilidad comercial entre diferentes productos
- Calidad del servicio al cliente
- Probable número de productos perdidos de vender

Coste unitario de rotura de stocks

Este primer factor del coste de rotura de stocks, a su vez, comprende los siguientes conceptos:

- Menos ingresos por los beneficios, amortizaciones y gastos generales incluidos en el coste de cada producto cuya venta se ha perdido.
- Pérdida temporal de clientes.
- Pérdida definitiva de clientes.
- Pérdida de prestigio de la empresa en el mercado.

De todos estos conceptos solamente el primero aparece como fácilmente cuantificable. Los restantes son también factibles de cuantificar aunque el proceso correspondiente resulta más laborioso.

En muchas empresas es frecuente que para el valor del stock de seguridad óptimo resultante, la importancia de los tres últimos conceptos frente al primero sea despreciable, hecho que lleva en tales casos a tomar únicamente éste como representativo del coste unitario de la rotura de stocks.

Intercambiabilidad comercial entre diferentes productos

Diremos que entre dos productos existe intercambiabilidad comercial cuando un Cliente acepta un producto en lugar del que había pedido, por no poseerse éste último en stock, en condiciones de mercado de demanda, y con satisfacción del Cliente.

El fenómeno de intercambiabilidad comercial tiene gran influencia en la Gestión de Stocks, cuando el mismo exis

te, al permitir reducir los stocks de seguridad para el mismo grado de atención al cliente y siempre que se cumpla que el grado de error de la previsión de ventas sea menor para el conjunto de los productos intercambiables que por cada uno de los productos que comprende.

Llamaremos grupos de intercambiabilidad comercial al conjunto de productos que poseen intercambiabilidad comercial entre sí.

Según lo expuesto, la intercambiabilidad comercial ha de producirse con satisfacción del Cliente, factor que con cierto margen y en muchos productos puede manejar el vendedor, pero cuando los productos son bastante diferenciados el dominio del vendedor disminuye notablemente.

Calidad de Servicio al Cliente

Llamaremos así al grado de satisfacción de la demanda de productos en cuanto al número de ventas realizadas respecto al total de los pedidos en firme.

Para medir el grado de satisfacción tenemos distintos criterios de calidad de servicio, entre ellos: plazo medio de espera del cliente, porcentaje de clientes satisfechos, porcentaje de productos servidos respecto a los que han sido pedidos.

Para proporcionar tal satisfacción al cliente necesitamos poseer un stock de seguridad de productos, o una estructuración de la producción que nos proporcione tales productos en el momento preciso. Este stock será tanto más grande cuanto mayor sea la calidad de servicio que se desee proporcionar.

Aparece así la circunstancia de que un incremento en la calidad de servicio al cliente obliga a la empresa a incrementar su circulante por el concepto de stock de seguridad.

El balance económico entre los costes de posesión, de rotura de stocks y de flexibilidad de empresa nos proporcionará la calidad de servicio óptima desde un criterio estrictamente económico. Este enfoque nos permite pasar del concepto altruista de servicio al cliente al de óptimo económico, donde se posee un stock de seguridad por un concepto estricto de rentabilidad.

Probable número de productos perdidos de vender

Este factor representa el número de productos que, por unidad de tiempo, son perdidos de vender debido a que el plazo de entrega de la empresa es superior al de espera de los clientes.

La índole probabilística de este factor reside en su íntima relación con la demanda, de modo que al ser ésta sometida en parte a una fluctuación aleatoria existe una gama de posibilidades de que la demanda adopte una serie de valores determinados.

Adoptado un programa de producción determinado y teniendo en cuenta los stocks existentes, el número probable de productos perdidos de vender por unidad de tiempo, es igual a la esperanza matemática de que la demanda supere tales productos disponibles para vender durante el plazo de entrega al cliente.

Así pues, necesitaremos conocer la distribución de probabilidades de la demanda para el futuro próximo que la Gestión de Stocks contempla, y por tanto ello nos conducirá a la necesidad de poseer una previsión probabilística de la demanda para los próximos meses al momento contemplado.

La previsión probabilística de ventas es clave en el estudio de Gestión de Stocks puesto que, a partir de ella y el coste unitario de rotura de stocks, se calcula el coste

total de rotura de stocks en el periodo de realización del estudio económico que sirve de base para determinar el stock de seguridad óptimo.

La necesidad de previsiones a corto plazo, únicamente, se debe a que a efectos de la Gestión de Stocks la optimización que se busca corresponde al plazo que compromete a la empresa frente al mercado, de forma que los errores de previsión que se producen se manifiestan en perjuicios económicos para la misma. Estos perjuicios pueden derivarse de uno o varios factores de los ya citados: coste de rotura, coste de flexibilidad y coste de posesión.

Los compromisos que la empresa tiene a mayor plazo, relativos a instalaciones y personal, no son datos fundamentales para un estudio de gestión dentro de la problemática de stocks cuyo objetivo es el de optimizar la situación planteada por una estructura concreta.

Sin embargo, son los estudios de estructura de empresa aquellos que nos mostrarán la estructura más ventajosa para una empresa, entre dos determinadas. En estos casos se compara el stock de seguridad resultante de las dos hipótesis.

Finalmente hemos de añadir, que la influencia del "grado de cumplimentación del programa" en el "probable número de productos perdidos de vender" se manifiesta en que en lugar de tomar como base, para calcularlo, la distribución del error de la previsión de ventas, debemos tomar una distribución suma de ésta más la de cumplimentación del programa. Cuanto mayor desviación tenga la cumplimentación del programa mayor tendrá que ser el stock de seguridad óptimo a poseer.

Queda así visto el efecto cualitativo y el camino matemático para tener en cuenta el grado de cumplimentación del programa.

Análisis del coste de la rotura de stocks

Antes de establecer la fórmula que nos cuantifique el coste de rotura de stocks en función de los factores que hemos visto y de los cuales depende, hemos de añadir que el factor coste unitario de rotura de stock lo haremos depender únicamente del concepto "menos ingresos", adoptando la hipótesis de que los restantes conceptos serán pequeños respecto al valor así calculado para el stock de seguridad así resultante. No en todos los casos esta hipótesis será real, y al ser los restantes conceptos difíciles de cuantificar, puede así resultar no cuantificable el coste de rotura de stock.

En casos así podríamos acudir al método de adoptar como valor de calidad de servicio el estimado para cada producto vendido y calcular en función del mismo el stock de seguridad correspondiente.

Así pues analizaremos los valores posibles, para cada uno de los factores de que depende el coste de rotura de stock exponiendo una posible metodología a seguir para calcular dicho coste en base de una conjunción de dichos valores.

Coste unitario de rotura de stocks

Adoptamos la hipótesis de que el coste unitario de rotura de stocks coincide con el menor ingreso resultante de los conceptos de beneficios, amortizaciones y gastos generales incluidos en el precio del producto, por el hecho de perder su venta por falta de disponibilidad del mismo. Prescindimos así de los restantes conceptos incluidos en el coste unitario de rotura de stocks, como son: pérdida temporal de clientes y pérdida de prestigio de la empresa en el mercado.

Esta hipótesis es perfectamente válida si el stock de seguridad óptimo corresponde a calidades de servicio al cliente altas, es decir, para un número grande de clientes servidos, lo cual hará que resulte despreciable la importancia económica de los factores no considerados en el coste de rotura de stocks, puesto que al ser proporcionalmente pocos los clientes no atendidos, puede también atribuirse, en gran parte, a fallos que se dan en todos los negocios y que carecen de importancia relativa ante una gran mayoría de clientes atendidos.

Así pues el coste unitario de la rotura de stocks vendrá determinado por los conceptos siguientes:

- Beneficio unitario por producto.
- Incidencia de las amortizaciones por producto.
- Cuota de gastos generales por producto.

Intercambiabilidad comercial entre diferentes productos

El fenómeno de intercambiabilidad comercial es, en general, un fenómeno de grado. Con esto queremos decir que pueden existir grupos de productos en que la mayoría de las veces son intercambiables entre sí y sin embargo en la mayoría de tipos de productos no existen intercambiabilidades tan claras.

Se considerarán, por tanto, intercambiabilidades comerciales únicamente las que claramente resulten así, es decir, cuando exista una probabilidad superior al 90% pongamos por caso, de que un cliente adquiera un producto en lugar de otro que había pedido. Las intercambiabilidades no tan claras entre tipos de productos no se tendrán en cuenta, con lo cual actuarán como un factor de seguridad contra pérdidas de ventas, de forma que en caso de

producirse una rotura de stocks todavía tenemos alguna probabilidad de vender otro tipo de producto que si se posee.

Dentro de la intercambiabilidad comercial, ya definida, encontraremos dos tipos diferentes que habremos de considerar:

Intercambiabilidad comercial total entre dos productos, cuando la posibilidad de poder vender cualquiera de ellos en lugar del otro que no se posee se dá en las condiciones dichas.

Intercambiabilidad comercial unidireccional de un producto respecto a otro, cuando un cliente pide el primero de los productos que no se posee y es muy probable venderle el segundo de los productos en su lugar, y sin embargo, no es posible venderle el primero si no poseemos el segundo de los productos.

Estas dos hipótesis de intercambiabilidad habrán de tenerse presente para definir los grupos de intercambiabilidad que pueden formarse con los productos de cada empresa, en una consideración de mercado de demanda.

Juzgamos factible que los ejecutivos de ventas, con el debido asesoramiento de los técnicos del producto, puedan efectuar la estimación de la intercambiabilidad comercial existente entre los productos de una empresa, en unas condiciones de capacidad de producción superior a la demanda, es decir, de mercado de demanda, que son en las que tiene sentido este tipo de estudios.

Como resultado de estas estimaciones de intercambiabilidad comercial, nos encontraremos que los productos de una empresa quedarán incluidos en alguno de los apartados siguientes:

- a) Grupos con intercambiabilidad total entre los productos comprendidos en cada grupo.
- b) Grupos con intercambiabilidad direccional entre los productos comprendidos en cada grupo.
- c) Restantes productos, en los que no puede considerarse intercambiabilidad comercial en condiciones de mercado de demanda, por lo que podríamos decir que cada producto forma, por si solo, un grupo de intercambiabilidad comercial.

La evolución de los productos, así como las necesidades del cliente, a lo largo del tiempo, será motivo de cambios en los grupos de intercambiabilidad comercial determinados en un momento dado, y por tanto, deberán actualizarse tales grupos periódicamente.

Criterio de calidad de Servicio al Cliente

El criterio de servicio a utilizar en cada empresa, será diferente y en función de que exista plazo de entrega al cliente, o no. Las esperas de los clientes o plazos de entrega pueden existir por las causas siguientes:

- No hay en el mercado otro producto similar, debiendo los clientes esperar mientras exista su necesidad.
- Existen productos similares en la competencia pero también sujetos a plazo de entrega.

Aparece así la competencia con primordial importancia en la determinación de la calidad de servicio a poseer y en el criterio para medirla.

De esta forma, en aquellos productos con fuerte competencia, el plazo de entrega al cliente deberá ser muy reducido, e incluso nulo; el criterio para medir tal calidad podrá ser el porcentaje de ventas realizados sobre el total de la cartera de pedidos en firme.

Para los productos sin competencia o en los que ésta tiene plazos de espera, dichos plazos deberán ser los mismos, puesto que al tener todos los fabricantes plazos parecidos, éste no será un factor de pérdida de ventas, aunque, por supuesto, tendremos en él una variable de acción comercial respecto a la competencia. En este segundo caso, con plazo de entrega no nulos, el criterio más adecuado de calidad de servicio es el plazo de espera del cliente.

En consecuencia, serán utilizados todos los criterios de calidad de servicio al cliente siguientes:

- Para aquellos productos cuyo plazo de entrega deba ser nulo por las condiciones de la competencia, adoptaremos el criterio del porcentaje de ventas realizados en el acto sobre el total de pedidos en firme.
- Para aquellos productos que la competencia permita poseer plazo de entrega adoptaremos el plazo medio de espera del cliente.

Parece probable que la estrategia comercial de las empresas tienda al plazo de entrega inmediato y por ello provocará, lógicamente, un incremento del stock de seguridad necesario de poseer.

Por ser éste un factor muy importante en la determinación de la cuantía del stock de seguridad a poseer, es aconsejable la realización de un estudio riguroso, con actualización periódica, del plazo de espera del cliente.

Probable número de productos perdidos de vender

Procedemos seguidamente a exponer la posible cuantificación de este factor en la hipótesis de que el plazo de entrega al cliente es nulo.

En estas condiciones el probable número de productos perdidos de vender será la esperanza matemática de que la demanda supere los productos dispuestos para la venta en un periodo determinado, constituidos por los productos fabricados en este periodo más el stock existente. Expresión que puede ponerse de la siguiente forma:

$$E(OF) = \sum_{D=OF}^{D=\infty} (D-OF) \cdot p(D)$$

an la que:

$E(OF)$ es la esperanza matemática de que la demanda supere a la oferta OF , en el periodo considerado.

OF es el número de productos ofertados en el periodo, constituido por la producción del periodo más el stock existente.

D es la demanda real del periodo.

$p(D)$ es la probabilidad de que la demanda del periodo adopte el valor D .

En el caso de que el plazo de entrega no sea nulo, el probable número de productos perdidos de vender se corresponde también con la esperanza matemática de demanda no satisfecha para calcular en cual debemos conjugar la previsión probabilística de ventas con la distribución del plazo de espera del cliente.

Vemos que es preciso poseer la previsión probabilística de ventas de cada producto para cada uno de los periodos que comprende la gestión de stocks.

Frecuentemente, en caso de gestión de stocks, se calcula la previsión de ventas necesarias para la misma en los próximos periodos, extrapolando el pasado, utilizando métodos adecuados en cada caso, como medias móviles, alisado exponencial etc. (1)

Hemos de señalar que este último procedimiento no podrá ser adoptado cuando los datos de tiempo pasado son de corta vida, y por tanto, no utilizables estadísticamente, o bien, corresponden a una situación de mercado de oferta, y por consiguiente, no válidos para el único caso que la posesión de stock de seguridad tiene sentido que es el mercado de demanda. Para productos en que la coyuntura económica tiene gran influencia, tampoco resulta válido calcular la previsión probabilística de ventas únicamente en base de extrapolar datos del pasado, aún cuando sea para un corto periodo inmediato.

La previsión de la demanda a largo plazo nos la ha de facilitar un estudio de mercadotecnia realizado con rigor y aplicación de las técnicas más adecuadas a cada empresa por sus productos.

Seguidamente habremos de desarrollar un proceso de previsión de la demanda a corto plazo que conjugue adecuadamente la extrapolación del pasado por los métodos matemáticos más aconsejables, con la perspectiva coyuntural en cada momento, si es el caso, y todo ello, dentro del marco de la previsión de la demanda a largo plazo, previamente realizada.

(1) Cramer. "Mathematical Methods of Statistics, Pag. 508, trata el problema por el teorema de Bayes.

Así expuesto cuanto antecede, el factor de "probable número de vehículos perdidos de vender" dependerá de la distribución del error de la previsión de ventas y del grado de cumplimentación del programa.

La distribución del error de la previsión de ventas, es uno de los factores más importantes que influyen en la cuantía del stock de seguridad a poseer y por tanto es necesario realizar las previsiones de venta a corto plazo lo más afinadas posible.

Desde el punto de vista de predicción, la previsión de ventas tiene un grado de error diferente según el grado de agregación que se contemple. Con esto queremos decir que en la previsión de ventas, en un periodo determinado, para un producto de mucha venta, cabe pensar en un cierto porcentaje de error, en la misma previsión para un producto de escasa venta el error puede ser mucho mayor.

Este planteamiento nos conduce a que, aunque se realicen previsiones de ventas lo más afinadas posibles, el grado de error de los mismos será menor cuanto mayores conjuntos de productos contemplemos.

Por ello, parece aconsejable estructurar el programa de producción, de forma que lleve consigo la factibilidad del cambio por productos, dentro de la previsión realizada para una determinada agrupación de los mismos.

En cuanto al grado de cumplimentación del programa, habíamos sentado la hipótesis de que era exacto: no obstante, hay que considerar que pueden existir razones que motiven la falta de cumplimentación del programa, entre otros: huelgas propias o de la industria auxiliar, puesta a punto de fabricación y falta de cumplimentación de los pedidos a proveedores.

De todas estas razones, merece destacar la de falta de cumplimentación de pedidos por los proveedores, y por ello, se ha dicho, que es necesario el planteamiento de una Política de Aprovisionamientos desde el punto de vista de Gestión Integrada de Stocks y para la estructura de stocks que se defina.

Cálculo del coste de la rotura de Stocks

Resumiendo cuanto hemos expuesto sobre la rotura de stocks, podemos decir que para cada valor adoptado por los cuatro factores estudiados, tendremos un valor del coste de rotura de stocks.

Para un cierto periodo de tiempo la intercambiabilidad comercial aceptada por el cliente es fija y para una estructura determinada de empresa también permanecerá constante el coste unitario de rotura de stocks.

La calidad de servicio al cliente está relacionada biunívocamente con el valor de la oferta; número de productos perdidos de vender por unidad de tiempo, solamente depende de la oferta, puesto que la distribución estadística de la demanda en el periodo dependiente únicamente de condiciones exteriores a la empresa puede considerarse fija durante el mismo.

Todo ello nos lleva a que

- Para un cierto periodo de tiempo en que permanezcan constantes las condiciones externas de la empresa.
- Y para una estructura determinada de empresa.

el coste de rotura de stocks solamente depende de la oferta

y podremos formularlo de la siguiente manera:

$$C_R = C_{RU} \sum_{D=OF}^{D=\infty} (D-OF) \cdot p(D)$$

en que:

OF es el número de productos ofertados en el periodo: producción más stock existente.

D es la demanda real en el periodo

P(D) es la probabilidad de que la demanda del grupo de productos de intercambiabilidad comercial adopte el valor D.

CRU es el coste unitario de rotura de stocks.

y que nos muestra nuestra aseveración de que el coste de rotura de stocks solamente depende de los productos ofertados, variable respecto a la cual derivaremos al realizar el estudio económico para determinar el stock de seguridad óptimo.

Hemos de señalar que el valor $p(D)$ que utilizamos en la formulación anterior, se refiere a la probabilidad de la demanda de cada grupo de productos intercambiados comercialmente. Consecuentemente, el stock de seguridad se calcula inicialmente para cada grupo y posteriormente se dividirá tal valor entre cada uno de los productos que lo componen, con arreglo al criterio de división que se establezca.

Conclusiones al capítulo

Ha quedado definido como coste de rotura de stocks, "el perjuicio que se produce en una empresa al no poder servir a clientes por falta de disponibilidad de productos".

Se ha visto que la cuantificación de este coste depende de cuatro factores:

El coste unitario de stocks, que a su vez viene determinado por los factores: menos ingresos, pérdida temporal del cliente, pérdida definitiva de clientes, pérdida de prestigio. De éstos solamente hemos considerado en la formulación del coste, los "menos ingresos", que será correcto siempre que la calidad de servicio correspondiente al stock de seguridad que se calcule a partir de este supuesto, sea alta, y por tanto los costes motivados por los factores restantes son despreciables.

La intercambiabilidad comercial entre diferentes productos, que motiva la creación de los "grupos de intercambiabilidad comercial", los cuales estarán formados por un solo producto, cuando tal intercambiabilidad sea nula, actuando como una mayor cobertura la que, ocasionalmente, pueden conseguir los vendedores.

La calidad de servicio al cliente, que la hemos definido como el parámetro que mide el grado de satisfacción de la demanda de productos y lo expresamos en forma porcentual del número de ventas realizadas respecto al total de pedidos en firme. Esta calidad está biunívocamente relacionada con la oferta de productos y por tanto ésta será la variable que optimizaremos en la formulación del stock de seguridad.

Dicha optimización se deberá realizar conjugando la probable espera del cliente, por lo que habrá de realizarse un riguroso estudio sobre el plazo de espera del cliente.

Por último, el probable número de productos perdidos de vender, representa el que en cada periodo se pierde de vender debido a ser el plazo de entrega superior al de espera del cliente. Para la determinación de este factor hemos

visto que se necesita poseer una previsión probabilística de ventas a corto plazo.

EL COSTE DE POSESION

Procederemos, seguidamente, a analizar el tercero de los factores que mencionábamos en el CAPITULO I, de la triada básica a analizar como cuestión previa para definir el stock de seguridad óptimo de productos terminados: el de coste de posesión.

Realizaremos la exposición igual que en los casos anteriores, presentando, primero, la problemática que encierra el concepto de coste de posesión, para seguir con el análisis del coste de posesión, exponiendo una posible metodología para llegar a su cuantificación.

Concepto de coste de posesión

Llamaremos coste de posesión de un stock, a lo que le cuesta a una empresa mantener en existencia un nivel - suficiente y necesario de productos terminados durante un cierto tiempo.

Definición de los factores principales

Al analizar el coste de posesión, encontraremos que este coste depende de dos factores principales:

- Coste unitario de posesión
- Probable número de productos a poseer en stock por unidad de tiempo

Coste unitario de posesión

Entenderemos por coste unitario de posesión, el coste producido a una empresa por cada producto almacenado y por unidad de tiempo, por los siguientes conceptos:

- Interés financiero del capital en stocks
- Gastos de almacenaje
- Costes de entretenimiento
- Costes de obsolescencia

conceptos estos sobre los que no juzgamos necesario proceder a una prolija explicación. No obstante, haremos mención a algunos aspectos.

Para determinar el coste financiero del capital en stocks, se habrá de utilizar el interés a que le resulta a la empresa la obtención de fondos para financiar el circulante industrial, aplicando dicho interés al coste directo de los productos destinados a stock de seguridad. Consideramos que el coste directo es el único existente para los productos en stock de seguridad y que los gastos generales y las amortizaciones se cargarán al coste de los productos en el momento de su salida para ventas, resultando, de este modo, que el stock de seguridad es un circulante más a poseer como consecuencia del condicionamiento de un mercado competitivo.

Los gastos de almacenaje vendrán impuestos por la necesidad de mantener un almacén para este stock de productos terminados, con la correspondiente dotación de personal, equipo auxiliar de almacén, energías y seguro de mercancías. Cuando en el periodo de almacenamiento, los -

productos precisan de atenciones destinadas a su perfecta conservación y estado que les permita salir al mercado en cualquier momento, surgen los costes de entretenimiento de stocks de productos terminados.

La obsolescencia raramente debe afectar al stock de seguridad si su proceso de cálculo y actualización es correcto y menos aún cuando se trata de productos cuya evolución técnica puede considerarse lenta. No obstante, el proceso de obsolescencia puede aparecer por errores en exceso de previsión de la demanda que provoquen una producción excedentaria no absorvida durante un largo periodo de tiempo, o también, como consecuencia de contratos rescindidos, en algunos casos.

Probable número de productos a poseer en stock por unidad de tiempo

Este factor representa el número de productos que por unidad de tiempo han de poseerse almacenados por ser la demanda inferior a la oferta realizada. Esta oferta, como se ha dicho antes, está formada por la producción correspondiente al periodo considerado más el stock de seguridad.

Este factor es de la misma índole que el "probable número de productos perdidos de vender por unidad de tiempo" que se trató cuando estudiamos el coste de rotura de stocks. La diferencia entre ambos reside en que en aquel caso nos fijábamos en los casos en que la demanda supera a la oferta y en esta ocasión precisamente en lo contrario.

Las consideraciones que realizábamos entonces para la inclusión en los cálculos del grado de cumplimiento del programa son igualmente válidos para este factor.

Análisis del coste de posesión

Expuesto como ha sido, que el coste de posesión depende de los factores: coste unitario de posesión por producto y por periodo de tiempo, y probable número de productos a poseer en stock en tal periodo, procederemos seguidamente al análisis de sus valores posibles, exponiendo nuestro juicio sobre la metodología a seguir para su cuantificación.

Coste unitario de posesión

Dejando al margen la obsolescencia como provocadora de coste de posesión en el stock de seguridad, que tal como dijimos antes puede considerarse un caso muy particular de ciertas empresas, los restantes conceptos no deben presentar problemas para su cuantificación.

El coste financiero del capital invertido será el resultado de aplicar el interés bancario al coste directo de cada producto. Ello es susceptible de alguna variación entre el criterio a seguir por las empresas, como consecuencia del sistema empleado para costear los productos y el concepto que en cada caso pueda existir de coste directo del producto.

En cuanto a los costes de almacenaje y entretenimiento, son fácilmente cuantificados cuando se lleva una contabilidad analítica desarrollada por centros portadores de costes. Queda después, la posibilidad de aplicar distintos criterios, según empresa y producto, para distribuir los costes por cada unidad de producto, y cuantificarlos en pesetas por producto o porcentaje sobre coste directo del producto.

En todo caso, es aconsejable la cuantificación periódica del coste unitario de posesión, que nos permita afinar lo más posible y recoger la evolución en el

tiempo de los factores de los cuales depende.

Probable número de productos a poseer en stock por
unidad de tiempo

La cuantificación de este factor adopta una forma parecida a la expuesta en el capítulo anterior para el probable número de productos perdidos de vender por unidad de tiempo. También ahora partimos de la hipótesis de que el plazo de entrega al cliente es nulo, es decir, nos seguimos moviendo dentro de un hipotético mercado de oferta.

Consecuentemente, el probable número de productos a poseer por unidad de tiempo será la esperanza matemática de que la demanda en un periodo determinado sea menor a la oferta en el mismo periodo; expresión que puede formularse como sigue:

$$E'(OF) = \sum_{D=0}^{D=OF} (OF-D) \cdot p(D)$$

en la que

$E'(OF)$ es la esperanza matemática de que la demanda supere a la oferta OF , o también, probable número de productos perdidos de vender por unidad de tiempo.

OF es el número de productos ofertados en el periodo constituido por la producción del periodo más el stock existente.

D es la demanda real del periodo

$p(D)$ es la probabilidad de que la demanda del periodo adopte el valor D .

Siendo, también en este caso, necesario poseer una previsión probabilística de la demanda para poder cuantificar este factor.

Cabe hacer aquí iguales consideraciones que cuando se expuso la posible cuantificación del factor "probable número de productos perdidos de vender" que se trató anteriormente en el coste de rotura de stocks, y por tanto, también surge la necesidad de realizar los estudios sobre "previsión de ventas a corto plazo" y sobre "grado de cumplimentación del programa" a que nos referíamos antes.

Cálculo del coste de posesión

Expuesto cuanto antecede en orden al análisis y método de cuantificación de los factores principales - que influyen en el coste de posesión de un stock de productos, venimos a resumirlo mediante la fórmula siguiente:

$$C_p = C_{pu} \sum_{D=0}^{D=OF} (OF-D) \cdot p(D)$$

en la que

C_p es el coste de posesión por producto y periodo elegido.

C_{pu} es el coste unitario de posesión.

$\sum_{D=0}^{D=OF} (OF-D) \cdot p(D)$ es el probable número de productos a poseer en stock por periodo elegido.

Dado que el coste unitario de posesión puede considerarse constante para un periodo de tiempo determinado y el probable número de productos a poseer en stock por cada periodo vimos que para el mismo periodo solamente dependía de OF, podemos concluir aseverando que el coste de posesión solamente depende de la oferta, variable respecto a la cual derivaremos al realizar el estudio económico para determinar el stock de seguridad óptimo a poseer.

Conclusiones al capítulo

Ha quedado definido como coste de posesión de productos terminados, "el coste que se produce por estar los mismos almacenados durante un cierto tiempo".

Se ha visto también que la cuantificación de este coste depende de dos factores principales:

- El coste unitario de posesión, que a su vez viene determinado por los conceptos de interés financiero del capital en stock, gastos de almacenaje, gastos de entretenimiento y costes por obsolescencia. De estos conceptos, el de costes por obsolescencia lo hemos considerado de aplicación muy específica en determinadas empresas.
- El probable número de productos a poseer en stock por cada periodo de tiempo, que tiene precisamente la estructura opuesta al paralelo, productos perdidos por vender, que aparecía en el coste de rotura de stocks. Este factor depende de la oferta OF de productos de cada periodo.

Con todo ello hemos llegado a formular la posible cuantificación del coste de posesión, que resulta ser el producto de ambos factores, y depende únicamente de la oferta OF, en el periodo, variable respecto a la que haremos de optimizar al realizar el estudio económico del stock de seguridad.

ESTUDIO ECONOMICO DE LA GESTION DE STOCK

Analizados en los capítulos anteriores los tres factores básicos que influyen en la determinación del stock de seguridad óptimo procederemos a tratar seguidamente, el estudio económico a realizar para determinar tal stock.

Comenzaremos por exponer la conceptualización general del Estudio Económico de la Gestión de Stocks y su aplicación con objeto de obtener una posible metodología para calcular el stock de seguridad óptimo de productos terminados.

Justificación del Estudio Económico

Hemos visto anteriormente como la determinación del stock de seguridad óptimo depende de tres factores básicos: coste de flexibilidad de fabricación, coste de rotura de stocks y coste de posesión.

Las dos últimas, según pudimos ver, resultan contrapuestas, de forma que si aumentaba la oferta en un periodo determinado aumentaba el coste de posesión a la par que disminuía el coste de rotura de stocks. Y consecuentemente, una disminución de la oferta en el mismo periodo, y sin cambiar las condiciones de mercado, sucedía lo contrario.

Contemplando estos dos factores; el único procedimiento para no perder ventas por falta de productos consiste en aumentar los stocks de las empresas.

Sin embargo aparece en las empresas manufactureras un tercer factor; la flexibilidad de fabricación, que permite, dentro de ciertos límites de cantidad y horizonte de tiempo, variar la producción para acomodarla a las eventualidades de la demanda, siendo que este último factor es complementario de la posesión de stocks.

Siendo que el objetivo de la Gestión de Stocks es estrictamente económico, necesitaremos determinar un punto de equilibrio de los tres factores citados basado en la consideración de coste mínimo de la gestión.

Esto es, necesitaremos realizar un estudio económico de los costes correspondientes a los tres factores que nos lleva al mínimo de la suma de los mismos. La oferta de productos correspondiente a este mínimo será precisamente, el disponible óptimo que la empresa deberá poseer en el periodo considerado.

Surgen así dos cuestiones importantes:

- La necesidad de un método o modelo matemático que defina la forma de realizar tal estudio.
- La correlación entre el programa de fabricación y el stock de seguridad.

De la primera de las cuestiones trataremos seguidamente, y en cuanto a la relación entre el programa de fabricación y el stock de seguridad, surge la misma desde el momento en que la oferta óptima, stock de seguridad más valor medio de la previsión de ventas, y el stock existente

serven para determinar el programa de fabricación para el horizonte de tiempo que contempla la Gestión de Stocks.

Modelos de Gestión de Stocks

Definiremos por tal los modelos cuantitativos que permiten realizar el estudio económico de los tres factores de que depende el stock de seguridad con el objetivo de determinar el valor óptimo de éste.

Expondremos aquí una panorámica general de los modelos, que a nuestro juicio, permitirá por una parte, encuadrar los que apliquemos a cada empresa en la cuantificación a realizar en este estudio, y por otra parte, a la vista de la problemática de cada empresa, obtener una serie de combinaciones útiles para sugerencias de acción en cada caso.

La Gestión de Stocks plantea dos tipos de estudios básicos que configuran los modelos correspondientes a realizar: estudios de estructura y estudios de gestión.

Estudios de Estructura

Surgen cuando se ponga a discusión la estructura existente en una empresa frente a nuevas alternativas posibles.

Este es el caso de estudios de oportunidad de creación de nuevos centros de almacenamiento, alternativa de poseer el stock de seguridad en forma de productos terminados o en forma de componentes, alternativa de gestión manual o mecanizada.

El procedimiento a seguir en estos estudios consistirá en comparar para una misma calidad de servicio óptima al cliente los costes engendrados bajo las dos estructuras en cuestión, estimando la problemática y coste del cambio de la estructura actual a la comparada.

Estudios de Gestión

En estos estudios no se enjuicia la estructura existente, y tienen como objetivo optimizar la gestión, sin cambiar aquella.

La complejidad de los modelos a utilizar en este caso depende de la estructura de la distribución comercial de la empresa.

Dentro de las estructuras de distribución comercial de las empresas, distinguiremos aquellas empresas que lo hacen desde un solo punto y las encuadraremos dentro de "estructuras de un escalón". Llamaremos "estructuras de dos escalones" aquellos que poseen las empresas con distribución descentralizada en varios almacenes regionales abastecidos desde uno o varios almacenes centrales.

No conocemos en la Gestión de Stocks un modelo generalizado de optimización del que se deduzca la solución para empresas de estructura de dos escalones. Por esta razón expondremos únicamente un modelo para este caso.

La optimización que prevee la Gestión de Stocks, ya se ha dicho, es a corto plazo, por lo que complementariamente a ella, en empresas con notable variación estacional, será necesario realizar un equilibrio anual de la producción. Tema éste, que de forma somera, trataremos más adelante.

Planteamiento del Estudio Económico

En empresas con estructura de dos escalones puede darse la circunstancia de que el tiempo de envío de los productos desde el almacén central a los regionales sea tan pequeño que pueda ser despreciado. Ello nos llevará a que calcularemos el stock de seguridad óptimo para toda em-

presa como si se tratara de estructura de un solo escalón.

En estos casos se desarrollará un modelo de plazo nulo, aplicable en los cálculos para aquellos productos cuyo plazo de entrega sea inmediato.

En una misma empresa, puede darse que también existan productos en los que pueda existir plazo de entrega y habremos de utilizar, en tal caso, una variante del citado modelo que llamaremos "variante de plazo no nulo".

Modelo de Plazo Nulo

El objetivo de este modelo ha de ser la minimización del coste total de la gestión de cada grupo de productos con intercambiabilidad comercial.

Llamamos total de gestión a la suma de los costes de posesión, de rotura de stocks y de flexibilidad de fabricación.

Este modelo nos proporcionará el número óptimo de productos que deben ser ofertados en un periodo determinado. Valor éste, que utilizaremos para la doble función de determinar el stock de seguridad óptimo y el programa de producción óptimo.

Desarrollaremos este modelo para el caso de que el coste de flexibilidad sea nulo, cuando tal flexibilidad existe, con la hipótesis expuesta en el capítulo correspondiente.

El estudio probabilístico de gestión de stocks debe considerar únicamente la optimización a un plazo tal, que a partir del mismo la flexibilidad de fabricación sea superior al error de la previsión de ventas.

La hipótesis de que pueda considerarse en una empresa que el coste de flexibilidad sea nulo, cuando existe, nos llevará a un aspecto fundamental en la mecánica de este modelo:

" En un momento t , determinado, se calcula la oferta de productos para un periodo $t + i$ de los siguientes considerados, minimizando la suma de los costes de posesión y de rotura en la forma procedente. A tal oferta se le resta la flexibilidad de fabricación que existirá en el periodo $t + 1$ para el periodo $t + i$.

El valor así resultante será el compromiso óptimo que en el mes t debe tomar la empresa para el mes $t + i$ ".

Efectivamente, este valor hace mínimo la suma de los tres factores en cuestión y además, y esto es fundamental, nos cubrirá lo más posible de los posibles errores de previsión existentes en el mes t , comprometiendo a la empresa en sus compras en la menor forma, pero permitiendo que, si las previsiones para el periodo $t + i$ se confirman en el momento $t + 1$, pueda fabricarse al valor previsto.

Teniendo en cuenta lo anterior, es aconsejable desarrollar el modelo de plazo nulo en las etapas siguientes bien diferenciados:

- Cálculo de la oferta óptima por medio de la minimización de la suma de costes de rotura y de posesión.
- Cálculo del compromiso óptimo.
- Reparto del valor obtenido para el grupo de intercambiabilidad comercial entre los productos que lo forman.

- Coordinación global de los stocks obtenidos para cada producto.

Cálculo de la oferta óptima por medio de la minimización de la suma de los costes de rotura y posesión

Expondremos un procedimiento de minimización de la suma de los costes de posesión y de rotura en el momento t , para los periodos futuros considerados en la gestión de stocks, el cual nos proporcionará la oferta óptima a poseer en cada uno de tales periodos, sin tener en cuenta la flexibilidad de fabricación:

OF_t^{t+i} = oferta óptima calculada en el momento t , para el periodo $t + i$.

Comenzaremos por calcular la oferta óptima sin flexibilidad de empresa para el periodo $t + 1$; ésta resultará de minimizar la expresión:

$$(C_p + C_r) \min.$$

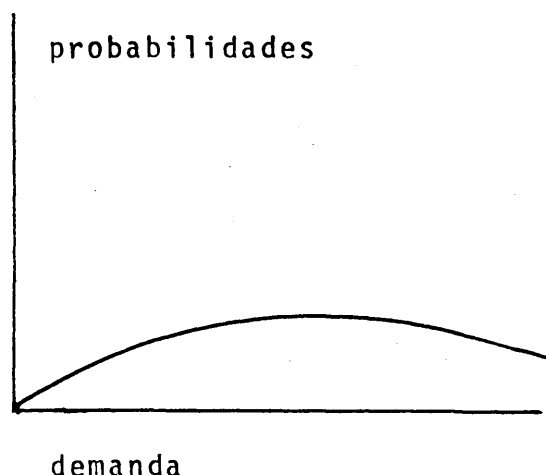
que como vimos anteriormente adoptaba la forma de las esperanzas matemáticas siguientes:

$$C_{pu} \sum_{D=0}^{D=OF} (OF-D) \cdot p(D) + C_{ru} \sum_{D=OF}^{D=\infty} (D-OF) \cdot p(D)$$

donde la variable D representa la distribución estadística de la previsión de ventas en el momento t se estima para el periodo $t + 1$. Véase la Fig. VII.

FIG. VII

Distribución de la
demanda que en el
momento t se estima
para el periodo t+1



El valor de OF que hace mínima esta expresión es

el

$OF_{sf,t+1}$ = Oferta, sin flexibilidad, en el periodo
t + 1.

Tal valor se calcula con relativa sencillez. Debido a que, generalmente, las esperanzas matemáticas de la expresión corresponden a una distribución normal, se puede aplicar la propiedad que tiene la expresión a minimizar de que la cobertura relativa es únicamente función del cociente:

$$\frac{C_{pu}}{C_{ru}} \quad \frac{\text{Coste de posesión unitario}}{\text{Coste de rotura unitario}}$$

Llamamos cobertura relativa a la expresión:

$$\frac{OF_{sf,r+1} V_{t+1}}{\sigma}$$

en la que:

V_{t+1} es el valor medio de la previsión de ventas correspondiente a cada grupo de intercambiabilidad comercial, estimado en el momento t para el periodo $t+1$.

Es la desviación típica de la distribución normal de esas ventas.

Por otra parte el cociente $\frac{C_{pu}}{C_{ru}}$ adopta frecuentemen-

te, muy pocos valores para los productos existentes en una misma empresa, y ello, simplificará notablemente los cálculos.

Respecto al proceso indicado para calcular OF_t^{t+1} procede hacer una indicación que resultará básica en el cálculo de OF_t^{t+2} .

"Cuando la demanda en el periodo $t+1$ sea inferior a la oferta para tal periodo aparecerá un stock que gravará a la empresa produciendo el correspondiente coste de posesión, computándose en tal cálculo dicho coste correspondiente a un solo periodo, debiéndose tener, por tanto, en cuenta tal posible stock en la minimización a realizar para el cálculo de OF_t^{t+2} ."

Sin embargo, esto sucede cuando se vende menos de lo ofertado y no sucede cuando se demanda más que la oferta, puesto que por hipótesis de nuestro modelo, se pierde en el acto la demanda no cumplida.

Así pues, la minimización que ha de realizarse para calcular OF_t^{t+2} debe tener en cuenta no solamente la distribución estadística de la previsión de ventas que en el momento t se hace para el periodo $t+2$, sino también la parte de la del periodo $t+1$ en que la demanda es menor que la oferta de este periodo, puesto que ello acarreará stock de productos sobre el periodo $t+2$. Fig. VIII.

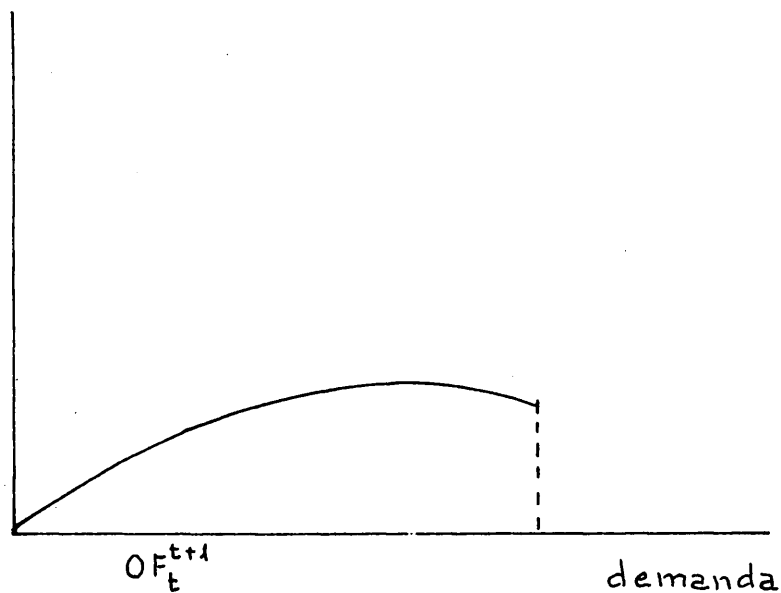


Fig. VIII

Parte de la distribución de la demanda correspondiente al periodo $t+1$ que afecta al cálculo de OF_t^{t+2} .

Todo ello nos llevará a que OF_t^{t+2} , resultará de minimizar la expresión:

$$C_{pu} \cdot \sum_{D=0}^{D=OF} (OF-D) \cdot p(D) + C_{ru} \cdot \sum_{D=OF}^{D=\infty} (D-OF) \cdot p(D) \min. \quad (1)$$

donde D será la suma de las demandas de los periodos t+1 y t+2 y OF será la suma de las ofertas OF_t^{t+1} y OF_t^{t+2} de tales periodos.

Es decir, la expresión a minimizar ahora es de la misma forma que la que utilizaremos para calcular OF_t^{t+1} , pero ahora tal expresión se aplica sobre una distribución resultante de sumar la distribución de ventas en el periodo t+2 con la parte de distribución del periodo t+1 que se trasvasa sobre el periodo siguiente. Ver figuras VIII, IX y X.

Por sencillez en el cálculo se ha adoptado la simplificación de utilizar en lugar de la distribución suma indicada, otra distribución correspondiente a la suma de las distribuciones de la demanda en los periodos t+1 y t+2, que al ser éstas normales también será normal. Fig. IX.

El error cometido al realizar tal simplificación puede demostrarse que es despreciable. Esta nueva distribución normal que utilizaremos, tiene, según nos dice la estadística (1), una desviación típica de valor

$$\sqrt{\sigma_{t+1}^2 + \sigma_{t+2}^2}$$

siendo σ_{t+1} la desviación típica de la distribución normal correspondiente al mes t+1.

y σ_{t+2} la correspondiente al mes t+2.

(1) Nico F. Lamscher "Estabilización de la varianza en la distribución de Poisson" Trabajos de Estadística. Vol. XI Cuad. III 1960.- C.S.I.C.

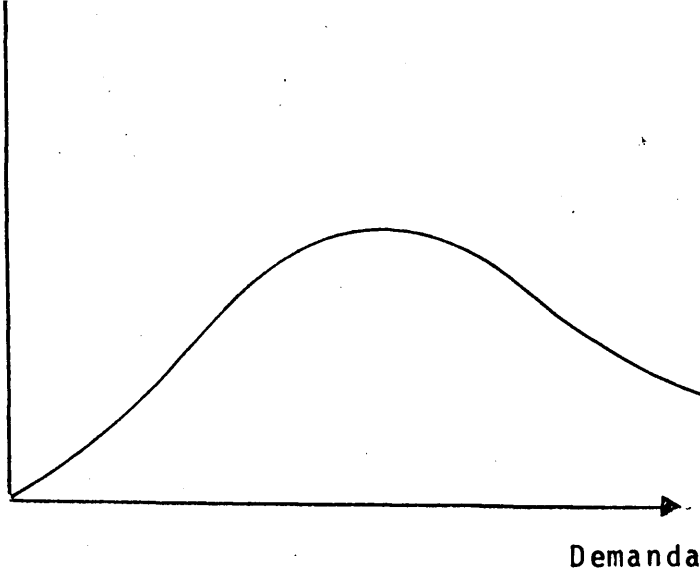


FIG. IX

Distribución de la demanda que en el momento t , se estima para el periodo $t+2$.

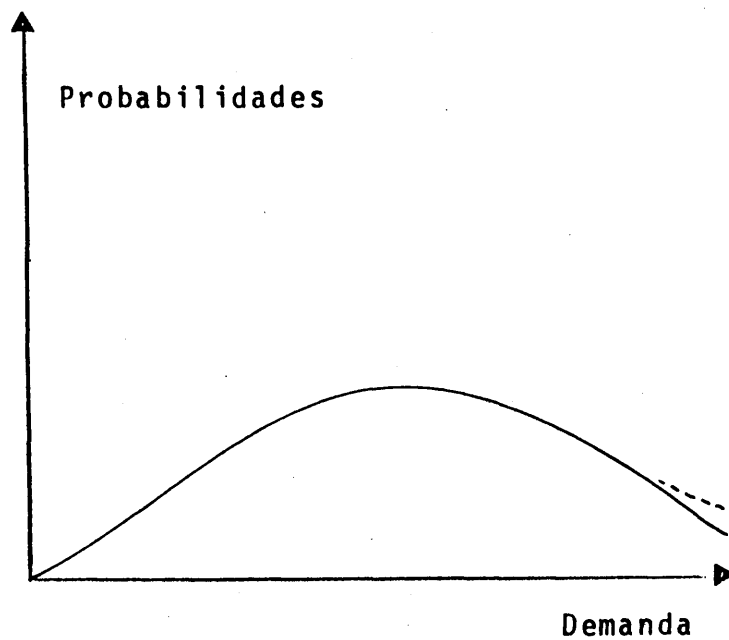


FIG. X

Distribución resultante de la suma de la parte de la distribución correspondiente al periodo $t+1$ que afecta al periodo $t+2$ y de la distribución de la demanda del periodo $t+2$.

Es resumen de las figuras VIII y IX.

En trazo discontinuo se señala la curva que adoptaría la distribución resultante de la suma de las distribuciones de la demanda en el momento t estimado para los periodos $t+1$ y $t+2$.- Resumen de las figuras VII y IX.

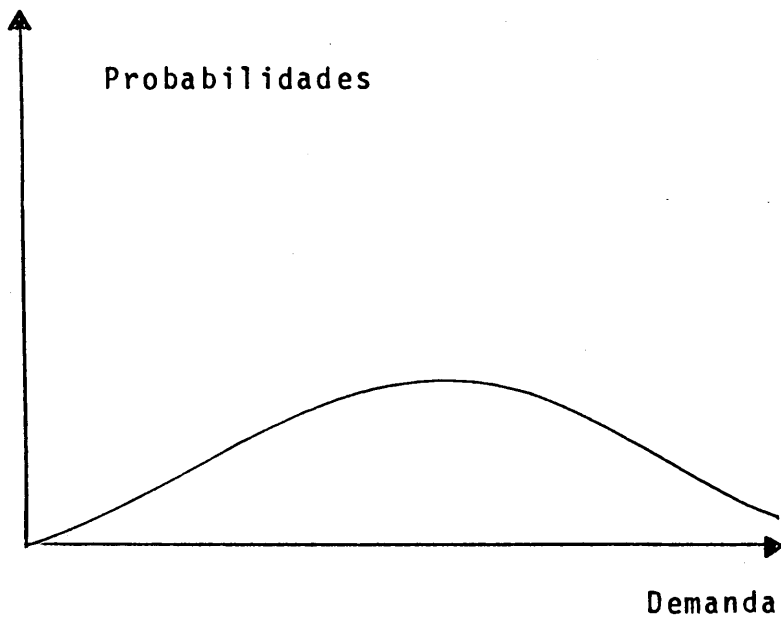


FIG. XI

Distribución resultante de la suma de distribuciones de la demanda que en el momento t se estimen para los periodos $t+1$ y $t+2$. (Suma de las figuras VII y IX).

Para calcular el valor OF que hace mínima la expresión (1), utilizaremos la propiedad citada anteriormente de que:

$$\frac{OF_{min} - \bar{V}}{\sim} = \text{una constante}$$

siendo esta constante igual a la que hayamos calculado anteriormente para el periodo t+1.

El valor OF así calculado será igual a la oferta a realizar en los dos periodos t+1 y t+2, y puesto que anteriormente calculamos que la oferta óptima, sin tener en cuenta la flexibilidad de empresa, para el periodo t+1 sería OF_t^{t+1} , llegaremos así a que:

$$OF_t^{t+2} = OF - OF_t^{t+1}$$

El mismo razonamiento aplicado para el periodo t+2, se aplicará para los periodos t+3, t+4 y sucesivos con objeto de calcular los respectivos valores

$$OF_t^{t+3}, OF_t^{t+4}, \dots$$

utilizando para ello la simplificación de usar como distribuciones la de demanda de los tres, cuatro, etc., primeros periodos, respectivamente.

Llegamos así a que el valor medio que adoptará el stock de seguridad óptimo de productos terminados es la suma de i sumandos correspondientes a los periodos t+1 a t+i, siendo cada uno de ellos igual a

$$OF_t^{t+i} - \bar{V}_t^{t+i}$$

siendo éste el valor que adoptará el stock de seguridad en régimen permanente, no durante el periodo inicial de lanzamiento. Análiticamente puede ponerse de la forma siguiente:

$$SS_{sf,t} = \sum_1^i (OF_t^{t+i} - \bar{V}_t^{t+i})$$

siendo:

$SS_{sf,t}$ = valor del stock de seguridad óptimo de productos terminados que existirá en régimen permanente, sin considerar la flexibilidad de empresa.

OF_t^{t+i} = oferta óptima calculada en el momento t para el periodo t+i.

\bar{V}_t^{t+i} = valor medio de la demanda que en el momento t se estima existirá en el mes t+i.

Cálculo de programa óptimo

Calculado el valor OF_t^{t+i} que minimiza la suma de los costes de posesión y de rotura, trataremos seguidamente de la forma de aplicar la flexibilidad de empresa al valor así obtenido con objeto de calcular el programa o compromiso óptimo de fabricación en cada momento t, para cada uno de los t+i periodos contemplados en la gestión de stocks. Lo llamaremos P_t^{t+i} .

Hemos visto anteriormente de una forma general el mecanismo de aplicación de la flexibilidad de empresa en el momento t. Llegado el momento t+1 y debido a la actualización periódica de la previsión de ventas aparecerán nuevos valores de los datos que inducirán a actualizar los valores calculados en el momento t.

Como tales valores son susceptibles de ser ajustados, puesto que los compromisos de las empresas pueden ser susceptibles de ser variados en cierto grado en virtud de la flexibilidad de empresa, repetimos la operación del momento t en el $t+1$.

Obtendremos así, una nueva oferta de productos para el periodo $t+i$ a base de minimizar la suma del coste de posesión y del coste de rotura y se emplea la flexibilidad de empresa que exista en el momento $t+1$ para el periodo $t+i$, con la doble finalidad siguiente:

- Para transformar el programa de fabricación del momento t , en el que ahora calcularemos.
- Para que la flexibilidad restante, si la hubiese, se aplique a disminuir la de la oferta calculada en el momento $t+1$, con lo que resultará la oferta óptima que en el momento $t+1$ deberá existir en el periodo $t+i$.

En el momento siguiente $t+2$ se repetirá la actualización, de forma que, en cada momento $t+i$ que actualicemos contemplaremos i periodos siguientes, como se ha dicho antes.

Visto así el mecanismo general de la aplicación en el momento t de flexibilidad de empresa con objeto de determinar P_t^{t+i} , así como el de reajuste de este compromiso en el momento $t+i$, seguidamente veremos con detalle la operativa de tal procedimiento.

Cuando hablábamos de la flexibilidad de empresa, decíamos que existía un valor de la misma en la hipótesis "variación máxima de la producción de cada tipo de productos -

perteneciente a cada grupo de intercambiabilidad de producción" y otro valor para la hipótesis "variación máxima por grupo de intercambiabilidad de producción".

Recordemos que la hipótesis "variación por tipo de producto" surgía del doble hecho de existir, por una parte, una gran cantidad de componentes comunes en el grupo de intercambiabilidad de producción, y por otra, de una mayor facilidad de fabricar o adquirir los elementos en que se diferencian los tipos de producto de tal grupo.

Sabemos por otra parte que los grupos de intercambiabilidad de producción tienen un error de previsión de ventas mucho menor que cada tipo de producto tratado independientemente, de forma que si existiese intercambiabilidad comercial entre todos los tipos de productos que forman el grupo de intercambiabilidad de producción, el stock de seguridad sería menor que la suma de tal stock para cada tipo de producto. Sin embargo la flexibilidad en la hipótesis "variación máxima por grupo" es mucho más reducida que en la hipótesis "variación máxima por producto".

Estas consideraciones nos llevan a que para calcular el compromiso óptimo de la empresa en el momento t , tendremos que superar las etapas siguientes:

- Reducir el valor OF_t^{t+i} calculado anteriormente, la FE_{t+1}^{t+i} en la hipótesis "variación máxima por producto", obteniéndose el valor P_t^{t+i} con la condición de que esta diferencia si resulta negativa, se tomará como nula.
- Calcular el valor $OF_{t,GIP}^{t+i}$ para el grupo de intercambiabilidad de producción utilizando la misma metodología anterior, pero siendo los valores de la desviación típica los correspondientes -

dientes a tal grupo de intercambiabilidad de producción.

- Disminuir al valor $OF_{t,GIP}^{t+i}$ calculado para cada grupo de intercambiabilidad de producción el valor de la $FE_{t+1,GIP}^{t+i}$ en la hipótesis "variación máxima por grupo", obteniéndose el valor $P_{t,GIP}^{t+i}$. El valor así calculado correspondería al compromiso óptimo del grupo de intercambiabilidad de producción, si los tipos de productos que forman éste tuviesen intercambiabilidad comercial entre sí.

Tal valor es también el número mínimo de componentes comunes a los productos que forman el grupo de intercambiabilidad de producción, a que habrá de comprometerse la empresa.

Esto quiere decir, que el valor así calculado es el mínimo de productos del total del grupo de intercambiabilidad de producción a que deben programarse en el momento t .

Efectivamente, si no fuese así al intentar actualizar, utilizando la flexibilidad calculada en la hipótesis "variación máxima por producto", nos encontraríamos con las necesarias partes de producto no comunes, pero nos faltarían las comunes.

- Sumar los valores P_t^{t+i} calculados para cada grupo de intercambiabilidad comercial, dentro del grupo de intercambiabilidad de producción, obteniéndose el valor $\sum P_t^{t+i}$.
- Compararemos $\sum P_t^{t+i}$ con el valor $P_{t,GIP}^{t+i}$ y de esta comparación:

- Si $\sum P_t^{t+i} \geq P_{t,GIP}^{t+i}$, el compromiso óptimo de cada grupo de intercambiabilidad comercial es el P_t^{t+i} calculado anteriormente.
- Si $\sum P_t^{t+i} < P_{t,GIP}^{t+i}$ el compromiso óptimo de cada grupo de intercambiabilidad comercial deberá ser incrementado calculando el correcto P_t^{t+i} añadiendo al valor P_t^{t+i} anteriormente calculado, el valor:

$$(P_{t,GIP}^{t+i} - \sum P_t^{t+i}) \frac{\bar{V}_i}{\sum V_i}$$

o sea, repartiendo la diferencia

$P_{t,GIP}^{t+i} - \sum P_t^{t+i}$ proporcionalmente a las desviaciones típicas de cada producto, para el caso en que esas desviaciones típicas se estimen proporcionales a los valores medios de la previsión de ventas \bar{V}_i .

Así expuesto el mecanismo de aplicación de la flexibilidad de empresa en el momento t , se desprende que el valor medio del stock de seguridad óptimo nos vendrá dado por la fórmula siguiente:

$$SS_t = \sum_i (P_t^{t+i} - \bar{V}_t^{t+i})$$

donde:

\bar{V}_t^{t+i} será la venta estimada en el momento t , para el periodo $t+i$.

y

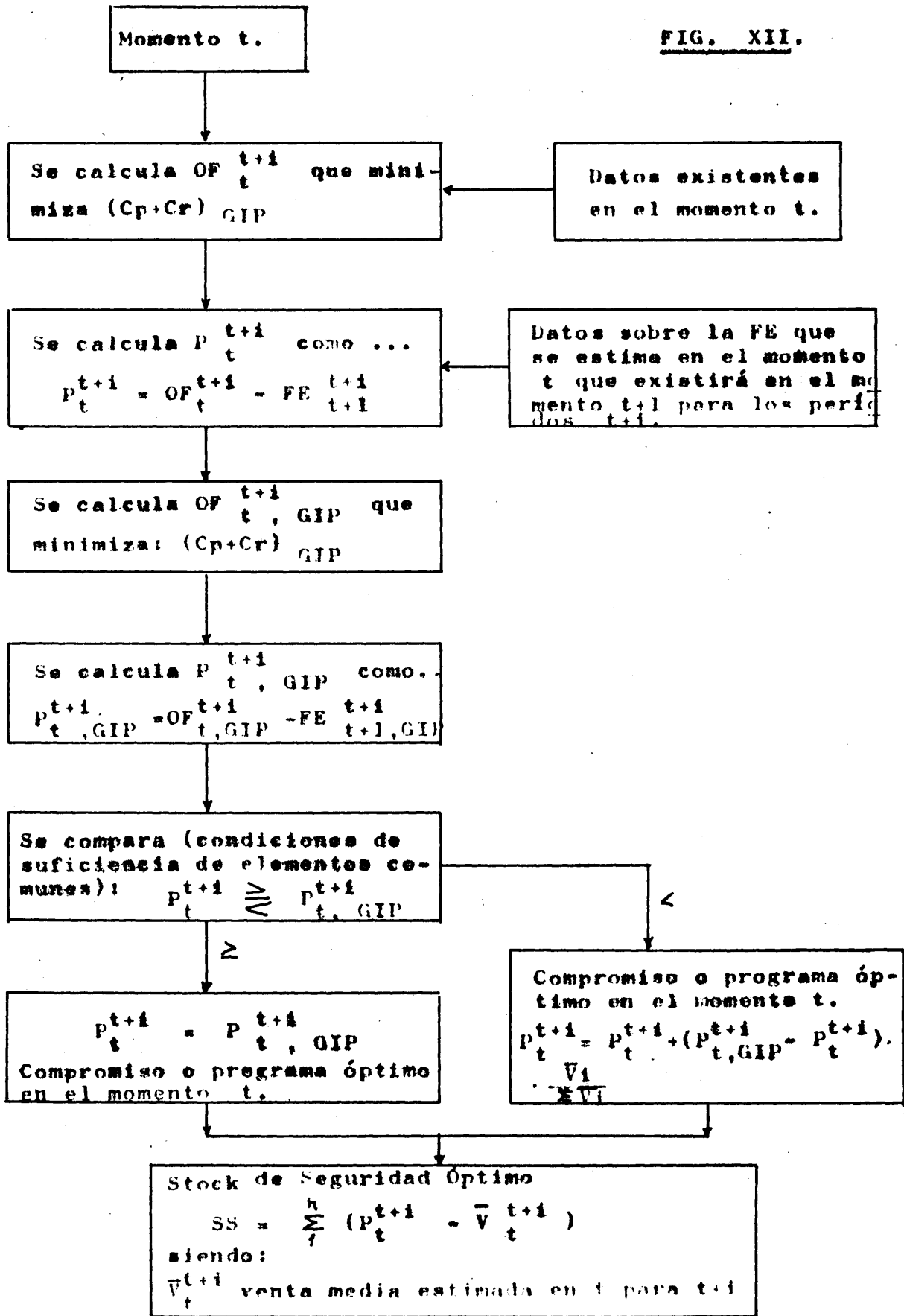
P_t^{t+i} será el programa de fabricación en el momento t , para el periodo $t+i$.

Un aspecto interesante del stock de seguridad óptimo así calculado es conocer la calidad de servicio óptima que le corresponde.

Esta nos vendrá dada, precisamente, por el valor K , que es el número de desviaciones típicas tomadas en el stock de seguridad de las i distribuciones formadas cada periodo $t+1$ al $t+i$ para realizar la optimización que vimos anteriormente. Con una tabla de la distribución normal obtendremos el porcentaje de clientes servidos del total de pedidos.

El diagrama del proceso expuesto para el cálculo de programa óptimo y stock de seguridad se resume en la Fig. XII.

FIG. XII.



NOTA.- Por razones de simplificación, no se han considerado los stocks existentes en el momento t. Sin embargo, esta circunstancia es tenida en cuenta en la exposición del texto.

Veamos ahora como procederemos para actualizar el compromiso de empresa, o programa de producción, en el momento $t+1$.

En el momento $t+1$ se dispondrá de información actualizada respecto a:

- Previsión de ventas para los periodos $t+2$ a $t+4$.
- Flexibilidad de empresa existente para tales periodos.

por otra parte se tendrá un condicionamiento: el compromiso contraído con los centros de producción de la empresa y los proveedores, es decir, el programa de fabricación: P_t^{t+i} .

Ante esta situación, operaremos como sigue:

- Se calcula, en la forma expuesta ya, los valores:

$$OF_{t+1}^{t+i}, \sum OF_{t+1}^{t+i} \text{ y } OF_{t+1,GIP}^{t+i}$$

- Se calcula en el momento $t+1$ la FE que existirá en los momentos $t+1$ y $t+2$ para el $t+i$.
- Se comprueba la condición de suficiencia de elementos comunes de la nueva oferta óptima respecto al compromiso P_t^{t+i} contraído anteriormente: $OF_{t+i,GIP}^{t+i} \geq P_t^{t+i} + FE_{t+1,GIP}^{t+i}$

- Si \leq : $OF_{t+i,GIP}^{t+i} = OF_{t+1,GIP}^{t+i}$, habrá suficientes elementos comunes para lograr el nuevo óptimo.
- Si $>$: $OF_{t+1,GIP}^{t+i} = \sum P_t^{t+i} + FE_{t+1,GIP}^{t+i}$, no habrá suficientes elementos comunes y por tanto nos acercamos lo más posible a tal valor.
- Se comprueba la condición de suficiencia de elementos no comunes a la suma de oferta óptima - respecto al compromiso P_t^{t+i} contraído anteriormente.

$$OF_{t+1}^{t+i} \stackrel{NV}{=} P_t^{t+i} + FE_{t+1}^{t+i}$$

- Si \leq : $OF_{t+1}^{t+i} = OF_{t+1}^{t+i}$, hay suficientes elementos no comunes para lograr el nuevo óptimo.
- Si $>$: $OF_{t+1}^{t+i} = P_t^{t+i} + FE_{t+1}^{t+i}$, no hará suficientes elementos no comunes y por tanto nos acercamos lo más posible a tal valor.
- Se calculan los valores P_{t+1}^{t+i} , $\sum P_{t+1}^{t+i}$ y $P_{t+1,GIP}^{t+i}$ restando a la oferta óptima correspondiente la FE que se estima existirá en el momento t+2.
- Se comprueba la condición de suficiencia de elementos comunes entre dos valores actualizados:

$$\sum P_{t+1}^{t+i} \stackrel{NV}{=} P_{t+1,GIP}^{t+i}$$

- Si \geq : $P_{t+1}^{t+i} = P_{t+i}^{t+i}$, existirán suficientes elementos comunes en el programa actualizado.
- Si $<$: $P_{t+1}^{t+i} = P_{t+i}^{t+i} + (P_{t+i}^{t+i} - \sum P_{t+i}^{t+i}, GIP) \frac{\bar{Y}_i}{\sum V_i}$

y no existirán suficientes elementos comunes en el programa actualizado y por tanto incrementamos éste hasta el valor para el GIP, que hemos visto anteriormente factible de alcanzar.

De forma análoga a como exponíamos el cálculo inicial del stock de seguridad óptimo, en el momento t+1 será:

$$SS_{t+1} = \sum_2^{n+1} (P_{t+1}^{t+i} - \bar{V}_{t+1}^{t+i})$$

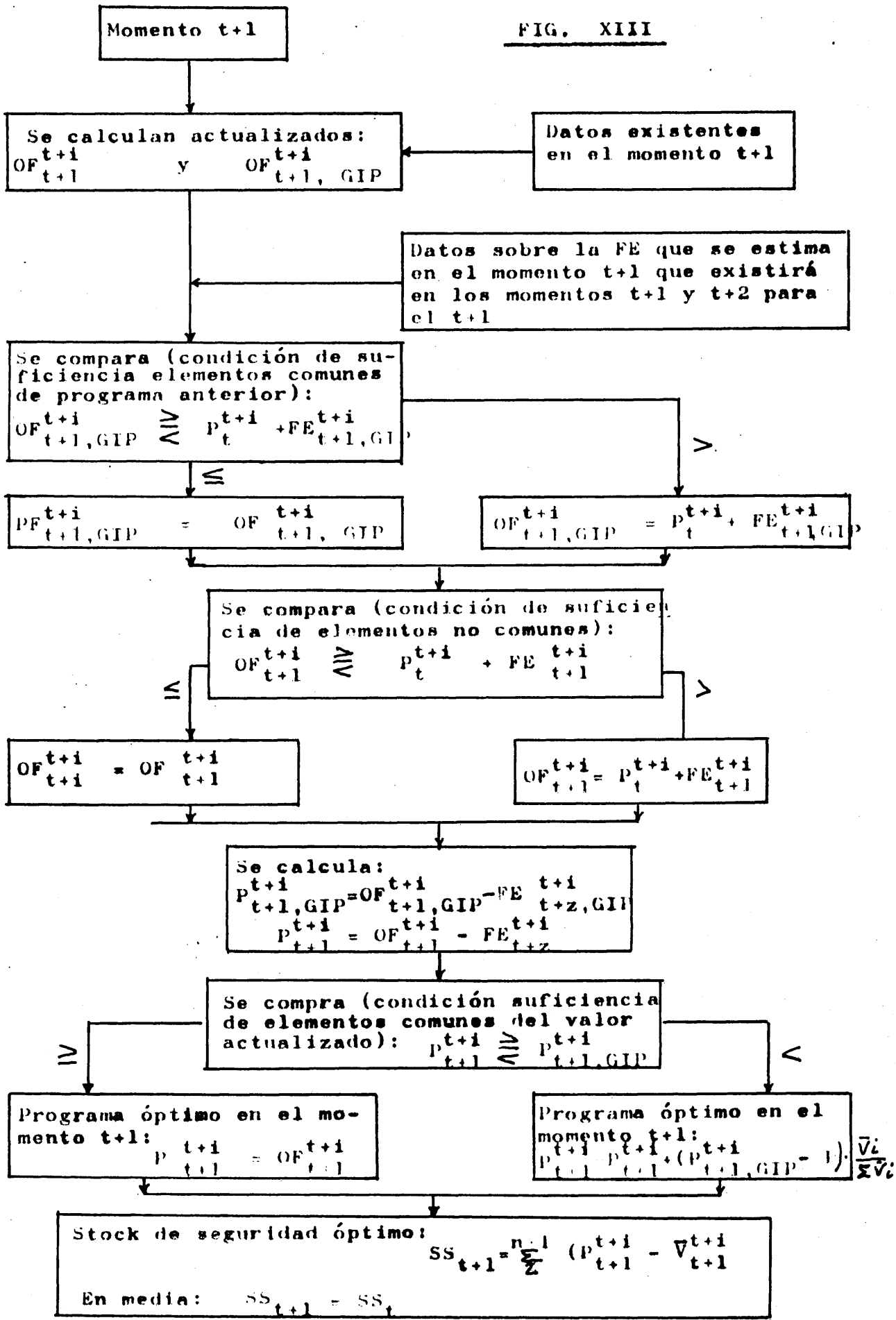
Este valor SS_{t+1} , será en valor medio, igual al calculado anteriormante.

En FIG. XIII se resume en diagrama, el proceso expuesto.

Concluyendo así la metodología posible para efectuar el cálculo del compromiso óptimo y de su actualización correspondiente, habiendo visto también la metodología para calcular el stock de seguridad óptimo para cada grupo de intercambiabilidad comercial.

Para los periodos n+1 y siguientes, supuesto que la gestión de stocks alcanza n periodos, los programas de fabricación serán coincidentes con el valor medio de la previsión de ventas, no contribuyendo, por tanto, tales periodos a modificar el Stock de seguridad calculado.

FIG. XIII



Distribución del valor obtenido para el grupo de intercambiabilidad comercial entre los productos que comprende

Con el proceso que hemos expuesto se calculan el stock de seguridad óptimo y el programa de fabricación óptimo para cada grupo de productos que poseen intercambiabilidad comercial.

Seguidamente necesitaremos conocer el stock de seguridad óptimo y el programa de fabricación para cada producto en cada uno de los próximos n periodos, que calcularemos a partir del valor ya obtenido para cada grupo de intercambiabilidad comercial.

El modelo actuará de forma diferente según nos encontremos ante un caso en que la intercambiabilidad sea parcial o sea total. Recordemos que definimos anteriormente como intercambiabilidad unidireccional del producto A respecto al B, la existente cuando un cliente que solicita el producto A y éste no se posee en ese momento, el vendedor puede persuadirle de que adquiera el B que tiene en stock; sin embargo no puede persuadirle con al A, cuando el cliente solicita el B. Intercambiabilidad total existirá cuando el cliente adquiere el A o el B, indistintamente.

Para una mayor claridad y rapidez en la exposición, expondremos el presente modelo sobre dos hipótesis que, aunque sencillas, son rigurosas y perfectamente generalizables.

En la primera hipótesis tenemos un grupo de intercambiabilidad formado por dos productos, el A y el B, con intercambiabilidad total sobre los mismos. El procedimiento de distribución del stock de seguridad del grupo entre los dos productos que comprende, consistirá en repartir tal valor proporcionalmente a la desviación típica de la distribución de la demanda en cada periodo para cada producto. El programa óptimo

del grupo lo distribuiremos proporcionalmente al valor medio de la previsión de ventas para cada producto.

Así calcularemos para el producto A:

Programa óptimo:
$$P_{t,A}^{t+1} = \frac{P_{t,GIC}^{t+1}}{\bar{V}_{t,A}^{t+1} + \bar{V}_{t,B}^{t+1}} \cdot \bar{V}_{t,A}^{t+1}$$

Stock de seguridad óptimo:
$$SS_{t,A}^{t+1} = \frac{SS_{t,GIC}^{t+1}}{\sigma_{t+1,A} + \sigma_{t+1,B}} \cdot \sigma_{t+1,A}$$

y sucesivamente calcularemos estos valores para los periodos $t+2$, $t+3$... $t+n$. Recordemos que $\sigma_{t+1,A}$ es la desviación típica de la demanda del producto A en el periodo $t+1$.

Y para el producto B, los cálculos serán:

Programa óptimo
$$P_{t,B}^{t+1} = \frac{P_{t,GIC}^{t+1}}{\bar{V}_{t,A}^{t+1} + \bar{V}_{t,B}^{t+1}} \cdot \bar{V}_{t,B}^{t+1}$$

Stock de seguridad óptimo:
$$SS_{t,B}^{t+1} = \frac{SS_{t,GIC}^{t+1}}{\sigma_{t+1,A} + \sigma_{t+1,B}} \cdot \sigma_{t+1,B}$$

para continuar con el cálculo de estos valores en los periodos sucesivos.

Como segunda hipótesis, supongamos un grupo de intercambiabilidad comercial formado por dos productos C y D, con intercambiabilidad parcial del primero respecto del segundo. En esta hipótesis, de intercambiabilidad parcial, el criterio a

seguir consistirá en asignar todo el stock de seguridad del grupo al producto D, que es intercambiable por el otro.

Así resultará para el producto C:

$$\text{Programa óptimo: } P_{t,c}^{t+1} = \frac{P_{t,GIC}^{t+1}}{\bar{V}_{t,c}^{t+1} + \bar{V}_{t,D}^{t+1}} \cdot \bar{V}_{t,c}^{t+1}$$

$$\text{Stock de Seguridad óptimo: } SS_{t,c}^{t+1} = 0$$

y para el producto D:

$$\text{Programa óptimo: } P_{t,D}^{t+1} = \frac{P_{t,GIC}^{t+1}}{\bar{V}_{t,c}^{t+1} + \bar{V}_{t,D}^{t+1}} \cdot \bar{V}_{t,D}^{t+1}$$

$$\text{Stock de Seguridad óptimo: } SS_{t,D}^{t+1} = SS_{t,GIC}^{t+1}$$

Creemos que de cuanto hemos expuesto, es fácil deducir la metodología a seguir en casos de grupos de intercambiabilidad comercial compuestos de más de dos productos.

Coordinación global de los stocks de cada producto

Establecido ya el stock de seguridad óptimo a poseer de cada producto por la empresa, la suma de las inversiones correspondientes a estos valores tendrá un valor de I pesetas.

De esta forma tendremos el stock de seguridad óptimo y la inversión correspondiente de los productos terminados de la empresa.

En el cálculo de la inversión global en stock pueden presentarse, en la práctica, variantes que nada tienen que ver con la Gestión de Stocks.

Una de ellas puede ser, cuando la cantidad a destinar por la empresa para inversión en stock de productos terminados está limitada, por otros condicionamientos de la empresa, a un máximo de I pesetas, menor que el valor I .

Se demuestra matemáticamente (1) que la solución más adecuada a tal variante consiste en aplicar los mismos modelos anteriores al cálculo del stock de seguridad de cada grupo de intercambiabilidad de productos, modificando en el mismo únicamente el coste de posesión de cada producto.

Esto es, en el coste anual de una peseta invertida en stock, sustituiremos el valor del $m\%$ calculado como coste unitario de posesión por el valor $(m \frac{I}{I_0})\%$, en cada uno de los productos.

Es decir, si como resultado de la aplicación de los modelos anteriores a cada producto, resulta una inversión global de I pesetas, y por consideraciones ajenas a la gestión de stocks, la empresa decide invertir con tal objeto únicamente I_0 pesetas, calcularemos el stock de seguridad óptimo para cada producto en esta hipótesis, aplicado a cada uno de estos modelos de gestión descritos anteriormente, el coste unitario de posesión, anual por peseta invertida, que resulta de $(m \frac{I}{I_0})\%$, en lugar del $m\%$ que se utiliza cuando no existe limitación financiera.

Otra variante puede presentarse, cuando la empresa juzga conveniente, por motivos de promoción comercial, poseer un stock de seguridad en cuantía superior a la calculada por este método como valor óptimo.

(1) Ver: "La pratique de la R.D." - J. Melese, pag. 155

La forma en que procederemos, en otras circunstancias, será tomar como stock de seguridad para tales productos el que se juzgue conveniente por razones de promoción comercial. Esto nos representará una inversión I_p en tales productos, y por tanto, repartiremos la inversión restante $I - I_p$ en la forma anteriormente dicha entre los restantes productos de la empresa.

Las inversiones en stock de seguridad diferentes a la óptima llevarán consigo un coste total de la gestión, suma de los costes de flexibilidad, posesión y rotura, superior al correspondiente a la inversión óptima.

En tales circunstancias habrá que calcular, como información complementaria, el incremento del coste total de la gestión, que provoca la inversión distinta a la óptima.

Modelo con variante de plazo no nulo (1)

Este modelo, básicamente igual al de plazo nulo, se diferencia de éste únicamente en la primera etapa. Por ello, lo contemplamos no como un nuevo modelo, sino como una variante del expuesto anteriormente.

La optimización de la suma del coste de rotura y del coste de posesión ha de tener en cuenta, ahora la existencia de una distribución estadística del plazo de espera del cliente.

Esta circunstancia se traduce en que las esperanzas matemáticas de rotura de stocks y de posesión vendrían afectadas por la mencionada distribución estadística del plazo de espera del cliente.

Las restantes etapas de la variante de plazo no nulo son idénticas a las expuestas para el modelo de plazo nulo y por ello, no las desarrollaremos aquí.

(1) Joaquín Torrens-Ibern "Gestión de stocks con demanda aleatoria y plazo de entrega aleatorios" expone un modelo que, con distinto enfoque al nuestro, debe tenerse presente al plantear modelos de esta clase.

Lógicamente los resultados de este modelo se traducirían en una menor necesidad de stock que en el caso del modelo de plazo nulo, al esperar el cliente cuando solicita un producto que en ese momento no se posee.

Limitaciones a la aplicación del modelo descrito

El modelo anteriormente descrito para el cálculo del stock de seguridad óptimo tiene una serie de límites en su aplicación. Entre estas limitaciones, las más generales que pueden presentarse en la actividad empresarial y que no se puede aplicar la metodología descrita, son las siguientes:

- La cuantía de cada pedido a suministrar, a un solo cliente ha de ser pequeña respecto a las ventas del periodo en que se produce, para cada producto.

La gestión estadística de stock no es aplicable en aquellos casos que tratemos con muy pocos clientes y pedidos de gran cantidad de productos, debiendo actuar en este caso con otro tipo de gestión, que se basará en determinar cuando se producirá la compra, mediante encuestas a los clientes. La definición del stock de seguridad a poseer en estos casos será consecuencia de balancear el coste de posesión del stock de tales productos con la cantidad de productos a poseer en el momento de negociación de los contratos de venta de este tipo.

Estas circunstancias se producen generalmente, cuando la empresa comercializa en mercados internacionales en partidas muy importantes a pocos clientes.

Otra característica de estas ventas en cantidades especialmente grandes, es la de que frecuentemente obligan a las empresas a trabajar próximas al límite de capacidad de

sus instalaciones y a menudo no pueden producir todo lo programado. Normalmente es aceptado por los clientes que los pedidos de cantidad especial deban tener lógicamente un plazo de entrega superior al normal de la empresa para pedidos corrientes.

Sin embargo, precisamente la rapidez del plazo de entrega es causa de que se consigan ciertos pedidos en competencia con otros fabricantes, llegando incluso a dejar desabastecida la clientela normal.

Esto último no es aconsejable de ningún modo, pues existen diversas técnicas de gestión de stock que vienen a resolver el problema, siendo una muy generalizada el que parte de tales pedidos especiales se sirvan del stock de seguridad existente en ese momento y otra parte se programa para fabricar dentro de las condiciones del contrato y con arreglo a la capacidad de producción de las instalaciones.

- Se necesita tener una previsión probabilística de ventas para el horizonte que contempla la gestión de stocks.

Cuando el total de ventas de un producto es pequeño, el margen de error de la previsión de ventas es grande, circunstancia ésta que hace imposible calcular una previsión probabilística de la demanda de dicho producto.

Un caso específico de esta clase se presenta cuando tratamos productos que habiéndose dejado de vender corrientemente, la empresa los mantiene en fabricación ante una posibilidad de que vuelva a ser solicitado por los clientes en una época posterior. Independientemente de las razones que pueda tener la empresa para mantener existencias de

estos productos, la gestión de stocks es ajena a las mismas, puesto que la necesidad de los stocks aparece con una demanda efectiva y por tanto se basa en previsión de que existan tales ventas.

Juicio sobre los posibles resultados

Analizados en capítulos anteriores los tres factores básicos que influyen en la determinación del stock de seguridad óptimo; así como en el presente la metodología para realizar el estudio económico, procede destacar alguno de los juicios posibles que se emitirán a la vista de los resultados que obtengamos.

Naturalmente, no tendrá sentido hablar de stock de seguridad en aquellos casos en que no exista capacidad productiva suficiente para satisfacer la demanda; en estos casos los productos fabricados son automáticamente productos vendidos.

Por lo tanto debemos referir nuestros cálculos al caso en que se puede alcanzar un nivel de producción que permita satisfacer los periodos de los clientes y crear el stock de seguridad adecuado. Si en un momento dado aparecieran limitaciones de capacidad productiva para un cierto producto, la formulación del stock de seguridad correspondiente a ese producto queda cancelado por definición.

Con estas premisas, determinaremos el nivel de stock de seguridad óptimo para cada producto en el caso de que se pueda establecer dicho stock para todos los productos. Realizaremos los cálculos en cuanto situaciones diferentes con objeto de obtener un marco de comparación para el análisis de resultados que realizaremos posteriormente.

Estas cuatro situaciones para el cálculo del Stock de Seguridad óptimo, pueden ser:

- Valor para el primer periodo de la gestión de stocks, con una estructura igual a la que se tiene en el momento.
- Valor para el último periodo del horizonte que se contempla en la gestión de stocks, con una estructura igual a la que se tiene en el momento.
- Valor para el primer periodo de la gestión de stocks, con una estructura diferente a la que se tiene en ese momento. Esta estructura diferente puede consistir en la existencia de stocks intermedios de productos semielaborados, en cuantía suficiente para permitir una flexibilidad total entre los productos incluidos en cada grupo de intercambiabilidad de producción, o sea, flexibilidad total en condiciones de variación máxima por producto, tomando como flexibilidad para el grupo de intercambiabilidad igual, o distinta, a la que se posee.
- Valor para el último periodo del horizonte contemplado por la gestión de stocks, con una estructura diferente a la del momento.

Los valores así calculados nos presentarán aspectos muy sugerentes, entre ellos los relativos a:

- Comparación de estructuras.- Se nos mostrará como una estructura es más económica que otra para una misma calidad de servicio ofrecida al

cliente. Ello no implica que esa estructura más económica sea la óptima, que habremos de calcular expresamente.

Surgirá así, probablemente, la necesidad de un cambio de estructura con la consiguiente evolución hacia otra más óptima. Este cambio de estructura que llevará consigo un beneficio, también reporta un mayor gasto.

- Stocks intermedios de acopios y materiales en curso.- Sabemos que la flexibilidad que proporcionan estos stocks es equivalente a la del componente con menor stock, y por tanto, pueden ser innecesarios los existentes en más, en otros componentes y darse la circunstancia de conseguir poca flexibilidad con elevados stocks de este tipo, que además resultarían antieconómicos.
- Flexibilidad de empresa.- La evaluación correcta de este factor tiene un extraordinario interés, puesto que por la misma se detectarían las "colas" de producción, en las que probablemente se conseguirá, con localizadas intervenciones en personal e instalaciones, grandes incrementos en la flexibilidad total. Incremento este de flexibilidad que permitirá reducir en la misma proporción el stock de seguridad a poseer.
- Calidad de servicio al cliente.- Cuando tratamos el coste unitario de stocks veíamos que dependía de varios conceptos, y decíamos que en la práctica era aconsejable tomar únicamente el concepto "menos ingresos" como valoración del mismo, aduciendo para ello que si el resultado obtenido correspondía a una calidad de servicio alta, los restantes conceptos eran despreciables.

Ahora bien, si la calidad del servicio que se obtiene es baja, a reserva de cuantificar los otros conceptos, podremos arbitrar un sistema que consiste en decidir la calidad de servicio que se considera aconsejable y en función de ésta, calcular el stock de seguridad correspondiente.

Conclusiones al capítulo

Hemos tratado en este capítulo el estudio económico de la Gestión de Stocks y la posible metodología a seguir para cuantificar el stock de seguridad óptimo en una empresa.

Ha quedado dicho que el estudio económico se plantea sobre una estructura determinada de empresa, o también sobre dos o más estructuras con objeto de determinar la mejor entre ellas.

Desde el punto de vista conceptual al estudio económico se plantea como una minimización de la suma de tres costes: coste de flexibilidad de empresa, de rotura de stocks y de posesión.

Para la conjunción de estos tres factores no existe una metodología general sino que el modelo a utilizar en cada empresa estará estudiado expresamente para la casuística que nos presente. Así hemos expuesto el modelo de plazo nulo, tratando brevemente la variante de plazo no nulo del mismo.

Con el modelo de plazo nulo se pretende calcular el número óptimo de productos que deben ser ofertados en un periodo determinado, así como, determinar las sucesivas actua-

lizaciones de programa que deben realizarse en función de la evolución del mercado y de la propia empresa. De los productos óptimos a ofertar se deduce el stock de seguridad óptimo que debe poseerse, apareciendo así, la íntima e inseparable relación entre la determinación del stock de seguridad óptimo y el cálculo y actualización del programa de fabricación.

Se ha hecho notar que el modelo anterior no es aplicable en una serie de situaciones especiales que pueden presentarse en la casuística empresarial. Como alternativa a seguir en tales casos, se ha dicho que puede ser estimado el stock de seguridad a poseer, sugiriendo que, en aquellos casos que resulte factible, se realicen previsiones de la demanda que permitan aplicar métodos más objetivos.

Hemos de recordar que la exposición metodológica expuesta sirve únicamente para determinar el stock de seguridad óptimo de productos para la venta, con algunas excepciones que según hemos visto no resulta aplicable. Sin embargo, para el funcionamiento de toda empresa, se necesitan otro tipo de stocks, cuya determinación no compete a la Gestión de Stocks integrada, y a los que nos hemos referido en capítulo anterior.

MODELO DE GESTION INTEGRADA DE STOCKS

En este capítulo trataremos de definir un modelo para determinar el programa óptimo de fabricación en una empresa para el horizonte de los inmediatos n meses. Programa que se definirá atendiendo a un principio de minimización de los costes presentes en la gestión integrada de que se trate.

Los factores a considerar en este modelo, ya han sido definidos en capítulos anteriores, por lo que únicamente nos referiremos a ellos para ver la forma en que se tienen en cuenta en el modelo.

De los factores a considerar

De forma general y de acuerdo con lo expuesto anteriormente los factores a tener en cuenta en un posible modelo de gestión integrada de stocks son:

- Coste y cantidad de flexibilidad de empresa quedó definida como la conjunción de flexibilidad de fabricación y flexibilidad de aprovisionamiento.
- Plazo de espera del cliente.
- Grado de homogeneidad de los componentes.

- Previsión de la demanda a corto plazo.
- Coste unitario de posesión
- Coste unitario de rotura de stocks
- Stocks inicial
- Red de aplicaciones con plazos ordinarios de fabricación.
- Estructura óptima de stocks
- Intercambiabilidad comercial entre diferentes tipos de productos.
- Grado de cumplimentación del programa
- Nivel de producción mensual.

No obstante, para una mayor simplificación en nuestra exposición, hacemos las hipótesis que siguen con los factores que exponemos a continuación.

- GRADO DE CUMPLIMENTACION DEL PROGRAMA.- Supondremos que el grado de cumplimentación del programa es exacto. Hipótesis suficientemente aceptable en toda empresa con una Política de aprovisionamiento adecuada.
- ESTRUCTURA OPTIMA DE STOCKS.- Como se razonó en su momento, se tomarán como niveles de stocks, los frontera entre las Unidades Diferenciadas de Producción.

- INTERCAMBIABILIDAD COMERCIAL ENTRE DIFERENTES TIPOS DE PRODUCTOS.- Aunque en toda empresa pueda existir en mayor o menor grado, en general no suele ser importante, por lo que no se tendrá en cuenta en nuestro modelo, de forma que la intercambiabilidad que pueda existir influirá en una mejor calidad de servicio al cliente.

Veamos ahora la forma de actuar de los siguientes factores:

- PLAZO DE ESPERA AL CLIENTE.- en una situación de regimen permanente, toda empresa adoptará como solución más económica el hacer esperar a los clientes el máximo sin que se pierdan ventas. Planteamiento éste, que lleva consigo conocer de una forma exacta la demanda existente durante el periodo de espera.

Por tanto la influencia de este factor se manifestará en que el error de la previsión de ventas para el plazo de espera se reducirá notablemente, e incluso no existirá error.

- GRADO DE HOMOGENEIDAD DE LOS COMPONENTES.- La existencia de homogeneidad de componentes entre diferentes tipos de productos, especialmente de la misma gama de fabricados, hace que deba ser enfocado el problema de la optimización en unos términos que consideren ésta.

Cuando existe un proceso de ensamblaje a partir de los componentes, y éste es de corta duración, podemos aplicar el modelo de optimización a los componentes y aplicar un plazo de espera igual

al real menos el tiempo de ensamblaje. Desde un punto de vista operacional, este enfoque se traduciría en un programa de fabricación de componentes sobre el cual la Dirección Comercial de la empresa, con adecuada periodicidad, pediría los productos a servir a los clientes.

La forma en que se tendrá en cuenta, en nuestro modelo, la homogeneidad, consiste en que se tomará como uno solo cada componente y sus parecidos, obteniéndose por tanto un programa de fabricación para éste como resultado de la aplicación del modelo.

El programa que definitivamente llegará a los centros de fabricación, será desglosado para cada uno de los componentes diferentes, cuyo cálculo se ha hecho conjunto, asignando a cada uno de éstos un valor proporcional a sus ventas medias. Para poder pasar de un componente a otro de sus parecidos, si así lo requiere la demanda, será necesario tener un programa de los elementos no comunes a los mismos.

Este último programa se calculará aplicando el modelo a cada componente por separado, pero considerando ahora como coste directo solamente el de su parte no común.

Finalmente los componentes que salgan diferentes en el estudio de homogeneidad serán tratados a efectos de los cálculos como totalmente distintos.

- STOCK INICIAL.- La forma de actuar de este stock es la de reducir, en la cantidad existente en stock el programa de fabricación empezando por el primer periodo programado y siguiendo, si fuese preciso, al segundo, tercero, etc., haciendo la reducción, claro está, dentro de los mismos productos.

- RED DE APLICACIONES CON PLAZOS ORDINARIOS DE FABRICACION.- este factor sirve para efectuar las órdenes de compra y fabricación, y por tanto para determinar los stocks a poseer en cada nivel.

El plazo ordinario de fabricación nos permite tramitar las órdenes de trabajo a cada una de las Unidades Diferenciadas de Producción de la empresa, fijando así su nivel de producción y los stocks a poseer por ellas.

El programa de cada Unidad Diferenciada de Producción se fija a partir del programa de fabricación de componentes de la empresa, que es el resultado de la aplicación del modelo que vamos a describir, anticipándolo en el tiempo el plazo ordinario de fabricación.

- En cuanto a los factores, COSTE DE FLEXIBILIDAD DE PRODUCCION y NIVEL DE PRODUCCION PERIODICO, es importante indicar que tienen su influencia de la misma forma. Esto es, de los diferentes componentes del coste de flexibilidad, posiblemente, únicamente haya de ser tenido en cuenta, por ser los otros despreciables, el coste de las horas ordinarias perdidas.

La influencia del factor nivel de producción periódico se manifiesta precisamente en este mismo

aspecto: las horas ordinarias no saturadas que quedan en la empresa.

Por tanto consideramos los dos factores como uno solo a tener en cuenta en el proceso de optimización.

- Sobre el factor PREVISION DE LA DEMANDA A CORTO PLAZO, hay que hacer notar que esta previsión debe referirse a todos los productos que la empresa produce, tanto si son con destino a mercado nacional de exportación o pedidos especiales.

Vistas las consideraciones sobre los factores establecidos anteriormente, nos quedamos únicamente para jugar en el modelo de optimización.

- Coste de cantidad de Flexibilidad de Producción
- Previsión de la demanda a corto plazo
- Coste unitario de posesión
- Coste unitario de rotura de stocks
- Nivel de Producción.

Descripción General del modelo

Como medida previa al planteamiento del Modelo en cuestión, creemos oportuno exponer una panorámica general del problema tal como nosotros lo concebimos.

Se trata de definir en un momento determinado, puede ser final de mes, el programa de fabricación óptimo para n periodos siguientes, que pudieran ser de doce meses, estando con-

dicionados por un programa de fabricación vigente hasta el momento para los once primeros meses, lanzado el mes anterior, por unos stocks actuales y por unas nuevas perspectivas de aprovisionamiento y comercialización.

La razón de optimizar sobre el horizonte de n periodos, que habíamos supuesto de 12 meses, debe obedecer a que este valor sea superior al de compromiso de la empresa con sus proveedores y además cubrir el ciclo de variaciones estacionales, que aunque no sean muy pronunciadas en la demanda de la empresa, suelen resultar lo suficientemente importantes para que el ritmo de trabajo en los distintos meses del año sea apreciablemente diferente y por tanto interese optimizar el nivel de producción mensual sobre el periodo anual.

Así pues, se trata de un problema dinámico o con unos condicionamientos y unas perspectivas variables en el tiempo, que nos paramos a observar periódicamente (mensualmente) y conjugando unos y otros determinamos la decisión óptima del momento, que a su vez será revisada un periodo (mes) después, ante la nueva situación que se contemple.

Con este planteamiento del problema, el modelo que interrelaciona los factores expuestos anteriormente, responderá a la siguiente descripción:

Sobre la función de probabilidad de ventas optimizamos la suma de los tres costes en presencia: C_p posesión, C_r rotura y C_f flexibilidad de producción correspondientes a un grupo de productos.

Para ello optimizamos por separado la suma $C_p + C_r$, obteniendo así una oferta óptima O_{Fij} , siendo i cada uno de los meses del inmediato futuro (uno o doce) y j cada uno de los componentes diferentes de que se compone cada producto.

Esta optimización la realizamos en forma similar a la detallada en el epígrafe "Cálculo de la oferta óptima por medio de la minimización de la suma de los costes de rotura y de posesión"; esto es, optimizamos para el primer mes con lo que obtenemos unos valores $OF_{1,j}$; después optimizamos para el conjunto de los dos primeros meses, obteniendo un valor conjunto $OF_{2,j}^{i+2}$, de forma que la oferta para el segundo mes será $OF_{2,j} = OF_{2,j}^{i+2} - OF_{1,j}$; y continuaremos así el proceso hasta el mes duodécimo.

Puesto que la ecuación de costes que finalmente debe ser minimizada es la de los tres costes en presencia, $C_p + C_r + C_f$, quiere decir que si por separado hemos hallado la oferta OF_{ij} que minimiza $C_p + C_r$, y es esta oferta factible de producirse, sucederá que siempre que C_f sea nulo para tal oferta, ésta constituirá el óptimo apetecido. En caso contrario quiere decir que existe coste de flexibilidad, que sabemos provocado por horas ordinarias no utilizadas y debemos calcular un programa de fabricación que utilizando parte o todos de éstas minimice la suma de los tres costes.

Esta parte del proceso de minimización la realizaremos, como se expone más adelante, aplicando un sistema de costes marginales, es decir aumentando el programa hasta que los decrementos marginales del coste total se anulen. Este aumento se centrará en los meses con horas ordinarias libres, aplicando el proceso en tales meses y en los posteriores.

Procede aquí, para mejor comprensión del planteamiento general del proceso de optimización, hacer una importante observación sobre el coste de flexibilidad.

La oferta OF_{ij} que optimiza la suma $C_p + C_r$ puede constituir un programa de fabricación que deja sin utilizar horas ordinarias. Puesto que OF_{ij} es el conjunto de valores que hace

mínimo $C_p + C_r$, cualquier otro conjunto de ellos encarecerá la suma, y así sucederá si pretendemos utilizar las horas ordinarias libres con mayor producción.

De aquí se desprende, que una estrategia óptima consiste en saturar estas horas con nuevas actividades o bien hacerlas desaparecer reduciendo plantilla de mano de obra, o pasando vacaciones a tales épocas. Si con esto no se lograra hacer desaparecer totalmente las horas ordinarias de paro, es cuando hay que aplicar el mecanismo expuesto anteriormente.

Minimización de la suma de los costes de posesión y rotura

De forma general, podemos afirmar que el producto de una empresa consiste en una serie de producidos finales que pueden agruparse de forma tal que prácticamente puede considerarse que dentro de tales grupos existe homogeneidad entre algunos de sus componentes y fuera de ellos no existe.

Dentro de un corto plazo, también podemos considerar independientes las funciones de probabilidad de demanda de los diferentes grupos.

De esta forma es correcto calcular el óptimo de la empresa como la suma de los óptimos de cada grupo de productos.

El planteamiento analítico de la minimización de $C_p + C_r$ para los componentes que existen en cada grupo de producidos finales, sobre un caso simplificado y perfectamente generalizable será como sigue:

Sea un grupo compuesto por dos tipos de productos X e Y que están formados por los componentes:

X Compuesto por A y B

Y Compuesto por C y B

La ecuación de costes cuya suma queremos minimizar es:

$$C_P + C_R = C_{pu} \cdot C_{D,A}^A \cdot E(d_1' \leq A) + C_{pu} \cdot C_D^C \cdot E(d_2' \leq C) + C_{pu} \cdot C_D^B \cdot E(d_1' \leq B) + C_{RU}^X \cdot E(d_1 \geq X) + C_{RU}^Y \cdot E(d_2 \geq Y) \quad (1)$$

en la que:

A = Oferta del componente A

X = Oferta de productos X factibles de formarse con los componentes A y los disponibles de los B.

d_1 = Demanda del producto X

C_{pu} = Coste de posesión unitario

C_{ru}^X = Coste de rotura unitario del producto X

C_D^A = Coste directo del componente A

$E(d_1' \leq A)$ = Esperanza matemática de que la demanda d_1' del componente A sea menor o igual que la cantidad A buscada como óptima a ofertar del componente A.

d_1' = Demanda del componente A. Haremos notar la diferencia entre d_1 y d_1' (así como d_2 y d_2') por medio de un ejemplo: Supongamos que el óptimo de componentes correspondiente a $(C_p + C_r)_{min}$ resulta ser 10, 20 y 25 (para A, C y B respectivamente), según lo siguiente:

	<u>A</u>	<u>C</u>	<u>B</u>	<u>X</u>	<u>Y</u>
OFij	10	20	25		
d_1				8	18
d_1'	8	17	25		

Para un mes cualquiera en el que apareciesen 8 clientes del producto X ($d_1=8$) y 18 del Y ($d_2=18$) la demanda de los componentes A,C y B no sería respectivamente 8,18 y 26; efectivamente al ser $B=25$ ésta es la demanda máxima que puede existir de este componente.

Esto nos dice también que $(8+18)-25=1$ componente A o C será solitado de menos. Esto es, uno de los clientes de X o Y será dejado de servir en una unidad.

Bajo cierto criterio económico estableceremos prioridad de entrega al que mayor beneficio proporcione en esa transacción a la empresa, esto es, al que tenga mayor Cru. Por tanto si se verifica que $C_{ru}^X < C_{ru}^Y$ la demanda de componentes será 8,17 y 25 para A,C y B repectivamente.

Hay que hacer notar que las prioridades, además de establecerse por la forma aquí indicada, pueden hacerse con cualquiera otra directriz marcada por la Política Comercial de la empresa, la cual debe ser detallada para introducirla en el modelo.

Las variables independientes de la expresión (1) son las cantidades A,C y B de los componentes correspondientes.

Las variables dependientes X,Y, d_1' y d_2' pueden ponerse en función de d_1 , d_2 , A,C y B como veremos más adelante.

El desarrollo analítico de la expresión (1) será como sigue:

$$\begin{aligned}
 C_p + C_R = & C_{pu} \cdot C_D^A \sum_{d_1=0}^{d_1=A} (A-d'_2) p(d_1) + C_{pu} \cdot C_D^C \sum_{d_2=0}^{d_2=C} (A_2-d'_2) \cdot p(d_2) + \\
 & + C_{pu} \cdot C_D^B \sum_{d_1+d_2=0}^{d_1+d_2=B} [B-(d'_1+d'_2)] \cdot p(d_1+d_2) \quad (2) \\
 & + C_{RU} \sum_{d_1=X}^{d_1=\infty} (d_1-X) \cdot p(d_1) + C_{RU} \sum_{d_1=Y}^{d_1=\infty} (d_2-Y) \cdot p(d_2)
 \end{aligned}$$

en la que con la expresión $p(d)$ marcamos la prioridad de la demanda de un producto, previamente establecida.

Pongamos ahora X, Y, d_1^{\wedge} y d_2^{\wedge} en función de d_1, d_2, A, C y B , suponiendo que existe prioridad del producto X sobre el Y :

De la prioridad del producto X , deducimos que:

$$d_1^{\wedge} = d_1 \quad \text{si } d_1 \leq A$$

$$d_1^{\wedge} = A \quad \text{si } d_1 > A$$

Por tanto del producto Y tendremos como valor máximo de oferta:

a) Si $d_1 \leq A$ el valor menor entre C y $B-d_1$

b) Si $d_1 > A$ el valor menor entre C y $B-A$

Poniendo en otra forma esta expresión, resulta:

- Si $0 \leq d_1 \leq B-C$ hay C como máximo para servir d_2 , por tanto:

$$\text{Si } d_2 \leq C \rightarrow d_2^{\wedge} = d_2$$

$$\text{Si } d_2 > C \rightarrow d_2^{\wedge} = C$$

- Si $d_1 > A$ hay $B-A$ como máximo para cubrir, por tanto:

$$\text{Si } d_2 \leq B-A \rightarrow d_2' = d_2$$

$$\text{Si } d_2 > B-A \rightarrow d_2' = (B-A)$$

Y teniendo en cuenta estas relaciones la expresión (2) podemos exponerla así:

$$\begin{aligned}
 C_p + C_R &= C_p \cdot C_D^A \sum_{d_1=0}^{d_1=A} (A-d_1) p(d_1) + \text{(Coste de posesion de A)} \\
 &+ C_p \cdot C_D^C \left\{ p(0 \leq d_1 \leq (B-c)) \cdot \sum_{d_2=0}^{d_2=c} (c-d_2) \cdot p(d_2) \right. \\
 &+ \sum_{d_1=B-c}^{d_1=A} p(d_1) \left[\sum_{d_2=0}^{d_2=B-d_1} (c-d_2) \cdot p(d_2) + \sum_{d_2=B-d_1+1}^{d_2=\infty} (c-B+d_1) \cdot p(d_2) \right. \\
 &+ \left. \left. p(d_1 > A) \left[\sum_{d_2=0}^{d_2=B-A} (c-d_2) \cdot p(d_2) + \sum_{d_2=B-A+1}^{d_2=\infty} (c-B+A) p(d_2) \right] \right] \right\} + \left. \begin{array}{l} \text{Coste de} \\ \text{posesion} \\ \text{del} \\ \text{componente} \\ C \end{array} \right\} \\
 &+ C_p \cdot C_D^B \sum_{d_1+d_2=0}^{d_1+d_2=B} (B-d_1-d_2) \cdot p(d_1+d_2) + \text{(Coste de posesion de B)} \\
 &+ C_{RU}^X \sum_{d_1=A}^{d_1=\infty} (d_1-A) \cdot p(d_1) + \text{(Coste de rotura del prod. X)} \\
 &+ C_{RU}^Y \left\{ p(0 \leq d_1 \leq B-c) \sum_{d_2=c}^{d_2=\infty} (d_2-c) \cdot p(d_2) + \right. \\
 &+ \sum_{d_1=B-c}^{d_1=A} p(d_1) \left[\sum_{d_2=B-d_1+1}^{d_2=\infty} (d_2-B+d_1) \cdot p(d_2) \right] + \\
 &+ \left. \left. p(d_1 > A) \cdot \sum_{d_2=B-A+1}^{d_2=\infty} (d_2-B+A) \cdot p(d_2) \right] \right\} + \left. \begin{array}{l} \text{Coste de rotura} \\ \text{del producto} \\ Y \end{array} \right\}
 \end{aligned}$$

(3)

Así la ecuación (3), que debe ser minimizada, está puesta ya en función exclusivamente de las variantes A, C y B cuyos valores pretendemos determinar.

Es fácilmente comprensible que esta ecuación es de una gran complejidad práctica, cuando los productos son muchos y cada uno tiene varios componentes.

Ante tan gran complejidad puede optarse por los tres medios de resolución siguientes:

- 1) Estudio de la minimización de la ecuación planteada en el caso general para las circunstancias peculiares de cada empresa, por caminos matemáticos con objeto, bien de hallar su solución exacta, o bien, de calcular una aproximada con error aceptable.
- 2) Utilizar una solución aproximada, comprobando que el error es admisible por medio de simulación del problema.
- 3) Cálculo de la solución del problema en su generalidad por simulación (1)

Respecto al primero de los procedimientos, nada más hay que añadir.

La 2da. de las hipótesis puede enfocarse bajo la hipótesis de que los productos no tuviesen común ninguno de sus componentes. El óptimo del programa sería la suma del óptimo de cada producto, siempre que las distribuciones de error de la previsión de demanda estuviese calculado de forma que pudieran ser consideradas independientes.

(1) Bernaldo de Quirós, Fernando en su trabajo: "Simulación" expone algunos métodos de simulación. Reuniones Nacionales de J.O. 1960.

Este camino es el que se utilizó en el estudio económico para determinar el stock de Seguridad óptimo de productos.

La solución aproximada en cuestión, consiste en utilizar como valor de cada uno de los componentes OF_{ij} el mismo valor numérico que saldría si se calculase, en la suposición anterior, el valor que hace mínimo $IC_p + C_r$ con un producto cuya demanda fuese la demanda compuesta de todos los productos en que forma parte el componente, y cuyo coste directo y de rotura fuesen los valores medios correspondientes a estos productos, ponderados por las ventas medias.

El error de esta solución aproximada, podemos detectarlo calculando por una parte los valores que se obtienen por el método anterior, en varios ejemplos que cubran los casos extremos que puedan presentarse en los datos, que sean representativos y no muy complejos, y por otra parte simular el problema, comparando las soluciones por ambos caminos.

Por último, la 3ra. solución consiste en simular el problema general que se planteó analizando la expresión (3) para un caso muy simplificado.

El esquema de la simulación es conceptualmente muy sencillo: los centros de producción producen componentes con una distribución marcada por el grado de cumplimentación del programa, que hemos venido suponiendo que era exacta. A la vez llegan demandas de productos.

Ante estas demandas, se eligen los componentes que forman el producto y se entregan al cliente, ensamblados en un tiempo que suele ser pequeño y que hemos supuesto que lo enjugábamos en el plazo de espera del cliente. Si hay algún

pedido que no pueda ser atendido, entra en juego el orden de prioridades establecido en cualquiera de las formas que se han planteado antes.

Cuando se pierde una venta se genera un coste C_{ru}^X correspondiente al producto cuya venta se pierde. Cuando un componente no se vende se genera un coste igual $C_{pu} \cdot C_D^C \cdot t$, siendo t el tiempo que está almacenado el componente hasta que se vende, C_{pu} el coste de posesión unitario y C_D^C el coste directo del componente C .

Para alcanzar la solución por este tercer camino será necesario diseñar un programa de simulación en ordenador adecuado al problema de cada empresa. (1)

Aplicación de la flexibilidad de producción y optimización del nivel de producción mensual

Calculado el programa OFij haremos actuar la variable "Stock inicial" restando el mismo al programa OFij, obteniendo el programa OF'ij, que será calculado restando componente a componente el stock que los mismos tienen, empezando por el primer mes de programación, hasta que se anule el stock.

Calculado así OF'ij ponemos en juego, como ya se indicó al exponer la panorámica general del modelo, la flexibilidad de producción y el nivel de producción mensual, es decir, el grado de saturación de las horas ordinarias.

(1) Conocemos la existencia de un programa de simulación, para un caso general, por IBM: el sistema GPSS. Por medio de esta simulación conseguiremos la solución, tan aproximada como deseemos, al problema en cuestión. Sin embargo este programa puede tener un inconveniente para su utilización rutinaria, es el tiempo que tarda en conseguir la solución, cuando los productos son muchos, así como sus componentes

Antes de referirnos al caso general, para una mayor claridad de la exposición, vamos a tratar el caso más simple de los que se nos puedan presentar.

SUFICIENCIA DE FLEXIBILIDAD DE PRODUCCION Y SATURACION DE HORAS ORDINARIAS.

El caso más simple que puede presentarse es que el programa OF'_{ij} sea factible de producirse - existe suficiente flexibilidad de producción cada mes para pasar del programa vigente en ese momento al juego de valores OF'_{ij} - y no existen horas ordinarias de paro, con lo cual el coste de flexibilidad es nulo y el nivel de producción mensual óptimo.

La comprobación de que existe suficiente flexibilidad de producción cada mes y no existen horas ordinarias de paro, la realizaremos comprobando que el programa OF'_{ij} cumple las inecuaciones de flexibilidad de fabricación, es decir, la capacidad de producción de cada UDP ha de ser igual o superior a la correspondiente al programa OF'_{ij} , que existe suficiente flexibilidad de aprovisionamiento - adicionado al programa de aprovisionamiento vigente en el momento las flexibilidades de aprovisionamiento, el valor resultante es igual o superior a las necesidades del programa OF'_{ij} - y valorando el programa OF'_{ij} en términos de horas de trabajo el mismo satura las horas ordinarias disponibles.

Para elegir el programa que definitivamente estableceremos, pasaremos a estudiar las dos alternativas siguientes:

a) Empleo de horas extraordinarias

El programa que estableceremos será el OF''_{ij} , calculado partiendo del OF'_{ij} y disminuyendo la programación de éste en aquellas cantidades y productos que reduzcan al

mínimo o anulen las horas extraordinarias, de forma que tal reducción sea factible de ser recuperada en el mes siguiente, por medio de la flexibilidad de producción y siempre que la cantidad así resultante no sea inferior a la media de la previsión de ventas, en cuyo caso se establecería ésta como programa.

Con un planteamiento de este tipo conseguiremos un doble objetivo: por una parte establecer un programa - que minimice el riesgo de que las perspectivas cambien el mes próximo, pero sin bajar de un mínimo -previsión de ventas- que tiene las mayores probabilidades de suceder; por otra parte, estar en condiciones de establecer el programa óptimo si el mes próximo las perspectivas no cambian respecto a las actuales.

b) Sin empleo de horas extraordinarias.

El programa de fabricación de la empresa será el OF'ij, calculado en la forma expuesta anteriormente.

Caso General

El caso general que se presenta en las empresas, será con horas de paro en algún mes, utilización de horas extraordinarias en algún otro y existirá, o no, suficiente flexibilidad de fabricación en cada mes para cubrir el programa OF'ij.

Veamos primero, la interrelación de estos tres elementos:

Ya hemos dicho anteriormente, que consideramos que el coste diferenciado de las horas extraordinarias es nulo, es decir, tienen el mismo coste que las ordinarias.

Ello nos lleva a que si utilizamos horas extraordinarias en un mes y en algún mes anterior se han dejado de utilizar horas ordinarias, tenemos una pérdida igual a las horas ordinarias no utilizadas.

Por tanto, al algoritmo de optimización tiene que tender a adelantar la producción que se realiza en horas extraordinarias, a meses antes en que haya horas ordinarias libres; pero, naturalmente, para poder actuar así necesitamos horas equivalentes, esto es, si hacemos horas extraordinarias en la instalación I_0 y tenemos horas de paro en la instalación I_1 , no podremos actuar así.

Adelantando la producción modificaremos los costes de rotura y posesión ($C_p + C_r$) en cada mes. El incremento que se produzca ha de ser menor que el valor de las horas ordinarias utilizadas para que sea económico aplicar el mecanismo citado.

Con una operativa similar podemos actuar con la flexibilidad de producción. Si en determinado mes, la flexibilidad de fabricación para el mismo, es insuficiente para cubrir el programa óptimo OF_{ij} , calcularemos la conveniencia de utilizar la flexibilidad de producción sobrante en meses anteriores al mismo, para ver si podemos aplicarla a tal objeto.

Finalmente, en los meses que después de realizar la operación anterior se tengan horas extraordinarias ajustaremos el programa reduciendo el correspondiente del mes i en la cantidad de flexibilidad que al mes que viene pensamos existirá para el mes i sin bajar de la previsión media de ventas correspondiente al componente.

Con esta técnica minimizamos el riesgo, como ya se ha dicho, protegiéndonos de posibles variaciones, no

previstas en el momento actual, en la demanda y que pudiesen aparecer al mes siguiente.

Queda así expuesto el enfoque previsto para la consecución del programa definitivo de fabricación partiendo del OF_{ij} , y poniendo en juego la flexibilidad de fabricación, las horas de paro y las extraordinarias.

El mecanismo de optimización consistirá, como ya se ha dicho, en balancear los valores que resulten de la variación de $C_p + C_r$ y la eliminación de las horas ordinarias en paro, realizando éstas cuando existe flexibilidad de producción suficiente, pues no basta tener horas ordinarias libres sino que también tiene que existir suficiente flexibilidad de abastecimientos.

La variación de $C_p + C_r$, será incremento si pretendemos establecer un programa mayor del óptimo en un mes determinado con objeto de adelantar la producción, y será decremento si tratamos de acercarnos al programa OF_{ij} en un mes i que no tiene suficiente flexibilidad de producción, por medio de flexibilidades en meses anteriores.

Para mejor comprensión de la operativa indicada, en la hipótesis más simple de producir solamente un componente, examinaremos los cuatro casos que pueden presentarse en una empresa.

CASO A.- Horas ordinarias de paro en el mes 1 para cumplir el programa $OF_{1,1}$ y no hay suficiente flexibilidad de fabricación en el mes 2 para producir $OF_{2,1}$

	<u>MES 1</u>	<u>MES 2</u>
OF_{ij}	30	45
Capacidad de producción en h.o	35	35
Capacidad de producción en h.e	5	5

en este caso podemos cumplimentar el programa OF^{ij} sin más que ampliar las horas ordinarias libres en el primer mes al segundo, produciendo las 5 unidades para los que no hay suficiente capacidad de producción en éste.

Para ver si interesa este adelanto de producción calculamos el incremento $C_p + C_r$ por producir 35 en lugar de 30 en el primer mes. Calculamos el decremento de $C_p + C_r$ para el conjunto de los dos meses por producir 75 en lugar de 70, que será decremento puesto que el óptimo de $C_p + C_r$ es 75, y finalmente calcularemos el coste de las horas extraordinarias necesarias para producir 5 unidades.

Si el incremento total de $C_p + C_r$ en los dos primeros meses es menor que el coste de las horas ordinarias en paro, interesará aprovechar éstas.

CASO B.- No hay horas ordinarias en paro en el mes 1, pero existe flexibilidad de empresa en este mes debido a la utilización de horas extraordinarias, y falta flexibilidad en el mes 2.

	<u>MES 1</u>	<u>MES 2</u>
OF ^{ij}	35	45
Capacidad de producción h.o.	35	35
Capacidad de producción h.e.	5	5

en este caso la circunstancia a considerar se reduce a comprobar si el incremento $C_p + C_r$ que se produce en el primer mes por producir 40 unidades en lugar de 35 es inferior al decremento en el conjunto de los dos meses por producir 75 en lugar de 80.

Si es así interesa aprovechar las horas extraordinarias que existen en el mes 1 para producir las 5 unidades.

CASO C.- Hay horas ordinarias en paro en el mes 1 y en el mes 2 se utilizan horas extraordinarias para cumplir el programa $OF'_{2,1}$

	<u>MES 1</u>	<u>MES 2</u>
OF'_{ij}	30	40
Capacidad de producción en h.o.	35	35
Capacidad de producción en h.e.	5	5

en este caso hay que comprobar si el incremento de C_p+C_r en el primer mes por producir 35 en lugar de 30 es inferior al coste de las horas extraordinarias necesarias para producir 5 unidades, en cuyo caso interesará tal táctica.

CASO D.- Hay horas ordinarias de paro en el mes 1, pero el programa OF'_{ij} se puede producir.

Recordemos que en casos como éste, según se ha dicho antes, la estrategia óptima de empresa consiste en utilizar tales horas ordinarias de paro para nuevas actividades de la empresa, o, hacerlas desaparecer dando vacaciones en tales momentos, si ello fuera posible.

Si aún después de estas consideraciones, siguen existiendo horas ordinarias en paro, debemos ver la economicidad que pudiera representar su utilización.

	<u>MES 1</u>	<u>MES 2</u>
OF'ij	30	35
Capacidad de producción en h.o	35	35
Capacidad de producción en h.e	5	5

en este caso calculamos el incremento de C_p+C_r en el primer mes y en los dos primeros meses por producir 31 unidades en el primero y $31+35=66$ unidades en los dos primeros meses.

Si este incremento es menor que el coste de las horas ordinarias de producir 1 unidad, interesará producir éste.

Sequiereamos esta mecánica, unidad a unidad, hasta que se invierta el signo en la comparación, que su cederá rápidamente pues los incrementos de C_p+C_r son crecientes, a veces rápidamente, en el entorno óptimo OF'ij.

Expuesto como ha sido el método de introducir en el proceso de optimización, las horas ordinarias de paro y la flexibilidad de fabricación, veamos como concebimos el funcionamiento operativo de este mecanismo.

Nos basamos en que la previsión de la demanda no tendrá normalmente cambios bruscos de la realizada en un mes para los doce siguientes, a la realizada el siguiente mes para los últimos 11 meses, podremos utilizar sin más complicación de la normal en un proceso tan complejo como la determinación del programa óptimo de fabricación, el procedimiento que expondremos a continuación.

Al respecto, hemos de recordar que los cambios bruscos de la demanda, debidos a fenómenos no previsibles, no -

pueden ser incluidas en un estudio de gestión integrada de stocks.

El procedimiento consistirá en utilizar el programa de simulación en su generalidad, para hacer las comparaciones C_p+C_r expuestas en los casos seleccionados anteriormente.

Con una adecuada práctica en plantear el programa de fabricación puede llegar a resultar muy sencillo, a la vista de aquellos meses en que hay horas de paro u horas extraordinarias para fabricar determinados componentes, ver la posibilidad de adelantar la producción para aquellos meses en que la capacidad es insuficiente.

Con unas cuantas simulaciones y la sensibilidad de costes que se consigue trabajando habitualmente en la determinación de un programa de fabricación, se llega a determinar éste con relativa facilidad.

La mecánica de comparaciones que hemos expuesto anteriormente es muy sencilla siempre que pueda calcularse fácilmente los incrementos C_p+C_r . Mediante una serie de simulaciones y su posterior análisis, se llegará a ajustar el programa OF'_{ij} y aplicando al mismo la flexibilidad de producción y optimización del nivel de producción mensual, obteniendo así el programa óptimo OF''_{ij} de fabricación.

Finalmente, en la forma que expusimos en el caso más simple tratado al comienzo de este punto, el programa que estableceremos se derivará del OF''_{ij} disminuyendo éste en la flexibilidad que para el mes i se estime en estos momentos que existirá el mes próximo cuando de nuevo volvamos a actualizar el programa de fabricación, sin pasarnos en tal disminución de la previsión media de ventas, en cuyo caso se estable-

cerá como programa esta previsión de ventas.

Conclusiones al capítulo

Obsérvese la división del modelo en dos etapas: Minimización de $C_p + C_r$ y Aplicación de la flexibilidad de fabricación y optimización del nivel de producción.

Ello permitirá a la empresa, en la primera etapa, conocer la parte del mercado que la interesa cubrir, que es el óptimo económico de la misma.

En la segunda etapa aplicaremos el resultado conseguido en la primera, los condicionantes de cada empresa en particular: falta de capacidad de producción, o exceso de la misma traducido en horas ordinarias de paro.

Conocer el resultado de la primera etapa puede ser muy interesante para aplicar alternativas que amplíen la capacidad de producción a corto plazo, o por el contrario, en el segundo caso, buscar nuevos trabajos que hagan desaparecer las horas de paro que posiblemente anarecerán.

Finalmente, el proceso de aplicación práctica del modelo requerirá, por una parte, la puesta a punto del proceso de minimización de $C_p + C_r$ y de los programas de simulación a que nos hemos venido refiriendo, y por otra parte, la definición detallada del programa a establecer.

Deseamos resumir nuestro trabajo, afirmando la existencia, para cada caso, de un método científico para realizar la gestión óptima de stocks, bajo los condicionamientos restrictivos que se han venido poniendo de manifiesto.

No obstante, a causa de las dificultades de tipo analítico que se presentan en las empresas, éstas ontan nor adoptar modelos concretos y muy simplificados, que casi nun ca cumplen fielmente los objetivos de la gestión de stocks.

También queremos señalar, que las motivaciones de orden económico de las empresas llevan a la necesidad de una evaluación de la función de gestión de stocks.

Sin embarco estas evaluaciones, sobre las que existe un trabajo firmado por E. Naddor (Conf. Internacional de I.O. Sept. 1960, Aix-en Provence), no suelen ser muy frecuen tes y las consideramos complementarias a toda implantación de una gestión de Stocks.

CONCLUSION FINAL

Hemos definido la gestión integrada de stocks, como una coordinación económica de todos los existentes en la empresa (acopios, productos en elaboración y productos terminados) que optimice el conjunto de condiciones de compra, producción y comercialización. También hemos señalado la necesidad de que un tratamiento de los stocks del tipo que hemos expuesto, plantea la conveniencia de determinar una estructura óptima de los stocks.

Se ha puesto de manifiesto la íntima relación existente entre la determinación del stock de seguridad y el establecimiento del programa de fabricación. Así, el modelo expuesto proporciona el compromiso óptimo en cada momento, para periodos posteriores del que se deduce, una vez tenidos en cuenta los stocks existentes, el stock de seguridad óptimo y el programa de fabricación, poniendo de manifiesto como la determinación del stock de seguridad óptimo y del programa de fabricación son el mismo problema en dos aspectos distintos.

Sobre el programa de fabricación es necesario señalar algunas consideraciones de orden operativo en las empresas en que, generalmente, la cifra total del programa de fabricación sólo puede ser cambiada por la Alta Dirección.

La necesidad de una periódica actualización del programa, en función de las variaciones interiores y exteriores a la empresa, llevará consigo frecuentes cambios de mayor a menor cuantía en tal cifra total, en función de la coyuntura del momento. Para poder llevar a cabo tal actuación, con la antelación necesaria, se requerirá que, o bien el mecanismo de aprobación del cambio funcione con la misma periodicidad, o bien que se definan unos límites por encima de los cuales se requiera la apro

bación de la Alta Dirección, y dentro de los mismos ésta sea automática.

Como consecuencia del excesivo grado de error que puede llevar consigo la previsión de ventas por productos, por medio de la gestión integrada de stocks se plantea la posibilidad de que la programación se realice por grupos de productos lo mas agregados posible. Condición que recae sobre los grupos de intercambiabilidad de producción, que definimos al hablar de la flexibilidad de fabricación, y así la programación se realizaría por el total de productos para cada grupo de intercambiabilidad de producción, debiéndose descomponer esta cifra con una anticipación que sea lo más reducida posible.

El concepto de retrasos de programa de fabricación, como consecuencia de haber sido programadas ciertas cantidades de productos para un cierto periodo y no han sido fabricados dentro del mismo, no tiene significado en un mercado de demanda y los pedidos de clientes no satisfechos desaparecen. Por ello, los programas de fabricación serán recalculados periódicamente en función de las nuevas perspectivas que en ese momento existen sobre compras, producción y comercialización, y en este estudio se deberá tener en cuenta la producción en curso existente correspondiente a retrasos de programa.

Otro aspecto destacado en la gestión de stocks, ha sido la sensibilidad de su coste total. Llamamos sensibilidad del coste total de la gestión de stocks, respecto a cada uno de los factores de que depende, al incremento del coste total que provoca la variación unitaria correspondiente al factor.

Puesto que existe una relación biunívoca entre el coste total de la gestión de stocks y el stock de seguridad que le corresponde, las consideraciones hechas para uno afectan igualmente al otro.

El estudio de la sensibilidad del coste de la gestión de stocks puede estar motivado por los errores de los datos, con objeto de determinar el grado de error óptimo que puede admitirse en los mismos. A veces, conseguir mayor precisión en los datos puede ser excesivamente caro, o bien imposible de obtener, y es entonces cuando interesa determinar el grado de error con que debemos obtener la previsión de ventas, el plazo de espera del cliente o el grado de cumplimentación del programa, puesto que el coste total de la gestión y el stock de seguridad son muy sensibles a ellos.

También motivan estudios de sensibilidad la evolución de los factores de que depende la gestión de stocks, por lo que se hace necesario un mecanismo de actualización de los parámetros utilizados en los cálculos, que es normal en todo sistema, puesto que existen factores contrapuestos que determinan el stock de seguridad óptimo y depende de la evolución de tales factores el que aumente o disminuya el mismo. Así, si disminuye el margen comercial de un producto aumentará el coste de posesión respecto al de rotura de stock, por lo que el stock óptimo de seguridad disminuirá; de la misma forma, si el margen comercial permanece constante y aumenta la cantidad de flexibilidad de empresa a coste nulo, también disminuirá el stock de seguridad óptimo.

En consecuencia, la sensibilidad respecto a la evolución de los factores será necesario estudiarla cuando la empresa proyecta un cambio en uno o más de los factores-precio, margen, etc.- y queremos cuantificar la repercusión.

si3n que tendr3 sobre el stock de seguridad 3ptimo. Tambi3n ser3 necesario cuando se preveen cambios en los factores por condiciones ajenas a la empresa -plazo de espera del cliente, etc.- queriendo calcular el efecto que tendr3 sobre el stock de seguridad 3ptimo.

Por 3ltimo, hemos de mencionar que algunas actuaciones fuera del valor 3ptimo de seguridad calculado, como puede ser la limitaci3n financiera debido a condiciones de empresa diferentes a la gesti3n de stocks, pueden motivar el estudio de la sensibilidad respecto a las mismas. Esto es, en el caso de acordarse tener menor inversi3n que la que corresponde al stock de seguridad 3ptimo, deber3 determinarse el incremento del coste total de la gesti3n que se provoca con tal medida.

Y resumiendo cuanto se ha expuesto sobre la gesti3n integrada de stocks, los problemas que se plantean en esta consideraci3n global para la empresa, esquem3ticamente son los siguientes:

- Determinar una estructura 3ptima de stocks, bajo una consideraci3n integrada de empresa.
- Establecer el nivel de producci3n 3ptimo.
- Descubrir el grado de homogeneidad de los componentes de los productos.
- Analizar la posibilidad y coste de aprovisionamiento de emergencia.
- Estudiar el plazo de espera del cliente.
- Calcular la previsi3n de la demanda a corto plazo.

- Establecer el grado de cumplimentación del programa.
- Determinación de la cantidad y coste de la flexibilidad de empresa.
- Sensibilidad del coste total de la gestión de stocks y del stock de seguridad.

para conseguir establecer periódicamente el programa óptimo de fabricación y el stock de seguridad óptimo.

B I B L I O G R A F I A
=====

ACKOFF RUSSEL, L. "Progress in Operations Research".
Ed. Wiley and Sons. Inc. N. York 1961

ACKOFF RUSSEL, L. "Un concepto de planeación de em-
presas". Ed. Limusa Wiley S.A. Méjico 1972

ACKOFF RUSSEL, L. Y PATRICK RIVETT. "La investigación
operativa en la empresa". Ed. Sagitario 1970

A.I.C.P.A. "Técnicas y Políticas prácticas para el -
control de inventarios". Ed. A.I.C.P.A. 1962

ALFOR, L.P. y J.R. BANGS. "Manual de la Producción".
Ed. U.T.E.H.A. Méjico 1953

ALJIAN, G. "Puschasing handbook". Ed. Mc. Graw-Hill 1973

ALLEN, R.D.G. "Análisis matemático para economistas". Ed.
Castillo 1970

ANDOYE, J.M. "El fondo circulante". Ed. Francisco Casano-
va 1975

ANTIER, P. "Manual práctico de la gestión de stocks". Ed.
Ibero Europea de Ediciones 1969

A.P.A.S.P. "Guide de Reapprovisionnement". Ed. Dunod 1959

ARALDI, R. "Una nueva técnica: la simulación como instru-
mento de decisión". Rev. Técnica Contable. Oct. 1970.
Pág. 8

ARJONA CIRIA, A. "Planificación y control de la produc-
ción". Ed. Deusto 1972

ARROW, K.J. KARLIN, S y SCARF, H. "Studies in the mathema-
tical theory of inventory and production". Stanford Unive-
sity Press 1958

BABENU, DESPLAS, M. "Analyse quantitative des decisions of l'entreprise". Ed. Dunod 1973

BALLESTEROS, E. "Principios de Economía de la Empresa". Ed. Alianza U. 1975

BARANGER, P. "Comment reussir votre gestion des stocks sur ordinateur". Ed. Hommes et techniques 1972

BARRER, D.Y. "A waiting line, problem charaterized by impatient customers and indifferent clerks" L. operations research Soc. Americana 1955

BARRIL DOSSET, R. "El sistema integrado de gestión". Ed. Inst. de Admon Local 1973

BATTERSBY, A. "Obesidad y control de stocks". Ed. Anaya 1970

BAUL, W.J. "The transaction demand for cash: an inventory theoretic approach". Quartely journal of economies Vol. LXV

BEASCOCHEA, J.M. "La dirección de Producción y la gestión mediante modelos". Ed. Ibérica E. de Ediciones 1971

BENSOUSSAN, A.; HURS T.E. y NASLUND B. "Management Applications of Modern Control Theory". Ed. North-Holland Co. 1974

BERLANGA, M. "Economía de la Empresa". Ed. B.C.F. 1954

BERLANGA, M. "Principios de estadística con aplicaciones a la economía de los negocios y las empresas".

BERANER, W. "Financial implications of lot-size inventory models". Management science. Vol. XIII. Pág. 401

BERNALDO DE QUIROS, F. "Simulación". Rev. Racionalización I.N.R.T 1952

BERTOLETTI, MARIO E. "Programación lineal de la producción sin stocks intermedios". Cuadernos de investigación estadística". nº 3 1964

BIERMAN, FOURAKER y JAEDICKLE. "Quantitative Analysis for Business Decisions". Richard D. Irwin Inc. 1961

BITTERLIN, GUY "Gestion scientifique et pratique des stocks". Ed. Dunod 1971

BOLETIN DE ESTUDIOS ECONOMICOS DE DEUSTO.- Varios números

BOSTON CONSULTING GROUP. "Prespectives sur la strategie de l'entreprise". Hommes et techniques. Paris 1972

BREFORT D. y M. NUSSEMBAUM. "La gestión científica de los stocks". Ed. Guadiana 1971

BROSS. "La gestión estadística". Ed. Aguilar 1958

BROWN, R.G. "Statiscal forecasting for inventory Control". Mc. Graw-Hill Book Company, Inc. N.Y. 1959

BUCHAN, L. y KOEMIGSBERG, E. "Gestion scientifique des stocks". Ed. Organisation, Paris 1965

BUFFA ELWOOD, S. "Production-Inventory systems:planning and control". Ed. Richard D. Irwing Inc. Homewood 1968

BUFFA, E.S. y TAUBERT, W.H. "Sistemas de Producción e Inventario". Ed. Limusa 1975

- BUTHEWAY, C.W. "Técnica de análisis de sistemas de funciones". Rev. Product Engineering, Agosto 1965
- CALIMERI, M. "Organización del Almacén". Ed. Hispano Europea 1961
- CALIMERI, M. "Manual del Director de Compras". Ed. Deusto 1970
- CAÑIVANO CALVO, L. "Perspectivas dinámicas de los programas del almacén". Rev. de economía Junio 1969
- CAÑIVANO CALVO, L. "las decisiones secuenciales en la empresa". Ed. Conf. Españ. de Cajas de Ahorro 1973
- COBHAM. "Priority Assignment in waiting line problems". L. operations research. Soc. Americana 1954 y 1955
- COHEN, K.J. y CIERT, R.M. "Economía de Empresas-Teoría de la firma". Ed. El Ateneo 1973
- COLIN RIBINSON. "Business forecasting". Ed. Nelson 1971
- COMISION NACIONAL DE PRODUCTIVIDAD INDUSTRIAL. "Planificación y Control de la Producción". Madrid 1962
- COUETOUX, M. "Les problemes de l'approvisionnement". Ed. Dunod 1972
- CROLAIS, M. "Gestion integre des stocks et approvisionnement". Ed. Hommes et techniques 1973
- CROLAIS, M. "Gestion integre de la production et ordenacement". Ed. Dunod 1968
- CROSKEY, J.F. y TREFETHEN, F.N. "Introduction a la recherche operationelle". Ed. Dunod 1958

CUADERNOS DE ESTADISTICA E INVESTIGACION OPERATIVA.-
Varios números Ed. Escuela de Ingenieros Industriales
de Barcelona

CUADRA ECHAIDE, P. "Organización del trabajo en almacenes; algunos aspectos prácticos". Rev. de productividad, año 1968

CUADRA ECHAIDE, P. "Gestión de compras". Ed. A.P.D.

CYERT, R.M. y MARCH, J.G. "Teoría de las decisiones económicas en la empresa". Ed. Herrero Hnos. Méjico 1965

CHACON, E. "Investigación Operativa y programación dinámica". Ed. Ibero Europea de Ediciones 1970

CHURCHMAN-ACKOFF Y ARNOFF. "Introducción a la investigación operativa". Ed. Aguilar 1973

CHORAFAS, D.N. "Nuevos métodos de análisis económico". Ed. Deusto 1965

DANTY, J. y LAFRANCE "Estrategia y política de Aprovisionamiento". Ed. Anaya 1973

DANTZING, G.B. "Applications et prolongement de la programmation lineaire". Ed. Dunod 1965

DE BRUYNE, P. "Teoría moderna de la Administración de Empresas". Ed. Aguilar 1973

DE FENIZIO, "Economía Política" Ed. Bosch 1954

DEAN, J. "Política de Inversiones". Ed. Labor 1973

DELFOSSE, M.G. "Les stocks et les magasins". Ed. E.M.E. 1974

- DEMMER, DEYHBE, y otros. "Nuevas técnicas de dirección". Ed. Hispano Europea 1976
- EKGRAFOFF, B. "Sistemas de gestión de la Producción". Ed. Ibérico Europea 1972
- ELLIOTT, J.W. "Economic Analisys for Management Decisions" Ed. Richard D. Irwin 1973
- ELLIS, CH. "Repurchase stock to revitalize equity". Harvard Business Rewieus. Vol. XLIII
- ENGLAND, WIBUR, B. "Sistemas de Compras". Ed. Ateneo 1971
- ESCUELA DE ADMINISTRACION DE EMPRESAS.- "Planificación y control de los stocks". Ed. Sagitario 1967
- ESTAPE, F. "Ensayos sobre la economía española"Ed. Ariel 1972
- EVANS, E.D.C. "Planificación del ejercicio y control presupuestario". Ed. Sagitario 1965
- FALCON DE, W. "L'analyse des valeurs". Ed. Hommes et techniques 1968
- FAYOL, HENRY. "Administration industrielle et generale". Ed. Dunod 1956
- FELLER, W. "An introduction to probability theory and its applications". John Wiley, 1960
- FERNANDEZ BALLESTEROS, F. "La teoría de inventarios como una teoría de investigdción operativa". Rev. Racionalización 1962

FERNANDEZ DE CASADEVANTE, J.L. "El almacenaje en la práctica". Ed. Deusto 1974

FERNANDEZ PIRLA, J.M. "Tendencias evolutivas en la gestión de la empresa". Ed. Bol. Estud. Económ. nº 84 Dic. 71.

FERNANDEZ PIRLA, J.M. "Economía y gestión de la empresa". Ed. Biblioteca de Ciencias Empresariales 1972

FERNANDEZ ROMERO, A. "Métodos de cálculo y control de las inversiones". Ed. Sagitario 1967

FERONT, R. "Organización de la Producción". Ed. Deusto 1974

FERRIER, J. "La Gestion scientifique des stocks". Ed. Dunod 1966

FETTER, ROBERT B. y WINSTON C. DALLECK. "Decision Models for Inventory Management". Richard D. Irwin Inc. 1961

FINETTI DE. "La previsión, ses lois logiques, ses sources subjectives". Annales de l'institut Henri Poincaré Núm. VII 1957

FORRESTER, J.W. "Dinamismo Industrial". Ed. El Ateneo 1972

FOURNEREAUX, M. "L'etude de la gestion des entreprises". Ed. Dunod 1948

FOWILLET. "L'evaluation et le controle des stocks". Ed. Dunod 1970

FRANCOIS, A.R. "Manual de Organización". Ed. Hispano Europea 1976

FRAXENET DE SIMON, M. "Dirección de Producción racional". Ed. Index 1974

- GARCIA ECHEVARRIA, S. "Planificación y pronóstico en la economía de la empresa". E.C.E. 1970
- GARCIA ECHEVARRIA, S. "Política económica de la Empresa". Ed. Deusto 1975
- GORDON, P. "Theorie des chaînes de Markow finies et ses applications". Ed. Dunod 1965
- GROFF, G.K. y MUTT, J.F. "Sistemas de producción". Ed. El Ateneo 1974
- GROSS, P. "Funciones y políticas de aprovisionamiento". A.P.D.
- HADLEX, G. y WHITTIN, T.M. "Analisis of inventory Systems" Prentice-Hall Inc. 1963
- FERNANDEZ OLIVER, F. "Cálculo de los costes de Almacenes" Rev. Técnica Económica 1958. Pág. 391
- HIERCHE, H. "Técnicas modernas de la gestión de Empresas". Ed. Aguilar 1970
- HILLIER, FREDERICKS, LIBERMAN y GERARD, J. "Introduction to operations research". Holden-day Inc. 1967
- HOPMAN, R.J. "Producción, conceptos, análisis y control". Ed. C.E.C.S.A. 1973
- IGOR ANSOFF, H. "La estrategia de la Empresa". Ed. Universidad de Navarra 1976
- INSTITUTO NACIONAL DE RACIONALIZACION DEL TRABAJO.-
"Trabajos presentados en las Reuniones Nacionales de Investigación Operativa". 1962
"Curso de gestión y mecanización de Almacenes". 1963
"Curso de análisis del valor". 1974

- INSTITUTO PER GLI STUDI ECONOMICI ED ORGANIZZATIVI.-
(I.S.E.O.) "La programación y el control de aprovisionamiento". 1968 Ed. Ibérica Europea
- JANSTSCH, E. "La prevision technologique". ECEDE 1967
- JARDIN, J. "Techniques de l'achat industriel". Ed.
Hommes et techniques 1974
- JENKINS, C.H. "Administración moderna de almacenes". Ed.
Diana 1973
- JEVINESU, C. "L'analyse de la valeur". Ed. Dunod 1972
- JOESCH, H.C. "Lineares Programmieren". 1962
- JOHNSON, L.A. y MONTGOMERY, D.C. "Operation in production
Planning, scheduling and inventory control" 1974
- KAUFMAN, FAURE y GARFF. "Les jeux d'entreprise". Ed.
Presse Universitaires de France 1960
- KILLEN, L. "Techniques des gestion des stocks". Ed.
Chorard et Associates 1972
- KLISBERG, B. "El pensamiento organizativo: del taylorismo
a la moderna teoría de la organización". Ed. Depalma
B. Aires 1971
- KNIGHT. "Riesgo, incertidumbre y beneficios". Ed. Aguilar
1947
- KOGIKU, K.C. "Microeconomics Models". Ed. Harper 1971
- KOLB, F. y V. BRIJATOFF. "Planificación y métodos de
previsión en la empresa". Ed. Ibero Europea de Edicio-
nes 1970

KOLB, F. "La logística:Aprovisionamiento, Producción, Distribución". Ed. Deusto 1975

LAHDE, FEIN y MULLER. "Técnica de la organización de almacenes". Ed. Sagitario 1970

LANG, T. "Manual del contador de costos". Ed. U.T.E.H.A. Méjico 1958

LANGÉ, O. "Teoría general de la programación". Ed. Ariel 1971

LANNURIEN, P. "Cien años de retraso en la pequeña y mediana empresa".

LEARNING SYSTEMS LIMITED.- "Stocks Books". 1969

LEBAS, P. "Gestión de stocks y organización de Almacenes". Ed. Deusto, S.A. 1962

LESSOURNE, "Technique economique et gestion industrielle". Ed. Dunod 1958

LEWIS, H.T. y W.B. ENGLAND. "La fonction d'approvisionnement dans l'entreprise". Ed. Dunod 1961

LISSARRAGUE, S. "Qué es el PERT". Ed. Guadiana 1970

LOPEZ MORENO, M.J. "El problema conceptual de la economía de la empresa. Perspectivas en materia de decisiones". B.E.E nº 84 Dic. 1971

LOBEZ URQUIA, J. "Gestión de stocks en regimen límite". Trabajo del Seminario de Estadística Aplicada e I.O. de la Escuela de Ingenieros Industriales de Barcelona 1960-1961

- LOCKYER, K. "Guide de gestion de stocks". Ed. Les editions de organisation 1974
- MAGEE, JOHN F. "Production Planning and Inventory Control" Mc. Graw-Hill Book Comp. Inc. 1958
- MAGEE, JOHN F. "Planeamiento de la producción y control de inventarios". Ed. Ateneo
- MARCH, J.G. y SIMON, H.A. "Teoría de la organización". Ed. Ariel 1969
- MILES, D.L. "Análisis del Valor". Ed. Deusto 1970
- MILLER y ORR, D. "A model of the demand for money by firms" Quartely Journal of Economics Vol. LXXX
- MONGESTERN Y NEWMAN. "Theory of Games and Economic Behavior" Mc. Graw-Hill 1952
- MORGAN, E.V. y THOMAS, W.A. "The stock exchange". Ed. Elew-Books 1962
- MORSE, P.M. "Files d'attente stocks et entretien". Ed. Dunod 1960
- MORSE, PHILIPS. "Queues, Inventories and Maintenance". John Wiley and Sons Inc. 1961
- MOORE, FRANKLIN G. "Production Control". Mc-Graw-Hill Book Comp. Inc. N.Y. 1959
- MULLER, P.M. "Organización moderna del aprovisionamiento". Ed. Sagitario 1967
- MULLER, P.M. "Organisation des approvisionnements dans l'industrie. Ed. Dunod 1971

- MUNIER, N. "Manual de stocks". Ed. Astrea 1972
- MURO, J. "Metodología práctica de la gestión de stocks a través de los procesos estadísticos". Ed. I.C.E. 1969
- N.A.R. RESEARCH REPORT. "Selección y planificación de inversiones". Ed. Ibérico Europea 1974
- NATIONAL ASSOCIATION OF ACCOUNTANTS. "dirección de Compras y Gestión de Almacenes". Ed. Ibero Europea de Ediciones 1973
- NAYLOR Y VERMON, J. "Economía de la empresa". Ed. Amorrortu 1973
- NEWMAN, W.H. "programación, organización y control". Ed. Deusto 1968
- NIETO DE ALBA, U. "Introducción a la decisión empresarial". Facultad de Económicas 1972
- NIETO DE ALBA, U "Introducción a la estadística". Ed. Aguilar 1958
- NIETO DE ALBA, U. "Aproximación cibernética a la Dirección empresarial". B.E.E. nº 84 Diciembre 1971
- NORBERT LLOYD ENRICK. "Gestión de stocks" Ed. Deusto 1970
- PAWELS, M. "Analyse de l'exploitation". Ed. C.C.F. Bruselas 1947
- PEHUET, L. "Organización técnica de la empresa industrial". Ed. Aguilar 1972
- PENROSE, E.T. "Teoría del crecimiento de la empresa". Ed. Aguilar 1964

PEUMANS. "Teorie et pratique des calculs d'investissement".
Ed. Dunod 1965

POOLER, V. "El gerente de compras y sus funciones". Limusa
Wiley, S.A. Méjico 1971

PRIETO, E. "Teoría de la inversión". Ed. Biblioteca de
Ciencias Económicas 1973

PULIDO SAN ROMAN, A. "Tratamiento econométrico de la In-
versión". Ed. Aguilar 1974

RAIFFA, M. "Analyse de la decision, introduction aux
choix en ovenir incertain". Ed. Dunod 1973

RAMBAUX, A. "Gestión económica de stocks". Ed. Hispano
Europea 1961

RAMIL Y MORAL, J.J. "Soporte matemático en la toma de
deciciones". Rev. Racionalización. Febrero 1971 pág. 2

RAVEL DE, R. "El crecimiento de la empresa". Ed. Guadia-
na 1970

REVISTA DE TRABAJOS DE ESTADISTICA.- Ed. C.S.S.C. varios
números.

REVISTA ESIC. MARKET.- Varios números

REVISTA DE ECONOMIA POLITICA.- Varios números

REVISTA TECNICA CONTABLE.- "Control de los stocks y de los
trabajos en curso de fabricación". Nov. 1970, pág. 8.

RIGGS, J.L. "Modelos de decisión económica". Ed. Alianza
Editorial 1973

- RIOS SIXTO. "Problemas de stocks". Rev. Racionalización 1962
- RIOS SIXTO. "Análisis matemático para economistas". Ed. Díaz 1947
- RIVAS MIRAGELS, E. "programación de inversiones en la empresa: Modelos". Rev. Financiación y Contabilidad. En-Marz. 1975
- ROJO, L.R. "Keynes y el pensamiento macroeconómico actual". Ed. Tecnos. 1970
- RUIZ PALA Y AVILA BELOSO. "Aplicaciones industriales de la teoría de las colas". Rev. Racionalización 1962
- SAMUELSON, P.A. "Curso de economía moderna". Ed. Aguilar 1954
- SANCHEZ-VALVERDE LACORTE. "Existencia mínima". Rev. Técnica económica 1961
- SANCHEZ-VALVERDE LACORTE. "Control económico de existencias". Rev. Técnica Económica. 1961
- SARACENO, P. "La producción industrial". Ed. EPESA 1969
- SARDI, P. y BICCILOLO, M. "Control económico de los stocks". Ed. Deusto 1967
- SASIENI, YASPAN y FRIEDMAN. "Operations research, methods and problems". John Wiley and Sons, Inc. 1969
- SAUL I. GRASS. "Linear programming Methods and aplicaciones". Ed. Mc. Graw-Hill 1958
- SCHEIDER, E. "Teoría de la inversión". Ed. Ateneo 1956

SIMERY, P. "La estructura de la empresa". Ed. Ibérico Europea 1974

SNYDER, A. "Principles of inventory management". Ed. Richard D. Irwin Inc. 1966

SOCIETE D'EXPERTISE COMPTABLE FIDUCIAIRE DE FRANCE.-
"Los ratios al servicio de la empresa". 2 vol. Ed. Francisco Casanova. Barcelona 1959

SOLDEVILLA, E. "Teoría y técnica de la organización empresarial". Ed. H.E. 1972

SOLDEVILLA, E. "Economía empresarial". Ed. Hispano Europea 1975

STARR, M.R. y MILLER, D.M. "La gestión de stocks". Ed. Dunod 1966

STARR, M.R. y MILLER, D.M. "Inventory Control theory and practice". Ed. Prentice Hall-Inc. 1962

STEFANIC-ALLMAYER, K. "Técnicas de decisión". Ed. Hispano Europea 1976

SUAREZ SUAREZ, A.S. "reflexiones sobre la teoría de la decisión. Especial consideración del análisis bayesano". Lecturas de Política Económica de la empresa de García Echevarria. Ed. Deusto 1972

SUAREZ SUAREZ, A.S. "Decisiones óptimas de inversión y financiación en la empresa". Ed. Pirámide 1976

SUAREZ SUAREZ, A.S. "Investigación operativa y economía de la empresa". B.E.E. nº 84 Dic. 1971

SUAREZ SUAREZ, A.S. "Aplicaciones económicas de la programación lineal". Ed. Guadiana 1971

THIBERT, R.B. "El stock útil, su cálculo, su financiación, su integración en los ratios". Rev. Travail et methodes nº 104. Junio 1956

TIMMS, L.M. "Sistemas de decisión gerencial". Ed. Ateneo 1970

TOBES MARTINEZ, B. "Un caso práctico que se origina por la inmovilización de existencias en almacén". Rev. Técnica Económica 1960. Pág. 335

TOBIN, J. "The interest elasticity of transactions demand for cash". Review of Economics and Statistics Vol. XXXVIII

TORRENS IBERN, J. "Gestión de almacenes con demanda y plazo de entrega aleatorios". Rev. Racionalización 1962

TUIBERT, R.B. "L'optimization et les controles de la productivité et de la rentabilité de l'entreprise". Ed. Dunod 1968

TURNER, J.C. "Matemática moderna aplicada a probabilidades, estadística e investigación operativa". Ed. Alianza Universitaria 1974

VAN HEES, R.N. y HONHEMIUS, W. "An introduction to production and inventory control". Ed. Mc. Millan 1972

VAN HORNE, J.C. "Administration financiera". Ed. Contabilidad Moderna. B. Aires 1973

VAN ROBAYS, C. "Gestion automatique des stocks par le methode des parametres". Ed. Dunod 1971

VEGAS PEREZ, A. "Alienación y decisión económica".
B.E.E nº 84 Dic. 1971

VEGAS Y FERNANDEZ PIRLA. "Los problemas de la decisión
y la valoración de la información". Rev. Racionaliza -
ción 1962

VINADER, R. "Los métodos de decisión". Rev. Estudios
Empresariales. Feb. 1971. pág. 19

WAGNER, H. "Principles of operations research with
applications to manageried decisions". Ed. Prentice-
Hall Inc. 1969

WALUQUER WAHL, J.J. "Planificación y control de la pro-
ducción y de los stocks". Ed. Escuela de Administración
de Empresas 1965

WANTY, J. "La práctica de la predicción". Rev. Racionali-
zación. Sept. 1971

WANTY, J. y FEDERWISCH, J. "Modeles globaux d'economic
d'entreprise ". Ed. Dunod 1970

WANTY, J. e I. HALBERTHAL.- "La estrategia empresaria".
Ed. Ateneo 1975

WHITE, D.J. "Teoría de la decisión". Ed. Alianza Edito-
rial 1972

WHITIN, T.M. "The theory of inventory Management".
Princeton University Press, 1953

WRIGHT.- "Investment decision industry". Ed. Champan
and Hall

YOUNG OLIVER, J.C. "Política de adquisiciones y gestión de stocks". Ed. Ateneo 1972

ZARB, F.G. y KEREKES, G.T. "The stock market handbook". Ed. Eow Jones-Irwin, 1970

ZERMATI, P. "Practique de la gestion de stocks". Ed. Dunod 1972

ZIGNOLI, V. "Técnica de economfa della produzione". Ed. Hoepli 1959

ZIONTS, S. "Linear and integer Programming". Ed. Prentice Hall 1974