

COLECCIÓN

Gestión Empresarial

4

UMET  
UNIVERSIDAD  
METROPOLITANA

# GESTIÓN DE OPERACIONES con enfoque de servicios

Ana Lilia Castillo Coto  
Carlos Xavier Espinoza Cordero





# **GESTIÓN DE OPERACIONES** **con enfoque de servicios**

Ana Lilia Castillo Coto  
Carlos Xavier Espinoza Cordero

# **GESTIÓN EMPRESARIAL**

Con el auspicio de la Fundación Metropolitana



# **GESTIÓN DE OPERACIONES** **con enfoque de servicios**

Ana Lilia Castillo Coto  
Carlos Xavier Espinoza Cordero

Diseño de carátula: D. I. Yunisley Bruno Díaz  
Composición de textos: D. I. Yunisley Bruno Díaz  
Corrección: MSc. Eugenia del Carmen Mora Quintana  
Dirección editorial: Dr. C. Jorge Luis León González

Sobre la presente edición:

© Editorial Universo Sur, 2017

ISBN: 978-959-257-507-3

Podrá reproducirse, de forma parcial o total, siempre que se haga de forma literal y se mencione la fuente.



Editorial: “Universo Sur”.

Universidad de Cienfuegos. Carretera a Rodas, Km 3 ½.

Cuatro Caminos. Cienfuegos. Cuba.

CP: 59430

E-mail: [eus@ucf.edu.cu](mailto:eus@ucf.edu.cu)

# Introducción

Los directivos actuales están enfrentándose cada día más a una situación relativamente nueva para ellos y para todos nosotros: los clientes están cada día más informados y han aprendido a exigir y que demandan:

- Mejor calidad.
- Mayor variedad.
- Mayor rapidez en la respuesta.
- Precios acorde a sus expectativas.

Por ello, cada día es más importante controlar en las organizaciones el comportamiento de la relación producto insumo. Por su parte han cambiado las condiciones en que se comercializan los productos y servicios a causa de un conjunto de fenómenos que caracterizan al mercado actual.

El primer fenómeno que ha ido entronizándose es el cada vez más rápido avance de la tecnología. Se usan nuevos materiales que influyen en los procesos productivos y de servicios: abaratan los costos, disminuyen los tiempos de elaboración, simplifican las operaciones tecnológicas, por una parte y cambian muchas veces complican los procesos de reciclaje o eliminación de desechos<sup>1</sup>, surgen nuevos productos o servicios casi a diario y con ellos, nuevas necesidades de los clientes que marchan a tono con esos avances tecnológicos.

Con el aumento de la velocidad de cambio tecnológico disminuye proporcionalmente la vida útil económica de productos y tecnologías. Hasta los años 50 del pasado siglo, el criterio para decidir si un equipo debía o no sustituirse en un proceso, era la relación entre el valor de lo que producía y lo gastado en su producción. Como los gastos de mantenimiento tienen un comportamiento creciente en función del tiempo de explotación, la curva de gastos de mantenimiento decidía el momento en que

---

<sup>1</sup> En 2005 un norteamericano generaba 500 kg de residuos sólidos en una año y los mercados del norte de Quito generaban entre 750 y 800 t diarias de residuos orgánicos.

un equipo era sustituido por uno nuevo. Pero como la velocidad de cambio tecnológico no era significativa, las sustituciones eran puntuales. El cambio de una máquina por otra nueva, no necesariamente significaba que la anterior o posterior en el proceso productivo tuviera que ser cambiada. En síntesis, el equipamiento era producido para que durara un buen tiempo y el desgaste físico era el criterio decisorio para las reposiciones (Alford, 1953).

A partir de la segunda década del siglo XX y de manera cada vez más acelerada, han sido las tecnologías de procesos las que han ido cambiando y, con ellas, las sustituciones puntuales de equipamientos se han convertido en reposiciones totales de líneas de producción completas. Ahora el equipamiento se produce con altos estándares de fiabilidad, pero para un período definido de tiempo de explotación que los fabricantes cuidan mucho de declarar. La producción de componentes aislados de reposición para los equipos es cada vez menor y, a cambio, los gastos de mantenimiento crecen notablemente a costa de los elementos del costo vinculados al trabajo vivo. Una parte considerable del equipamiento productivo se adquiere incluyendo el mantenimiento especializado brindado por el fabricante y muchos “leasing” incluyen el recambio del equipo por otro de tecnología más avanzada con tal de mantener al cliente cautivo. Como los clientes demandan mejor calidad, el cambio de suministrador resulta más fácil, pues no hay gran lealtad de clientes y mantenerlo, brindándole un buen servicio, garantiza sobrevivir en un mercado cada vez más competitivo y globalizado.

En los años 90 del siglo XX se hizo popular el término “aldea global” debido en primera instancia a la disminución acelerada de los gastos en comunicación que incidió en la disminución de los gastos de transporte. Con ello la competencia se internacionaliza, deja de ser regional. El desarrollo de las tecnologías de la informática y las comunicaciones tienen en ello una significativa participación.

Es también a finales del siglo pasado cuando ocurre una aparente disminución de las medidas proteccionistas, se fortalecen



grandes zonas de libre comercio y se firman tratados y convenios internacionales o regionales que contribuyen al auge del comercio, pero simultáneamente se establecen requisitos normativos rigurosos para acceder a mercados importantes lo que exacerba las diferencias por el acceso a tecnologías costosas. Entre las exigencias normativas se destacan las vinculadas a la protección ambiental y las de inocuidad alimentaria.

Estas tendencias tienen implicaciones importantes en las organizaciones, pues lleva a la disminución de la influencia de las economías de escala y a la necesidad de desarrollar constantemente nuevos productos y servicios con un reforzamiento de la función de Investigación y Desarrollo (I & D). Asimismo disminuyen las producciones contra almacén y se hacen más complejas las operaciones de predicción y las inversiones en prevención de fallas de calidad de productos y procesos.

Por ello las organizaciones se ven obligadas a mejorar las comunicaciones, estrechar las relaciones con los clientes, aumentar las inversiones en I & D, disminuir su tamaño que permita aumentar la flexibilidad de respuesta, convirtiendo a la organización en una entidad con capacidad para aprender.

El presente libro está dedicado a estudiantes de la Administración y aborda los procesos productivos o de prestación de servicios con un enfoque sistémico. Los autores consideramos que el paso del enfoque funcional tradicional de la actividad empresarial a uno por procesos, es paulatino y que lleva una comprensión de los sistemas productivos que comienza por los estudiantes del tema. Por ello hemos entremezclado ambos enfoques en el desarrollo de los capítulos.

# Capítulo I. Introducción a la Gestión de operaciones

## 1.1. Definiciones

Se llama Dirección de operaciones a la función empresarial que se ocupa de la producción o prestación de servicios directamente. Este criterio actualmente se cuestiona por muchos autores y preferimos utilizar el de Gestión de operaciones.

Gestión de operaciones es la coordinación sistematizada de los procesos organizacionales para convertir la necesidad de un cliente en una solución integral que tenga la calidad que el cliente esperaba, que sea la cantidad convenida, que se entregue en el plazo establecido a un costo ventajoso, tanto para la organización que ofrece la solución como para el cliente que la recibe.

En esta definición hay algunos aspectos novedosos:

- Se habla de coordinación sistematizada en lugar de planeación, organización, mando y control.
- Se habla de necesidad expresa del cliente y no de demanda.
- No se trata de productos o servicios sino de soluciones integrales.
- Se definen los principales aspectos que permiten al cliente seleccionar o no un suministrador.
- Se habla de un costo ventajoso para ambas partes, pues la ventaja de costo para la organización suministradora significa su supervivencia y para la receptora del producto/servicio su permanencia como cliente de la primera.

Antes se veía a la producción o prestación de servicios como un proceso lineal, ahora tenemos que verla como un ciclo que comienza y termina en el cliente.

¿Cómo ocurre ese ciclo?

En la Figura 1.1 se detalla mediante de la representación de los flujos Informativo (azul), Material (rojo) y Financiero (verde). Como la velocidad del cambio tecnológico es cada vez mayor, el cliente expresa una necesidad que está en condiciones de satisfacer y no necesariamente con un producto determinado. Marketing –que actúa como una estructura de interfaz entre la organización y el entorno- detecta esa expresión del cliente y la hace llegar a I & D que va a convertir la necesidad del cliente en una solución y va a trasladar, a su vez, la orden a las estructuras de Producción. Son ellos los que van a determinar los insumos necesarios para la elaboración del producto o la prestación del servicio que espera el cliente y a pasar la información a Aprovisionamiento que enviará la información del pedido a los Proveedores.

En esta primera fase el flujo es informativo. Se convierte en material a partir de que los Proveedores hagan el envío correspondiente al pedido efectuado por Aprovisionamiento, quien lo entrega a Producción que elabora el producto deseado por el cliente y lo entrega a Distribución/Ventas que lo hace llegar al Cliente.

Cuando la entrega ha sido efectuada, culmina el flujo material y comienzan dos flujos de reversa: uno financiero, porque el Cliente efectúa el pago del servicio o producto que permite que Aprovisionamiento pueda efectuar los pagos a los Proveedores y otro informativo, pues Marketing va a comprobar si el Cliente está satisfecho con el producto o servicio y, en función de la información obtenida, va a retroalimentar a la estructura correspondiente.



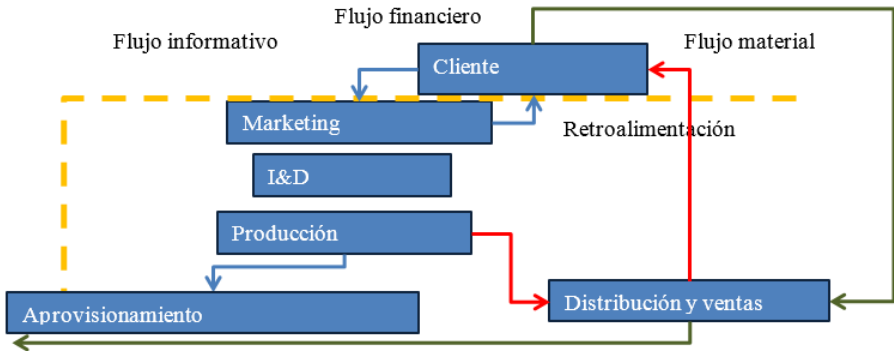


Figura 1.1. Relación cliente-proveedor.

Fuente: Elaborada por los autores.

## 1.2. Elementos de atención de la Gestión de operaciones

Con la difusión de la familia de normas ISO (International Organization for Standardization, 2015), se ha difundido el enfoque de gestión de procesos y, con ello, una manera más holística de analizar sistémicamente las organizaciones. Quiere decir que podemos representar los elementos que centran su atención en la gestión de operaciones al usar para ello el enfoque SIPOC (de los términos en inglés: Suppliers, Inputs, Processes, Outputs y Clients) que utilizan las Normas ISO como se muestra en la Figura 1.2.

Nos concentraremos en los aspectos que tienen relación con la gestión de operaciones<sup>2</sup>

<sup>2</sup> Operaciones ejecuta lo que en gestión de procesos se consideran procesos misionales o fundamentales y se relaciona con procesos de apoyo como son los de aprovisionamiento y los de distribución y ventas, entre otros.

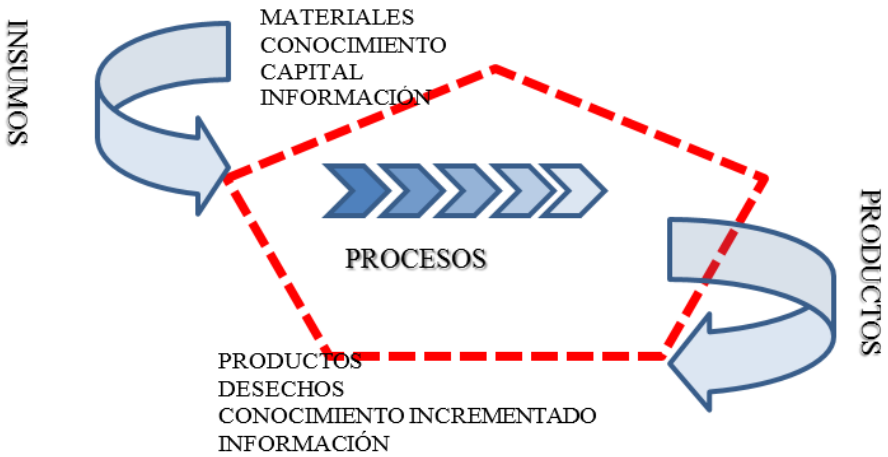


Figura 1.2. Elementos de atención en la gestión de operaciones.

Fuente: Elaborada por los autores.

### 1.2.1. Insumos del sistema organizacional

Comencemos por el elemento determinante para todo proceso de agregación de valor: el talento humano. Sin hombres no hay proceso productivo, ni de prestación de servicios. Por muy avanzada que sea la tecnología es el trabajo humano su creador. El conocimiento de los hombres es, por tanto, el factor determinante del éxito de cualquier proceso. Ese conocimiento se manifiesta en competencias, definidas como las capacidades que las personas poseen para desempeñar una función productiva en escenarios laborales, al usar diferentes recursos bajo ciertas condiciones, que aseguran la calidad en el logro de los resultados.

Las competencias de los trabajadores se manifiestan en tres niveles fundamentales: lo que se sabe (referido a las destrezas y habilidades relacionadas con el contenido de la tarea en general, el Saber), lo que se sabe hacer (referido al desempeño en un entorno laboral específico, el Saber Hacer) y el llamado Saber Estar referido a los aspectos más avanzados (motivación, sentido de pertenencia, iniciativa, autodisciplina...).

Los saberes hacer y estar están estrechamente vinculados con un segundo aspecto de vital importancia en los insumos de los procesos: el nivel en que esas competencias laborales son identificadas y utilizadas por la organización. En la medida en que los trabajadores se sientan reconocidos y debidamente utilizados aportarán iniciativas, se sentirán involucrados, comprometidos y aumentará su satisfacción con el trabajo y con la organización.

Un tercer elemento que caracteriza los insumos organizacionales es el equipamiento que se utiliza en los procesos. Mientras más intensa sea la participación de los equipos en la obtención de un producto o la prestación de un servicio, más necesaria se hace la atención a los trabajadores de manera que mantengan su iniciativa, creatividad, pasión y entusiasmo.

Con el equipamiento se procesan de algún modo los materiales u objetos de trabajo. Son ellos los que van sufriendo un cambio cualitativo paulatino durante el proceso productivo, donde las competencias humanas propician la agregación de valor. Contablemente se presentan como activos circulantes porque entran y salen constantemente del proceso y trasladan su valor completamente o en pocos ciclos productivos al producto/servicio final.

Como materiales clasifican las materias primas, los semiproductos, partes y piezas, así como componentes completos que se incorporan al producto, los suministros energéticos de todo tipo, el agua o aire y todo lo que de alguna manera se incorpore al producto/servicio final. También clasifican como materiales aquellos que faciliten el funcionamiento del equipamiento o el flujo de procesos, como los lubricantes, refrigerantes, accesorios, medios de protección, envases, embalajes, medios de manipulación o unitarización, entre otros.

La información es otro elemento que constituye insumo de los procesos. Hay información previa al proceso productivo o de prestación del servicio referida a los clientes actuales o potenciales, los productos, servicios o soluciones integrales que deseñarían, las tendencias futuras de esos comportamientos, las

exigencias y regulaciones del entorno, los proveedores actuales o potenciales, su comportamiento futuro, el comportamiento de la economía en general y del mercado en particular, entre otros.

Se precisa también de información propia del proceso como las cantidades que hay que elaborar, los requisitos que deben cumplir, los materiales que se van a utilizar, sus características, los estándares de costos que se deben cuidar, las medidas que se deben tomar... y hay por último, información necesaria posterior al proceso como el cumplimiento del plazo de entrega pactado con el cliente, las opiniones expresadas sobre la calidad, precio y entrega de los productos o servicios, o las sugerencias que pueden contribuir a su mejora.

### 1.2.2. Procesos del sistema organizacional

Durante los procesos de agregación de valor se cumple en buena medida la misión de las organizaciones. Un significativo porcentaje de los recursos disponibles en la organización se consumen en dichos procesos, por lo que la medición de su utilización es un indicador de eficiencia de la gestión organizacional en su conjunto.

Todo proceso es eficiente cuando sus resultados son superiores en valor a sus insumos. Mientras la relación resultados/insumos, o de salidas/entradas se acerque más a 1, habrá más eficiencia en el proceso y la organización estará cumpliendo los requisitos mínimos para proyectarse hacia metas mayores. En la gestión de operaciones, por tanto, el seguimiento de los indicadores de rendimiento ya sea de los hombres, los equipos o los materiales utilizados es de vital importancia.

Un segundo elemento de los procesos que es de interés para la gestión de operaciones es el tipo de proceso y su localización.

Los tipos de proceso pueden ser clasificados según la cantidad de unidades o volumen que se procesa de una vez<sup>3</sup> o por el tamaño del lote. Asimismo, se pueden clasificar los procesos

---

3 En el argot técnico se le llama "lote" a la cantidad de productos que se elaboran de una sola vez en un proceso.

por su localización, por la distribución del equipamiento<sup>4</sup> en el área de proceso o por el tipo de modificación que ocurre en el producto final.

Por el tamaño del lote, los procesos pueden clasificarse en: masivos, seriados y unitarios.

Un proceso masivo es característico de las producciones continuas que no se detienen, o lo hacen en situaciones excepcionales. En estos procesos no se puede determinar un lote productivo porque no ocurren intervalos de paradas que permitan identificar principio o fin de un proceso. Se dice que en los procesos masivos el tamaño del lote tiende a infinito.

Un proceso es unitario cuando de cada ciclo productivo sale un producto diferente al anterior, por lo que un mismo equipamiento productivo permite la obtención de múltiples productos. En los procesos unitarios el tamaño del lote tiende a 1.

Un proceso es seriado cuando con el mismo equipamiento se procesan diferentes productos, con intervalos para hacer ajustes que permitan acometer la nueva producción. Se diferencian tres niveles: grandes, medianas y pequeñas series<sup>5</sup>.

La clasificación de la producción seriada en pequeña, mediana o gran serie depende del sector al que pertenezca la empresa que se estudie. En las empresas de la industria alimentaria, química ligera y otras similares, se producen tantos tipos de productos como el equipamiento tecnológico sea capaz de procesar.

La industria sidero-mecánica que fue el origen de estas clasificaciones- incluye procesos siderúrgicos cuyo tamaño de lote es tan grande, que casi pudiera considerarse producción masiva. A esta rama de la industria también pertenece la producción de pequeños componentes metálicos de variadísimas formas que convierten a la producción seriada en casi unitaria.

---

4 A la distribución del equipamiento en el área de proceso se le llama Plant Layout o distribución en planta.

5 Se llaman series a los diferentes productos que pueden elaborarse con un mismo equipamiento tecnológico y que generalmente suelen pertenecer a una misma familia de productos.



En la siguiente tabla se detallan las diferencias entre unas y otras.

Tabla 1.1. Comportamiento de los procesos seriados.

Tamaño de la serie	Tamaño del lote	Cantidad de series	Tiempo de preparación del proceso	Duración total del ciclo de proceso	Tipo de equipamiento
Grandes series	Muy grande	Pocas	Largo	Largo	Especializado
Medianas series	Medianas	Muchas	Menor que en las grandes series	Largo	Universal y especializado
Pequeñas series	Pequeño o único	Muchas y diversas	Muy largo	Relativamente corto	Universal

Fuente: Elaborada por los autores.

Según la posibilidad de movimiento de los objetos de trabajo, los procesos pueden clasificarse en: de localización única o electiva. Son procesos de localización única aquellos en que el objeto que se modifica no se transporta, sino que el equipamiento y los hombres se trasladan hacia el lugar para prestar el servicio.

Una parte significativa de las empresas que tienen un objeto de trabajo proveniente de la naturaleza o que modifican el paisaje en beneficio humano, ejecutan procesos de localización única. Estos objetos de trabajo pueden ser vetas minerales, en el caso de empresas mineras; determinado gradiente de fertilidad o condiciones climáticas que propicien un cultivo específico, para empresas agrícolas; o la construcción de un puente, un edificio o una autopista, en el caso de una empresa constructora. En todos estos casos se ejecuta el proceso solo donde se localiza el recurso que será objeto de trabajo.

La localización de los procesos y con ellos, de las empresas donde se ejecutan- depende de múltiples factores: disponibilidad del talento humano para ejecutarlos, cercanía de los mercados, facilidades infraestructurales, regulaciones legales y otras muchas. De ahí que la localización electiva sea tan amplia que constituye

en sí misma el contenido de estudio de muchas ramas del saber diferentes, que van desde la sociología hasta la geología.

Por la distribución del equipamiento productivo hay tres clasificaciones de procesos:

La distribución de un proceso es por producto, cuando la secuencia de operaciones tecnológicas a realizar para obtener un producto determina la secuencia de ubicación del equipamiento. Este es el caso de un sinnúmero de producciones masivas. La generación termoeléctrica de electricidad es un ejemplo típico de distribución por producto: siempre a la caldera de vapor le seguirá en el proceso una turbina, que estará acoplada a un generador eléctrico, que a su vez, estará seguido de una batería de transformadores.

Un proceso estará distribuido por procesos cuando el equipamiento se agrupa por similitud de las operaciones tecnológicas que se ejecutan con él. Así nos encontraremos los talleres de las industrias de conformación donde las máquinas están agrupadas por familias: tornos, taladros, pulidoras, soldadores...

Hay distribución mixta cuando el proceso productivo exige altos niveles de especialización en una fase del proceso, y altos niveles de eficiencia en otra. En esos casos se adopta la eficiente distribución por productos, en la fase en que la eficiencia es necesaria; y se acude a la distribución por procesos, en la fase donde la especialización es determinante.

Por último, pueden clasificarse los procesos por la manera en que se modifica el objeto de trabajo en: beneficiadores, convertidores y conformadores.

Procesos beneficiadores son todos los que se limitan a facilitar el posterior proceso de conversión. Incluyen los procesos de obtención de recursos naturales como la silvicultura, la minería, la pesca, la cosecha agrícola, y similares.

Son procesos convertidores aquellos que transforman las propiedades físico-químicas de los objetos de trabajo. Una manera

sencilla de identificarlos es comparando las características de las materias primas que consumen y de los productos que entregan. La industria química es el ejemplo clásico para este tipo de procesos.

Los procesos conformadores no necesariamente cambian las propiedades físico-químicas sino la apariencia del objeto de trabajo. La producción de artículos para el hogar, las confecciones textiles, la industria poligráfica, son ejemplos de procesos conformadores.

### 1.2.3. Resultados o salidas del sistema organizacional

Toda organización productiva o de servicios existe porque sus productos o servicios satisfacen necesidades o expectativas de alguien. En el preciso momento en que el ciclo del capital se cierra, es decir, cuando un cliente paga el servicio o el producto que la organización le facilitó, es en ese momento en que se cumple la misión organizacional.

El ciclo de capital<sup>6</sup> se describió como flujo financiero en la Figura 1.1 se refiere al comportamiento que adoptan los recursos financieros durante el ciclo productivo, a saber:

$$D - M_{MT+OT}^{FT} \dots P \dots M' - D'$$

#### ¿Qué significa este ciclo del capital?

La organización dispone de una cantidad determinada de dinero (D) con la que cuenta para cumplir su misión. Ese dinero (D) se invierte en la adquisición de mercancías (M) que son los recursos que precisa para ejecutar los procesos misionales, de apoyo y estratégicos. Esos recursos serían los insumos del proceso productivo o de servicios, según vimos en la Figura 1. 2.

Luego de ejecutado el proceso se obtienen nuevos productos o servicios destinados a la venta cuyo valor es cuantitativamente

---

<sup>6</sup> El ciclo del capital fue esbozado por Adam Smith y definitivamente perfilado por K. Marx en el tomo 1 de su obra "Das Kapital".



diferente y cualitativamente mayor que los insumos consumidos durante el proceso<sup>7</sup>, por lo que se considera mercancía incrementada (M') que al ser comercializada se transforma en dinero incrementado (D').

Para que el ciclo del capital se cierre, es preciso que se vendan los productos o servicios por los clientes, y para ello, es necesario saber quiénes son, dónde están y cuáles son sus necesidades.

- Saber quiénes son los clientes determina sobre los posibles precios de los productos o servicios, la mezcla que se haga, el diseño, las técnicas de mercadeo a utilizar, el momento y manera de hacer los lanzamientos de nuevos productos, entre otras decisiones táctico-operativas (y en muchos casos también estratégicas) futuras.
- Dónde están los clientes determina la localización, y con ello, los planes de distribución, transporte y comercialización, así como las frecuencias y magnitudes de entrega.
- Las necesidades de los clientes están fuertemente relacionadas con los dos aspectos anteriores y dependen de un conjunto de factores socioeconómicos muy específicos de cada región (poder adquisitivo, salario medio, inflación, empleo, tradiciones, hábitos, costumbres, estructura etaria, nivel cultural, clima...).

De la misma forma constituyen aspectos a decidir las mezclas de productos/servicios que se conforman y sus adecuaciones para que sean del agrado de los clientes.

### 1.3. Operaciones en Sistemas productivos y de servicios

Un proceso es un sistema de transformación capaz de convertir insumos de diferentes tipos en bienes y servicios. Administrar un sistema de transformación implica un monitoreo continuo del propio sistema productivo o de servicios (empresa) y de su entorno. Todo sistema administrativo implica una continua toma de decisiones que, en función y sus objetivos, puede variar.

<sup>7</sup> Recordar que ocurre un proceso de agregación de valor porque en los hombres que participan activamente en los procesos productivos o de servicios tienen la capacidad de agregar más valor que lo que dichos procesos consumen al ejecutarse.

Cada autor tiene su forma de enfocar los componentes de la función de operaciones pero tienden a acogerse a los dos enfoques tradicionales en la administración: el funcional o el de procesos.

El enfoque funcional de gestión de las organizaciones es tan antiguo como la propia industrialización. Sus orígenes están en la dirección científica del trabajo de Taylor, H.<sup>8</sup> y Fayol, H.<sup>9</sup> junto a todos sus seguidores. El enfoque funcional centra su atención en la distribución jerárquica de las tareas, por lo que la empresa funciona verticalmente. Con ello se dificulta la interrelación departamental y el contacto con los clientes tanto internos como externos. Quiere decir que para cumplir una determinada meta en una organización, se le divide en partes y se asignan por separado a cada uno de los departamentos de la organización (Maynez Guaderrama, 2011; Wehrich & Koontz, 2004).

La gestión funcional tiene la ventaja de facilitar el control de las fracciones de tarea que se convierte por demás en su desventaja fundamental, pues limita la visión sistémica de la organización. A pesar de las múltiples críticas que los teóricos le hacen, es el enfoque funcional de la administración el que prevalece en nuestros días (Chiavenato & Sapiro, 2011).

La Gestión por Procesos es un enfoque dirigido a mejorar la eficiencia y la eficacia de la empresa, marcada en la actualidad por el gran dinamismo del mercado y por las nuevas tecnologías. Esta filosofía ha cambiado totalmente la visión de la gestión empresarial, de tal modo que está incluida en todos los modelos de calidad como son EFQM, ISO 9001-2000<sup>10</sup> y los afines (Andreu, 2013; Organización Internacional del Trabajo-Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación

---

8 Frederik Taylor desarrolla la Organización Científica del Trabajo conformada por: los estudios de tiempos y movimientos, el diseño de cargos y tareas, la especialización, la supervisión funcional, el uso de incentivos salariales, el estudio y mejora de las condiciones ambientales de trabajo y la estandarización de métodos y máquinas.

9 La teoría clásica de Henry Fayol –seguidor de Taylor– se centraba en definir la estructura organizacional para garantizar la eficiencia en todas las partes involucradas, sean éstas órganos (secciones, departamentos) o personas (ocupantes de cargos y ejecutantes de tareas). Según Fayol, la tarea administrativa no debe ser una carga para las autoridades, sino más bien una responsabilidad compartida con los subordinados.

10 La primera norma ISO 9001, de 1994, empleaba la Gestión por Funciones.



Profesional, 2014; International Organization for Standardization, 2015; Noori & Radford, 1997). En la siguiente tabla se resumen los aspectos más interesantes que diferencian a estos enfoques de gestión organizacional desde la perspectiva de las operaciones.

El cambio paulatino que va ocurriendo desde un enfoque puramente funcional a uno por procesos está condicionado desde fuera y desde dentro de las organizaciones.

El mundo cambia de forma acelerada y esta velocidad aumenta por décadas. No hay dudas que las condiciones políticas, económicas, sociales y tecnológicas de la primera mitad del pasado siglo distan mucho de los últimos 50 años del siglo XX, pero asimismo es inconmensurable la cantidad de cambios que han ocurrido en los primeros 15 años del siglo XXI. En una buena medida hay una estrecha relación entre la velocidad de los cambios tecnológicos y la de los cambios socioeconómicos. Ella conduce a un estado de incertidumbre que incide fuertemente sobre las maneras de planificar de las organizaciones.

Tabla 1.2. Enfoque funcional vs. Enfoque por procesos en las operaciones.

Enfoque	Subsistemas	Componentes
Funcional	Procesos Con acción a largo plazo	Equipo y tecnología, flujo de proceso, plant layout.
	Capacidad (largo y mediano plazos)	Tamaño de las instalaciones, subcontratación, plustrabajo, ajustes de personal.
	Inventario (mediano-corto plazo)	¿Qué se ordena?, ¿Cuánto?, ¿Cuándo?, ¿Cómo?, ¿Dónde se coloca?, ¿Cómo se mueve?
	Fuerza de trabajo (largo-mediano-corto plazo)	Selección, contratación, despido, capacitación, supervisión, compensación.
	Calidad (largo-mediano-corto plazo)	Producto, proceso, equipos, materiales, hombres.

De procesos	Relación entre Precio de Venta y Costo como elemento de la toma de decisiones	Antes: $PV = Costo + Utilidad\ deseada$ Ahora: $Utilidad = Pr\ Venta - Costo$
	Calidad	El cliente compra en función de la calidad que ha dejado de estar directamente relacionada con el precio. Las decisiones de calidad están relacionadas con el valor agregado de los productos y servicios por lo que escuchar la “voz del cliente” es de suma importancia para la supervivencia de la empresa.
	Credibilidad	Es la capacidad de la empresa de poner en primer lugar su compromiso. Los clientes desean tranquilidad y son cautelosos con las firmas en que no pueden confiar. Buscan proveedores confiables, o cambian de proveedor.
	Flexibilidad	Es la capacidad de responder a nuevas situaciones o amoldarse a estas. (ver Tabla de Tipos de Flexibilidad)
	Tiempo	Los clientes valoran el tiempo. Los productos deben diseñarse, producirse y entregarse con rapidez.
	Servicio	El servicio no está al margen del producto sino que es una unidad integral con él. Las empresas manufactureras buscan presentarse como proveedoras de un servicio que incluya sus productos. Los productos “sustitutos” hacen que los clientes busquen soluciones a sus problemas y no productos.

Fuente: Adaptado por los autores de Noori & Radford (1997).

En la medida en que los ciclos Innovación-Desarrollo se acortan, se produce un desfase entre la aparición de productos con prestaciones superiores en el mercado y la duración de bienes similares adquiridos previamente por los usuarios. Este fenómeno-

no se llama obsolescencia tecnológica y se manifiesta cuando un bien cualquiera tiene buenas condiciones físicas de explotación pero ya en el mercado ha aparecido otro con prestaciones superiores. Derivado de la creciente velocidad del cambio tecnológico surge entonces un fenómeno social que en ocasiones se manifiesta también en el ámbito empresarial: el esnobismo tecnológico.

De manera general, con mayor acento en unos que otros sectores de la economía, la obsolescencia tecnológica se manifiesta desde tres perspectivas:

- **Obsolescencia de función:** según la cual un producto se convierte en pasado de moda cuando aparece otro con mejor rendimiento de función;
- **Obsolescencia de calidad:** cuando un producto, de manera planeada, se gasta en un tiempo determinado, generalmente corto;
- **Obsolescencia de conveniencia:** cuando un producto sólido, en términos de rendimiento o calidad, se gasta en la mente del consumidor debido a la aparición de una modificación de estilo u otra mejora<sup>11</sup>.

Sea cual fuere la manifestación de la obsolescencia tecnológica, se convierte en un elemento más de presión para la organización por su impacto en el comportamiento del mercado.

La velocidad del cambio tecnológico, por otra parte, incide en la fragilidad del orden tecnológico con la aparición de nuevos sectores productivos o de servicios y la desaparición de otros. Las tradicionales cadenas tecnológicas cambian con gran rapidez. Hasta los años 70, por ejemplo, la industria conservera dependía fuertemente de los envases metálicos, de papel y cartón o de vidrio. Actualmente las dependencias se dirigen hacia la industria procesadora de derivados del petróleo.

---

11 Aunque la obsolescencia tecnológica es un fenómeno ya definido en la economía como desgaste moral se ha convertido en problema abordado por muchos estudiosos en las últimas décadas.



Asimismo surgen y crecen a velocidad vertiginosa nuevas ramas como la biotecnología, la biomecánica y se crean nuevas relaciones entre las tradicionales ciencias básicas y las nuevas tecnologías que se desarrollan. Con ello desaparecen sectores completos de la economía (como la minería del carbón o la pesca a gran escala) y surgen nuevos sectores (generación eléctrica con fuentes renovables y piscicultura).

Este ritmo acelerado de crecimiento tiene también relaciones estrechas con la elevación creciente del acervo de conocimientos de la sociedad que se desconcentra en todas las direcciones. A pesar de los problemas aún latentes de analfabetismo y profundas diferencias de desarrollo económico en el mundo, es también una realidad que esas diferencias han disminuido en las últimas décadas. El crecimiento de los niveles educacionales de la población en el mundo motiva cambios en el comportamiento del mercado que ya tiene exigencias concretas, no solamente relacionadas con la estética o las prestaciones de los productos/servicios, sino también con su inocuidad ambiental, los servicios de postventa, el origen de las materias primas y materiales usados en su elaboración, etc. A todas estas manifestaciones Porter (2010, le llama competitividad por intangibles y esta definición se ha difundido así.

En la siguiente tabla se describe cómo se manifiesta la percepción de la calidad de productos o servicios según dimensiones tangibles e intangibles.

Tabla 1.3. Dimensiones de la calidad.

<b>DIMENSIÓN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Tangibles	
Desempeño	Características principales de operación de un producto
Rasgos distintivos	Características que complementan el funcionamiento básico del producto
Confiabilidad	Probabilidad de falla o mal funcionamiento del producto en un período especificado
Durabilidad	Extensión de la vida económica del producto

Intangibles	
Estética	Como se ve y siente el producto
Empatía	Capacidad del proveedor de comprender y satisfacer las necesidades humanas del cliente
Profesionalismo	Capacidad del proveedor de ofrecer y proporcionar un producto perdurable y apoyo al cliente

Fuente: Elaborada por los autores.

Estas propias exigencias de un mercado crecientemente personalizado, que antes era visto como un ente amorfo, expresado por tablas de datos y funciones estadísticas, lleva al reforzamiento del concepto de cliente - visto como el individuo que expresa sus necesidades y expectativas y a quien la empresa responde de manera particular- y provocan que los procesos organizacionales tengan que ser forzosamente flexibles y ágiles.

Es preciso particularizar en estos dos términos, porque no significan lo mismo.

Una organización es flexible cuando ha desarrollado sistémicamente la capacidad de ser susceptible de cambios o variaciones según las circunstancias o necesidades del entorno en que se desempeña sin variar su misión.

Esa misma organización será ágil cuando desarrolle sistémicamente la capacidad de cambiar su misión según sea el comportamiento del entorno en que se desempeña.

Para comprender mejor esa diferencia, busquemos un ejemplo. Imaginemos un restaurant que vende platos tradicionales a donde llegan con relativa frecuencia comensales que solicitan platos dietéticos. Si en la carta no están incluidos dichos platos y el cocinero es capaz de encontrar variantes que satisfagan a los clientes, su respuesta es flexible.

Imaginemos que la dirección del restaurant observa que las solicitudes de platos dietéticos están creciendo y las de platos tradicionales están disminuyendo y cambia su imagen hacia los alimentos dietéticos, su respuesta al comportamiento del entorno es ágil.

Quiere decir que ser flexible es una reacción con la proyección táctico-operativa (mediano-corto plazos) de la organización, mientras que ser ágil es una proyección estratégica (largo plazo) porque implicaría cambios en la misión de la organización.

Veamos las manifestaciones de la flexibilidad organizacional de manera resumida.

Tabla 1.4. Manifestaciones de la flexibilidad en las organizaciones.

De Proceso	<b>Mezcla:</b> capacidad para producir más de una parte a la vez
	<b>Gama:</b> capacidad de producir varios productos a la vez
	<b>Máquinas:</b> capacidad para cambiar de un objeto de trabajo a otro o de una operación tecnológica a otra.
	<b>Modificación:</b> capacidad para introducir cambios en el proceso
	<b>Recorrido:</b> capacidad para alterar la secuencia del proceso
De Producto	<b>Expansión:</b> capacidad de ampliar / rediseñar el sistema
	<b>Volumen:</b> capacidad para operar con diferentes niveles de salida
	<b>Material:</b> capacidad para asimilar variaciones en las materias primas o materiales
	<b>Innovación:</b> capacidad para introducir nuevos productos en proceso
Infraestructura	Capacidad de la organización de adaptarse a los cambios estructuralmente

Fuente: Elaborada por los autores.

Habíamos dicho que el impacto de la velocidad de cambio tecnológico ocurría hacia la empresa y desde la empresa, entonces ¿qué ocurre dentro de cada organización a causa de todos esos fenómenos que hasta el momento hemos visto?

Cuando aumenta la velocidad de los cambios tecnológicos disminuye el ciclo de vida de los productos, pero no solamente de

los bienes de consumo, sino también de los bienes de producción. Quiere decir que también el equipamiento instalado queda impactado con ello. Escasean o desaparecen los componentes de recambio de un determinado modelo, o el refrigerante, o el lubricante y esto conduce a una disminución del ciclo de vida del equipamiento instalado y provocan con ello cambios más frecuentes en los procesos.

Por otra parte, el cambio constante en las necesidades y exigencias de clientes y mercados incide sobre las empresas que tienen que cumplir exigencias normativas que hasta hace unos años les confería capacidades distintivas, pero que hoy son exigencias para acceder a determinados mercados o clientes. Ejemplo de ello son las certificaciones de calidad, inocuidad, seguridad y salud del trabajo, gestión de riesgos y responsabilidad ambiental, que se van integrando unas con otras hasta llegar a los actuales sistemas integrados de gestión de empresas.

Todo ello conduce a que el éxito empresarial ya no se centre en que la organización posea una vasta cartera de productos sino en que sea capaz de posicionar velozmente una cartera de soluciones tecnológicas.

#### 1.4. Clasificación de las operaciones de prestación de servicios

Ya hemos hablado de los cambios constantes en el comportamiento de los clientes que ha llevado a que la competencia se mida por los atributos intangibles. Entre ellos mencionamos el servicio al cliente. Esta tendencia lleva a que los productos incluyan un conjunto de prestaciones adicionales que van creciendo hasta el punto que ya los clientes no compran productos, sino que solicitan a nuestras empresas servicios que contengan productos.

Para ello comencemos por definir qué es un servicio a partir de las normas de la familia ISO (International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission, 2012).

Un servicio es una interfaz entre un proveedor y un cliente de carácter generalmente intangible aunque contenga elementos tangibles que puede implicar:

- Una actividad realizada sobre un producto tangible suministrado por el cliente (por ejemplo, reparación).
- Una actividad realizada sobre un producto intangible suministrado por el cliente (por ejemplo, cálculo de arancel aduanal sobre la declaración efectuada por el cliente).
- La entrega de un producto intangible (por ejemplo, información en un proceso de enseñanza).
- La creación de una ambientación para el cliente (por ejemplo, diseño de interiores).

Para comprender mejor la razón por la que consideramos la prestación de un servicio como un concepto más abarcador podemos hacerlo comparándolo con los procesos de producción de bienes tangibles. Para ello nos auxiliaremos de la siguiente tabla.

Estas características de los servicios inciden en los procesos y hay aspectos a los que hay que prestar atención especial:

### 1. Capacidad productiva e inventarios

Como los servicios no se almacenan, la planeación de las capacidades productivas disponibles y de los inventarios de productos necesarios para su prestación se convierte en un reto.

Tabla 1.5. Características de los servicios.

Característica	Argumento
Un servicio es intangible aunque puede contener elementos tangibles en sí mismo	Un servicio es un intercambio entre proveedor y cliente, es un acto donde pueden existir elementos tangibles que pueden o no ser el núcleo de la interfaz. Reflexionemos: ¿Por qué nos gusta ir a cenar a un determinado restaurant? ¿Por la comida?, ¿Por el ambiente?
La propiedad no se traslada cuando se adquiere	Cuando reservamos una habitación de hotel estamos comprando el servicio de alojamiento, no la habitación



No existe antes ni después de la compra	El servicio es intangible, aunque los productos tangibles que contenga estén a la espera del cliente, el acto de compra-venta -es decir, la interfaz- ocurre solamente mientras el contacto exista. Por eso no es posible revenderlo
No puede almacenarse	Pueden almacenarse los productos que contenga el servicio. De la misma forma pueden estar a la espera las estaciones de prestación del servicio, pero el acto como tal ocurre solamente cuando haya un intercambio cliente-proveedor
Producción - consumo-y en muchas ocasiones el pago ocurren simultáneamente	El ciclo del capital que vimos anteriormente (D-M ... P ... M'-D') ocurre en su fase P... M'-D' con la presencia del cliente
No puede transportarse aunque pueden transportarse sus productores	Los prestadores del servicio son los que se trasladan o se localizan en determinados puntos
Generalmente precisan de un contacto directo entre cliente y proveedor	Siempre hay alguna forma de contacto entre cliente y proveedor aunque éste también sea intangible (conexiones de telefonía, por ejemplo)
Su consumidor toma parte en el proceso e incluso puede realizar una parte del mismo	Como el servicio es una interfaz, el proveedor tiene la posibilidad de adaptar en cierta medida la prestación del servicio a las expectativas del cliente. Un profesor puede identificar el nivel de comprensión de sus educandos de los contenidos que está explicando y repetir si observa que no le comprenden o acelerar el ritmo de la explicación si nota que los estudiantes ya saben de lo que está hablando.

Fuente: Elaborada por los autores.

Un prestador de servicios siempre debe tener capacidad disponible y hacerlo de manera que, de no usarse, los costos generados por mantener disponibles esas estaciones de servicio se balanceen con los ingresos de las prestaciones que logren hacer.

Este aspecto los diferencia de los productores de bienes que de una u otra forma pueden acumular producciones terminadas para periodos futuros.

## 2. Calidad

La calidad no cuesta, lo que cuesta es la mala calidad. Por eso, se consideran tres componentes del costo de la mala calidad:

- La prevención de las fallas de calidad.
- La evaluación de la calidad.
- El costo de las fallas de calidad.

Como el servicio es un acto de interfaz cliente-proveedor, la evaluación de su calidad o las fallas en que se incurra será con la presencia del cliente. Queda entonces solo la prevención de fallas como alternativa para la garantía de la calidad total del servicio. La calidad se precia en el momento en que se recibe el servicio por lo que la labor preventiva es de vital importancia.

La filosofía de Gestión de la Calidad Total (TQM) ha contribuido notoriamente a la comprensión de estos aspectos (Ishikawa, 1997).

## 3. Tamaño y localización

Desde el surgimiento de la economía como ciencia, los estudiosos se empeñaron en analizarla de manera sistémica dividiéndola en sectores. Con el avance del conocimiento económico se han definido tres sectores de la economía, aunque ya hay trabajos en que se habla de un cuarto y hasta de un quinto sector<sup>12</sup>.

El sector primario o Sector I abarca todas las empresas que se dedican a la transformación de recursos naturales (materias primas) en productos con algún nivel primario de elaboración. A este sector pertenece la agricultura y la ganadería y todas las actividades relacionadas con ellas (silvicultura, la apicultura, la acuicultura, la caza, la pesca, piscicultura, entre otras). También son parte importante del sector primario la minería, así como las industrias de materiales para la construcción, energética, si-

---

<sup>12</sup> Algunos autores ya hablan de los sectores cuaternario y quinario, relacionados con la información y el conocimiento como valor intangible y que abarcan la gestión y la distribución de dicha información que incluye a I +D+i. Se basan en el concepto de sociedad de la información o sociedad del conocimiento. Otros se extienden a un sector quinario (de quinto) relativo a los servicios públicos sin ánimo de lucro.

derúrgica y química pesada (refinación, materiales artificiales, papel, fertilizantes, electroquímica,...).

Este es un sector donde la localización de las empresas está determinada por la fuente de materias primas y el tamaño se rige por el principio de economía de escala<sup>13</sup>.

El sector secundario o Sector II comprende la industria manufacturera que transforma los productos del sector primario en bienes de producción o de consumo. A este sector pertenecen las industrias metalmeccánica (producción de maquinarias, medios de transporte y herramientas), la construcción, la química ligera (perfumería, jabonería, cosmética, farmacéutica,...), la industria alimentaria, mueblería, textiles, poligráfica, confección textil, calzado, electrónica, electrodomésticos, etc.

En este sector el tamaño de las instalaciones está dado por las características del mercado y la localización -a su vez- por el tamaño. Mientras mayor sea el mercado al que sirven estas industrias, más cercanamente se localizan a los puntos de aprovisionamiento (por eso los centros portuarios se convierten también en centros industriales y en grandes ciudades) y se valen de cadenas de distribución para acceder al mercado.

Cuando las industrias de este sector sirven a mercados pequeños o muy especiales tienden a acercarse al mercado final, más que a los puntos de aprovisionamiento.

El sector terciario, Sector III o de los servicios es infinitamente heterogéneo. Sirve lo mismo a la sociedad en su conjunto (recogida de desechos sólidos urbanos, por ejemplo), a las personas de manera individual (taxis) o colectiva (escuelas), a las empresas (alimentos ligeros, limpieza especializada) en una amplia gama de actividades que está en constante aumento. Esta heterogeneidad abarca desde el comercio más pequeño, hasta las altas finanzas o la administración pública. Es un sector que

<sup>13</sup> Se llama Economía de Escala a la ventaja en costos totales que se obtiene cuando una empresa invierte de una sola vez en una gran instalación para que los costos fijos unitarios disminuyan con relación a los costos variables unitarios. Se obtienen economías de escala en empresas productoras de bienes de consumo masivo que tienen una demanda estable garantizada.



no produce bienes, pero sin el que los bienes no llegarían a sus consumidores.

Al sector terciario pertenecen todos los servicios públicos (limpieza de calles, manutención de espacios públicos, recogida, tratamiento y deposición de desechos, suministro de agua, telecomunicaciones...), la distribución de productos, el transporte en todos sus modos y tipos, el comercio, la educación, la salud, el turismo. Si analizamos el comportamiento de cualquiera de esos servicios mencionados, veremos que ellos existen cuando hay clientes que los demandan, por lo que su localización y tamaño dependen del tamaño y la localización del mercado al que sirve.

#### **4. Funciones de Marketing / Operaciones**

En la Figura 1.1 se analiza la relación Cliente-Proveedor como una secuencia de flujos materiales, financieros e informativos. Si observamos detenidamente, el primer flujo que comienza es el informativo, justo en el momento en que una necesidad de un cliente potencial es detectada por la función de Marketing, que es la responsable de mantener el contacto directo con el entorno empresarial.

Marketing traslada la información a I & D que convierte esa información en un diseño de producto y la pasa a Producción que es quien solicita los insumos necesarios a Aprovisionamiento y, cuando las condiciones para las producción están creadas, es que comienza el flujo material y de agregación de valor o financiero. Así ocurre el proceso de producción de bienes tangibles.

Cuando lo que el cliente solicita es un servicio, generalmente las funciones de Marketing/Producción son inseparables porque la respuesta de una u otra forma es inmediata, toda vez que el servicio se consume a la vez que se presta. En estos casos – como ya se explicó en la Tabla 1.4- las funciones de producción y venta son también simultáneas. Como mismo ya se explicó con relación a la necesidad de prevenir las fallas de calidad en el acto del servicio, este es el momento de obtener información que retroalimente el proceso, o lo que es lo mismo: escuchar la voz del cliente.



### 1.4.1. Clasificación de los servicios

En función del tipo de solución integral que la empresa brinde, será su relación más o menos intensa con el cliente. Puede haber muchos criterios de clasificación entre los que se cuentan:

1. La materialidad del servicio al cliente.
2. El objeto de trabajo en la prestación del servicio.
3. La intensidad del contacto con el cliente durante la prestación del servicio.
4. La frecuencia y tipo de contacto con el cliente.

Veámoslos por partes:

#### 1. Materialidad del servicio al cliente.

La materialidad del servicio se mide por cuán tangible es y por cuán duradero es. Si lo representamos en un eje cartesiano, pudiéramos ubicar servicios elegidos al azar como se muestra en la figura.

Comencemos de menor a mayor. Cuando queremos conocer el saldo que tenemos en la cuenta del móvil, llamamos al número que establezca la operadora y en pocos segundos lo obtenemos. No sabemos realmente cómo funciona el mecanismo que nos permite saberlo (intangible), solo sabemos el procedimiento, pero nos molestamos mucho cuando recibimos por respuesta que intentemos en unos minutos. Por eso es intangible y poco duradero.

Tenemos deseos de descansar un rato y nos sentamos en una cafetería ante un capuchino. Consumirlo dura unos minutos, pero evaluamos el servicio primariamente por la calidad del capuchino que nos sirvieron. Este es un servicio poco duradero, pero tangible.

Contratamos el servicio de suministro de señal televisiva por cable. Lo que contratamos es que nos llegue la señal al televisor y lo hacemos al menos por un año, pagando una cuota preestablecida con una frecuencia mensual. Este es un servicio intangible y duradero.

Por último, dejamos el auto en un taller de reparaciones para que le hagan un mantenimiento general establecido por el fabricante cada una determinada cantidad de kilómetros recorridos. Cuando lo buscamos, sentimos que el auto funciona mejor y sabemos por demás que pasará un tiempo antes que volvamos a llevarlo al taller. Este es un servicio tangible y duradero.

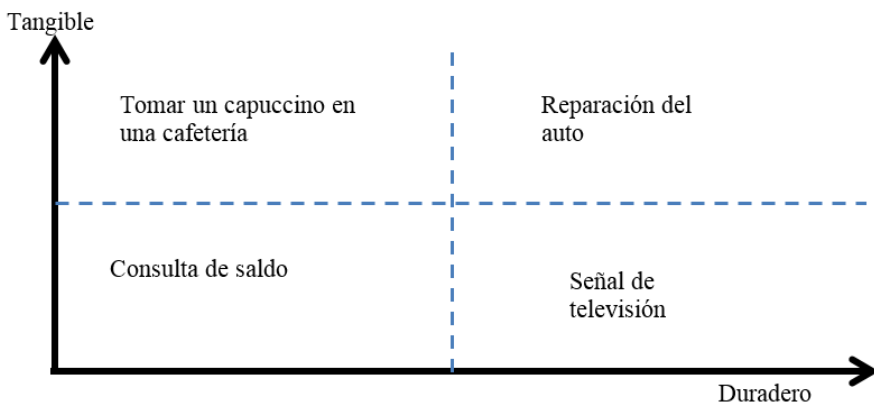


Figura 1.3. Materialidad del servicio.

Fuente: Elaborada por los autores.

## 2. Objeto de trabajo del servicio

El objeto de trabajo del servicio puede ser el propio cliente o algún bien del que sea propietario. Cuando vamos a cenar a un restaurante, el objeto del servicio somos nosotros que consumimos los platos que solicitamos, sin embargo, es el auto el objeto de trabajo cuando lo llevamos a lavar.

## 3. Intensidad del contacto con el cliente durante la prestación del servicio

Un aspecto interesante en los procesos de prestación de servicios es la intensidad del contacto que se establece entre el cliente y el proveedor del servicio. La intensidad del contacto depende del contenido del servicio y la profesionalidad que exige por parte del proveedor y de la adaptación que se haga a

las expectativas del cliente. Para comprenderlo mejor, veamos ejemplos en un eje cartesiano como se muestra en la figura.

Un servicio de abogados lleva un trabajo muy intenso y profesional totalmente personalizado. Cada caso es diferente, pero aún en casos técnicamente muy semejantes, los clientes implicados en ello son diferentes, así que el nivel de personalización es necesariamente alto.

Cuando vamos al cine nos preocupamos por lo que vamos a ver y no tanto por las personas que lo propician. Esas personas tampoco lo hacen mucho por nosotros y se limitan a cumplir los procedimientos para la proyección que no son complejos, por lo que no exigen altos niveles de profesionalidad. Este es un servicio poco profesional y que tiene un nivel mínimo de personalización. Es a lo que se llama un servicio estándar, según veremos más adelante.

En sociedades muy avanzadas es una exigencia la certificación para prestar servicios de niñera. La realidad es que obtener el certificado responde a un entrenamiento relativamente sencillo, lo que no lo resulta es conseguir que un niño pequeño se sienta bien con la niñera, por muy certificada que esté y es porque la confianza del niño responde a la empatía que logre establecer la niñera con el niño y ésta depende de su personalidad. Ahí tenemos un ejemplo de un servicio que requiere relativamente poca profesionalidad pero altos niveles de personalización.

Imaginemos por último, a un profesional en la elaboración de alimentos fríos que trabaja en el buffet de un distinguido hotel. Puede cortar frutas a una alta velocidad, casi sin manipularlas como exigen las normas, y presentarlas con una creatividad pasmosa. Llegamos al buffet y admiramos las presentaciones de las frutas, nos servimos, lo disfrutamos, pero no sabemos quién hizo tamaña y apetitosa obra de arte gastronómico. He aquí un servicio altamente profesional y poco personalizado.

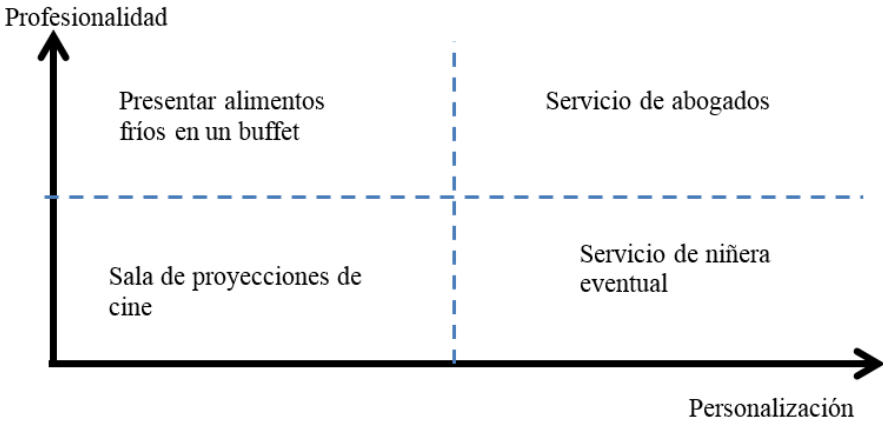


Figura 1.4. Intensidad del contacto con el cliente durante la prestación del servicio.

Fuente: Elaborada por los autores.

Lo mismo pasa con un analista de laboratorio clínico. Recibe las muestras, las analiza largamente, emite un diagnóstico... y no sabe de quién se trata. Este es otro ejemplo de un servicio muy profesional y poco personalizado.

La intensidad del contacto con el cliente propicia al proveedor adecuar el servicio al gusto del cliente y retroalimentarse, es decir, escuchar sus opiniones acerca del servicio recibido. A esto se le llama “escuchar la voz del cliente”.

Escuchar la voz del cliente es la habilidad que desarrolla el proveedor del servicio para identificar los requerimientos y expectativas con el servicio y resulta la principal fuente de retroalimentación con relación a la calidad del servicio prestado y comienza por la recepción de la reacción propia del cliente. A ello lo llamamos retroalimentación reactiva y proviene de varias fuentes, como son:

- Quejas escritas o verbales.

- Devoluciones o reclamaciones (lo que equivale a servicios defectuosos).
- Solicitudes de asistencia técnica.

También la empresa proveedora del servicio puede actuar proactivamente al crear mecanismos para conocer lo que necesita y espera el cliente con anticipación y llegar a involucrarlo en el diseño, desarrollo y pruebas de dicho servicio.

#### **4. Frecuencia de contacto con el cliente**

Como mismo hay infinitos tipos de servicio, habrá múltiples tipos de contactos con el cliente. Los clasificaremos por su comportamiento en el tiempo y por el tipo de relación.

Por su comportamiento en el tiempo, pueden ser:

- Contactos de comportamiento discreto

Son los que se solicitan a intervalos de tiempo, establecidos o estimables. Por ejemplo tomemos el caso que se grafica en la figura correspondiente a una empresa que recibe materiales para su proceso los días lunes, miércoles y viernes en cantidades aproximadamente iguales cada uno de estos días.

Para un caso así, ya el proveedor sabe que los lunes el pedido ascenderá a 61 unidades como promedio, los miércoles de 50 y los viernes de 81.

Para este tipo de contactos el proveedor del servicio tiene la posibilidad de establecer horarios y calcular disponibilidades según sea el comportamiento histórico de la demanda.

- Contactos de comportamiento continuo

Son los servicios donde el proveedor y el cliente no pierden contacto siempre que se den las condiciones pactadas inicialmente

entre ambos. A esta clasificación pertenecen los servicios de suministro de agua, electricidad, telefonía, alcantarillado y similares.

Los servicios de comportamiento continuo están generalmente sujetos a sistemas de control riguroso y automatizado, para garantizar la fiabilidad del suministro para el cliente.

Por el tipo de relación, los servicios pueden ser clasificados como se muestra en la siguiente tabla.

### 1.4.2. Importancia de la velocidad de respuesta en los servicios

Cuando solicitamos un servicio deseamos que la respuesta del sistema que los presta esté en consonancia con nuestras necesidades y premuras. Pero no somos los únicos clientes del sistema, por eso los servicios se diseñan buscando una relación conveniente entre el costo de mantener el sistema disponible para la prestación del servicio en cada momento que un cliente lo demande y los beneficios que trae mantenerlo en ese estado. Esta relación –que se llama trade off- la estudiaremos a detalle más adelante en este libro. De momento nos concentraremos en unos de los aspectos que determina esta relación: el tipo de proceso que hay que ejecutar para prestar el servicio.

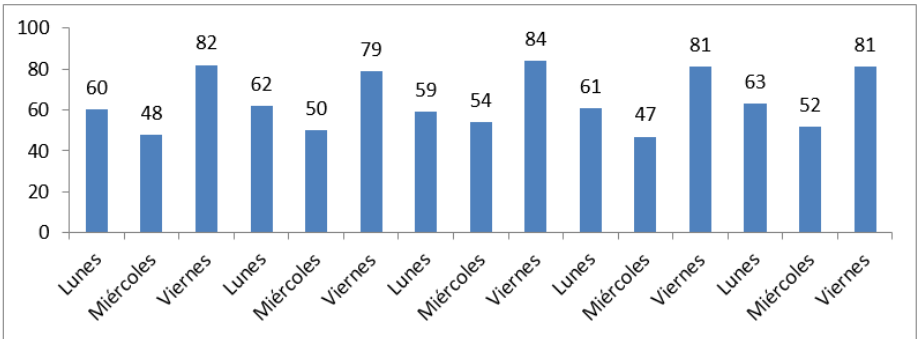


Figura 1.5. Ejemplo de contacto de comportamiento discreto.

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 1.6. Clasificación de los servicios según la relación proveedor-cliente.

Contactos Formales	Los establecidos mediante de un contrato entre el cliente y el proveedor, que no tiene necesariamente que ser escrito. Son servicios formales desde los que recibimos cuando adquirimos algún producto donde la factura de compra obra, en última instancia, como constancia de la adquisición y funge como prueba si queremos hacer alguna reclamación o cambio hasta los que presta una empresa constructora a un inversionista para culminar una gran obra.
Contactos por membresía o restringidos	Referidos a los servicios que para ser prestados, exigen del cliente el cumplimiento de algún tipo de requisitos. Se establecen contactos por membresía entre los estudiantes y el personal docente y no docente de una institución educativa. También son contactos por membresía los que tienen los miembros de un club deportivo con el personal de entrenamiento y apoyo. En este tipo de contacto, la palabra clave es “requisitos”
Informales o casuales	Los que ocurren eventualmente. Los servicios donde este tipo de contacto es mayoritario se diseñan generalmente a partir de estándares. La altura de las barras de agarre, de los escalones, de los asientos y otras partes de los buses o los vagones de metro están calculadas en función de las características ergonómicas medias de la población que utiliza esos medios de transporte. Para el diseño de servicios con contactos informales o casuales el uso de las estadísticas y la simulación es determinante.

Fuente: Elaborada por los autores.

En la siguiente tabla se muestra la influencia determinante que tiene el contacto con los clientes en el diseño de los procesos de prestación de servicios. Para ello se ha utilizado como criterio determinante el flujo de servicios, definido como la variedad de solicitudes que hacen los clientes en un determinado intervalo de tiempo.

- Flujo continuo:

Se conforma cuando los clientes solicitan masivamente el mismo tipo de servicio (suministro de agua potable, electricidad, conectividad...).



- Flujo Repetitivo:

Una gran cantidad de clientes solicita repetidamente una pequeña cantidad de servicios similares (carreras universitarias, panadería, pizzería...).

- Flujo intermitente:

La intermitencia está condicionada o bien, por la cantidad de solicitudes de servicio, o bien por la variedad de servicios que se solicitan. Pero siempre está definida por un ciclo (se le conoce también como servicios de demanda cíclica o de temporada). Es el caso de los servicios de temporada (hotelería en zonas turísticas, compra de productos relacionados con celebraciones tradicionales...).

- Flujo variable:

Estos procesos generalmente trabajan en función de un tamaño previsto de mercados y con una amplia gama de ofertas sin conocimiento exacto de su comportamiento. Una estación de atención de urgencias de un hospital es un ejemplo perfecto de este tipo de flujo.

Tabla 1.7. Influencia del flujo de solicitud del servicio en los principales elementos que lo componen.

	<b>Flujo Variable</b>	<b>Flujo Intermitente</b>	<b>Flujo Repetitivo</b>	<b>Flujo Continuo</b>
Contenido de productos del servicio	Amplia variedad de productos según el gusto del cliente	Múltiples productos en función de gustos o temporadas	Pocos productos estándar	Productos masivamente comercializables
Tipo de equipamiento	Universales	Equipos universales y especiales	Equipos especiales	Equipos especiales



Distribución en planta de los procesos	Distribución funcional	Distribución funcional y mixta	Distribución por proceso	
Tamaño de los lotes	Unitarias y pequeñas series	Pequeñas a medianas series	Medianas y grandes series	Grandes series y producciones masivas
Capacidad productiva	Cuesta poco incrementar capacidad y toma poco tiempo.		Cuesta mucho incrementar la capacidad y toma mucho tiempo.	
Flexibilidad de los procesos	Cambiar de un producto a otro no requiere tiempo ni mucho trabajo adicional.		Cambio de productos requiere de dinero, tiempo y cierre de plantas.	
Características del personal	Poca fuerza de trabajo especializada, orientada al producto y staff de apoyo.		Requieren mucha fuerza de trabajo orientada al proceso y un staff de apoyo grande.	

Fuente: Elaborada por los autores.

## 1.5. Selección del Proceso

Ya se ha discutido la importancia que tiene el diseño para garantizar la calidad de un producto. Pero de la misma forma hemos comprendido que los clientes demandan cada vez más soluciones a sus problemas y menos productos tangibles, por lo que no se logra mucho si nos concentramos solamente en el producto y obviamos el proceso de suministro del servicio.

Generalmente los procesos tienden a ser clasificados en 2 dimensiones: flujo de proceso y tipo de pedido del cliente. Los factores que influyen en esta selección son:

- Condiciones de mercado.
- Necesidades de capital.
- Mano de obra.
- Habilidades Gerenciales.
- Materia Prima.

- Tecnología.
- Condiciones de Mercado.

El tamaño y la dinámica del mercado determinan el comportamiento de la demanda. Cuando la demanda es estable y alta, se justifica valorar procesos de flujo continuo o lineal y acumular inventarios. En esto juega un papel muy importante la economía de escala-por una parte-y los costos de manutención del inventario, por otra.

- Necesidades de capital

En la medida que aumentan los tamaños de lote y disminuyen las variedades de productos, las líneas de producción se especializan y, con ella aumentan sus costos y el riesgo. Esta situación motiva que surjan situaciones de conflicto sobre las que los directivos tendrán que decidir. Si aumentamos la capacidad de prestación de servicio, el costo de manutención de las instalaciones aumenta y la proporción de servicios a prestar para que dicha manutención se haga rentable será mucho mayor. Si disminuimos la capacidad de prestación del servicio, disminuye también el costo de manutención de instalaciones disponibles, pero el sistema dejará de prestar servicios y dejará de ingresar. Este es otro trade off de la gestión de operaciones que veremos en su momento.

- Disponibilidad y costo de la mano de obra

Es el hombre y su capacidad creativa el principal activo de toda organización. Son los gastos de salario, de alguna manera, los más representativos en una organización. El aumento de la disponibilidad de servicios mediante el crecimiento de los activos disponibles para su prestación está directamente relacionado con los hombres. En la medida en que disminuye la especialización y aumenta la variedad de productos, aumentan los requerimientos en cuanto a habilidades del personal y con ello los costos. En estos casos hay dos soluciones estratégicas: o bien estandarizar procesos o bien capacitar al personal.

- Habilidades Gerenciales

De acuerdo al tipo de proceso, las habilidades de dirección necesarias varían. Cuando la producción es por pedido, hacen falta habilidades de trabajo en grupo, gestión de proyectos, autocontrol, etc. Cuando se trabaja en flujo continuo son más necesarias habilidades de administración de operaciones y manejo de inventarios.

- Disponibilidad y precio de la materia prima

Este aspecto debe ser analizado en 2 vertientes: del entorno a la organización y de la organización al entorno.

En la primera vertiente entorno-organización se presenta la situación de materias primas cuyos precios tienen comportamientos estacionales y motivan que las decisiones de compra estén en función del trade off que se genera entre los costos de mantenimiento de inventarios y los precios de adquisición. Hay otros casos donde los trade off a solucionar están entre los costos de adquisición y los de transportación y hay, por último, casos donde el trade off está entre los costos de transporte y los de mantenimiento de inventarios.

Si analizamos la relación desde la organización hacia el entorno veremos que son las características del proceso las que determinan la manera en que se efectúa la adquisición de las materias primas. Si las producciones son contra pedido, la compra de materias primas se ejecuta en cantidades proporcionales al tamaño del pedido. Estas organizaciones son siempre muy adaptables a las exigencias del cliente, lo que traducido a nuestra terminología indica que son flexibles y ágiles y tienen mucha facilidad para hacer sustituciones de productos o materiales y cambios tecnológicos en los procesos.

- Tecnología

Los cambios tecnológicos -cada vez más profundos y rápidos- afectan severamente las producciones masivas y mucho menos a las intermitentes o contra pedido. En ello influye directamente el principio de economía de escala definida como la ventaja en costos totales que se obtiene cuando una organización dispone de una instalación de gran capacidad para prestar un servicio. En esos casos los costos fijos unitarios disminuyen proporcionalmente en el costo unitario total, siempre que los volúmenes de prestación de servicios sean altos. Cuando la demanda dis-

minuye, la ventaja que se obtiene con las instalaciones de alta capacidad se convierte en una desventaja porque la proporción de los costos fijos unitarios en los costos unitarios totales, en lugar de disminuir, aumenta.

## 1.6. Diseño del Proceso de Servicios

El diseño de los procesos de servicios se efectúa con ayuda de matrices que relacionan diferentes características del servicio. Para ello se hace necesario agrupar a los clientes, proceso al que técnicamente se le llama clusterización o segmentación. Segmentar o clusterizar es agrupar a los clientes de acuerdo a las características que resulten de interés para la organización. En ello se cumple generalmente el principio de Pareto: el 20% de la clientela aporta a la empresa el 80% de los ingresos.

Las matrices de clasificación de los servicios son de:

- Definición del servicio.
- Complejidad-singularidad.
- Contacto con el cliente.
- Importancia para la estrategia.

### 1.6.1. Matriz de Servicio

La matriz de definición del servicio se puede utilizar para ilustrar la manera en que la tarea de la administración de operaciones varía con los diferentes tipos de servicios.

Los servicios muy automatizados requieren de pericia tecnológica, decisiones correctas sobre el capital, correcto manejo de la demanda para evitar picos estacionales, programación cuidadosa, etc. Los servicios muy adaptados por su parte son un reto para mantener bajos costos, calidad, control de los clientes y capacitación constante del personal.

En la figura se muestra la matriz de servicios en función del grado de interacción y adaptación al cliente y la intensidad de trabajo para prestar el servicio.

Cuando la intensidad del trabajo humano (aquí lo llamaremos intensidad de la mano de obra) es bajo, pero la demanda es alta, hablamos de servicios masivos. Por ejemplo, el transporte público donde un solo conductor lleva en un bus a muchos pasajeros por rutas que previamente han sido identificadas como los lugares que más frecuentan las personas y se detiene a en aquellos lugares donde convergen rutas o calles por las que esas personas pueden llegar a cada uno de sus destinos individuales. La ruta del bus se adapta en una medida estandarizada a los destinos finales individuales, así que el grado de interacción y adaptación es previamente estandarizado. Un ejemplo muy elocuente del diseño de ese tipo de servicios es la isócrona, una técnica que permite determinar cuánto tiempo se demora un peatón promedio en llegar a un determinado punto de convergencia a donde puede llegar el transporte público.

<b>Bajo</b>		<b>Grado de interacción y adaptación al cliente</b>	
		<b>Alto</b>	
<b>Grado de intensidad de la mano de obra</b>	Alto	Servicios masivos	Servicios profesionales
	Bajo	Fábrica de servicios	Talleres de servicios

Figura 1.6. Matriz de servicios.

Fuente: Elaborada por los autores.

Con esa técnica se determinan las capacidades de los buses, la frecuencia de recorrido y la localización de las paradas.

Cuando el grado de intensidad de la mano de obra es alto, pero la intensidad del contacto es relativamente baja, hablamos de fábricas de servicios. Un caso típico son los establecimientos de comidas rápidas. En ellas está establecido previamente un grupo de menús debidamente tipificado y el cliente solo deberá

decirle al operario cuál de los números de menú desea. Siempre queda la opción de conformar un menú propio pero, si lo hace verá cómo se alarga el ciclo del servicio porque el sistema en realidad está diseñado para trabajar con combinaciones previamente estandarizadas.

Los talleres de servicio son el tercer grupo. En ellos el grado de interacción con el cliente es muy alto, pero la pericia profesional necesaria para la prestación del servicio no es alta. Se diferencian de las fábricas de servicios en que la gama de solicitudes es más amplia y mucho más personalizada. Talleres de servicios son las peluquerías, los servicios de reparación de enseres menores, de autos y similares.

Son servicios profesionales los que requieren un alto grado de interacción y adaptación al cliente y muchas habilidades profesionales como los servicios jurídicos, de defensoría, médicos, de diseño y similares.

### 1.6.2. Matriz de Complejidad-Singularidad

Con esta matriz puede profundizarse el análisis comenzado con la anterior. Con esta matriz se puede determinar cuál será el grupo de capacidades distintivas que deberá tener el servicio a prestar.

Los ejes de la matriz estarán determinados por el nivel de complejidad del servicio y cuán adaptable a las expectativas del cliente será el proceso de su prestación.

Los propios nombres de los ejes de la matriz nos indican su utilidad. Si la matriz de servicios es el punto de partida para el diseño general del proceso, la de complejidad-singularidad nos ofrece las especificaciones para diseñar los perfiles de cargo a las personas que trabajarán en su prestación, por eso esta matriz es el punto de partida de los procesos de selección de personal, de capacitación y de la evaluación posterior de su desempeño, pues ellos son los que van a hacer valer las capacidades distintivas de la organización.

Al observar los ejes vemos que la complejidad alta está referida a los conocimientos de la tarea por parte de los que prestarán el servicio. En la medida en que crece la complejidad de la tarea, son requeridos más conocimientos.

		Complejidad del servicio prestado	
		Bajo	Alto
Singularidad	A la medida	Trato amigable y buenas relaciones	Conocimiento, credibilidad, capacidad de enjuiciamiento
	Estándar	Marketing masivo de bajo costo	Conocimiento específico

Figura 1.7. Matriz de complejidad-singularidad.

Fuente: Elaborada por los autores.

En un servicio estándar esos conocimientos son específicos (cortar el cabello, por ejemplo, pues este cuadrante equivale al taller de servicios de la matriz vista anteriormente).

Si atendemos el eje referido a la singularidad, veremos que prima el criterio referido al comportamiento de los prestadores del servicio. Así en un servicio estándar solo es necesario que la persona que lo presta se atenga a los procedimientos de trabajo establecidos, pero en la medida en que dicho servicio se personaliza, las capacidades comunicativas y empáticas del prestador del servicio ganan en importancia.

### 1.6.3. Matriz de contacto con el cliente

Esta matriz nos permite establecer las metas de mejora perspectivas en cuanto a eficiencia y personalización del servicio que se diseña definida por el tipo de contacto que se establezca entre el cliente y el proveedor del servicio.

La personalización del servicio entra en conflicto con la eficiencia de la organización que la presta y conforman un trade off. Si bien la eficiencia es la relación entre los beneficios obtenidos con la prestación del servicio y los costos incurridos para ello, los



beneficios dependen de la calidad del servicio prestado representados entre otros aspectos por la personalización y, mientras mayor sea la personalización, mayores tendencialmente serán los costos de prestación del servicio. De ahí la importancia de prever la manera de controlar niveles de eficiencia previamente determinados desde el momento en que se diseña el servicio.

Para ello se conforma la matriz de contacto con el cliente relacionando el grado de personalización del servicio. En ella se relacionan los tipos de servicio con la forma en que se contacta al cliente.

Para entender mejor cómo se trabaja con esta matriz habría que ver los tipos de contacto que se tienen con el cliente, que serían:

1. Directo a la medida.
2. Directo con especificaciones flexibles.
3. Directo con especificaciones rígidas.
4. Tecnología en el lugar.
5. Contacto indirecto.

En la medida en que se despersonaliza y estandariza el contacto, la facilidad de hacerlo vía e-commerce es mayor.

En la siguiente tabla se muestra el tipo de contacto según sea la relación cliente-proveedor y el tipo de servicios. Los contenidos que se detallan se manifiestan de esta manera de forma tendencial. Como la matriz ya nos permite clasificar las características que tendrá el contacto con el cliente según el tipo, podemos llegar más allá y definir qué habilidades va a tener el personal que va a estar disponible para los clientes. Estas habilidades se detallan en la siguiente tabla.

<b>Formal</b>		<b>RELACIÓN PROVEEDOR - CLIENTE</b>		
		Por membresía o restringida	Única	
<b>Tipo de servicio</b>	Servicios masivos			
	Fábrica de servicios			
	Talleres de servicio			
	Profesionales			

PERSONALIZACIÓN +

- EFICIENCIA +

Figura 1.8. Matriz de contacto con el cliente.

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 1.9. Formas de contacto según la relación cliente-proveedor y el tipo de servicios.

		<b>RELACIÓN PROVEEDOR - CLIENTE</b>		
		Formal	Por membresía o restringida	Única
<b>TIPO DE SERVICIO</b>	Servicios masivos.	Si hay contacto directo será siempre con especificaciones rígidas, que permitan al proveedor del servicio establecer estándares. De lo contrario el contacto será indirecto y abundan los que se ofrecen con soportes tecnológicos.		
	Fábricas y Talleres de servicio.		Contacto directo entre clusters o familias de clientes y proveedor. Los agrupamientos pueden hacerse por afinidad de clientes o por afinidad de servicios.	

			Se determinan los atributos del servicio por acuerdo entre el proveedor y los grupos o clusters. Se obtienen estándares aplicables a todos los miembros de un clúster.	
	Profesionales			Contacto directo entre cliente y proveedor. Se determinan los atributos del servicio por acuerdo entre las partes.

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 1.10. Gradación de habilidades del proveedor del servicio.

Habilidad	Descripción
De diagnóstico	Dependen de amplias competencias profesionales del proveedor del servicio, por lo que son inherentes a los servicios profesionales. Incluye el resto de las habilidades, pues el diseño definitivo del servicio a prestar depende de la interpretación que haga su proveedor de las expectativas del cliente. En la Figura 1.1 se esquematiza cómo ocurre este proceso. Es el tipo de habilidades que esperamos de un médico, un diseñador de interiores, un arquitecto, un inspector de seguros, un abogado, entre otros profesionales.
De oficio	Estas habilidades abarcan un campo específico y restringido que las de diagnóstico. El proveedor está entrenado para responder a un grupo determinado de expectativas del cliente. Son las habilidades que esperamos que tenga un cocinero en un restaurant, una peluquera, una enfermera o un masajista, que sepa interpretar lo que se le solicita y convertirlo en un servicio acorde con su profesión u oficio.

De procedimiento	El proveedor del servicio ejecuta un procedimiento específico de la organización ante una solicitud específica del cliente. El procedimiento es de obligatorio cumplimiento para ambas partes. Son las habilidades que manifiesta un policía de tránsito, un agente de seguridad y protección, el cajero de un banco o una autoridad de la aduana.
Verbal de ayuda	El proveedor del servicio solamente se limita a orientar el cliente para que se dirija a solicitar el servicio en el lugar indicado. El avance tecnológico ha dispersado esta habilidad, incorporándola al resto y la sustituye por la señalética.
Funcionales	Son habilidades básicas. Se limitan al cumplimiento estricto de una función dentro del proceso de prestación del servicio. Generalmente no establecen contacto directo con el cliente. El avance tecnológico y las crecientes exigencias de calidad las sustituyen cada vez más por habilidades de procedimiento.

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 1.6.4. Matriz de importancia para la empresa

Todo proceso de servicios no tiene la misma importancia para la organización, porque en ella ocurren múltiples procesos a la misma vez. Con la familia de normas ISO (International Organization for Standardization, 2015) de la que hablamos en el epígrafe 1.1.1, el enfoque por procesos con una visión sistémica de la empresa, se ha difundido en la práctica organizacional. Con la Figura 1.2 del mencionado epígrafe explicábamos los elementos básicos que las normas ISO consideran que conforman el sistema empresarial, a saber: suministradores, suministros, procesos, salidas y clientes, para conformar las siglas SI-POC que corresponden a la primera letra de cada una de estas palabras en inglés.

Ya hemos hablado de las relaciones entre clientes y proveedores y de su importancia para el diseño de los servicios, así que se hace necesario detallar un tanto los procesos que se ejecutan para la prestación del servicio según la definición de las normas ISO.

La norma ISO 9000:2005 Sistemas de gestión de la calidad - Fundamentos y vocabulario (International Organization for Standardization, 2010) define al proceso como el “conjunto de actividades relacionadas o que interactúan... (que)...transforman elementos de entrada en resultados” y para explicarlo se usa el tradicional esquema de la “caja negra” donde las entradas, suministradas por un proveedor, se transforman en salidas dirigidas a un cliente, según se muestra en la siguiente figura. Es importante puntualizar en que hay una diferencia sensible entre los términos proceso y procedimiento. Al respecto, la norma ISO define a un procedimiento como la “forma específica de llevar a cabo una actividad o un proceso” (International Organization for Standardization, 2010), lo que indica que un proceso puede tener uno o varios procedimientos asociados a sus actividades, dependiendo de su complejidad.

Las normas ISO responden al enfoque de procesos, que es una manera sistémica de abordar el estudio de las organizaciones. El enfoque de procesos niega el enfoque parcializado por departamentos o funcional y que tiene desventajas operativas.

En muchas ocasiones los objetivos de los departamentos o de los individuos que los conforman resultan incoherentes y contradictorios con los objetivos globales de la organización. Esta situación da lugar a que proliferen actividades departamentales que no aportan valor al cliente ni a la propia organización y lo que hacen es generar una injustificada burocratización de la gestión.



Figura 1.9. Visión sistémica de la empresa según la familia de normas ISO 9000.

Fuente: Elaboración de los autores según International Organization for Standardization (2005).

Cuando prepondera la actividad burocrática, la organización tiende a desenfocarse de sus objetivos y da lugar a fallos en el intercambio de información y de materiales entre los diferentes departamentos, a la definición indebida de especificaciones, lo que lleva a que se realicen actividades no estandarizadas o duplicadas y a que queden responsabilidades no definidas.

Estas situaciones son el caldo de cultivo para que aumente la desmotivación y la falta de implicación de las personas, y a la separación entre “los que piensan” y “los que ejecutan”.

El enfoque de procesos no niega la existencia de estructuras funcionales en las organizaciones, pero insiste en que los procesos organizacionales trascienden a las estructuras departamentales, así que para lograr evaluar el impacto de una actividad o proceso en una organización, se requiere conocer cuál es la secuencia e interacción de ese proceso específico con respecto al resto de procesos que integran al sistema.

Para identificar los procesos de una empresa habrá que ir siempre del análisis general al de las particularidades y, de allí, a las singularidades, según sea cada organización. A esto se le llama: identificación de los macroprocesos. Estos pueden ser básicos, clave o misionales, de apoyo y estratégicos.

Son procesos básicos, claves o misionales los que añaden valor al cliente o inciden directamente en su satisfacción y son componentes importantes en la cadena del valor de la organización. Se les llama misionales porque son determinantes en el cumplimiento de la misión de la organización.

Para que los procesos básicos, claves o misionales puedan ejecutarse se requieren otros procesos que los faciliten: los procesos de apoyo. En ellos se encuadran el control y la mejora del sistema de gestión y todos los procesos que garantizan la continuidad de los procesos misionales. Normalmente estos procesos están muy relacionados con requisitos de las normas que establecen los modelos de gestión.

Son procesos de apoyo a la gestión, entre otros: los de control de la documentación, los de auditorías internas, el tratamiento de las no conformidades, las correcciones y acciones correctivas y los procesos de gestión de equipos de inspección, medición y ensayo. Asimismo, son procesos de apoyo que garantizan la continuidad de los procesos básicos o clave los de aprovisionamiento, transporte, manutención de inventarios, los servicios internos y el mantenimiento.

Procesos estratégicos son los que permiten definir y desplegar las estrategias y objetivos de la organización. Casi siempre son genéricos y comunes a la mayor parte de los negocios. Generalmente las actividades relacionadas con el marketing estratégico, los estudios de mercado, la vigilancia tecnológica y el seguimiento de la satisfacción de los clientes, se clasifican por las empresas como procesos estratégicos.

Los procesos que permiten desplegar la estrategia son tan diversos como lo pueden ser las estrategias que se adoptan. Si por ejemplo, una empresa de diseño pretende ser reconocida en el mercado por la elevada capacidad creativa de sus diseñadores, los procesos de formación y gestión del conocimiento deberían ser considerados estratégicos. Si otra empresa de diseño pretende que en el mercado se la reconozca por la prestación de servicios soportados en aplicaciones informáticas, el proceso de desarrollo de aplicaciones informáticas para la prestación de servicios debería ser considerado estratégico.

Para identificar los procesos estratégicos de cada organización es crucial que se determine la medida en que intervienen en su visión.

La matriz de importancia para la empresa permite ubicar el proceso de servicios que se diseña en la posición que realmente ocupa para toda la empresa y no para cada uno de los departamentos que lo prestarían.



Bajo		Importancia para la empresa	
		Alto	
Impacto del cambio	Alta	Desarrollo	Avanzada
	Baja	Emergente	Formativa

Figura 1.10. Matriz de importancia para la empresa.

Fuente: Elaborada por los autores.

El eje de importancia para la empresa representa el peso que tiene el proceso en los resultados finales de la organización. Puede ser dado por su participación en los beneficios, en los costos, en un determinado elemento del gasto (energía, por ejemplo), por su impacto ambiental, o las exigencias normativas.

El eje de impacto del cambio representa el alcance que tiene el proceso que se diseña dentro del ámbito empresarial, e incluso su entorno. Un cambio en un equipo de cómputo o de medición impactará sobre los usuarios solamente, un cambio en el proceso de gestión contable o en los sistemas de medición incidirá sobre toda la empresa.

Un proceso de avanzada incide fuertemente sobre los resultados de la empresa, en uno o varios aspectos. Su diseño inmiscuye a muchas personas de orígenes diferentes en la organización y abarca generalmente un período de tiempo significativo.

Por ejemplo, un cambio de tecnología, como el paso de proceso químico de la caña de azúcar para obtener sacarosa, a la obtención de lactosa-glucosa-fructuosa por procesos biosintéticos, es de avanzada. Su impacto es significativo para la empresa. Genera costos de inversión por nuevo equipamiento, de capacitación para los nuevos procedimientos, cambios en los sistemas de gestión de calidad, en la duración de los ciclos de proceso... El proceso de cambio alcanza a toda la organización, cambian los sistemas de aprovisionamiento, los requerimientos



materiales, los ritmos de entrega, la forma en que se controlan y se reflejan en la contabilidad...

Se clasifican como procesos de baja importancia para la empresa los que están surgiendo, casi siempre vinculados al desarrollo de nuevos servicios o productos, o la ampliación de prestaciones de los existentes.

Cuando el impacto del cambio para un nuevo proceso es alto, aunque su importancia para la empresa sea relativamente poca, se habla de un proceso en desarrollo. Si el impacto del cambio necesario para la empresa no es significativo, tratamos de un proceso emergente.

Veamos un ejemplo con un hotel ubicado en una zona de playa. El hotel tiene 45 habitaciones, 15 familiares y 30 dobles. Se observa que en las recientes temporadas, el porcentaje de ocupación y la duración de la estancia de las habitaciones familiares han sido significativamente mayores que los de las habitaciones dobles. Deciden probar cambiar su imagen hacia la de hotel familiar.

El cambio que hará el hotel para diseñar procesos relacionados con: menú para niños, áreas de juego, servicio de guardería se clasifica como un proceso emergente, porque no requerirá gastos significativos, ni implicará a muchas dependencias del negocio.

El cambio estructural que se hará para aumentar el número de habitaciones familiares, según establecen las normas, tendrá gastos importantes, pero no afectará significativamente al resto de los procesos, solo a los de alojamiento. Es por tanto, un proceso en desarrollo.

Si el hotel cerrara sus puertas, acometiera una inversión de remodelación e incursionara en el negocio de los hoteles para familias, entonces hablaríamos de un cambio de avanzada.

Un servicio en formación es el que se va gestando casi siempre motivado por requerimientos de los clientes. Siempre estos



servicios emergentes son importantes para la empresa porque están relacionados directamente con la percepción de calidad de los clientes, sin embargo implican a pocas dependencias organizacionales. Son servicios formativos o en formación también los que contribuyen a la continuidad de otros, casi siempre clasifican como servicios de apoyo.

No es lo mismo diseñar un servicio de apoyo interno en la empresa cuya importancia es operacional-clave, y que puede decirse y culminarse a corto plazo, que un servicio comercializable cuya importancia es estratégica y cuyos resultados serán medidos a largo plazo.

### 1.6.5. Suministro del Servicio

Luego de clasificado el servicio habría que pasar a la fase táctica con la organización de los elementos físicos y de las personas que van a prestarlo.

Los elementos a considerar serían:

#### 1. Tecnología:

- El grado de integración vertical.
- El grado de automatización.
- El equipamiento necesario.

#### 2. Flujo de Proceso:

- Secuencia de eventos para la prestación del servicio.

#### 3. Ubicación y tamaño:

- Lugar de ubicación.
- Tamaño de cada lugar.

#### 4. Fuerza de trabajo

- Habilidades.
- Tipo de organización.

- Sistema de pagos.
- Grado de participación.

### 1.6.6. Flujo de Proceso

Los diagramas de flujo sirven para representar secuencias de pasos u operaciones tecnológicas o no necesarias para un proceso dado. Generalmente se usan para:

- Estudiar el diseño y la capacidad de una instalación con relación a la comodidad para los clientes o los trabajadores, (recorrido-hilos).
- Revisar la información requerida en cada paso y su procesamiento.
- Valorar la intensidad de trabajo prevista y real de los empleados.
- Determinar tiempos totales, perdidos, repeticiones, gaps de información, etc.

En los casos en que el servicio que se diseña es conocido resulta fácil “copiar” por simple observación lo que otros hacen e introducir mejoras o adaptaciones propias.

Hay casos de servicios que no tienen referencias propias y entonces es necesario validar alternativas de ejecución de cada paso aplicando métodos prospectivos, como pueden ser los árboles de decisiones o las cajas morfológicas. Pero este es un solo paso intermedio que tiene que llevar necesariamente a la elaboración de un diagrama de flujo.

La satisfacción del cliente requiere que la empresa desarrolle la capacidad de competir simultáneamente en: costos-calidad-flexibilidad-tiempo-servicios, lo que convierte a estos aspectos en exigencias de la gestión de procesos. La relevancia de cada una de estas exigencias depende del producto y del mercado en que se oferte pero todas estarán presentes siempre.

Un producto es un resultado de un sistema productivo o de

prestación de servicios. Puede ser un bien tangible, un servicio, o ambas cosas.

La selección de un proceso de prestación de servicios se efectúa considerando: las necesidades de capital, las condiciones de mercado, la disponibilidad de fuerza de trabajo, las habilidades gerenciales reales, la disponibilidad de materias primas y la tecnología.

Un servicio se produce y consume simultáneamente e involucra en mayor o menor medida al cliente que determina su eficiencia. En la medida en que el contacto con el cliente puede ser estandarizado o automatizado, aumenta la eficiencia del servicio. La incertidumbre que generan las posibles demandas diferenciadas de los clientes son el mayor reto al costo y la calidad del servicio.

Las matrices de clasificación de los servicios son el primer paso para un diseño adecuado a las expectativas organizacionales. Ellas permiten validar y combinar los elementos físicos y humanos disponibles y necesarios para un buen desempeño.

No es posible diseñar un buen servicio si no se representa en un diagrama de flujo. Con él es posible determinar estrategias de mejora y son una magnífica guía para la elaboración de normas y procedimientos. La familia de normas ISO 9000 son la pauta adecuada para estos fines.

# Capítulo II. Decisiones sobre Procesos y Productos

## 2.1. Decisiones de capacidad a largo plazo

Las decisiones sobre la capacidad a largo plazo son de importancia capital para la empresa, ellas se presentan en forma jerárquica en función del plazo que toma cada decisión. En la siguiente figura se muestra cómo se comportan estas decisiones según el alcance en el tiempo (estratégico, táctico y operativo).

Son decisiones estratégicas todas las que están referidas a inversiones. Se toman en el más alto nivel de jerarquía de la organización. Pueden ser:

- Las que crean nuevas capacidades o amplían/modifican la capacidad del equipamiento disponible.
- Las que crean nuevas competencias en las personas que las hacen producir, porque emanan de los planes de carreras de cada una de esas personas.
- Las relacionadas con los cambios tecnológicos que hará la empresa en función del entorno.

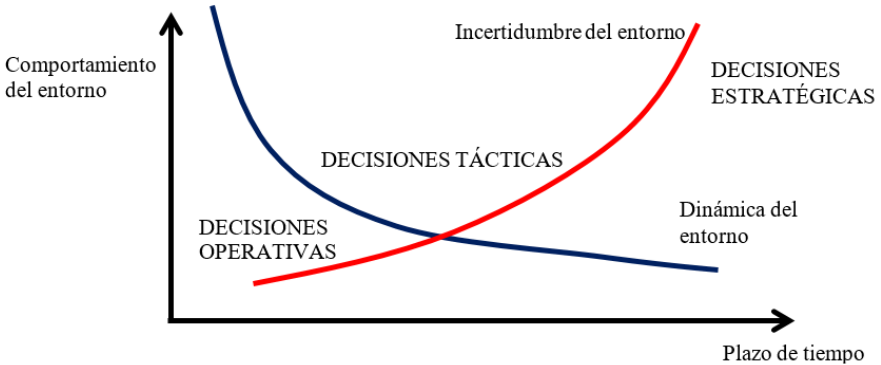


Figura 2.1. Decisiones relacionadas con la capacidad productiva en el tiempo.

Fuente: Elaborada por los autores.

- Los cambios en los sistemas logísticos que apoyan la explotación de las capacidades disponibles.
- Los cambios en los sistemas de gestión de la empresa.

Las decisiones tácticas son las que se toman para que rijan por intervalos cortos de tiempo. Estas decisiones se toman por los niveles intermedios, aunque puede haber situaciones que requieran la consulta de los más altos niveles jerárquicos. Casi nunca las acciones que parten de una decisión táctica se extienden por más de un año y están generalmente relacionadas con:

- Tamaños de lotes de producción.
- Estructura de los surtidos de productos.
- Regímenes de trabajo y descanso.
- Contrataciones de servicios por terceros.
- Adecuaciones de las jornadas laborales por actividades de mantenimiento.

Las decisiones operativas son las cotidianas. Se toman por los niveles medios y de línea de la organización y están relacionadas con la secuenciación y asignación de la carga de trabajo. Con las decisiones operativas no se cumple el principio de Pareto de los pocos vitales y los muchos triviales, porque si bien se toman muchas decisiones operativas cotidianamente, son de mucha importancia, porque están directamente relacionadas con la ejecución de los procesos misionales de la empresa.

### 2.1.1. Definición de capacidad productiva

Hay tantas definiciones de capacidad como autores escriben libros de Administración. De manera general puede definirse como la respuesta que un sistema productivo o de servicio es capaz de dar ante un estímulo del entorno. También se reconoce como la máxima cantidad de producto o servicio que una unidad productiva puede rendir en una determinada cantidad de tiempo. Se diferencia de la capacidad proyectada, teórica o de chapa que aparece generalmente descrita en los equipos

porque ya tiene la influencia de la ubicación específica del equipamiento.

Hay una especificidad en la definición de capacidad productiva ya se trate de procesos productivos o de servicios. Esta diferencia parte de la propia definición de capacidad con la que comenzamos este epígrafe, a saber: respuesta ante un estímulo del entorno.

Cuando se trata de un sistema productivo, la capacidad productiva se mide en volumen de salidas, es decir unidades en un período de tiempo dado, como pueden ser: toneladas por hora, revoluciones por minuto o kilowatts- hora.

Cuando se trata de un servicio, la capacidad productiva es siempre de entradas del sistema. En un restaurante se mide la capacidad por el número de mesas o puestos donde los clientes pueden recibir el servicio que se presta. En un hospital la capacidad es el número de camas. En un hotel será el número de habitaciones. La capacidad de los procesos de servicio siempre será en su posibilidad de asimilar clientes porque cada uno de ellos establece un ciclo de procesos diferente.

En todos los procesos es importante la determinación de su capacidad porque las decisiones que se toman alrededor de ella determinarán sobre el costo de producción directamente, de varias maneras diferentes:

- Una parte importante del costo fijo la constituye el equipamiento productivo o auxiliar a la producción.
- Una parte importante de los costos variables están determinados por el volumen de la capacidad instalada: los gastos de mantenimiento, los consumos energéticos, los gastos de materiales auxiliares o la cantidad de operarios directos o auxiliares.
- La utilización parcial de la capacidad productiva conduce a ineficiencias en el proceso que generan sobregastos.

El tamaño de la instalación y su capacidad productiva incide di-



rectamente sobre la eficiencia de los procesos. Cuando una instalación tiene excesiva capacidad con relación a su demanda productiva, se generan sobregastos por no utilización pues de todas maneras hay que invertir en mantenimientos, consumos energéticos o gastos de salario. Si por el contrario, la capacidad es demasiado pequeña para dar respuesta a la demanda, se pierden clientes por no tener respuesta para ellos.

Generalmente, los estímulos del entorno se manifiestan como demandas y, según las posibilidades del sistema empresarial, se satisfacen o no. Esta satisfacción del cliente depende del nivel de expectativas que el entorno socio-tecnológico vigente imponga, por lo que planear la capacidad de un sistema es la garantía futura de su sobrevivencia en un ámbito competitivo.

La planeación de la capacidad es la adecuación entre capacidad disponible y necesaria y se lleva a cabo tanto a corto, mediano como largo plazo. Como la capacidad necesaria a largo plazo se determina a partir de los pronósticos de la demanda, la planeación se dedica a definir que:

- Si la demanda  $>$  capacidad disponible-será necesaria una expansión.
- Si la demanda  $<$  capacidad disponible-será necesaria una contracción.

Las consecuencias de una estrategia de contracción es el cierre de plantas y el despido de personal y las soluciones inmediatas a que se acude es la sustitución de productos, las reconversiones tecnológicas y la conservación de instalaciones que lo ameriten.

Las estrategias de expansión se caracterizan por llevar previamente una comprobación de que las capacidades disponibles se están usando adecuadamente, de manera que sea posible determinar si en realidad hay necesidades de inversión.

### 2.1.2. Factores que influyen sobre la capacidad productiva

Como son las instalaciones para los procesos productivos los más importantes componentes de las capacidades productivas, su utili-



zación eficiente es muy importante. Si el proceso está necesitado de una expansión, las instalaciones trabajarán con sobrecarga y esto atenta contra la calidad de los resultados, y por extensión, contra la eficiencia de los procesos. Pero esta eficiencia también será afectada si el proceso trabaja con necesidades de contracción.

Hay un conjunto de factores relacionados con el aprovechamiento de las capacidades:

#### 1. Diversidad de surtidos

Mientras mayor sea la cantidad de productos que se obtienen en un mismo sistema productivo o de servicios, mayores serán las posibilidades de que se desaprovechen capacidades. Esto motiva la estandarización de procesos y partes.

#### 2. Complejidad en el diseño del producto

Cuando el diseño de un producto es complejo, también lo es en mayor o menor medida el proceso. Esta es la causa de las reingenierías de productos-procesos que se ocupa de los sistemas de diseño para montaje.

#### 3. Calidad exigida en Proceso-Producto

La calidad-vista como conjunto de características que garantizan la satisfacción de las expectativas de los clientes-influye fuertemente en el aprovechamiento de las capacidades. En la medida en que los estándares de calidad sean más altos, pueden ocurrir alargamientos del ciclo de procesos que influyen en el desaprovechamiento de las capacidades.

#### 4. Localización de las instalaciones

La localización de las instalaciones influye en el aprovechamiento de las capacidades. La distancia existente entre una empresa y sus fuentes de materias primas, materiales y de fuerza de trabajo es directamente proporcional al costo de transportación y a la duración de los ciclos de proceso. De la misma manera, la distancia entre la empresa productora y el mercado al que surte también incide en el precio final de los productos, y con ello, en sus indicadores de eficacia. Distribución en planta.



## 5. Aspectos relacionados con el ambiente de trabajo

El hombre es el elemento activo y creador en los procesos productivos. Son las capacidades humanas las que propician la agregación de valor y determinan el éxito o fracaso de cualquier empresa. La motivación por el trabajo, la satisfacción que sientan en el entorno laboral en que se desempeñan, los factores de seguridad y salud laboral, las posibilidades de desarrollo de sus competencias laborales y la remuneración y reconocimiento son factores que tienen una influencia determinante en el aprovechamiento de las capacidades productivas.

## 6. Aspectos organizativos

Desde los tiempos de Taylor la organización de los procesos ha sido objeto de interés para la administración de operaciones por su significativa influencia en los resultados finales. La política de mantenimiento que se adopte, la forma en que se gestionen las operaciones –tanto en orden y flujo, como en volumen y frecuencia- o la manera en que se gestionen los inventarios, incidirá directamente en el aprovechamiento de las capacidades.

## 7. Causas externas

Hay por último, un conjunto de causas externas a la organización que inciden en el aprovechamiento de las capacidades productivas. Son factores regulatorios como los estándares de producción, regulaciones sobre seguridad y salud laboral o políticas de mercado. Pueden ser también factores climáticos, sociales o políticos. Ante estos factores la organización tiene poco que hacer que no sea adaptar sus regímenes laborales a ellos.

## 2.2. Medición de la capacidad productiva

Para poder comprender la relación entre la utilización de la capacidad productiva y el comportamiento de los costos, habrá que comenzar midiendo su aprovechamiento.

El aprovechamiento de las capacidades productivas es un indicador de eficiencia de los procesos de la empresa. La eficiencia es la relación que existe entre las salidas y las entradas de un sistema productivo. En la Figura 1.9 del capítulo anterior expli-

cábamos al proceso como un sistema con entradas y salidas, remitiéndonos a la familia de normas ISO 9000. Decíamos que el proceso se caracteriza por tener entradas o inputs, que son fundamentalmente de orden informativo y material, que con la interrelación de los diferentes elementos del sistema (hombres, equipamiento y materiales) se van obteniendo diversos productos o servicios que son cualitativa y cuantitativamente diferentes a dichas entradas y que -dada la característica del trabajo humano, de agregar valor a los bienes que transforma- ocurre simultáneamente una agregación de valor.

En la medida en que la cualidad de las salidas del sistema productivo supere a la de las entradas a dicho sistema, la eficiencia será mayor.

Si habíamos dicho que la capacidad productiva es la posibilidad del proceso de dar respuesta a las demandas que se le presentan, y que esta posibilidad depende de los elementos que componen al propio sistema; entonces, la capacidad productiva dependerá de tres elementos, a saber: el equipamiento, los hombres y los materiales.

Ya vimos en el epígrafe anterior la variedad de factores que influyen sobre las capacidades productivas que se resumen durante el proceso en esos tres, para conformar lo que se llama el perfil de la capacidad, como se muestra en la siguiente figura.

### 2.2.1. Medición de la capacidad de procesos de servicio

Para medir el aprovechamiento de las capacidades en los procesos de servicio, donde la capacidad depende directamente de las posibilidades del proceso, el cálculo es un tanto más complicado. El factor homogeneizador de este cálculo es el tiempo disponible para la prestación de servicio por lo que se hace necesario definir un intervalo temporal.

El alcance máximo de capacidad en un intervalo de tiempo dado, al que llamaremos Fondo Calendario, sería el tiempo total que todas las estaciones o puestos dispondrían para prestar el servicio.

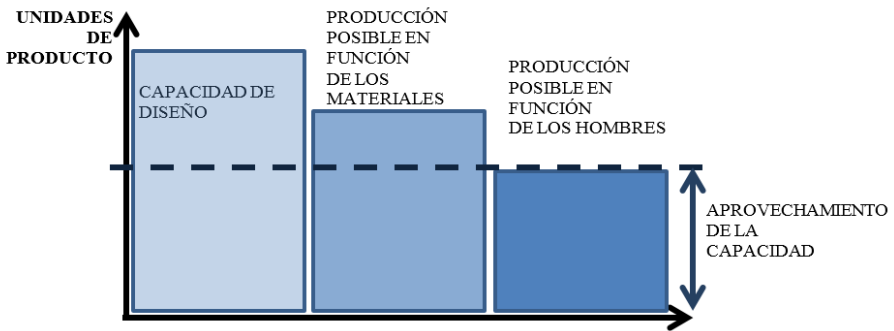


Figura 2.2. Perfil de capacidad según los elementos fundamentales del proceso productivo.

Fuente: Elaborada por los autores.

Para un año sería:

$$FTC = DA * HD * PT$$

Donde,

FTC - fondo de tiempo calendario (en h-maq u h-H)

DA-días del año (365 d)

HD - horas del día (24 h)

PT-cantidad de puestos de trabajo o de operarios (maq o H)

Pero la prestación de servicios solo excepcionalmente se hace durante todo el tiempo, sino que está influida por un régimen de trabajo propio de cada tipo de servicio. A este fondo se le llama Fondo de Régimen de Trabajo y se calcula como:

$$FRTT = DT * HT * PT$$

Donde,

FRTT-fondo de régimen de tiempo de trabajo (h-maq u h-H)

DT-días de trabajo (d)

HT-horas de trabajo (h)

PT-cantidad de puestos de trabajo o de operarios (maq u H)

El fondo de régimen de trabajo para un año estaría dado por la cantidad real de días que se labora multiplicada por las horas que se trabaja al día y la cantidad de puestos de trabajo disponibles para atender a un cliente.

Es importante puntualizar en que la capacidad productiva para la prestación de servicios se mide por la cantidad de clientes que pueden ser atendidos a la vez. En un restaurant se cuentan los pedidos, no el número de personas que vienen en un mismo grupo a los efectos de la factura que se está emitiendo por el servicio y habrá tanta capacidad como personas puedan ser atendidas a la misma vez.

El fondo de régimen de trabajo para un año se calcularía entonces como:

$$FRT = DL * TS * NPT$$

Donde,

FRT-fondo de régimen de trabajo

DL-días laborables

TS-tiempo de servicio

NPT-cantidad de estaciones o puestos de servicio

Hay todavía actividades que inciden sobre la capacidad productiva como son las actividades de mantenimiento o servicios de terceros que pueden influir sobre el régimen de trabajo y provocan que, aunque los trabajadores estén en sus áreas de trabajo, no haya disponibilidad del servicio. A esto se le llama Régimen Tecnológico, porque depende de la tecnología que se aplique en cada lugar. La diferencia entre el Fondo de Régimen



de Trabajo y el Régimen Tecnológico conforman el Fondo de Tiempo Productivo Disponible.

Hay casos en que las paradas afectan a todas las estaciones de trabajo a la vez. En esos casos el Fondo de Tiempo Productivo Disponible dependerá de las características del servicio tecnológico.

Cuando el servicio tecnológico correspondiente tome días, el fondo de tiempo productivo disponible se calcula como:

$$\text{FTPD} = (\text{DL}-\text{DST}) * \text{TS} * \text{NPTA}$$

Donde,

FTDP-fondo de tiempo productivo disponible

DL-días laborables

DST-días de servicio tecnológico

TS-tiempo de servicio

NPTA-cantidad promedio de estaciones o puestos de servicio disponibles

Cuando el servicio tecnológico ocupa una determinada cantidad de horas, el fondo de tiempo productivo disponible se calcula como:

$$\text{FTPD} = \text{DL} * (\text{TS}-\text{TST}) * \text{NPT}$$

Donde,

FTDP-fondo de tiempo productivo disponible

DL-días laborables

DST-días de servicio tecnológico

TS-tiempo de servicio

TST-tiempo de servicio tecnológico

NPT-cantidad de estaciones o puestos de servicio

Hay otros casos en que se detienen estaciones para recibir el servicio tecnológico correspondiente (mantenimiento, inspección u otra) mientras que el resto de las estaciones se mantiene disponible para prestar el servicio. En esos casos el fondo de tiempo de trabajo productivo disponible se calcula como:

$$FTPD = DL * TS * NPTA$$

Donde,

FTDP-fondo de tiempo productivo disponible

DL-días laborables

TS-tiempo de servicio

NPTA-cantidad promedio de estaciones o puestos de servicio disponibles

Representar los fondos de tiempo en un plano cartesiano nos facilita la comprensión de su impacto en el perfil de la capacidad productiva disponible, lo cual mostramos en la siguiente figura.

Supongamos que determinamos la capacidad en horas disponibles para la prestación del servicio bancario de caja durante un año. En la instalación hay 5 puestos para prestar el servicio de caja.

Quiere decir que el fondo de tiempo calendario para el servicio bancario en un año en horas sería,

$$FC = 365 \text{ d} * 24 \text{ h} = \underline{8.760 \text{ h/a}}$$

Considerando que hay 5 puestos de cajero serían:

$$FC = 8.760 \text{ h/a} * 5 \text{ H} = \underline{43.800 \text{ h-H/año}}$$

Los puestos de trabajo, con independencia de la cantidad de trabajadores que lo conformen, se denotan con la letra H. la uni-

dad de medida de la capacidad productiva en los servicios se mide en horas-Hombre (h-H)

Ahora bien, no todos los días del año, ni todas las horas del día está abierto el banco para prestar servicios. Supongamos que el banco abre de las 8:00 a las 19:00 h (11 h/d) de lunes a viernes por las 52 semanas que tiene el año y no trabaja los días feriados (15 días feriados/año).

El fondo de régimen de trabajo sería entonces:

$$FRT = [(52 \text{ sem/a} * 5 \text{ d/sem}) - 15 \text{ d}] * 11 \text{ h/d} * 5 \text{ H}$$

$$FRT = 2.695 \text{ h-H/a}$$

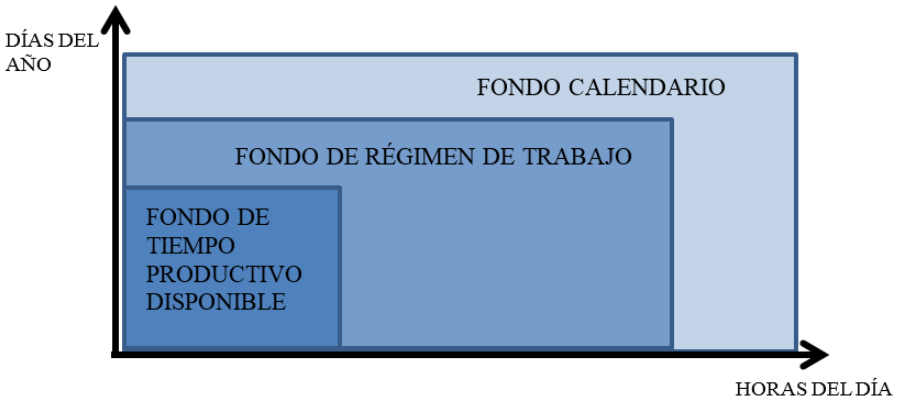


Figura 2.3. Representación de la capacidad productiva en el plano.

Fuente: Elaborada por los autores.

En el banco se aplica un sistema de supervisión y control de auditorías sorpresivas a la actividad de los cajeros que toma 1 hora del tiempo de disponibilidad del servicio diaria por cajero. En ese caso el fondo de tiempo productivo disponible será:

$$FTPD = DL * (TS - TST) * NPT$$

$$FTPD = 245 \text{ d/a} * (11 \text{ h/d} - 1 \text{ h/d}) * 5 \text{ H}$$

$$FTDP = 2.450 \text{ h-H/a}$$



Un perfil de capacidad del banco se muestra en la siguiente figura.

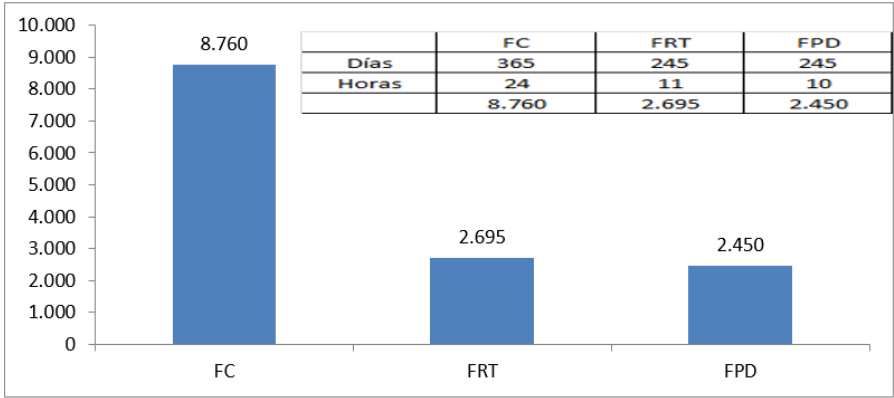


Figura 2.4. Impacto en el perfil de la capacidad del régimen laboral y tecnológico para un servicio de una estación de trabajo.

Fuente: Elaborada por los autores.

### 2.3. Decisiones con la capacidad productiva en función del costo

El aprovechamiento de la capacidad productiva tiene estrecha vinculación con los costos. En la siguiente tabla se muestra el comportamiento del costo unitario de un producto en función de la utilización de una capacidad productiva de 700.000 unidades al mes.

Podemos observar como en la misma medida en que la utilización de la capacidad productiva desciende, crece el costo unitario, lo cual resulta más evidente cuando llevamos estos resultados a una gráfica.

#### 2.3.1. Economías de escala

Cuando los niveles de producción son cercanos a la capacidad productiva el costo unitario tiende a ser mínimo. Tampoco es muy recomendable acercarse excesivamente los volúmenes de producción a la capacidad, pues aumenta la sobrecarga en los talleres, y con ello las congestiones de proceso, los errores, los gastos de salario por pago de horas extra, entre otros.

Tabla 2.1. Comportamiento del costo unitario en función de la utilización de la capacidad productiva.

CP (u/a)	Costo fijo (\$USD)	C. V. U (\$USD)	Producción (u/a)	Costo total (\$USD)	Utilización de la capacidad	CU (\$USD)
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	700.000	\$ 3.152.000,00	1,00	\$ 4,50
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	650.000	\$ 2.999.500,00	0,93	\$ 4,61
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	600.000	\$ 2.847.000,00	0,86	\$ 4,75
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	550.000	\$ 2.694.500,00	0,79	\$ 4,90
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	500.000	\$ 2.542.000,00	0,71	\$ 5,08
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	450.000	\$ 2.389.500,00	0,64	\$ 5,31
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	400.000	\$ 2.237.000,00	0,57	\$ 5,59
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	350.000	\$ 2.084.500,00	0,50	\$ 5,96
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	300.000	\$ 1.932.000,00	0,43	\$ 6,44
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	250.000	\$ 1.779.500,00	0,36	\$ 7,12
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	200.000	\$ 1.627.000,00	0,29	\$ 8,14
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	150.000	\$ 1.474.500,00	0,21	\$ 9,83
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	100.000	\$ 1.322.000,00	0,14	\$ 13,22
700.000	\$ 1.017.000,00	\$ 3,05	50.000	\$ 1.169.500,00	0,07	\$ 23,39

Fuente: Elaborada por los autores.

Cuando la empresa estabiliza su producción al nivel de la capacidad disponible, entonces hay que ampliar la capacidad para cubrir la demanda.

En estos casos el proceso estará urgido de aumentar su capacidad para cubrir la demanda. Entonces planifica el crecimiento siguiendo el principio de las economías de escala, que se obtienen a causa del aumento más lento o el mantenimiento de los costos fijos con relación a un aumento de los volúmenes de producción. Generalmente, los volúmenes de producción aumentan a mayor

velocidad que los costos fijos, provocando una disminución de los costos unitarios y, con ello, beneficios para la empresa.

Quiere decir que mientras que en la función de producción el aumento de las entradas, el aumento de las salidas debe ser mayor. Cuando ambos aumentos son porcentualmente comparables se denominan economías de escala constantes y si los porcentajes de aumento de las salidas son mayores a los de las entradas, se les denomina economías de escala crecientes.

Generalmente, las economías de escala se expresan en términos de costo y se obtienen a través de las expansiones de capacidad productiva siempre que el mercado las justifique, pero atentan fuertemente contra la agilidad y la flexibilidad de las organizaciones. Como están referidas a la capacidad productiva, y ésta a las inversiones, tienen una acción en el largo plazo; por lo que las decisiones que las propician son estratégicas.

Son fuentes de economías de escala:

- La gestión de los inventarios, como la compra a gran escala de materiales cuando se tienen contratos a largo plazo con los clientes, siempre que los costos de adquisición y los gastos de mantenimiento del inventario no entren en conflicto con los ahorros obtenidos.
- Los sistemas de gestión logística-incluyendo el marketing y algunos servicios tecnológicos generales- cuando la tercerización de estas actividades, con gestores especializados en el ramo, reporta ahorros con relación a sus costos de ejecución por la organización.
- La gestión del capital de trabajo, cuando se logran alianzas estratégicas con los financistas que propician el decremento de las tasas de interés crediticio.

Cada día el concepto de la economía de escala se aplica más en el comercio internacional y menos en la gestión empresarial, porque la capacidad de respuesta rápida reporta más ventajas en el corto plazo, que las economías de costos en el largo.



Cada proceso, según sus características, tiene un punto óptimo de explotación. Cuando este punto está por debajo de la demanda y se continúa ampliando la capacidad del proceso, se comienza a producir con deseconomías de escala. En estos casos es más recomendable invertir en una nueva planta que ampliar la ya existente. En la figura se manifiesta una relación inversamente proporcional entre la utilización de una capacidad productiva constante y el costo unitario según se muestra en el siguiente gráfico.

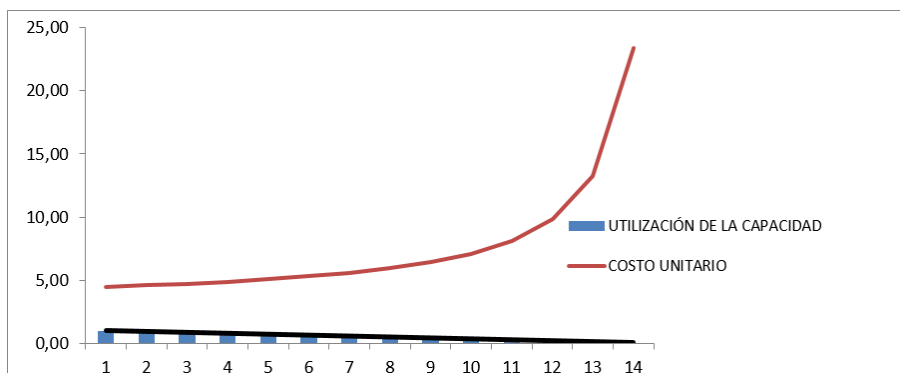


Figura 2.5. Relación entre la utilización de la capacidad productiva y el costo unitario.

Fuente: Elaborada por los autores.

### 2.3.2. Decisiones sobre ampliación de capacidades

Cuando las organizaciones se aseguran de que existe un mercado para sus productos o servicios a largo plazo pueden tomar decisiones de inversión de ampliación de capacidad. Pueden hacerse ampliaciones grandes de una sola vez o graduales en varias etapas. Estas decisiones están determinadas por varios factores como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.2. Decisiones de ampliación de capacidades.

FACTOR	Incremento Único	Incremento Gradual
Probabilidad de disminución de las ventas		X
Posibilidad de aplicar economías de escala	X	
Posibles interrupciones		X
Altos costos fijos	X	
Procesos flexibles		X
Posibles cambios de demanda		X
Baja eficiencia de procesos		X
Tecnología cambiante		X

Fuente: Elaborada por los autores, de acuerdo con Domínguez Machuca (1995).

Como puede observarse, solamente cuando la economía de escala prepondera sobre el resto de los criterios es más factible hacer aumentos con saltos significativos y no graduales. No debe perderse de vista el criterio de que una empresa es un sistema: cuando su tamaño es muy grande puede perderse el enfoque y caerse en el caos dejando de cumplirse el principio taylorista del alcance de la dirección.

Hay otra interrogante de importancia a responder en casos de este tipo de decisiones y está referida al nivel del crecimiento lo que llevaría a tres direccionamientos estratégicos diferentes:

- expansionista,
- conservadora e,
- intermedia.

En la estrategia expansionista la demanda se mantiene por debajo de la capacidad dejando con ello un “colchón de capacidad” que amortiguaría todas las posibles alzas de demanda que pudieran ocurrir.

Se acude a ella cuando la demanda es variable, se trata de ganar cuota en el mercado y costaría mucho no satisfacer una demanda imprevista. Puede usarse también cuando ocurren cambios frecuentes en la mezcla de productos, cuesta poco mantener capacidades ociosas y se esperan altos beneficios por la introducción de nuevos productos.

La estrategia conservadora es propia de ramas donde la inversión inicial es significativa. En ella la demanda se mantiene ligeramente por encima de los aumentos graduales de la capacidad.

Las estrategias conservadoras son propias de las instalaciones con altos costos fijos, pronósticos de demanda poco fiables y alto riesgo de obsolescencia tecnológica.

Esta situación lleva a hacer muy recomendable la estrategia intermedia. En ella la demanda y los saltos paulatinos en la capacidad unas veces son mayores o menores.

Con la estrategia intermedia se hace factible la aplicación de la llamada “Ley de las Economías de Alcance” que se obtienen al aumentar la variedad de productos en una gran planta flexible en lugar de pocos productos en varias plantas menos flexibles y más pequeñas.

Las economías de alcance son similares a las de escala pero referidas a la relación entre el comportamiento del costo y el surtido de productos. Quiere decir que los procesos serán eficientes, cuando se produzca una gran diversidad de productos con el uso común y recurrente del know-how o de un activo físico ya disponible. Las economías de alcance son características de las empresas que producen series de productos (conservas, cosmética, perfumería, materiales de la construcción, industria de electrodomésticos...).

Las economías de alcance extienden su efecto hasta los procesos de apoyo como la manipulación, el almacenaje, el envase, embalaje, distribución, transporte y ventas.

En el transporte, por ejemplo, el costo de un viaje se distribuye sobre una base de ingresos mayor, por lo que mejora la eficiencia. También puede haber sinergia entre productos contribuyendo aún más a la eficiencia de la empresa.

## 2.4. Predicciones estratégicas de capacidad productiva

Para predecir cómo deberá ser la capacidad de un sistema productivo a largo plazo habría que seguir los siguientes pasos:

1. Medir la capacidad productiva disponible en el proceso.
2. Determinar hasta cuánto hay que aumentar la capacidad en función del comportamiento tendencial de la demanda.
3. Evaluar cada alternativa posible para seleccionar y argumentar una.
4. Implantar el resultado y darle seguimiento.

Estudiaremos los pasos 1 al 3 detalladamente pues el paso 4 corresponde a cada empresa en su práctica cotidiana.

### **Paso No. 1.** Medición de la capacidad del proceso

El elemento homogeneizador de la capacidad es el tiempo expresado en horas-hombre, aunque para procesos masivos puede usarse la medida convencional de unidades por unidad de tiempo, cualesquiera que estas sean.

Al decidir el comportamiento de la capacidad en el tiempo hay que considerar que esta no se mantendrá estable.

Por una parte, el efecto de aprendizaje hará aumentar su aprovechamiento hasta estabilizarlo a un nivel dado; por otra parte, el desgaste físico la hará disminuir en el tiempo hasta hacer irrentable su utilización, siempre que no ocurran cambios tecnológicos notables en el mercado que hagan irrentable la explotación del equipamiento disponible. Estos dos fenómenos contrapuestos provocan que sea posible determinar cuántas unidades es posible obtener de una instalación en un proceso a costos ventajosos.



La capacidad a largo plazo de un proceso será la suma de todas las unidades a producir durante toda la vida útil económica, en función de los gastos incurridos para producirlas. Algunos autores la denominan reserva de capacidad productiva potencial (Alford, 1953).

**Paso No. 2.** Determinación de las necesidades de capacidad en función del comportamiento tendencial de la demanda

La base para la determinación de las capacidades a largo plazo será la previsión tendencial de demanda. Con el aumento de la incertidumbre de los mercados, estas previsiones se hacen cada día más riesgosas.

Habría que responder preguntas como:

- ¿Podrá I & D desarrollar otros productos a obtener con las mismas instalaciones si desaparece la demanda de las actuales?
- ¿El desgaste físico crecerá a la misma velocidad que el moral?
- ¿La competencia seguirá actuando de la misma manera que hasta ahora?
- ¿Surgirán nuevos productos sustitutivos?

En función a la respuesta de estas preguntas surgirán las alternativas estratégicas de expansión o contracción de la capacidad.

**Paso No. 3.** Evaluación, selección y argumento de alternativas para la adecuación de la capacidad a largo plazo

Hay varias técnicas que permiten evaluar alternativas de capacidad a largo plazo. Nos detendremos en tres: 1) El valor del capital en el tiempo; 2) El punto de equilibrio; 3) Las técnicas multicriteriales.

#### 2.4.1. El valor del capital en el tiempo para evaluar y seleccionar alternativas de capacidad productiva

Esta técnica se usa cuando los criterios de financiamiento de la inversión preponderan sobre otros, ya bien por altos costos



de inversión inicial –que exigirían un financiamiento externo importante-, por altos costos de explotación –que pudieran influir en los flujos de caja- o por alto riesgo de obsolescencia tecnológica –que pudieran motivar una liquidación prematura de las instalaciones-.

El valor del capital en el tiempo permite conocer la ganancia total neta de la inversión, durante un determinado período de tiempo. Generalmente, se hace para dos periodos de tiempo:

- \_ El plazo de la vida útil económica (considerando los aspectos antes detallados).
- \_ El plazo de pago de los créditos obtenidos para financiar la inversión.

El valor del capital en el tiempo se calcula como:

$$VC = \left[ \frac{\sum_{i=1}^n CF_i}{(1+i)^n} \right] + \frac{V_r}{(1+i)^n}$$

Donde,

VC-valor del capital

$CF_i$ -flujo neto de caja en el año  $i$

$i$ -tasa de interés en el tiempo (puede ser el del crédito o el coeficiente de rendimiento del sector)

$n$ -número de años de análisis

$V_r$ -valor residual de la instalación en el año  $n$

Asimismo pueden usarse otras técnicas financieras de evaluación como:

- Tasa interna de retorno (TIR).
- Valor actualizado neto (VAN).



- Período de recuperación (Pr).

Un buen libro de Finanzas incluye múltiples ejemplos de cálculo.

### 2.4.2. Punto de equilibrio para evaluar y seleccionar alternativas de capacidad productiva

La utilidad del punto de equilibrio se manifiesta, bien cuando la vida útil económica del equipamiento tecnológico del proceso que se estudia es relativamente corta, el ambiente socioeconómico en el que se emplaza es relativamente estable, y se trata de un sector en que la velocidad del cambio tecnológico es relativamente baja. Esta técnica es muy conocida.

Se llama punto de equilibrio a la intersección de las curvas de producción y ganancia, que significa el volumen a partir del cual la producción se hace rentable. Representado matemáticamente sería:

$$VP = \frac{CFT}{(PU - CVU)}$$

Donde,

VP-volumen de producción física (u)

PU-precio unitario (\$/u)

CVU-costo variable unitario (\$/u)

Para comprender cómo utilizar el punto de equilibrio para tomar decisiones estratégicas de capacidad productiva, utilizaremos el ejemplo de una empresa que quiere instalarse en el mercado y debe decidirse por una de tres alternativas posibles.

- Calculando el punto de equilibrio

Volumen de Producción para la capacidad de 9.000 unidades al año

$$VP_G = \frac{\$ 3.600.000,00}{(4.000,00 \frac{\$}{u} - 3.000,00 \frac{\$}{u})} = \underline{\underline{3.600 u}}$$

Volumen de Producción para la capacidad de 7.000 unidades al año

$$VP_M = \frac{\$2.400.000,00}{(4.000,00 \frac{\$}{u} - 3.150,00 \frac{\$}{u})} = \underline{\underline{2.824 u}}$$

Volumen de Producción para la capacidad de 3.000 unidades al año

$$VP_P = \frac{\$ 1.480.000,00}{(4.000,00 \frac{\$}{u} - 2.950,00 \frac{\$}{u})} = \underline{\underline{1.410 u}}$$

De estos cálculos de volúmenes de producción pueden obtenerse conclusiones que nos permitan elegir una u otra variante de capacidad productiva, según se comporte la demanda. Para ello utilizaremos preguntas:

- ¿Cuál será el valor más pequeño de la demanda que nos permita obtener beneficios?

Si el punto de equilibrio es el volumen mínimo de producción que nos permita obtener beneficios, puede concluirse que producir menos de 1.410 unidades es irrentable.

Quedaría por decidir todavía, pues la demanda tiene alta probabilidad de quedar incluida en cualquiera de los intervalos. La solución a esta disyuntiva puede encontrarse aplicando las probabilidades según la tabla que se muestra a continuación.

- ¿Cuál es la capacidad que más beneficios potenciales reportaría?

Para ello podríamos calcular los índices de aprovechamiento potencial de la capacidad, a partir de la siguiente formulación:

$$AP_i = \frac{PE}{CD}$$

Donde,

AP-índice de aprovechamiento potencial de capacidad

i-cantidad de alternativas (i = 1; n)

PE-volumen de producción en el punto de equilibrio (u)

CD-capacidad de diseño de la instalación (u)

Tabla 2.3. Ejemplo de selección de capacidad productiva con el punto de equilibrio.

Alternativa	Capacidad (u/a)	Costo Fijo Total	Costo Variable Unitario	Precio Unitario
Grande (G)	9.000	\$ 3.600.000,00	\$ 3.000,00	\$ 4.000,00
Mediana (M)	7.000	\$ 2.400.000,00	\$ 3.150,00	\$ 4.000,00
Pequeña (P)	3.000	\$ 1.480.000,00	\$ 2.950,00	\$ 4.000,00

Fuente: Elaborada por los autores.

El beneficio esperado absoluto sería el ingreso potencial que se reportaría a partir de la primera unidad producida por encima del punto de equilibrio, hasta la capacidad productiva de cada alternativa menos el costo, como se muestra:

$$BEA_i = [(VP_i - PE_i) * PVU] - \{CF_i + [CVU_i * (VP_i - PE_i)]\}$$

Donde,

VP<sub>j</sub>-volumen de producción según la demanda en el año j (u)

$j = (1; m)$ -años por los que se extiende el análisis

$PE_i$ -capacidad productiva en el punto de equilibrio (u/a)

PVU-precio de venta unitario (\$/u)

$CF_i$ -costos fijos totales de la alternativa de capacidad  $i$  (\$)

$i = (1; n)$ -alternativas de capacidad productiva a evaluar

$CVU_i$ -costos variables unitarios de la alternativa  $i$  (\$/u)

$i = (1; n)$ -alternativas de capacidad productiva a evaluar

En nuestro caso sería,

- Para la instalación de 9.000 u/a de capacidad productiva:  
Aprovechamiento potencial de la capacidad

$$AP_{9.000 \text{ u/a}} = \frac{3.600}{9.000} = \underline{\underline{0,4}}$$

Beneficios potenciales absolutos

$$\begin{aligned} BEA_{9.000 \text{ u/a}} &= \left[ \left( 9.000 \frac{u}{a} - 3.600 \frac{u}{a} \right) * 4.000,00 \$/u \right] \\ &\quad - \left\{ \$ 3.600.000,00 + \left[ 3.000,00 \$/u * \left( 9.000 \frac{u}{a} - 3.600 \frac{u}{a} \right) \right] \right\} \\ &= \$21.600.000,00 - (\$3.600.000,00 + \$16.200.000,00) \\ &= \$21.600.000,00 - \$19.800.000,00 \\ &= \$1.800.000,00 \end{aligned}$$

- Para la instalación de 7.000 u/a de capacidad productiva:  
Aprovechamiento potencial de la capacidad

$$AP_{7.000 \text{ u/a}} = \frac{2824}{7.000} = \underline{\underline{0,41}}$$

$$\begin{aligned}
 BEA_{7,000 \text{ u/a}} &= \left[ \left( 7.000 \frac{u}{a} - 2.824 \frac{u}{a} \right) * 4.000,00 \text{ \$/u} \right] \\
 &\quad - \left\{ \$ 2.400.000,00 + \left[ 3.150,00 \text{ \$/u} * \left( 7.000 \frac{u}{a} - 2.824 \frac{u}{a} \right) \right] \right\} \\
 &= \$16.704.000,00 - (\$2.400.000,00 + \$13.154.400,00) \\
 &= \$16.704.000,00 - \$15.554.400,00 \\
 &= \$1.149.600,00
 \end{aligned}$$

□ □ □ □ □

- Para la instalación de 3.000 u/a de capacidad productiva:  
Aprovechamiento potencial de la capacidad

$$\begin{aligned}
 AP_{3,000 \text{ u/a}} &= \frac{1.410}{3.000} = \underline{0,47} \\
 BEA_{7,000 \text{ u/a}} &= \left[ \left( 3.000 \frac{u}{a} - 1.410 \frac{u}{a} \right) * 4.000,00 \text{ \$/u} \right] \\
 &\quad - \left\{ \$ 1.480.000,00 + \left[ 2.950,00 \text{ \$/u} * \left( 3.000 \frac{u}{a} - 1.410 \frac{u}{a} \right) \right] \right\} \\
 &= \$6.360.000,00 - (\$1.480.000,00 + \$4.156.500,00) \\
 &= \$6.360.000,00 - \$4.156.500,00 \\
 &= \$2.203.500,00
 \end{aligned}$$

Lo que indicaría que la instalación de 3.000 u/a sería la más rentable siempre que a lo largo de toda la vida útil de la instalación elegida se mantuvieran pedidos a la empresa que fueran superiores al valor del punto de equilibrio y menores que la capacidad productiva de 3.000 u/a de esta instalación.

Por esta razón ya habíamos dicho que el punto de equilibrio es una herramienta útil cuando la empresa que se analice se desempeñe en un entorno de mercado muy estable. Pero este entorno ya es prácticamente ideal. Por eso hemos denominado este cálculo como de beneficios potenciales absolutos, porque no considera el comportamiento de la demanda.

Las demandas oscilan en dependencia de muchos actores, como veremos más adelante en este libro y es un factor determinante del éxito empresarial, así que no puede dejar de tomarse en consideración. Entonces,

- ¿Qué alternativa elegir asumiendo demandas que oscilan entre 1.400 y 8.700 u/a, con una media de 5.270 u/a y una desviación típica de 2.416 u/a?

Para ello tendríamos que calcular los beneficios esperados relativos que reportarían presuntamente instalaciones con las capacidades en estudio, según una distribución de probabilidades de ocurrencia dada. La formulación para ello, sería:

$$BE_{ij} = (PVU * VP) - [CF_i + (CVU_i * VP)]$$

Donde,

$BE_{ij}$ -beneficio esperado de la alternativa de capacidad  $i$  en el año  $j$  (\$)

$i = (1; n)$ -alternativas de capacidad productiva a evaluar

$j = (1; m)$ -años por los que se extiende el análisis

PVU-precio de venta unitario (\$/u)

$VP_j$ -volumen de producción según la demanda según la demanda en el año  $j$  (u)

$j = (1; m)$ -años por los que se extiende el análisis

$CF_i$ -costos fijos totales de la alternativa de capacidad  $i$  (\$)

$i = (1; n)$ -alternativas de capacidad productiva a evaluar

$CVU_i$ -costos variables unitarios de la alternativa  $i$  (\$/u)

$i = (1; n)$ -alternativas de capacidad productiva a evaluar

Como la demanda a la instalación sigue una distribución probabilística dada, el beneficio total de cada alternativa sería:

$$BT_i = \sum_{j=1}^m BE_{ij} * P_j$$



Donde,

$BT_i$ -beneficio total de la alternativa  $i$

$i = (1; n)$ -alternativas de capacidad productiva a evaluar

$BE_{ij}$ -beneficio esperado de la alternativa de capacidad  $i$  en el año  $j$  (\$)

$i = (1; n)$ -alternativas de capacidad productiva a evaluar

$j = (1; m)$ -años por los que se extiende el análisis

$P_j$ -probabilidad de ocurrencia de la demanda en el año  $j$

$j = (1; m)$ -años por los que se extiende el análisis

Los cálculos se muestran en la siguiente tabla. Observe las dos primeras columnas. En ellas aparecen estimados de demanda anuales ( $VP_j$ ) con un determinado valor de probabilidad de ocurrencia. Fíjese en los valores con probabilidades de 0,25, ambos exceden la capacidad productiva de 3.000 u/a que hasta el momento hemos considerado la más adecuada.

Pero los cálculos son mucho más elocuentes.

Obsérvese que hay espacios vacíos en las capacidades de 5.000 y 3.000 u/a debido a que hay valores de demanda que dichas instalaciones no podrían cubrir.

Como los valores de probabilidades de las demandas más altas -que superan la capacidad productiva de la instalación que produce 7.000 u/a- son muy bajos (hay una probabilidad de 10% de que se generen demandas superiores a 7.300 u/a y de 5% de que estas demandas sean de 8.700 u/a) sin embargo, las pérdidas por bajo aprovechamiento de las capacidades, para demandas muy bajas son mucho más significativas en la alternativa de 9.000 u/a que en la de 7.000 u/a. (\$230.000,00 para la de 9.000 u/a y \$63.500,00 para la de 7.000 u/a).

Por otra parte, los beneficios que se obtienen con la instalación de 7.000 u/a de capacidad en los valores de demanda más probables -de 4.200 a 5.600 u/a- son significativamente superiores a los de la instalación de 9.000 u/a de capacidad. (\$650.000,00 para la capacidad de 9.000 u/a y \$882.500,00 para la de 7.000 u/a)



Tabla 2.4. Ejemplo de determinación de la capacidad productiva con el punto de equilibrio según el comportamiento esperado de la demanda.

		VPj		Instalación de 9.000 u/a		Instalación de 7.000 u/a		Instalación de 3.000 u/a	
				BEij	BEij * Pj	BEij	BEij * Pj	BEij	BEij * Pj
6.900	0,15	1.400	0,05	(\$ 2.200.000,00)	(\$ 110.000,00)	(\$ 1.210.000,00)	(\$ 60.500,00)	(\$ 10.000,00)	(\$ 500,00)
5.600	0,25	2.800	0,15	(\$ 800.000,00)	(\$ 120.000,00)	(\$ 20.000,00)	(\$ 3.000,00)	\$ 1.460.000,00	\$ 219.000,00
4.200	0,25	4.200	0,25	\$ 600.000,00	\$ 150.000,00	\$ 1.170.000,00	\$ 292.500,00		
3.300.000,00		5.600		\$ 2.000.000,00	\$ 500.000,00	\$ 2.360.000,00	\$ 590.000,00		
\$ 3.465.000,00		6.900		\$ 495.000,00	\$ 500.000,00	\$ 3.465.000,00	\$ 519.750,00		



Hay técnicas que consideran las probabilidades de ocurrencia de valores de demanda dados como pueden ser los árboles de decisiones. Esta técnica se usa cuando las probabilidades de ocurrencia de una demanda dada se ramifiquen a su vez en otras probabilidades, siempre que las alternativas sean excluyentes unas con otras, de manera que la suma de las probabilidades sea igual a 1.

### 2.4.3. Técnicas multicriterio para evaluar y seleccionar alternativas de capacidad productiva

Además del valor del capital en el tiempo y el punto de equilibrio u otras técnicas probabilísticas, como los árboles de decisión, se aplican técnicas que incluyan múltiples criterios de selección a la hora de evaluar alternativas de capacidad productiva.

Esta tendencia se origina debido al aumento de la incertidumbre y dinamismo de los entornos en que se desempeñan las empresas en la actualidad, que motivan que las decisiones sobre capacidad a largo plazo estén influidas por múltiples factores, lo mismo cualitativos que cuantitativos.

Las técnicas multicriterio son definidas por varios autores como ingeniería del valor. Originalmente se aplicaron estrictamente para el diseño de productos. En esos casos se buscaba una relación entre los atributos del producto y los gastos que se generaban para lograrlos. Posteriormente se fueron extendiendo al diseño de procesos. Actualmente son una herramienta más para la toma de decisiones.

Una buena estrategia empresarial es la de buscar una relación favorable entre el valor del producto y su costo, de manera que al cliente el producto le parezca que vale siempre más de lo que ha pagado por él. Como el precio de venta es una expresión mínima de lo que la función que realiza el producto vale para el cliente, la competitividad del producto estará dada por la relación entre calidad -vista como funciones que el producto ejecuta- y precio. Esta presunción implica que pudiéramos llegar a un primer acercamiento al concepto de valor como: relación entre las funciones que presta un producto y su costo (ya sea para

adquirirlo o para producirlo). Asimismo, puede definirse el valor desde la perspectiva económica como la cantidad de trabajo vivo y pretérito contenido en un producto o servicio destinado a la venta. Pero las empresas tienen que tomar sus decisiones pensando en el cliente, más exactamente asumiendo su posición.

Pensemos en cómo actuaríamos ante una decisión de compra. Ante un producto o un servicio que se nos propone, nos hacemos varias preguntas:

- La primera pregunta es puramente funcional: ¿nos sirve para algo? ¿nos ofrece alguna utilidad? Esta es la perspectiva funcional del valor del producto/servicio: la percepción de su utilidad, que es a lo que se llama valor de uso.
- Luego nos preguntamos cuál es su precio. Esta es la perspectiva de mercado, la referida a la cantidad de dinero que hay que desembolsar para adquirir el producto/servicio.
- Inmediatamente comparamos la relación entre el valor de mercado y el valor de uso, y nos preguntamos: ¿el precio es adecuado para las prestaciones del producto/servicio? Lo que hacemos es aquilatar al producto/servicio desde la perspectiva de su valor de cambio.
- Y por último estimamos, casi siempre en función de nuestras preferencias, nuestro poder adquisitivo, o la posibilidad de encontrar una oferta similar, en otro lugar o en otro momento. Esta es la perspectiva de estimación del valor, la referencia que usamos para decidir la compra de un producto o un servicio.

A partir de este acercamiento conceptual podríamos definir a las técnicas multicriterio como las que identifican las funciones necesarias, establecen valores para estas funciones y desarrollan alternativas para realizarlas a menor costo. Actualmente tienen múltiples aplicaciones como en los trabajos vinculados con I & D, tareas en que urge adelantar para anticiparse a la competencia o trabajos o proyectos que están costando más de lo previsto.

El éxito de la aplicación de las técnicas multicriterio es la selección de los expertos. Los grupos multidisciplinarios, donde los especialistas puedan aportar criterios vinculados a su universo de experiencias, son sin dudas los mejores. Para aplicarlas bien se precisa de conocimientos de trabajo en grupo.

Toda técnica multicriterio aborda un proyecto, algo que no está hecho, por lo que se trata de una prospección hacia el futuro. Por tanto precisa de un plan de trabajo como el que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.5. Plan de Trabajo para la aplicación de técnicas multicriterio.

FASE	OBJETIVO	PREGUNTAS	TÉCNICAS
<b>SELECCIÓN</b>	Selección del área de estudios	¿Qué se va a estudiar? ¿Qué debe conocerse de antemano antes de comenzar el estudio?	Solicitar ideas de proyecto. Identificar los elementos con alto costo. Identificar las áreas de ahorro potenciales. Plantear las estrategias de proyecto.
<b>INFORMACIÓN</b>	Investigar la función del costo	¿Qué es? ¿Qué hace? ¿Cuánto cuesta? ¿Cuál es su precio?	Identificar las funciones primarias y secundarias. Reunir todos los hechos pertinentes. Obtener la información de las mejores fuentes. Reunir o estimar todos los costos pertinentes. Poner valor en todas las funciones. Trabajar sobre detalles específicos.
<b>ESPECULACIÓN</b>	Especular sobre alternativas	¿Qué otra cosa podría desempeñar la función? ¿En qué otra parte se realiza la función?	Aislar la función. Simplificar la función. Registrar todas las ideas. Aplicar pensamiento creativo (técnica de Breton, Brain Storm).

<b>ANÁLISIS</b>	Analizar las alternativas seleccionadas	¿Cuánto cuesta cada alternativa?	Establecer criterios de evaluación. Representar el valor monetario de cada alternativa. Evaluar por comparación. Evaluar la función. Seleccionar la mejor alternativa.
<b>DESARROLLO</b>	Desarrollo de alternativas	¿Funcionará la alternativa? ¿Cumplirá con los requisitos? ¿Qué otras implicaciones habrá en el costo? ¿Qué se necesita para implantarla?	Reunir hechos convincentes. Utilizar la innovación en equipos. Traducir hechos a acciones. Considerar materiales, productos y procesos. Trabajar sobre detalles específicos.
<b>PRESENTACIÓN</b>	Presentar las alternativas	¿Qué método de presentación usar? ¿Qué se hizo? ¿Cuál es el método mejor? ¿Cuánto se ahorrará?	Planear los hechos. Ser breve. Elaborar material escrito.
<b>IMPLANTACIÓN</b>	Implantar la alternativa	¿Quién implantará? ¿Qué cambios contractuales habrá que hacer? ¿Qué recursos extra se pueden necesitar	Elaborar plan de acciones. Resolver los problemas. Incorporar el elemento recién diseñado.
<b>CONTROL</b>	Resultados de la auditoría	¿Funcionará la alternativa elegida? ¿Cuánto cuesta realmente? ¿Cuánto ahorra? ¿Satisface las expectativas?	Métodos para escuchar la voz del cliente. Presentar informes del proceso.

Fuente: Elaborada por los autores.

## 2.4.4. Ejemplos de aplicación de las técnicas multicriterio

### Ejemplo No. 1.

Veamos una manera de evaluar las mismas alternativas usadas en los ejemplos anteriores de selección y evaluación de capacidades productivas, presentado a un grupo de expertos, debidamente seleccionado, que evaluó los criterios que la dirección de la empresa consideró de mayor importancia.

Tabla 2.6. Ejemplo de selección de alternativas de capacidad por criterios ponderados según la evaluación de expertos.

Criterio	Ponderación	Capacidad productiva		
		9.000 u/a	7.000 u/a	3.000 u/a
Economía de Escala	2,4	8,0	6,0	6,5
Flexibilidad	2,5	5,0	7,0	7,5
Valor de Capital	3,5	6,5	7,0	6,0
Riesgo de Obsolescencia	1,6	6,0	8,0	7,0
	10,0			

Fuente: Elaborada por los autores.

Los datos fueron obtenidos en dos rondas consecutivas de trabajo con los expertos. En la primera ronda, los expertos seleccionaron los criterios de evaluación y distribuyeron un total de 10 puntos en coeficientes de importancia. En la segunda ronda, los expertos dieron puntos a cada una de las alternativas de capacidad productiva propuestas en una escala de 1 a 10 puntos.

De esta manera se puede seleccionar la alternativa que tenga la mayor puntuación ponderada total, calculada como:

$$PPT = \sum_{i=1}^n CE_j * P_{ji}$$

Donde,

PPT-puntuación ponderada total (puntos)

$CE_{ij}$ -puntos conferidos por los expertos para la alternativa  $i$  según el criterio  $j$

$i$ -cantidad de alternativas (1;n)

$j$ -cantidad de criterios (1;m)

$P_{ij}$ -importancia ponderada del criterio enunciado por los expertos

En la siguiente tabla se muestran los cálculos realizados.

Lo que confirma los resultados obtenidos hasta ahora de que la variante de capacidad productiva de 7.000 u/a es la mejor.

## Ejemplo No. 2

Veamos un ejemplo de aplicación de técnicas multicriterio para seleccionar el tipo de tecnología de envase en la ampliación de la capacidad de una planta productora de medicamentos.

Tabla 2.7. Cálculo de la puntuación ponderada total para la selección de alternativas de capacidad según la evaluación de expertos.

Criterio	Ponderación	Capacidad productiva					
		9.000 u/a	$CE_{ij} * P_{ij}$	7.000 u/a	$CE_{ij} * P_{ij}$	3.000 u/a	$CE_{ij} * P_{ij}$
Economía de Escala	2,40	8,00	19,20	6,00	14,40	6,50	15,60
Flexibilidad	2,50	5,00	12,50	7,00	17,50	7,50	18,75
Valor de Capital	3,50	6,50	22,75	7,00	24,50	6,00	21,00



Riesgo de Obsolescencia	1,60	6,00	9,60	8,00	12,80	7,00	11,20
$\sum_{i=1}^n CE_j * P_{ji} =$	64,05		69,20		66,55		

Fuente: Elaborada por los autores.

Como la tecnología avanza a pasos agigantados, ya es difícil encontrarse ante situaciones en que se decida sobre un aspecto separado de la empresa. Casi siempre, la decisión sobre una nueva línea de productos tiene implicaciones sobre el proceso, aunque se trate de equipamiento universal. Así puede ocurrir que las decisiones que se tomen sobre la presentación del producto tengan implicaciones sobre las tecnologías de envase; que los envases influyan en los métodos de embalaje y con ello, en la manipulación y el almacenaje. En muchos casos un cambio de envase puede influir sobre las técnicas de venta.

Así ocurre con todos los subsistemas de la empresa, con todos los procesos que se ejecuten en ella, con todos los subprocesos de un proceso misional, y con todas las operaciones tecnológicas y naturales que formen parte del proceso. En síntesis, crece la interdependencia entre todos los elementos del sistema organizacional, condicionada por la tecnología.

Como decíamos, la empresa que nos ocupa produce medicamentos y pretende ampliar su capacidad productiva, con una nueva instalación de envase para una nueva presentación del producto que nos ocupa.

Para elegir la capacidad y tipo del envase, organizan una serie de sesiones de trabajo grupal con agentes decisores en el éxito de la nueva presentación del producto.

Invitan a representantes de sus clientes mayoristas más importantes y a los diseñadores de campaña promocional, a los que generalmente subcontratan, y llaman a supervisores de líneas

de envase de la empresa y a los directores de Finanzas y Marketing. Con ellos dan cumplimiento a la primera fase de aplicación de las técnicas multicriterio que es la selección del grupo de trabajo según se muestra en la Tabla 2.5.

Luego que se han seleccionado los expertos que trabajarán en la selección de las alternativas, se convoca a la primera sesión de trabajo grupal, correspondiente a la fase de información, según se muestra en la Tabla 2.5.

El jefe del equipo que trabaja en el proyecto hace una presentación general del producto al que se quiere elegir un envase con volumen y apariencia nuevos. Esta presentación es muy importante porque estandariza la información de la que dispondrá el grupo de expertos seleccionado para trabajar posteriormente. Una síntesis de los aspectos abordados en la presentación se muestra a continuación.

Se comenzó entonces una fase de especulación y análisis según se muestra en la tabla, que tuvo varias sesiones de trabajo con los expertos. Generalmente, estas fases marchan juntas, pues toda propuesta que se haga está sometida de inmediato al análisis crítico por el grupo.

De la primera sesión de especulación y análisis resultó la propuesta de las alternativas de envase de Dermacic que debían ser consideradas, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 2.9. Propuesta de los expertos sobre las alternativas de envase de Dermacic.

Tipo de envase	Material
Frasco 200 g	PVC de alta densidad
Frasco 50 g	PVC de alta densidad
Tubo 25 g	Tubo flexible de PVC
Tubo 5 g	Tubo flexible de PVC

Fuente: Elaborada por los autores.

La próxima sesión de trabajo de los expertos correspondió a la

fase de desarrollo según se muestra en la Tabla 2.5. Esta sesión se dedicó a la ponderación del peso relativo de cada una de las exigencias generales presentadas por el equipo de proyectos y del peso relativo de cada atributo en cada exigencia.

Tabla 2.8. Contenido de la fase de información en la aplicación de técnicas multicriterio para la selección de la nueva presentación de un medicamento.

Preguntas de la fase de información	Respuestas para Dermacic
¿Qué se estudia?	Una nueva presentación para el producto Dermacic que actualmente se vende en presentaciones de 200 g para usuarios profesionales (generalmente hospitales, clínicas dermatológicas, estéticas y salones de belleza) a un precio de \$40,00 la unidad.
¿Qué se estudia?	Una nueva presentación para el producto Dermacic que actualmente se vende en presentaciones de 200 g para usuarios profesionales (generalmente hospitales, clínicas dermatológicas, estéticas y salones de belleza) a un precio de \$40,00 la unidad.
¿Para qué tratamientos ha demostrado su utilidad este medicamento?	<p>Atención ambulatoria:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemaduras epidérmicas de primer grado               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aplicación: 2 veces al día por 5 días.</li> <li>o Consumo medio: 5 - 8 g por tratamiento.</li> </ul> </li> <li>• Quemaduras dérmicas superficiales               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aplicación: 4 veces al día por 8 días.</li> <li>o Consumo medio: 15-30 g por tratamiento.</li> </ul> </li> <li>• Úlceras benignas de la piel               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aplicación: 1 vez al día por duración variable.</li> <li>o Consumo medio: variable, superior a 25 g por tratamiento.</li> </ul> </li> <li>• Alivio de cicatrices quirúrgicas               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aplicación: 2 veces al día por duración variable.</li> <li>o Consumo medio: variable, superior a 50 g por tratamiento.</li> </ul> </li> <li>• Placebo para el pie diabético               <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aplicación: 2 veces al día por duración variable.</li> <li>o Consumo medio: variable, superior a 50 g por tratamiento.</li> </ul> </li> </ul>

	Atención hospitalaria: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Quemaduras profundas de segundo grado <ul style="list-style-type: none"> <li>o Aplicación: 1 vez al día por 15 días.</li> <li>o Consumo medio: variable, superior a 200 g por paciente.</li> </ul> </li> </ul>	
¿Cuál es el precio de la venta del producto?	La presentación actual de Dermacic se comercializa a \$40,00 por unidad de 200 g	
¿Cuánto cuesta producir Dermacic?	La actual ficha de costo de 1.000 g de Dermacic es:	
	Gastos de materiales	
	Factor de Crecimiento Epidérmico (EGF)	\$10,34
	Excipientes	\$0,03
	Envase (gasto promedio para 1.000 g)	\$0,03
	Gastos indirectos	\$0,30
	Costo unitario	\$10,70
	Margen de ganancia	\$0,55
	Precio de empresa	\$11,25
¿Tiene productos sustitutos?	Dermacic pertenece a la familia de los productos orgánicos, sustitutos de quimofármacos como la Sulfatiazida de Plata y el Nitrato de Plata. Es un producto más avanzado, con más prestaciones y sin reacciones adversas descritas.	
¿Cómo mejorar las prestaciones del producto?	No es necesario mejorar las funciones intrínsecas del producto sino su presentación, considerando la ampliación potencial del mercado hacia los clientes que lo usarían en tratamiento ambulatorio.	
¿Qué requisitos se consideran deberá cumplir la nueva presentación de Dermacic?	Como este es un producto necesario para prestar un determinado servicio de salud, debe cumplir tres exigencias generales: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Rendimiento (que dure en buenas condiciones hasta el final).</li> <li>• Satisfacción del cliente.</li> <li>• Costo asociado al producto.</li> </ul>	

Fuente: Elaborada por los autores.

Los pesos relativos (o índices de ponderación) se atribuyeron a partir de 1. El criterio de unificación de los valores fue la media ponderada. Los resultados se muestran a continuación.

Tabla 2.10. Atributos definidos por los expertos para cada una de las exigencias generales y sus pesos relativos de la presentación de Dermacic.

Exigencia		Atributo	
Rendimiento	0,2	Capacidad del envase	0,75
		Tipo de envase	0,25
Satisfacción del cliente	0,35	Precios	0,4
		Durabilidad	0,2
		Facilidad de adquisición y uso	0,2
		Presencia	0,2
Costo asociado al producto	0,45	Transporte y manipulación	0,20
		Tecnología de fabricación	0,35
		Capacidad del envase	0,13
		Tipo de envase	0,32

Fuente: Elaborada por los autores.

En una nueva sesión de trabajo los expertos se dedicaron a evaluar el mérito de cada atributo en cada presentación. Esta vez se confirió un rango más amplio, para dar libertad de valoración a los expertos, en este caso se tomó el intervalo 70-90 puntos.

Para determinar el mérito de cada atributo, según las exigencias del equipo de proyecto se calcula la sumatoria de los productos entre el peso relativo conferido por los expertos a cada atributo y los puntos de mérito dados por los propios expertos a cada una de las presentaciones de Dermacic, según la formulación:

$$M_{ik} = \sum_{\substack{i=1 \\ j=1}}^{\substack{1=n \\ j=m}} M_{ij} * P_j$$

Donde,

$M_{ik}$ -mérito del envase  $i$  para la exigencia  $k$  (puntos)

$i$ -alternativas a evaluar  $i$  (1;  $n$ )

$j$ -atributos de la exigencia  $j$  (1;  $m$ )

$k$ -exigencias a cumplir  $k$  (1;  $p$ )

$M_{ij}$ -puntos de mérito dados por los expertos para el atributo  $j$  del envase  $i$  (puntos)

$i$ -alternativas a evaluar  $i$  (1;  $n$ )

$j$ -atributos de la exigencia  $j$  (1;  $m$ )

$P_j$ -peso relativo conferido por los expertos del atributo  $j$  en el total de la exigencia  $k$

$j$ -atributos de la exigencia  $j$  (1;  $m$ )

El criterio de unificación de las evaluaciones hechas individualmente por los expertos fue la media ponderada. En la siguiente secuencia de tablas se muestra la manera en que los expertos evaluaron el mérito de cada una de las presentaciones del producto propuestas, incluyendo la existente de 200 g. el criterio de unificación de las puntuaciones dadas por los expertos fue la moda.

Para calcular el mérito total de cada alternativa de presentación de Dermacic se usará la expresión:

$$MT_i = \sum_{\substack{i=1 \\ k=1}}^{\substack{i=n \\ k=p}} M_{ik} * P_k$$

Donde,

MTi-mérito total de la alternativa i (puntos)

i-alternativas a evaluar i (1; n)

Mik-mérito del envase i para la exigencia k (puntos)

i-alternativas a evaluar i (1; n)

k-exigencias a cumplir k (1; p)

Pk - peso relativo conferido por los expertos de la exigencia k en el total de las exigencias del producto

j-atributos de la exigencia j (1; m)

Tabla 2.11. Evaluación conferida por los expertos a los atributos correspondientes a la exigencia de RENDIMIENTO hecha por el equipo de proyecto para el envase de Dermacic.

Envase de	Capacidad del envase		Tipo de envase		M é r i t o del envase i (Mik)
	Pj = 0,75		Pj =0,25		
	Puntos de mé- rito dados por los expertos (Mij)	Mij * Pj	Puntos de mérito da- dos por los expertos (Mij)	Mij * Pj	
200 g	90	67,50	85	21,25	88,75
50 g	85	62,75	85	21,25	85,00
25 g	80	60,00	75	18,75	78,75
5 g	70	52,50	75	18,75	71,25





Tabla 2.13. Evaluación conferida por los expertos a los atributos correspondientes a la exigencia de COSTO ASOCIADO AL PRODUCTO hecha por el equipo de proyecto para el envase de Dermacic.

Envase de	Tipo de envase		Capacidad del envase		Tecnología de fabricación		Transporte y manipulación		Mérito del envase $i$ ( $Mik$ )
	$P_j = 0,20$		$P_j = 0,35$		$P_j = 0,13$		$P_j = 0,32$		
	Evaluación de expertos ( $M_{ij}$ )	$M_{ij} * P_j$	Evaluación de expertos ( $M_{ij}$ )	$M_{ij} * P_j$	Evaluación de expertos ( $M_{ij}$ )	$M_{ij} * P_j$	Evaluación de expertos ( $M_{ij}$ )	$M_{ij} * P_j$	
200 g	70	14	70	24,50	75	9,75	70	22,40	70,65
50 g	80	16	80	28,00	90	11,70	80	25,60	82,90
25 g	85	17	85	29,75	80	10,40	85	27,20	85,95
5 g	90	18	90	31,50	80	10,40	90	28,20	88,70

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 2.14. Evaluación de mérito total conferido por los expertos según las exigencias del equipo de proyecto para el envase de Dermacic.

Envase de	Rendimiento		Satisfacción del cliente		Costo		Mérito total de la alternativa ( $MT_i$ )
	$P_k = 0,20$		$P_k = 0,35$		$P_k = 0,45$		
	Mérito del envase para la exigencia ( $Mik$ )	$Mik * P_k$	Mérito del envase para la exigencia ( $Mik$ )	$Mik * P_k$	Mérito del envase para la exigencia ( $Mik$ )	$Mik * P_k$	
200 g	88,75	17,75	78	27,30	70,65	31,79	76,84
50 g	85,00	17,00	83	29,05	82,90	37,30	83,35
25 g	78,75	15,75	83	29,05	85,95	38,67	83,47
5 g	71,25	14,25	82	28,70	88,70	39,90	82,87

Fuente: Elaborada por los autores.

Por lo que la alternativa que se elige es la de tubos de PVC de 25 g adecuada para los tratamientos ambulatorios.

Este capítulo lo hemos dedicado a estudiar las decisiones que se toman con relación a los procesos y los productos o servicios. Nos hemos concentrado mayoritariamente en un horizonte estratégico de tiempo, porque el aumento de la incertidumbre y dinamismo de los entornos en que se desempeñan las empresas en la actualidad, motivan que las decisiones sobre capacidad a largo plazo estén influidas por múltiples factores, lo mismo cualitativos que cuantitativos.

Definimos a la capacidad de un sistema productivo o de servicios, como la respuesta que dicho sistema es capaz de dar ante un estímulo del entorno. Esa respuesta se mide como la máxima cantidad de producto o servicio que una unidad productiva puede rendir en una determinada cantidad de tiempo.

Hay una diferencia entre la capacidad productiva de un equipamiento instalado y la que los fabricantes declaran que tiene cada uno de los equipos por separado. Esto está condicionado por una serie de factores, como son:

- Diversidad de surtidos.
- Complejidad en el diseño del producto.
- Calidad exigida en Proceso-Producto.
- Localización de las instalaciones.
- Aspectos relacionados con el ambiente de trabajo.
- Aspectos organizativos.
- Causas externas.

La capacidad productiva de los procesos manufactureros se mide por la cantidad de productos que se obtienen en una determinada unidad de tiempo. A ello se le llama capacidad de salida.

La capacidad productiva de los procesos de servicios se mide por la cantidad de clientes que pudieran ser atendidos simultáneamente y se le llama capacidad de entrada o capacidad de respuesta del sistema de servicios. El factor homogeneizador de este cálculo es el tiempo disponible para la prestación de servicio, por lo que se hace necesario definir un intervalo temporal.

Hay una estrecha relación entre la capacidad de un proceso y su costo, por lo que a pesar del influjo cada vez mayor de la flexibilidad y agilidad de respuesta de los procesos, todavía se atiende mucho al principio de las economías de escala en la toma de decisiones estratégicas.

Son economías de escala las que se obtienen a causa del aumento más lento, o el mantenimiento de los costos fijos, con relación a un aumento de los volúmenes de producción; mientras que en la función de producción aumenten las entradas, el aumento de las salidas debe ser mayor para que se cumpla el principio.

Hay muchas maneras de elegir alternativas de capacidad productiva pero lo más conocidas son el valor del capital en el tiempo, el punto de equilibrio y las técnicas multicriterio.



## Capítulo III. Administración de la Demanda

### 3.1. La administración de la demanda como base de la planeación empresarial

Para ofrecer un nivel de servicio adecuado a los clientes, la buena administración de la demanda y los pronósticos sustentados en información confiable son muy necesarios. Ya habíamos explicado, desde el principio de este libro, que la razón por la que existe una empresa es porque hay clientes que solicitan sus servicios. No hay empresa sin demanda, porque las salidas del sistema empresarial no tendrían destino, y no se cerraría el ciclo financiero que propicia comenzar otro nuevo ciclo productivo.

En el capítulo 2 definíamos a la capacidad productiva como la posibilidad del sistema empresarial de dar respuesta a las señales del entorno en forma de demanda. Por tanto, demanda será toda señal informativa, aún a su misión, que reciba la empresa, y a la que pueda dar respuesta eficiente y eficaz.

Administrar correctamente la demanda es casi equivalente a guiar a la empresa hacia aquellos productos o servicios que son más solicitados por los clientes. En este capítulo nos concentraremos en administrar la demanda “desde dentro” de la empresa. Algo así como aprender lo que se hace “tras las bambalinas”.

Es tan importante administrar la demanda, que muchos autores han propuesto que el término “cadena de suministro” se sustituya por el de “cadena de demanda” (Campos, 2014). No hay dudas que resulta mucho más descriptivo de la misión empresarial. Una empresa debe su existencia a los clientes de sus productos o servicios, como sus suministradores le deben en cierta medida a ella, y no al contrario.

La administración de la demanda se convierte en una actividad empresarial con personalidad propia a partir de la segunda mitad del siglo pasado, cuando el mundo se reconstituía después de la Segunda Guerra Mundial. Como mismo ocurría una explosión de nacimientos, una explosión de nuevas aplicaciones

tecnológicas, un desmesurado auge económico mundial; así también ocurría una revolución en las técnicas cuantitativas aplicadas a la administración empresarial, dada por la necesidad de conocer el aumento del mercado para darle una respuesta atinada.

En aquellos tiempos, las estrategias comerciales eran las llamadas de “empujón” y la función de marketing era la estrella de las juntas directivas. Todo cuanto se creara y desarrollara, marketing lo colocaba en el mercado. Los pronósticos se realizaban con bajos niveles de incertidumbre, porque el entorno comercial cambiaba poco de un período a otro, los ritmos de crecimiento eran positivos y los productos tenían largos ciclos de vida. De esta manera, las decisiones referidas a la demanda solían tomarse una vez al año y casi siempre consistían en elevar el comportamiento real del año anterior en un determinado porcentaje.

Ya en los capítulos anteriores nos hemos referido a cuán diferentes son los ambientes empresariales actuales. Cada día los entornos son más convulsos, el futuro se parece cada vez menos al pasado, los ciclos de vida de los productos se han acortado notablemente, y la calidad y cantidad de información disponible es mucho mayor.

Adicionalmente, los mercados no son tan estables y el enfoque de servicios es cada vez más difundido. Ya las empresas no responden a un mercado estadísticamente describable, y los horizontes de incertidumbre se han acortado mucho. Pero los sistemas empresariales están obligados a ser eficientes para lograr ser eficaces. ¿Qué le queda por hacer? Si no se puede crecer extensivamente hacia afuera, habrá que hacerlo intensivamente hacia adentro. Si no podemos prever con relativa certeza lo que pasará en el mercado en un horizonte dado de tiempo, sí tenemos que ser capaces de asegurarnos de estar en condiciones de dar respuesta a cualquiera de las exigencias que puedan surgir. De ahí la importancia de comprender a la administración de la demanda, no como el mercado la impone, sino como la empresa está preparada para responderle.



Para diseñar y ejecutar un sistema de operaciones de producción o servicios que satisfaga a los clientes, una empresa tiene que saber cuánta demanda debe satisfacer. Por ello debe responder a tres preguntas clásicas:

- ¿Cómo saber qué producir?
- ¿Cómo saber cuánto producir?
- ¿Cómo saber cuándo producir?

Dichas demandas pueden ser:

- Externas de servicios.
- Internas de servicios.
- Internas de unidades de reserva.
- Externas para unidades de demostración.
- De prototipos e imitaciones de productos.
- De transferencia de partes.
- De cobertura de pérdidas de materiales o productos por roturas o escasez de producción...

Pero estas son demandas referidas a productos, cuyos procesos generan a su vez, demandas para obtenerlos, como serían:

- Horas de trabajo de operarios directos al proceso.
- Horas de trabajo de operarios indirectos del proceso...

Que a su vez ocasionarían:

- Carga de trabajo al personal de los procesos productivos de apoyo.
- Carga de trabajo al personal de los procesos administrativos de apoyo...

Y producir esos productos demanda, a su vez:

- Materiales.
- Semiproductos, componentes, piezas.
- Energía.

- Tiempo de trabajo de maquinarias, de equipos de manipulación, de medición...

Porque la empresa es un sistema complejo y dinámico, donde todos los elementos se encuentran interrelacionados y será eficiente en la medida que los procesos que se ejecutan en ellas sean capaces de aportar valor al bien que crean.

Administrar la demanda es gestionar flujos de materiales e información, a través de toda la empresa –tanto sus procesos externos, como internos- que le permitan responder rentablemente al mercado. Resaltamos la referencia a la rentabilidad, porque la empresa debe mantener finanzas sanas para garantizar su competitividad, y por lo tanto, su capacidad de servir a sus clientes.

No puede ser vista la administración de demanda como estudios de comportamiento de mercado, porque equivaldría a asociar la demanda con las ventas. Administrar la demanda tiene un mayor alcance que el de las meras funciones comerciales. Es un compromiso estratégico empresarial para mantener dinámicamente balanceadas la satisfacción de los clientes, y la rentabilidad para los accionistas.

La satisfacción de la demanda debe ser no solo rentable, sino ágil y flexible. Pero estos conceptos no pueden ser comprendidos como anarquía y caos. La flexibilidad de respuesta a los clientes y la agilidad para adaptarse a las situaciones del entorno se logran con planeación. Es preciso conocer con suficiente tiempo lo que probablemente ocurra en el entorno, para definir -en un proceso hacia atrás- los pasos y recursos para lograr estar aptos para responderle. Para conseguir hacerlo eficientemente, hay que comprar, elaborar y distribuir adecuadamente. Para ello, una correcta planeación es imprescindible. La administración de la demanda es entonces una herramienta fundamental para generar una adecuada planeación.

La palabra clásica asociada a la administración de la demanda es pronóstico. Si lo definimos como la identificación de comportamientos y tendencias probables del entorno, entonces administrar la demanda será el conjunto de acciones que permitan a



la empresa convertir una situación probable, en una respuesta eficiente, y por tanto, posible.

La proyección sobre el entorno puede ser hecha a diferentes plazos de acción. Así quedarán el largo y mediano plazos para definir los lanzamientos de productos, las inversiones relacionadas con la capacidad, la administración de precios y las campañas y promociones.

Hay también una administración de demanda a corto plazo, que cada día gana más importancia en las decisiones cotidianas, como es la asignación puntual de materiales, la distribución de carga de trabajo, o la elección de recorridos de distribución y transporte. Este tipo de decisiones gana gradualmente peso en la competitividad de las empresas, porque la fidelidad de los clientes ha disminuido sensiblemente, y el concepto de plazo de servicios es un criterio determinante en la percepción de calidad de los servicios.

Si la administración de la demanda se reconoce como un proceso empresarial mediante el que se identifican todas las fuentes potenciales de demanda y se influye en sus niveles y duración, estará necesariamente relacionada con predicciones. Se llama así a los intentos de medir y administrar una demanda inicial. Es una actividad comprobada que precisa de trabajo en equipo.

Un directivo debe ocuparse de los aspectos estratégicos de la demanda como satisfacer totalmente a los clientes o luchar por ser siempre mejor que la competencia. Para ello la planeación estratégica de la empresa incluye el análisis de las fuentes actuales y la identificación de las potencialidades de demanda de sus bienes y servicios. La administración de la demanda es una labor conjunta de Marketing y Operaciones. Marketing identifica, cuantifica, promueve y promociona, mientras que Operaciones traduce esta información a planes agregados y operativos.

La empresa toma decisiones estratégicas a partir de la información que recibe con relación a la demanda. Estas decisiones están vinculadas a: líneas de productos, ubicación de las plantas, capacidad de las plantas, tecnología utilizada en los procesos de producción o red de proveedores. Hay otros aspectos que



no se pueden decidir con tal precisión como el escalado de una planta o los contratos de suministro a largo plazo. Para ello hacen falta las predicciones.

Se les llama predicciones económicas a las que sirven para pronosticar las condiciones generales de los negocios dentro de meses o años. Esta es una información que se obtiene de los gobiernos, los bancos y los servicios de predicción econométrica. Generalmente las predicciones se hacen sobre la base de indicadores como son el Producto Interno Bruto (PIB), la tasa de empleo, la productividad del trabajo, la estructura etárea de la población, la tasa de inversiones, las tasas de interés bancario y la de cambio monetario, entre otros.

Se les llama indicadores premonitorios si se constituyen advertencias anticipadas acerca de cambios posibles en las actividades económicas; coincidentes si reflejan el desempeño real de la economía, y con retraso si lo que informan son los cambios ocurridos en la economía.

La misma importancia que se le confiere a la predicción económica debe recibirla la predicción tecnológica referida a la probabilidad y el significado de posibles desarrollos futuros. Las premoniciones tecnológicas indican la dirección de los cambios tecnológicos y la tasa de cambios esperada. Estas predicciones son cada vez más importantes por el acortamiento del ciclo de vida de tecnologías y productos y de importancia capital para las empresas que luchen o detenten un liderazgo tecnológico. En la siguiente figura se muestra la relación de este tipo de predicciones con la actividad empresarial.

Administrar la demanda precisa de la integración de técnicas no solo de la estadística, sino también de la modelación matemática, la heurística y el álgebra, porque su alcance se extiende hasta las políticas de mantenimiento y reemplazo, las secuencias de operaciones, los planes de ventas, la administración de inventarios o la inteligencia de negocios.

Es muy importante para el éxito empresarial el conocimiento de lo que ha ocurrido en el entorno inmediato, sectorial y regional;



cómo se comportan sus actores más importantes: el gobierno, los suministradores, la competencia, los clientes, y el público en general; cuáles son las causas de su comportamiento, y qué probabilidad hay de que se repita de igual o similar manera. De igual forma, es crucial que la empresa conozca la medida en que se están alcanzando las metas que se ha trazado como organización, y como miembro de una cadena de suministro.

El pronóstico de la demanda asegura la correcta definición de los objetivos y el uso adecuado de los recursos y esfuerzos en la consecución de las metas. Es el resultado de un modelo científicamente sustentado, basado en supuestos, planes de acción y trabajo colaborativo.

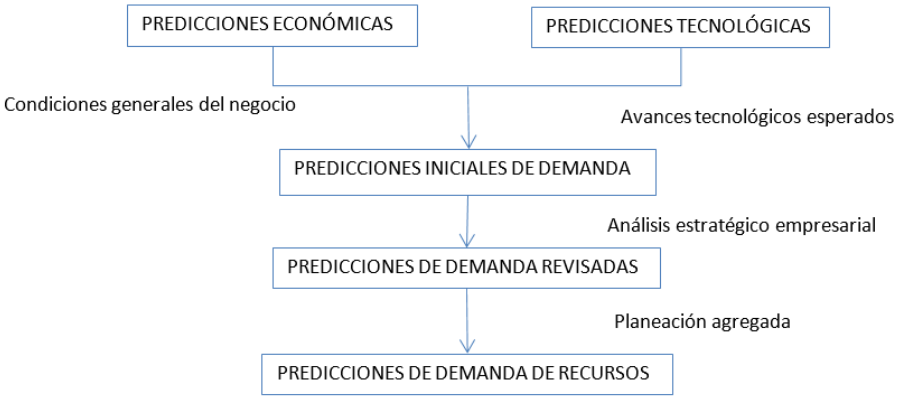


Figura 3.1. Predicciones y su relación con la planeación empresarial.

Fuente: Elaborada por los autores.

Cuando el pronóstico es atinado, y se usa como punto de partida en los procesos de mejora del nivel de servicio y la rentabilidad empresarial, es porque su elaboración ha sido colaborativa desde el exterior, y hacia el interior de la organización.

No es concebible una mejora en la administración de la demanda que no esté sustentada en pronósticos con un rango de confiabilidad aceptable. El pronóstico facilita la administración de la demanda, y una buena administración de la demanda ayuda a mejorar la asertividad del pronóstico.

Los modelos de pronósticos están dirigidos al análisis de datos históricos que propicie identificar las tendencias, las estacionalidades y comportamientos cíclicos, para llevarlos a modelos matemáticos que permitan proyectar un análisis de comportamiento similar en el futuro. Como hemos reiterado que el entorno actual es convulso y los modelos matemáticos son estáticos y cerrados, es preciso que se ajusten constantemente para mejorar la calidad del pronóstico, administrando eventos. Si al modelo se le alimenta con situaciones ocurridas en el pasado, habrá que interpretar los resultados obtenidos, contextualizándoles con la situación presente, para llegar a un acercamiento de cómo será en el futuro. Este sería el patrón de repetición, pues las situaciones cada vez más cambiantes del entorno tienden a propiciar la opinión, bastante generalizada de los estudiosos del tema, de que los pronósticos soportados en modelos matemáticos no se adecuan a las condiciones actuales de los entornos empresariales. Con estas acciones, los modelos de pronósticos ya no se fundamentarían únicamente en el pasado, sino que reciben información útil para realizar ajustes en el futuro.

El tiempo que antes se invertía en desarrollar los modelos matemáticos para pronosticar, en la actualidad se utilizan para construir y analizar diferentes escenarios y las consecuentes acciones que la organización debe tomar para promoverlos o evitarlos. En este sentido, los pronósticos son una herramienta importante para la fijación de objetivos, la definición de estrategias y la administración de riesgo, tres tareas cercanas a la alta dirección.

Para preparar un pronóstico de demanda se deben responder a las siguientes preguntas:

- Características de la demanda que se predice.
- Nivel de agregación que se utiliza.
- Horizonte de tiempo de predicción.
- Descripción de cada período en el horizonte.
- Fuentes de demanda a considerar.



- Maneras de obtener los datos necesarios.
- Relaciones causales de los datos.
- Componentes de tendencia, ciclo o temporada.
- Propósito de la predicción.
- Modelo adecuado de la predicción.
- Usuario del modelo.
- Precisión esperada en la predicción.
- Costo asociado a los errores de predicción.
- Tiempo y dinero disponibles para monitorar.

No puede olvidarse que los modelos de series de tiempo parten del criterio de que el pasado siempre es la base para predecir el futuro y eso siempre no es así.

### 3.2. Administración estratégica de la demanda

Una adecuada relación entre pronóstico y administración de la demanda, daría respuestas positivas a las siguientes preguntas:

- ¿Todos los departamentos de la empresa tienen un adecuado entendimiento de su mercado y de sus clientes?
- ¿Comparte toda la organización una sola visión de las características de su mercado?
- ¿Hay una buena comunicación interna sobre lo que ocurre realmente y debe ocurrir en el mercado para garantizarle buenos resultados en costos, inventarios y nivel de servicio?
- ¿Los planes cuentan con el compromiso incondicional de las áreas comerciales y de suministro?

Ya hemos reiterado que demanda y pronóstico son una unidad interdependiente. Un pronóstico de demanda es una estimación cuantitativa de los volúmenes de producto o servicio que serán requeridas por el mercado en periodos futuros. En general, las organizaciones requieren de al menos tres pronósticos que se

diferencian por su horizonte y unidades de tiempo. En la siguiente figura se muestran las relaciones entre los plazos de tiempo y los objetos de pronóstico.

Para la planeación estratégica, los pronósticos se consolidan a nivel de empresa. Las empresas grandes tienden a hacer estas consolidaciones a nivel de divisiones o de unidades de negocios. Generalmente, los períodos de predicción son anuales, y se extienden -en función de la misión general de la empresa- por un horizonte de predicción según el sector donde se desempeña.

Este aspecto es muy importante, porque la velocidad de cambio tecnológico determina primordialmente en los ciclos de vida de los procesos, y el ritmo de avance tecnológico varía sensiblemente de un sector a otro. Por eso, la misión empresarial -dependiente del sector de pertenencia de la empresa- estará determinada por el ciclo de vida de los procesos que en ella se ejecuten.

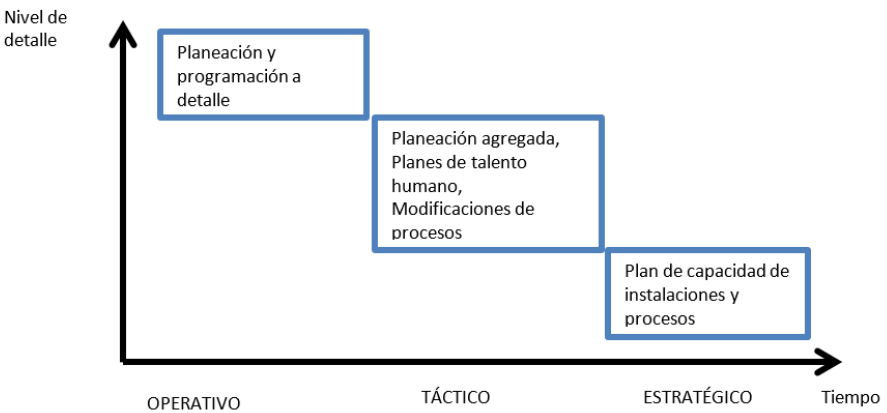


Figura 3.2. Relación entre el contenido del pronóstico y el horizonte de tiempo.

Fuente: Elaborada por los autores.

Según la etapa del ciclo de vida en que se encuentren los procesos de la empresa serán las decisiones estratégicas que se tomarán, y por extensión el tipo de predicciones que necesitarán. En la siguiente tabla se muestra una relación entre las eta-

pas del ciclo de vida de los procesos y los aspectos sobre los que se centran las decisiones estratégicas empresariales, y por tanto, el pronóstico.

Tabla 3.1. Relación entre etapas del ciclo de vida de los procesos y contenido de los pronósticos.

Etapas	Características de la etapa del ciclo de vida	Aspectos de atención para el pronóstico
Introducción	<p>Período ideal para el incremento de la participación en el mercado. Se caracteriza por una intensa actividad de I &amp; D&amp;i, fundamentalmente en la ingeniería de productos.</p> <p>Las producciones son en pequeñas series, con costos de producción relativamente altos. Hay un surtido de productos y servicios limitado y las acciones de calidad están concentradas en el diseño de los procesos de gestión y la normalización.</p>	<p>Definición del tipo de datos que se recopilarán para conformar las series históricas. Pueden ser referidos a:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estructura y tamaño del mercado potencial.</li> <li>• Ritmos de crecimiento del mercado.</li> <li>• Velocidad de asimilación de las capacidades productiva.</li> <li>• Comportamiento de los procesos.</li> <li>• Calidad.</li> <li>• Costos.</li> </ul>
Crecimiento	<p>Es la época ideal para establecerse con imagen y precio para contribuir al fortalecimiento de los nichos de mercado obtenidos. De ahí que la actividad de pronósticos es muy importante. Con la estabilización de los ritmos de proceso, ocurre un incremento constante de su fiabilidad. La calidad se concentra en la mejora de productos y procesos. Aumenta el aprovechamiento de las capacidades, el surtido se amplía con el establecimiento de familias de productos o servicios.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Gustos y preferencias del mercado objetivo.</li> <li>• Comportamiento de la competencia.</li> <li>• Benchmarking.</li> <li>• Series históricas de productos y procesos.</li> <li>• Curvas de asimilación de la capacidad.</li> <li>• Modelos de distribución de carga.</li> <li>• Recorridos, rutas de distribución.</li> <li>• Modelos de transporte.</li> </ul>
	<p>Asimismo se estabilizan los canales de distribución.</p>	

<p>Madurez</p>	<p>No es la mejor etapa para cambios de precio o imagen, porque ya los productos están establecidos con un determinado reconocimiento por el mercado, por eso la eficiencia de costos se convierte en el aspecto crítico. La empresa pone su atención concentrada en la defensa de la posición en el mercado y en la estandarización de los procesos que sufren pocos cambios radicales y gran cantidad de mejoras graduales concentradas en la reducción de costos. En esta etapa hay una utilización óptima de las capacidades productivas, crece el tamaño de las series y se estabilizan los surtidos de productos. Como la eficiencia es la palabra de orden, los trade-offs son la principal herramienta en la toma de decisiones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de trade-offs de todo tipo.</li> <li>• Análisis de comportamientos históricos.</li> <li>• Modelos de inventarios.</li> <li>• Modelos de reemplazo.</li> </ul>
<p>Declive</p>	<p>Control de costos crítico Poca diferenciación de productos. Reducción rigurosa de los costos. Bajo aprovechamiento de las capacidades. Reducción de las demandas. Eliminación de modelos que no ofrecen margen de retribución ventajosa.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trade-off.</li> <li>• Análisis de punto de equilibrio.</li> </ul>

Fuente: Elaborada por los autores.



### 3.3. Enfoques cualitativos para predecir la demanda

Desde el comienzo del capítulo hemos reiterado la estrecha relación que existe entre administración de la demanda y pronósticos, y los hemos relacionado con la aplicación de métodos cuantitativos. Pero la empresa es un sistema socio-técnico, donde confluyen un conjunto de factores tecnológicos para que un grupo de personas los conviertan en servicios y productos que demanda el mercado, constituido en última instancia, por personas. Las actitudes, intereses, posibilidades e inclinaciones de los seres humanos son difíciles de representar matemáticamente. El mejor modelo de pronósticos estaría incompleto sin la correspondiente interpretación contextualizada del entorno empresarial o de mercado al que corresponda. Así que el eterno par dialéctico de cualidad y cantidad se patentiza también en la administración de la demanda.

Es por ello que, para comenzar a estudiar la administración de la demanda, habrá que comenzar por su predicción cualitativa.

En los libros de administración de operaciones se encuentran generalmente la alusión a cuatro grupos de métodos de predicción cualitativa:

- Las predicciones a partir de encuestas a los clientes.
- Los de consulta a expertos.
- Los análisis estructurales.
- La construcción de escenarios futuros.

Nos concentraremos en los dos últimos porque los métodos de encuesta y los de consulta a expertos corresponden más a la investigación de mercados que a la gestión de operaciones.

#### 3.3.1. El análisis estructural para la predicción cualitativa de la demanda

El análisis estructural para la predicción de la demanda se basa en una reflexión colectiva que se estructura a través de una ma-



triz de relaciones entre variables. Aunque puede ser realizado independientemente, casi siempre es el punto de partida para la construcción de escenarios (Godet & Durance, 2007).

El objetivo del análisis estructural es identificar cuáles son las variables de un sistema en estudio que determinan el comportamiento del sistema en su conjunto. Cuando las variables clave están debidamente identificadas, su manipulación determina la evolución del resto de las variables, y por extensión, del sistema. Para ello se analizan las relaciones entre las variables, valorando la capacidad de influencia que cada una tiene sobre el resto. De esta manera, se logra conocer de antemano cómo puede comportarse el sistema estudiado cuando varía el comportamiento de uno o varios elementos y tomar las decisiones adecuadas.

Para realizar un análisis estructural se trabaja en colectivo. Los grupos de trabajo deben estar constituidos por expertos del tema. El análisis estructural consta de tres pasos:

- Identificación de las variables del sistema.
- Construcción de la matriz de relaciones entre variables.
- Identificación de las variables clave del sistema.

El éxito de las predicciones está en que se cumplan. Para que una predicción a partir de un análisis estructural sea exitosa, habrá que cuidar en extremo la identificación de sus variables.

Según el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (2015), una variable representa aquello que varía o está sujeto a algún tipo de cambio. Se trata de algo que es inestable, inconstante y mutable.

Para construir la matriz de relaciones entre variables, los participantes en el grupo confieren a las relaciones entre variables valores aleatorios entre 0 y 4, que significan:

0-que la variable  $i$  no tiene ninguna influencia sobre la variable  $j$

1-que la variable  $i$  tiene ligera influencia sobre la variable  $j$



- 2 - que la variable  $i$  tiene influencia sobre la variable  $j$
- 3 - que la variable  $i$  tiene fuerte influencia sobre la variable  $j$
- 4 - que la variable  $i$  puede tener influencia sobre la variable  $j$  en el futuro

De esta manera se construye una matriz de influencias como se muestra en la siguiente figura.

	$X_1$	$X_2$	...	$X_i$
$X_1$	0			
$X_2$		0		
.			0	
.				
.				
$X_i$				0

Figura 3.3. Matriz de relaciones de un análisis estructural.

Fuente: Elaborada por los autores.

La matriz de influencias entre variables de un sistema siempre es cuadrática y su diagonal siempre tiene valor 0, porque ninguna variable puede influirse a sí misma.

Como el trabajo de relacionar variables es tedioso y largo, pero exige un análisis minucioso por parte de cada uno de los participantes, es preciso cuidar el orden en que se establecen las relaciones. Se recomienda por filas con columnas, porque -aunque la identificación de variables clave se hace multiplicando la matriz por sí misma, y el orden de los factores no altera el producto- no todas las relaciones entre variables de un sistema empresarial son biunívocas, o si lo fueran, no necesariamente tendrían la misma magnitud. Por ejemplo: un producto puede tener cierta influencia sobre el comportamiento del mercado, pero su influencia no tiene la misma magnitud que la que tiene el comportamiento del mercado sobre el éxito del producto.

La matriz resultante del proceso de evaluación de influencias de las variables hecho por cada miembro del grupo de trabajo, se

conforma por consenso de cada uno de los valores dados por los expertos y se le llama Matriz de Influencias Directas.

A la suma horizontal de los valores –si se mantiene el orden de valoración de filas con columnas- se le llama vector de influencia o dominancia. A la suma vertical de los valores se le llama vector de dependencias.

Como estas matrices suelen ser relativamente grandes, es difícil identificar las variables dominantes y dependientes en una tabla. Por ello se recomienda la representación en una gráfica, donde el eje de las ordenadas represente la dependencia y el de las abscisas represente la dominancia.

Para comprender mejor el análisis estructural lo haremos con un ejemplo.

### 3.3.2. Ejemplo de un análisis estructural

Una empresa de astilleros se ha dedicado por años a la construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte para la pesca por arrastre. En los últimos 10 años ha ocurrido una disminución paulatina de la demanda de reparaciones y nuevas construcciones, acompañada de un aumento notable de las solicitudes de reconstrucción de camaroneros, para convertirlos en barcos para la pesca deportiva y el turismo.

Deciden hacer un análisis estructural donde participan:

- Expertos del ramo.
- Directivos de la empresa.
- Clientes importantes de la actividad pesquera.
- Nuevos clientes.
- Autoridades marítimas.

Se pide inicialmente a los participantes listar las variables que consideran que influyen sobre las ventas de la empresa, considerando los componentes de su entorno inmediato, constituido por:



- Clientes.
- Proveedores.
- Competencia.
- Productos sustitutos.
- Regulaciones vigentes.

De lo que resulta una lista de 7 variables que se listan en la siguiente tabla. La segunda fase del proceso consistió en la evaluación de cada uno de los participantes por separado de la influencia de cada variable sobre el resto. La matriz de influencias directas se construyó respondiendo a una secuencia de preguntas como se muestra a continuación en el ejemplo:

Relacionando la variable X1- Demanda de camarones de pesca, con la variable X7-Regulaciones ambientales y de navegación marítima: Para determinar la influencia de X1 sobre X7 se preguntaría: ¿influye **directamente** la demanda de camarones de pesca sobre las regulaciones ambientales y de navegación marítima?

Tabla 3.2. Variables del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en los últimos 10 años.

V a - riable	Nombre	Descripción	Comporta- miento
X1	Demanda de camarones de pesca	Volúmenes de ventas de camarones obtenidos de la pesca por arrastre	Disminuye
X2	Demanda de camarones de cultivo	Volúmenes de venta de camarones de cultivo	Crece
X3	Demanda de reconversiones	Frecuencia de pedidos de conversión de barcos camaroneros a otros fines	Crece

X4	Demanda de construcciones tradicionales	Frecuencia de pedidos de construcción de barcos para la pesca de camarón por arrastre	Disminuye
X5	Utilización de la capacidad productiva	Relación entre las horas trabajadas y las disponibles	Disminuye
X6	Precio de suministros	Comportamiento de los precios de los materiales y componentes para la construcción y reparación	Aumenta
X7	Regulaciones ambientales y de navegación marítima	Influencia del marco regulatorio en la cadena de valor de la pesca masiva del camarón	Aumenta

Fuente: Elaborada por los autores.

Y la respuesta sería que directamente no influye, por tanto el par X1-X7 tendría valor 0.

Sin embargo, al preguntar la influencia directa de la variable X7 sobre X1, si hay influencia fuerte porque han crecido severamente las restricciones hacia la actividad pesquera con artes masivas, como es el caso de la pesca camaronera por arrastre, dados sus negativos impactos sobre los ecosistemas marinos donde prolifera el camarón.

Los resultados obtenidos se procesaron con ayuda del programa MICMAC (Matriz de Impactos Cruzados. Multiplicación Aplicada a una Clasificación (Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation, 2015) como se muestra a continuación en la captura de pantalla en el menú "Entrada de datos / Matriz de influencias directas".

Esta sería la matriz de influencias directas resultante de la evaluación de los participantes en el análisis estructural. La suma de cada uno de las filas y columnas nos permite identificar cuáles son las variables de mayor influencia o dependencia, según se muestra en el menú "Vista de resultados e interpretaciones / Matriz de influencias directas / Suma de la matriz".



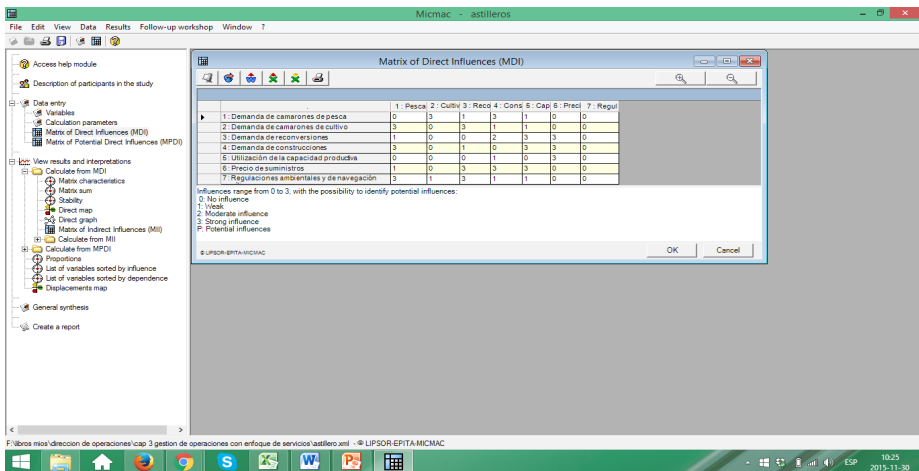


Figura 3.4. Captura de pantalla de la matriz de influencias directas del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en los últimos 10 años.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MICMAC.

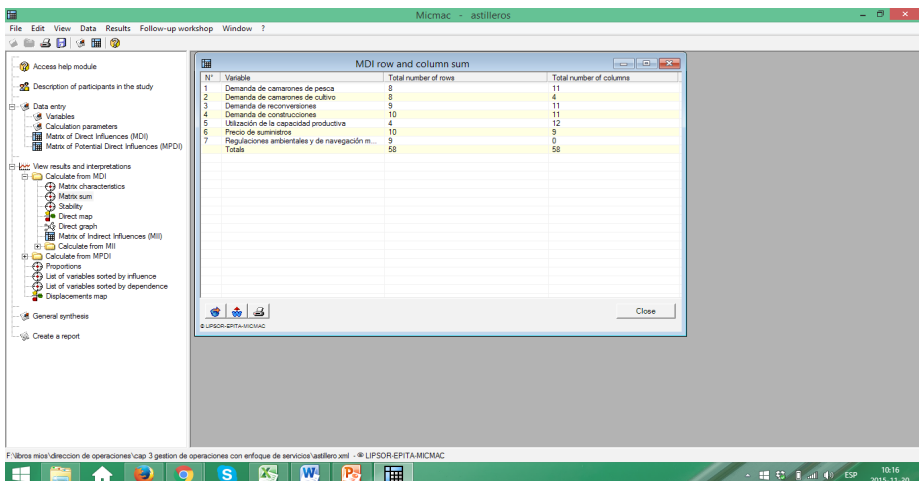


Figura 3.5. Captura de pantalla de la suma de la matriz de influencias directas de la construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en los últimos 10 años.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MICMAC.

La suma de las columnas representa la influencia y la de las filas, la dependencia. Como esta matriz es relativamente pequeña, no hay muchas dificultades para identificar las variables que están poniendo en movimiento al sistema empresarial. Cuando aumenta el número de variables (que pueden acercarse a 100) se dificulta mucho la identificación. Veamos cómo se representan en una gráfica.

La gráfica muestra el cuadrante I del plano porque las relaciones de variables manifiestan valores positivos, donde el eje de las ordenadas es la dependencia, y el de las abscisas la dominancia. Así podemos interpretar que la variable X4-utilización de las capacidades productivas, es la variable más dependiente y con menos grado de dominancia; mientras que la variable X7-regulaciones ambientales y de navegación marítima, es la más dominante, con el menor grado de dependencia.

Lógicamente, aquellas variables que se sitúen cerca de la mediatriz del cuadrante serán las más activas, porque la motricidad del sistema en estudio -determinada por el grado de dependencia y dominancia de las variables- muestra su capacidad de interrelación con el resto. Esta aseveración se hace más comprensible si analizamos la siguiente figura.

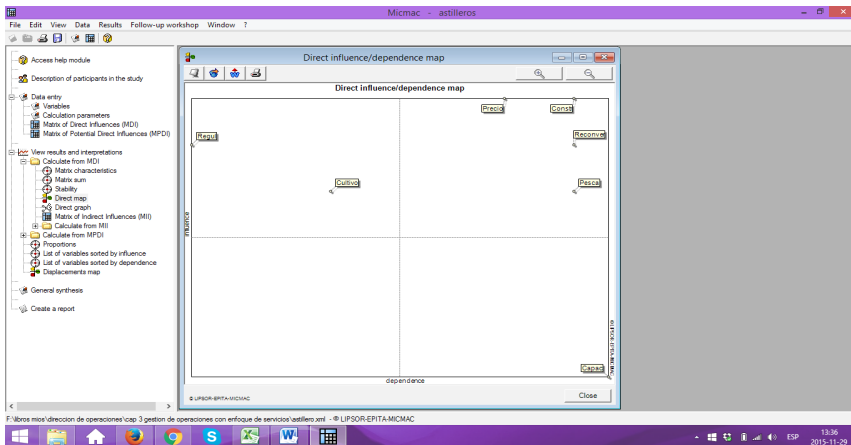


Figura 3.6. Captura de pantalla del plano de influencias y dependencias directas de la construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en los últimos 10 años.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MICMAC.

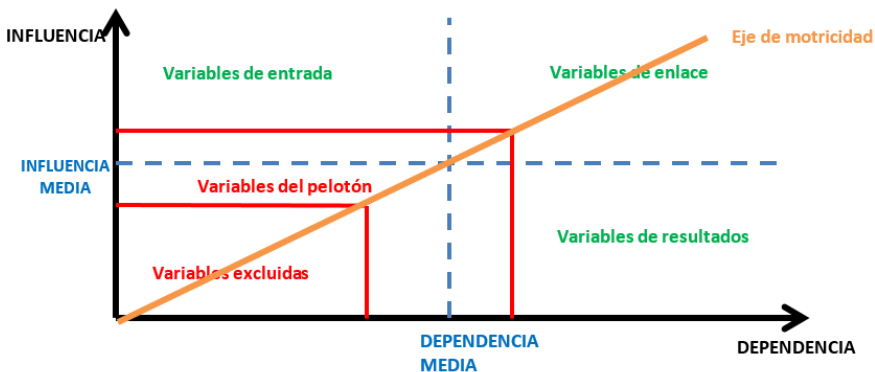


Figura 3.7. Guía para la selección de variables claves de un sistema en un análisis estructural.

Fuente: Elaborada por los autores, de acuerdo con Godet, et al., (2007).

El movimiento de las variables en una matriz de relaciones sigue el sentido de las manecillas del reloj. Por eso son variables de entrada las que tienen altos grados de dominancia y muy baja dependencia, que ponen en movimiento al sistema. Son variables de resultados las de alta dependencia y baja dominancia y las que tienen altos valores de dominancia y dependencia se llaman variables de enlace.

Aunque el equipo de trabajo será, en última instancia, quien determine cuáles son las variables clave del sistema, la tendencia es a elegir variables de enlace que se concentren alrededor del eje de motricidad. Las variables cuyos valores queden por debajo de la dependencia y dominancia media se excluyen. Queda a discreción del equipo de trabajo seleccionar alguna variable que consideren de interés para el estudio.

Otra manera de obtener conclusiones argumentadas del análisis estructural es con el gráfico de influencias, que identifica las variables cuyos vectores de relación tienen mayores valores. En



la siguiente figura se muestra el gráfico de influencias directas para el caso en estudio.

En este gráfico se representan las relaciones por medio de vectores. La dirección estará dada en el sentido de influencia-dependencia. La intensidad de la influencia por el color y la apariencia de la recta. Así las más fuertes influencias son rectas rojas, las relativamente fuertes son azules, las moderadas son también azules pero de menor grosor, las influencias débiles son negras, y las más débiles tienen líneas negras discontinuas.

Puede observarse que de las 7 variables inicialmente identificadas, ya hay 4 que despuntan: variables 1 y 6 como altamente dominantes y variables 4 y 5 como altamente dependientes.

Como los análisis estructurales se efectúan a partir de los resultados de multiplicar la matriz de influencias directas por sí misma, la representación gráfica de cada uno de estos resultados varía. El objetivo del análisis estructural es identificar variables clave que determinan el comportamiento del sistema en estudio y para ello es importante identificarlas correctamente. En el caso de estudio ya vimos que hay 4 variables que se manifiestan como las más influyentes o dependientes y habría que corroborarlo. Para ellos se determinan las influencias indirectas e indirectas potenciales.

Las influencias indirectas, son el resultado de multiplicar la matriz de influencias directas por sí misma, o lo que es lo mismo, elevarla al cuadrado. Las propiedades de la multiplicación matricial provocan desplazamientos en los valores de relación, inicialmente identificados por el grupo de trabajo. En la realidad, el significado del resultado obtenido es la influencia que una determinada variable tendría sobre otra, a condición que una tercera variable influyera sobre ella. Los resultados de la matriz de influencia indirectas se muestran en la siguiente gráfica.

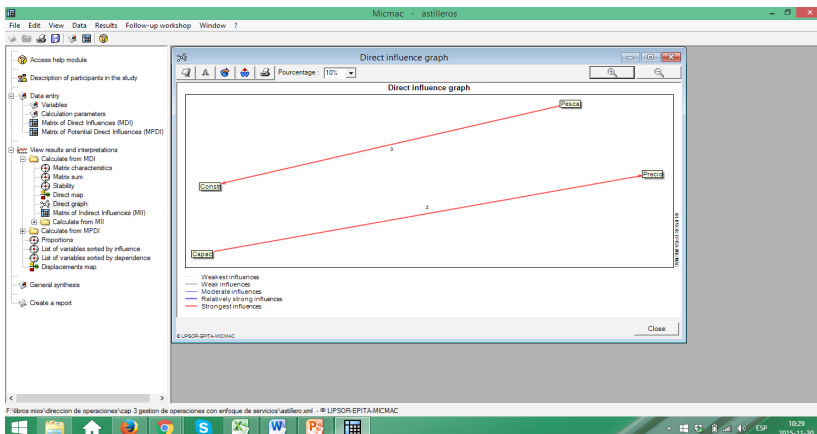


Figura 3.8. Gráfico de influencias directas del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en los últimos 10 años.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MICMAC.

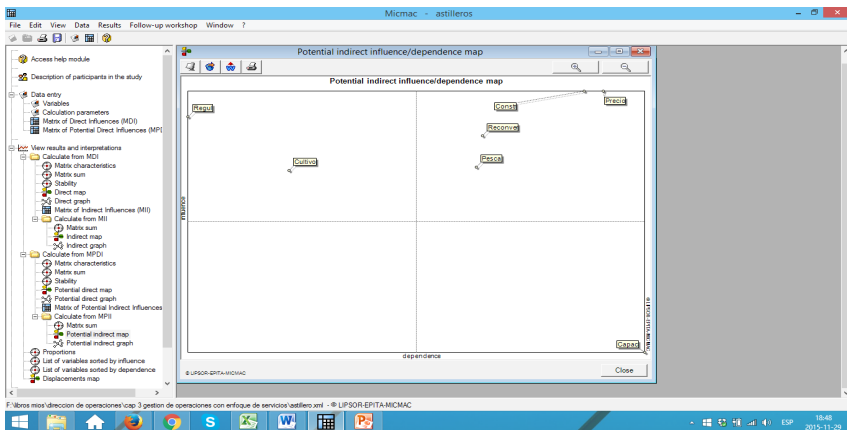


Figura 3.9. Captura de pantalla del plano de influencias y dependencias indirectas del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en los últimos 10 años.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MICMAC.

Puede observarse que ha ocurrido un desplazamiento de las variables X1- Pesca de camarón, X3- Construcción de barcos

camaroneros y X4-Reconversión de barcos camaroneros aumentando en los tres casos sus niveles de dominancia y su condición de variables de enlace del sistema en estudio.

Al elevar la matriz de influencias directas identificada por el grupo de trabajo a la tercera potencia - multiplicándola tres veces por sí misma- se obtiene la matriz de influencias indirectas potenciales. Los resultados gráficos, o en un mapa de influencias y dependencias indirectas potenciales, serían la conclusión definitiva de los análisis numéricos que sustentan el ejercicio de estimación cualitativa de la demanda que significa un análisis estructural, tal y como se presenta en la siguiente gráfica.

Hemos marcado con un círculo al grupo de variables de enlace más importantes y que serían propuestas al grupo de trabajo como variables clave del sistema. Ahora tocará valorar cualitativamente si son esas las variables que determinarán el comportamiento de los ingresos del astillero, y trazarse nuevas metas estratégicas con relación al comportamiento del mercado.

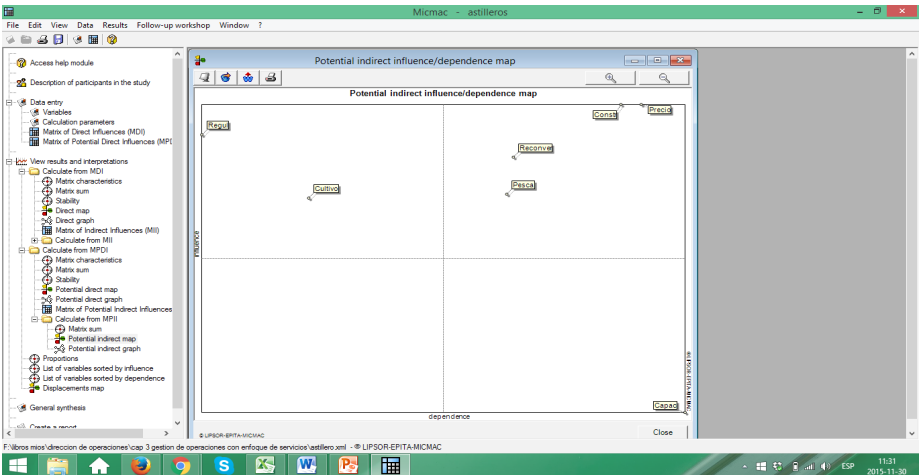


Figura 3.10. Captura de pantalla del plano de influencias-dependencias indirectas potenciales de la construcción de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en los últimos 10 años.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MICMAC.

### 3.3.3. Aspectos a considerar al utilizar el análisis estructural para las estimaciones cualitativas de demanda

No se puede esperar de un análisis estructural una estimación cuantitativa, porque es un método de estimación cualitativa. De un análisis estructural se obtienen tendencias, posibles comportamientos futuros del mercado, pero nunca valores.

El análisis estructural es un estimulador de la reflexión para el grupo de trabajo y lleva a identificar aspectos llamados por Godet, et al. (2007), “contra-intuitivos” del comportamiento de un sistema. Es preciso puntualizar que los métodos cuantitativos se basan en el comportamiento actual de un sistema para proyectar su comportamiento futuro, a diferencia de los cuantitativos –que veremos más adelante- que sustentan las estimaciones del comportamiento futuro sobre el estudio de los comportamientos pasados.

Como ya dijimos, el éxito del análisis estructural está en el atinado tratamiento de las variables que se identifiquen. Hacer una descripción concisa y exacta de la conceptualización de cada variable, propiciará que la cuantificación de sus relaciones con las otras se haga con mayor consenso. Justamente por ello se le llama análisis estructural, porque permite estructurar colectivamente una reflexión reduciendo las inevitables subjetividades. Los valores que se obtienen son solo el resultado de la percepción grupal de la realidad y lo que se busca es eso, no los valores en sí mismos.

Como todos los métodos cualitativos de estimación de la demanda, el análisis estructural es útil y verdadero cuando lo efectúan los mismos que tomarán las decisiones. Por ello subcontratarlo a actores externos no es recomendable, como tampoco lo es presionar en tiempo a los participantes en el análisis. Para proyectarse en el tiempo, es necesario tener tiempo.

### 3.3.4. Método de Escenarios

Los ejercicios grupales para la construcción de escenarios resultan una manera muy integradora de proyectar el comporta-

miento futuro de la demanda, y constituyen una acción indispensable para orientar las opciones estratégicas. El método de escenarios ayuda en la elección de la mejor estrategia que haya entre una determinada cantidad de posibilidades. Para ello, se exploran las vías que conducen a los escenarios para esclarecer la acción prospectiva e identificar los aspectos más importantes a estudiar colectivamente.

Generalmente, la construcción de escenarios futuros comienza con un análisis estructural que permita identificar las variables que caracterizan al sistema estudiado. Elegidas las variables clave, el grupo identificará a los actores fundamentales y los objetivos que cada uno de estos actores persigue en el sistema en cuestión.

Correspondería entonces, estudiar las relaciones que tienen los actores identificados entre sí y la posición que adoptan con relación a los objetivos que persiguen los otros actores del sistema. Este proceso analítico permite describir, en forma de escenarios, la evolución del sistema estudiado, teniendo en cuenta las posiciones más probables que adopten los actores con relación a los otros y sus objetivos y, a partir de juegos de hipótesis, hacer proyecciones sobre el comportamiento de las variables clave en el futuro.

Comparando los escenarios probables que se obtienen del análisis grupal de todas estas reflexiones, se pueden elegir opciones estratégicas en coherencia con el escenario deseado por el grupo que analiza el sistema empresarial. Con ello es posible adelantar respuestas estratégicas que se acomoden a los diferentes escenarios-probables y deseados por la empresa- con el fin de mantener los máximos niveles de libertad de actuación ante escenarios adversos que se puedan producir. Quiere decir que hay que describir el sistema objeto de estudio según el esquema que a continuación se muestra.



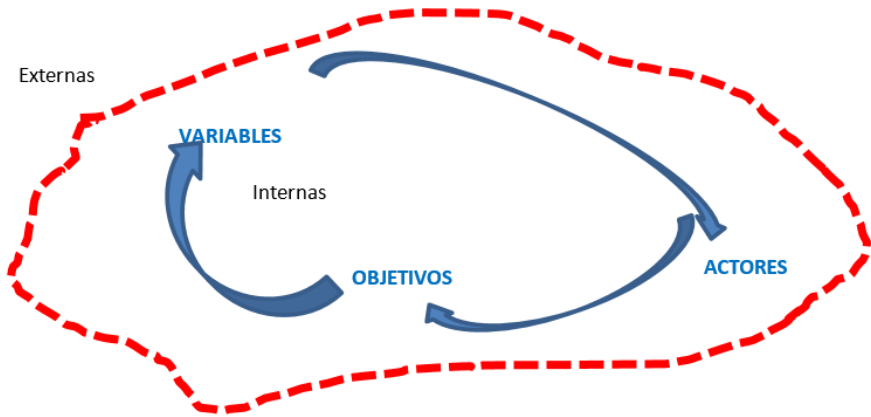


Figura 3.11. Representación de un sistema empresarial para aplicar el método de escenarios.

Fuente: Elaborada por los autores.

A partir de ello pueden identificarse varias fases en la construcción de escenarios, según se muestra en la siguiente tabla.

Ya explicamos que el análisis estructural es un método independiente, pero forma parte del de escenarios; así que seguiremos con el ejemplo utilizado anteriormente para facilitar la comprensión de este método.

### 3.3.5. Ejemplo de un análisis de juego de actores

Para la mejor comprensión del método de escenarios continuaremos con el ejemplo del astillero que se dedica a la construcción de barcos de pequeño y mediano porte para la pesca por arrastre de camarón. El análisis estructural permitió conocer que las variables clave de este sistema empresarial son:

- Demanda de camarones de pesca.
- Demanda de reconversiones.
- Demanda de construcciones tradicionales de barcos camaroneros.

Lo que indica que es el comportamiento de la actividad pesquera –del camarón en particular- y el de las solicitudes de servicios, tanto de construcción de nuevos barcos camaroneros, como de reconstrucciones de otros para convertirlos a barcos para el turismo o el ocio, las variables que determinan en el presente, cómo será el desempeño futuro del astillero.

Tabla 3.3. Fases del método de escenarios para la estimación cualitativa de la demanda.

Fase	Objetivo
Análisis estructural	Identificación de las variables clave que ponen en movimiento al sistema empresarial en estudio.
Análisis del juego de actores	<p>Descubrir cuáles son las relaciones de fuerza entre los actores implicados en la evolución de las variables-claves.</p> <p>Señalar las motivaciones de cada actor, sus limitaciones, proyectos y medios de acción.</p> <p>Comprender la estrategia de los actores presentes (alianzas y conflictos).</p> <p>Detectar los gérmenes del cambio o las fuerzas de inercia en la estrategia de los actores.</p> <p>Enunciar las cuestiones-clave del futuro.</p> <p>Analizar las grandes orientaciones posibles del sistema empresarial objeto de análisis.</p>
Apuestas a futuro	<p>Formulación de hipótesis sobre el comportamiento probable de las variables clave a partir de los resultados del análisis del juego de actores.</p> <p>Determinación de la probabilidad de ocurrencia –simple y condicional- de cada una de las hipótesis formuladas.</p> <p>Determinación de los escenarios probables.</p>
Construcción de escenarios futuros	<p>Contrastación de los escenarios probables obtenidos con el deseado por el sistema empresarial en estudio.</p> <p>Formulación de las acciones estratégicas correspondientes.</p>

Fuente: Elaborada por los autores.



Habría que investigar ahora, cuáles son los actores que conforman estas variables y cuáles objetivos rigen su comportamiento. Ese es el contenido de la fase de análisis del juego de actores que está dirigida a determinar los niveles de coherencia y cohesión de un sistema.

Se llama coherencia a la capacidad de adaptar las acciones propias a las características del entorno en que se está. Por tanto, un actor será coherente cuando cumple su misión sin incidir en el cumplimiento de las misiones de los actores que le rodean.

Cohesión, por su parte, es la capacidad de un actor de adaptar la consecución de sus objetivos a los objetivos generales del sistema en que se desenvuelve.

Parafraseando a los mosqueteros de Dumas, coherencia es todos para uno y cohesión es uno para todos.<sup>14</sup>

En esta fase participan, igualmente que en la anterior:

- Expertos del ramo.
- Directivos de la empresa.
- Clientes importantes de la actividad pesquera.
- Nuevos clientes.
- Autoridades marítimas.

Se pide inicialmente a los participantes listar los actores que determinan el comportamiento de estas variables y describirlos, usando la misma guía de considerar los componentes del entorno inmediato del astillero, constituido por:

- Clientes.
- Proveedores.
- La empresa.
- Organismos reguladores.
- Público en general.

Los resultados del ejercicio de trabajo grupal se muestran en la siguiente tabla.

---

<sup>14</sup> En la famosa novela “Los Tres Mosqueteros” de Alejandro Dumas (Francia, 1802 – 1870) el lema de los protagonistas era: uno para todos y todos para uno.



Tabla 3.4. Descripción de los actores con sus objetivos que pudieran determinar en el funcionamiento del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en el futuro.

<b>Actor</b>		<b>Descripción</b>
A1	Compradores de barcos camaroneros	Los que tradicionalmente se han dedicado a la pesca de camarón por arrastre.
A2	Compradores de otras embarcaciones que el astillero podría producir	Los que se dedican a otras actividades relacionadas con el mar que necesitan embarcaciones de mediano y pequeño porte.
A3	Contratistas de obras marítimas	Los que se dedican a hacer construcciones costeras de apoyo a la navegación, la pesca, el turismo u otras afines.
A4	Emprendedores vinculados a la actividad turística	Los que suministran servicios turísticos específicos o de transporte marítimo.
A5	Clientes para servicios	Que pudieran solicitar servicios de diagnóstico y defectación de casco, aforos, reparación y afines.
A6	Proveedores	Que suministran los materiales y componentes que el astillero precisa para funcionar.
A7	Astillero	Que construye, repara o adapta embarcaciones según se le solicite.
A8	Trabajadores	Que ejecutan los procesos de construcción, reparación o adaptación de las embarcaciones según se les oriente por la empresa.
A9	Autoridades de la actividad marítima	Que controlan el cumplimiento de las regulaciones de seguridad para la navegación.
A10	Autoridades de protección del medio ambiente	Que controlan el cumplimiento de las regulaciones que garantizan la protección del medio ambiente.
A11	Agentes de la opinión pública	Que estimulan positiva o negativamente, según sea el caso, la actitud social hacia la empresa, sus directivos, sus trabajadores y los productos y servicios que facilitan.

Fuente: Elaborada por los autores.

A partir de los actores identificados y descritos inicialmente, el grupo de trabajo elaboró una matriz de influencias directas para medir sus relaciones de fuerza y así lograr identificar cuáles son los actores dominantes del sistema en estudio.

Las relaciones de fuerza entre actores se miden de la siguiente manera:

- 0-el actor i no influye sobre el actor j
- 1-el actor i influye sobre el ámbito de actuación del actor j
- 2 - el actor i influye sobre los proyectos futuros del actor j
- 3 - el actor i influye sobre la misión del actor j
- 4 - el actor i influye sobre la existencia del actor j

Los resultados de este análisis del grupo de trabajo se procesaron con ayuda del programa MACTOR (Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation, 2015) y se muestran a continuación.

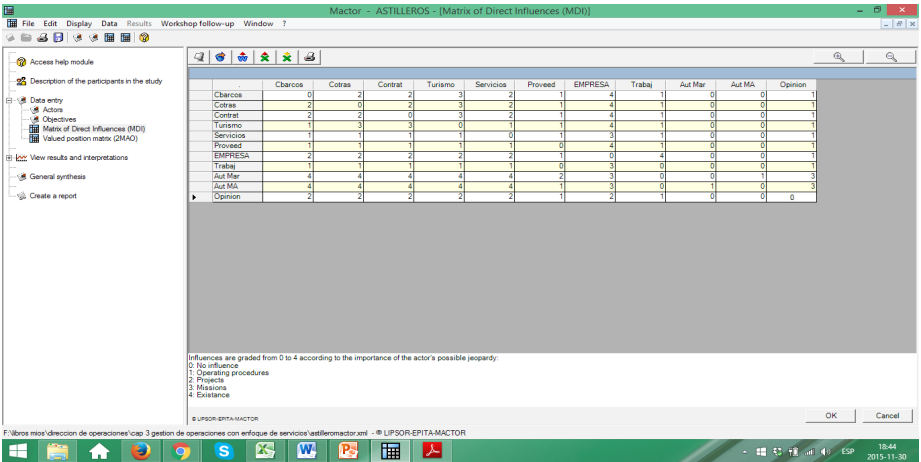


Figura 3.12. Captura de pantalla de la matriz de influencias directas entre los actores que pudieran determinar en el funcionamiento del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en el futuro.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MACTOR.

La matriz de influencias directas entre actores permite determinar el grado de coherencia que existe entre los actores a partir de la estimación de la influencia de unos con otros. Con ella pueden encontrarse los actores que dominan el sistema y analizar sus objetivos con relación a la empresa en estudio.

En el análisis de juego de actores, la coherencia del sistema en estudio se determina con los niveles de dominancia y dependencia. Los resultados de este análisis se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.5. Resultados de la matriz de influencias directas entre los actores del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en el futuro.

	BAR	OTR	CTR	TUR	SER	PRV	EMP	TRA	MAR	MA	OPI	DOMI- NANCIA
Const barcos	0	2	2	3	2	1	4	1	0	0	1	16
Const otras	2	0	2	3	2	1	4	1	0	0	1	16
Contratistas	2	2	0	3	2	1	4	1	0	0	1	16
Turismo	1	3	3	0	1	1	4	1	0	0	1	15
Servicio	1	1	1	1	0	1	3	1	0	0	1	10
Proveedores	1	1	1	1	1	0	4	1	0	0	1	11
EMPRESA	2	2	2	2	2	1	0	4	0	0	1	16
Trabajadores	1	1	1	1	1	0	3	0	0	1	3	12
Aut Marítimas	4	4	4	4	4	2	3	0	0	1	3	29
Aut MA	4	4	4	4	4	1	3	0	1	0	3	28
Op. Pública	2	2	2	2	2	1	2	1	0	0	0	14
DEPENDENCIA	20	22	22	24	21	10	34	11	1	2	16	183

Fuente: Elaborada por los autores, exportando los resultados obtenidos con LIPSOR. EPITA-MACTOR a Microsoft Excel 2010.

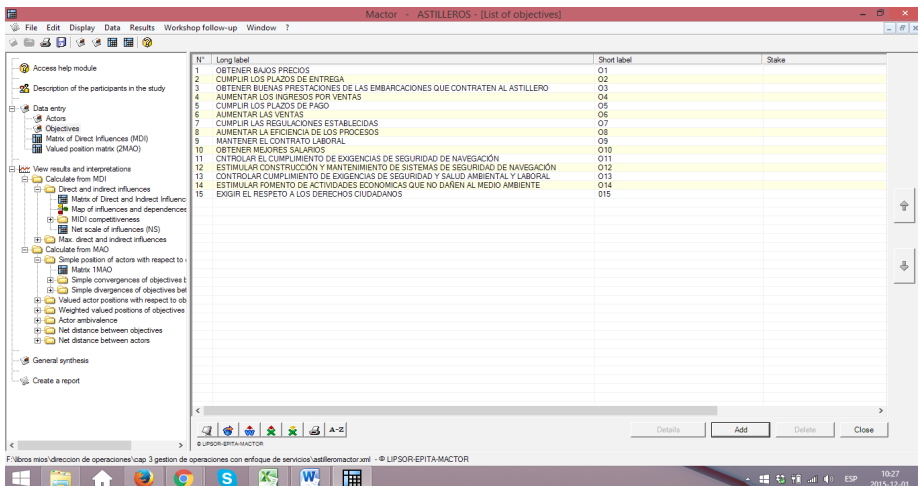


Figura 3.13. Captura de pantalla de los objetivos de los actores del sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en el futuro.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando LIPSOR. EPITA-MACTOR.

Identificados los objetivos del sistema, y conocidas las relaciones de dominancia y dependencia entre los actores, toca evaluar la posición de los actores con cada uno de los objetivos del resto. Los criterios de valoración son los siguientes:

0-el objetivo  $i$  tiene poca influencia en el desempeño del actor  $j$

1-el objetivo  $i$  afecta los procedimientos de operación del actor  $j$  o es vital para ejecutarlos

2 - el objetivo  $i$  afecta los proyectos del actor  $j$  o es vital para lograrlos

3 - el objetivo  $i$  afecta la misión del actor  $j$  o es vital para lograrla

4 - el objetivo  $i$  afecta la existencia del actor  $j$  o es indispensable para su existencia

Los resultados de la valoración de los expertos se conforman en una matriz de actores-objetivos que se muestran en la siguiente tabla.

Hemos ordenado de mayor a menor los resultados de la cohesión del sistema con relación a la posición de los actores con los objetivos y se observa:

- Que los objetivos que mayor apoyo del sistema reciben son los referidos al fomento de actividades económicas amigables con el medio ambiente y la exigencia de seguridad en la navegación.
- Que es el astillero y sus clientes directos los que mayor influencia reciben de los objetivos del sistema en su conjunto.

Tabla 3.6. Resultados de la matriz de actores - objetivos para el sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte en el futuro.

DENOMINACIÓN	OBJETIVOS	ACTORES											COHESIÓN
		Cbarcos	Cotras	Contrat	Turismo	Servicio	Proveed	EMPRESA	Trabaj	Aut Mar	Aut MA	Opinión	
O14	Estimular el fomento de actividades económicas que no dañen al medio ambiente	3	3	3	4	2	2	3	1	3	4	1	29
O11	Controlar el cumplimiento de exigencias de seguridad de navegación	3	3	3	3	3	1	3	1	4	3	1	28
O3	Obtener buenas prestaciones de las embarcaciones que contraten al astillero	3	3	3	3	3	0	4	1	1	1	1	23

O12	Estimular construcción y mantenimiento de sistemas de seguridad de navegación	1	1	4	3	1	2	2	1	4	3	1	23
O13	Controlar el cumplimiento de exigencias de seguridad y salud ambiental y laboral	1	1	1	2	2	2	3	3	3	4	1	23
O2	Cumplir los plazos de entrega	3	3	3	3	3	3	3	1	0	0	0	22
O7	Cumplir las regulaciones establecidas	2	2	2	2	1	0	3	1	4	4	1	22
O1	Obtener bajos precios	3	3	3	3	3	3	3	0	0	0	0	21
O6	Aumentar las ventas	3	3	3	3	1	3	3	1	0	0	0	20
O9	Mantener el contrato laboral	1	1	1	1	1	2	3	4	1	1	1	17
O4	Aumentar los ingresos por ventas	2	2	2	2	2	3	3	0	0	0	0	16
O15	Exigir el respeto a los derechos ciudadanos	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4	14
O5	Cumplir los plazos de pago	1	1	1	1	1	3	3	0	0	0	0	11
O10	Obtener mejores salarios	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	6
O8	Aumentar la eficiencia de los procesos	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4
	INFLUENCIA DEL ACTOR EN EL SISTEMA	27	27	30	31	24	25	43	19	21	21	11	

Fuente: Elaborada por los autores, exportando los resultados obtenidos con LIPSOR. EPITA-MACTOR a Microsoft Excel 2010.

Lo que indica que el próximo paso de la construcción del escenario del astillero debe concentrarse en reorientar su surtido de producciones y servicios hacia:

- Servicio a instalaciones de camaronicultura.

- Instalaciones para la seguridad marítima.
- Construcciones marítimo-portuarias y similares.
- Servicios de diagnóstico, defectación y mantenimiento a embarcaciones.
- Construcción de embarcaciones para el apoyo a la seguridad marítima.
- Construcción de embarcaciones para el transporte y el ocio.
- Reducción paulatina de la construcción de embarcaciones para la pesca por arrastre del camarón.

### 3.3.6 Ejemplo de formulación de apuestas a futuro

El próximo paso será la construcción de apuestas a futuro, con el apoyo de los resultados obtenidos en el análisis de juego de actores. Para ello se usan también matrices de impactos cruzados. Se determinan las probabilidades simples de cumplimiento de un conjunto de 6 hipótesis sobre el comportamiento futuro de una variable clave -identificada en el análisis estructural- y las probabilidades de cumplimiento de las mismas hipótesis, condicionadas por el cumplimiento o no de hipótesis alternativas.

Al aplicar este método se identifican los escenarios más probables, a través de la exclusión de hipótesis poco probables.

Para hacer las apuestas a futuro, el grupo de trabajo formula colectivamente 6 hipótesis sobre el comportamiento futuro de las variables clave del sistema en estudio –teniendo en consideración la influencia que tendrán sobre ella los actores dominantes y dependientes identificados. Por ello es tan importante que cada paso del proceso de construcción de escenarios tenga conclusiones definidas, para evitar rodeos innecesarios.

La primera sesión de trabajo está dedicada a la formulación de hipótesis a manera de apuestas. Dando continuidad al ejemplo que hemos venido analizando, referido a un astillero que se dedica a la construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte, las hipótesis formuladas por el grupo de trabajo fueron:



1. Disminución de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones camaroneras.
2. Aumento de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones para fines diferentes a la pesca del camarón.
3. Aumento de las solicitudes de servicios de diagnóstico, defectación y mantenimiento a embarcaciones e instalaciones marítimas.
4. Aumento de las exigencias de protección ambiental.
5. Aumento de la piscicultura y afines.
6. Aumento de la actividad turística.

El grupo de trabajo dedica una sesión a la determinación consensual de las probabilidades simples y condicionales de cumplimiento de cada una de las hipótesis.

Con las primeras se conforma un vector de probabilidades simples que expresa en qué medida los expertos consideran que se cumplirá cada una de las hipótesis formuladas. Según se muestra en la siguiente tabla.

Con las probabilidades condicionales se conforma una matriz donde cada una de los valores muestra la probabilidad de cumplimiento de una hipótesis a condición de que no se cumpla la alternativa, según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.7. Hipótesis formulada por el grupo de trabajo sobre el comportamiento futuro de un sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte y su probabilidad simple de cumplimiento.

Denominación	Probabilidad simple
H1 - Disminución de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones camaroneras	0,2
H2 - Aumento de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones para fines diferentes a la pesca del camarón	0,6



H3 - Aumento de las solicitudes de servicios de diagnóstico, defectación y mantenimiento a embarcaciones e instalaciones marítimas	0,7
H4 - Aumento de las exigencias de protección ambiental	0,5
H5 - Aumento de la piscicultura y afines	0,4
H6 - Aumento de la actividad turística	0,8

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 3.8. Hipótesis formulada por el grupo de trabajo sobre el comportamiento futuro de un sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte y su probabilidad condicional de cumplimiento.

Denominación	H1	H2	H3	H4	H5	H6
H1 - Disminución de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones camaroneras	0	0,70	0,60	0,70	0,70	0,80
H2 - Aumento de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones para fines diferentes a la pesca del camarón	0,60	0	0,40	0,60	0,80	0,70
H3 - Aumento de las solicitudes de servicios de diagnóstico, defectación y mantenimiento a embarcaciones e instalaciones marítimas	0,70	0,40	0	0,70	0,60	0,70
H4 - Aumento de las exigencias de protección ambiental	0,80	0,40	0,30	0	0,70	0,60
H5 - Aumento de la piscicultura y afines	0,40	0,40	0,90	0,40	0	0,40
H6 - Aumento de la actividad turística	0,70	0,90	0,50	0,90	0,60	0

Fuente: Elaborada por los autores.



Estos datos se procesaron usando el paquete de programas SMIC (Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation, 2015) que proporciona una lista descendente de escenarios probables según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.9. Escenarios más probables para el comportamiento futuro de un sistema de construcción y reparación de barcos camaroneros de mediano y pequeño porte.

Escenario	Probabilidad	Descripción
111011	0,296	Disminuyen las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones camaroneras, aumentan de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones para fines diferentes a la pesca del camarón, así como las solicitudes de servicios de diagnóstico, defectación y mantenimiento a embarcaciones e instalaciones marítimas. Se mantienen las exigencias vigentes de protección ambiental. Aumentan la piscicultura y actividades económicas afines a ella y la actividad turística.
100101	0,206	Disminuyen las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones camaroneras, las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones para fines diferentes a la pesca del camarón, así como las solicitudes de servicios de diagnóstico, defectación y mantenimiento a embarcaciones e instalaciones marítimas. Aumentan las exigencias vigentes para la protección ambiental. Disminuyen la piscicultura y actividades afines pero aumenta la actividad turística.
110000	0,144	Disminuyen las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones camaroneras, aumentan de las solicitudes de servicios de construcción y reparación de embarcaciones para fines diferentes a la pesca del camarón. No aumentan las solicitudes de servicios de diagnóstico, defectación y mantenimiento a embarcaciones e instalaciones marítimas. Se mantienen las exigencias vigentes de protección ambiental y disminuyen la piscicultura y actividades económicas afines a ella y la actividad turística.

Fuente: Elaborada por los autores, exportando los resultados obtenidos con LIPSOR. EPITA-SMIC PROB EXPERT a Microsoft Excel 2010.

Los escenarios se conforman según el resultado de la combinación de 0 y 1 que resulta del programa SMIC PROB EXPERT. Los 0 significan que la hipótesis correspondiente no se cumplirá y los 1 que si se cumplirá. El valor correspondiente a cada combinación, expresa la probabilidad total de que ese escenario sea el futuro. Por ejemplo, en la Tabla 3.9 se muestran los escenarios más probables del caso en estudio. El escenario más probable, con un valor de 29,6% de probabilidad es el 111011, que significa que todas las hipótesis se cumplirán a excepción de la H-4. Generalmente, son los primeros 5 escenarios los que pueden servir de base para conformar el escenario deseado a partir de los probables.

### 3.4. Modelos Cuantitativos de Predicción

Los métodos cuantitativos de predicción emplean los modelos matemáticos y los datos históricos para predecir la demanda. A diferencia de los cualitativos, su enfoque es perspectivo porque utilizan la información de lo ocurrido en el pasado para predecir el futuro.

Los modelos cuantitativos de demanda se basan en las series de tiempo y representan gráficamente los comportamientos de una variable en una escala de tiempo descubrir patrones consistentes. Una serie de tiempo es una secuencia de observaciones cronológicamente definidas, que se toman a intervalos regulares para una variable particular.

La desventaja fundamental de los modelos de series de tiempo consiste en exigir una recopilación regular de los datos. A su vez, esos datos pueden utilizarse para muchos análisis y actualizarse con relativa facilidad.

Las series de tiempo adoptan una forma multiplicativa donde la variable de demanda que se desee analizar está conformada por el producto de la tendencia de la variable en estudio, su comportamiento estacional, la amplitud del ciclo de variación estacional y un componente de error aleatorio, como se muestra a continuación.

$$A_t = T_t * S_t * C_t * E_t$$

Donde,

At-demanda real en el período  $t$

Tt-componente de tendencia para el período  $t$

St-componente de temporada para el período  $t$

Ct-componente de ciclo para el período  $t$

Et-componente aleatorio o error para el período  $t$

Las tendencias son crecientes o decrecientes y no necesariamente tienen que ser lineales. Pueden ser exponenciales o logarítmicas, aunque generalmente se trata de ajustar los datos a funciones lineales.

El segundo elemento es el llamado factor de temporada. Cuando una variable de demanda cambia establemente su tendencia, se dice que la demanda tiene comportamiento estacional. Cuando se analiza una serie de tiempo puede identificarse cualquier tendencia de temporada o factores cíclicos que influyan en la variable de observación. Esto capacita a los pronosticadores para predecir los valores futuros de las variables con más precisión. Las tendencias reflejan los cambios de tecnología, estándares de vida, índices de población, etc. mientras que las variaciones estacionales muestran el comportamiento de la tendencia.

La estacionalidad responde a un ciclo que puede extenderse más o menos en el tiempo. Las variaciones de temporada pueden corresponder a estaciones del año, días festivos, horas del día, etc. Una temporada es una variación que se repite a intervalos fijos. Puede durar un año, meses u horas. Los patrones de temporada pueden motivarse por muchos factores: clima, horas de trabajo, políticas de empresa, etc. esas alzas o bajas se representan en variaciones cíclicas.

Si observamos, por ejemplo, el comportamiento de la demanda de artículos para la navidad, veremos que tiene un comportamiento estacional o cíclico y que comienza a manifestarse ligeramente en el mes de octubre, crece en noviembre, alcanza su máximo valor en las dos primeras semanas de diciembre,

y baja abruptamente en la segunda mitad de diciembre, para mantenerse casi en 0 en el resto del año. Aquí tenemos un ciclo estacional que tiene una amplitud de tres meses, si nuestra escala temporal es mensual, y de un trimestre si lo fuera trimestral.

Por último está el componente de error aleatorio que muestran siempre las series de tiempo. Se refieren a las diferencias que existen entre la tendencia y el dato específico. Es un error aleatorio, por ejemplo, que un valor que debería ser mayor que el anterior, porque la tendencia es creciente, sea menor.

Cuando se realizan pronósticos utilizando las series de tiempo deben considerarse las necesidades específicas de quienes la utilizan, los datos disponibles y las características del producto/servicios cuya demanda se planifica, pues estos aspectos pueden contribuir a prever de antemano los errores de estimación.

### 3.4.1. Proyecciones de tendencia

Proyectar la tendencia de una serie de tiempo es definir la función que permita calcular los valores de la demanda en períodos futuros. Para ello, se representan gráficamente los datos. El eje de las ordenadas será siempre la escala de tiempo elegida, y el eje de las abscisas los valores de la demanda.

La línea de tendencia que se busca es del tipo

$$F_t = a + b_t$$

Donde,

$F_t$ -valor de la demanda en el período t

a-valor donde la función intercepta el eje de las ordenadas

b-pendiente de la función de proyección de tendencia

t-períodos de tiempo.

### 3.4.2. Proyección de tendencia simple

La proyección de tendencia simple se basa en la regresión simple entre los valores de la serie temporal y los intervalos de tiem-



po elegidos. Representando gráficamente los datos de una serie temporal es posible obtener la línea de tendencia con relativa sencillez. Veamos un ejemplo.

La siguiente tabla muestra el comportamiento de la demanda anual de una familia de productos durante 5 años que serviría de base para estimar cuál será la demanda de estos productos en el año 7 de la serie cronológica disponible.

Tabla 3.10. Comportamiento de la demanda de una familia de productos durante 5 años.

Años	Demanda anual
1	\$ 10.626,00
2	\$ 16.824,50
3	\$ 20.447,00
4	\$ 24.874,50
5	\$ 30.268,00

Fuente: Elaborada por los autores.

Se buscaría la línea de tendencia que mejor se ajusta para la demanda en esos 5 años. Para ello se representa gráficamente la serie temporal en un tabulador y se busca la línea de tendencia, o se utiliza cualquier procesador estadístico, como se muestra a continuación.

Ya tenemos la función del tipo  $F_t = a + b_t$  que es  **$F_t = 6.407,8 + 4.733,4 t$** . El valor de  $R^2$  de  $0,99_t$  nos está indicando que la correlación entre las variables tiempo y demanda es muy alta, por lo que la función que hemos obtenido es consistente para hacer pronósticos.

¿Cuál sería entonces la demanda en el año 7?

Tendríamos que sustituir en la función el valor  $t$  y obtendríamos:

$$F_7 = 6.407,8 + 4.733,4 (7)$$

$$\underline{E_7 = \$39.541,60}$$

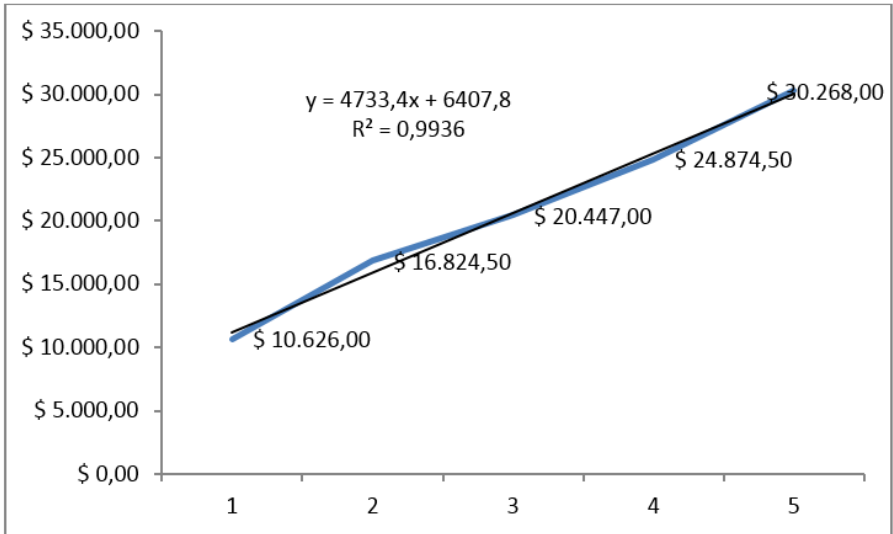


Figura 3.14. Representación gráfica del comportamiento de la demanda de una familia de productos durante 5 años.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando Microsoft Excel 2010.

En las proyecciones de tendencia no es recomendable proyectarse a muy largo plazo, porque el error aleatorio crece muy rápidamente y los resultados no son muy confiables. La línea de tendencia obtenida de una serie temporal de 10 datos con un  $R^2 > 0,8$  nos permitirá estimaciones confiables hasta el valor de  $F_{15}$ , aproximadamente, pero ya los restantes resultados serían inciertos.

Las proyecciones de tendencia pueden ser utilizadas para hacer comparaciones que permitan predecir si un suministrador estará en condiciones de satisfacer nuestras necesidades futuras, o si determinadas expectativas serán cumplidas. Para ello veamos un ejemplo real.

### 3.4.3. Ejemplo de comparación de pronósticos para la toma de decisiones estratégicas

Según la Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua (ESPAC) del Instituto Nacional de Estadística y Censos, hasta el año 2014 la producción de banano y plátanos de

las principales provincias productoras del ramo en el Ecuador, se comportaban como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.11. Producción física de banano y plátanos en Ecuador (t).

	<b>LOS RÍOS</b>	<b>EL ORO</b>	<b>GUAYAS</b>	<b>NACIONAL</b>
<b>2010</b>	3.744.580	1.861.660	1.554.660	7.160.900
<b>2011</b>	3.887.130	1.892.650	1.719.360	7.499.140
<b>2013</b>	3.670.050	2.443.670	1.692.680	7.806.400
<b>2014</b>	3.753.720	3.269.900	1.585.130	8.608.750

Fuente: República del Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos (2012).

La misma fuente plantea que las exportaciones ecuatorianas de banano y plátanos se comportaron entre el 2008 y el 2014 como sigue.

Tabla 3.12. Exportaciones ecuatorianas de banano y plátano de Ecuador (t).

<b>Año</b>	<b>Volumen en TM</b>
<b>2008</b>	5.288.865
<b>2009</b>	5.360.486
<b>2010</b>	5.828.696
<b>2012</b>	6.156.475
<b>2013</b>	6.668.879
<b>2014</b>	7.196.065

Fuente: República del Ecuador. Instituto de Promoción de Exportaciones e Inversiones (2013).

¿Logrará la producción bananera esperada de Ecuador en 2016 satisfacer la demanda esperada para la exportación en dicho año?

Para responder esta pregunta habrá que aplicar la proyección de tendencia simple para pronosticar el comportamiento de producción bananera y demanda de banano para la exportación.

Con la línea de tendencia –obtenida de la serie cronológica de cuatro datos, hasta el 2014- que muestra una  $R^2 > 0,8$ , podemos



realizar un pronóstico confiable de cómo deberá ser la producción bananera ecuatoriana en 2016, como sigue,

$$F_6 = 7.000.000,00 + 465.081,00 (6) = \underline{9.790.486,00 t}$$

Veamos ahora si este valor cubre las demandas para la exportación usando para ello los datos de las exportaciones.

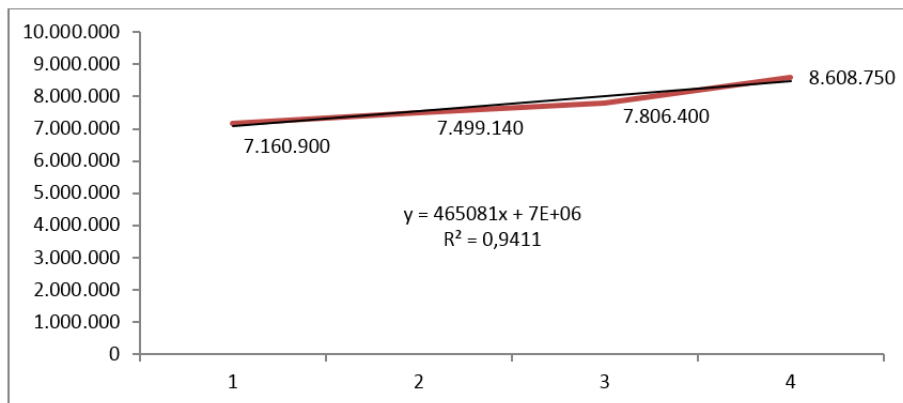


Figura 3.15. Comportamiento anual de la producción bananera ecuatoriana (t) y línea de tendencia.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando Microsoft Excel 2010.

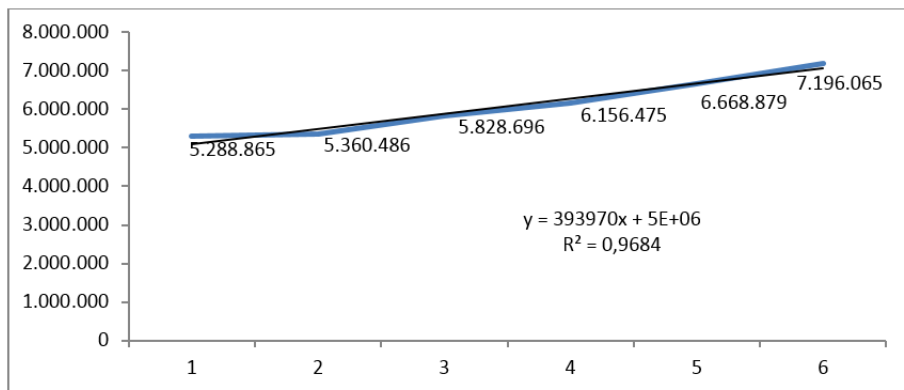


Figura 3.16. Comportamiento anual de las exportaciones bananeras ecuatorianas (t) y línea de tendencia.

Fuente: Elaborada por los autores, utilizando Microsoft Excel 2010.

Como esta línea de tendencia también ofrecerá pronósticos confiables podemos estimar la producción del 2016 con 6 datos disponibles hasta el 2014, sería:

$$F_8 = 5.000.000,00 + 393.970,00 (8) = \underline{10.751.760,00 \text{ t}}$$

Lo que indica que la producción bananera, según la información disponible, no logrará satisfacer la demanda para la exportación.

#### 3.4.4. Proyecciones de Temporada

En el epígrafe 3.4.1 explicábamos que la demanda no siempre mantiene una misma monotonía. Hay factores económicos, socioculturales o climatológicos que provocan variaciones en los niveles de demanda a lo largo del tiempo. A esto lo llamamos estacionalidad. Insistimos que hay que definirla así, cuando el comportamiento se repite establemente en muchos períodos de tiempo similares. Si no se repite establemente, no se trata de un comportamiento estacional de la demanda, sino de una variación aleatoria.

Para comprender cómo se logra estabilizar la monotonía de una función de demanda estacional, veremos algunos ejemplos.

##### Ejemplo No. 1

Una ciudad tiene 427.823 habitantes que consumen un promedio de 1.282 kWh al año per cápita de electricidad, según datos del Banco Mundial (2015).

A continuación se muestra una tabla del comportamiento diario medio de los consumos horarios totales de la ciudad en los años 2013 -2015, distribuidos por horas del día con los que se estimarán los consumos para el año 2016.

Lo primero que haremos es ver la forma que adopta esta serie cronológica en una gráfica.

Tabla 3.13. Comportamiento promedio de la demanda de electricidad de una ciudad durante el día.

	<b>2013 Con- sumo kWh</b>	<b>Prome- dio</b>	<b>2014 Con- sumo kWh</b>	<b>Prome- dio</b>	<b>2015 Con- sumo kWh</b>	<b>Prome- dio</b>
1:00 AM	42.782	Prome- dio madru- gada 55.082	47.061	Prome- dio madru- gada 79.736	42.782	Prome- dio madru- gada 78.612
2:00 AM	42.782		47.061		42.782	
3:00 AM	42.782		51.767		47.061	
4:00 AM	62.782		68.452		64.173	
5:00 AM	51.339		89.843		89.843	
6:00 AM	64.173		98.399		98.399	
7:00 AM	68.452		106.956		111.234	
8:00 AM	85.565		128.347		132.625	
9:00 AM	94.121	Prome- dio Mañana 157.225	171.129	Prome- dio Mañana 265.785	175.407	Prome- dio Mañana 271.668
10:00 AM	102.678		188.242		192.520	
11:00 AM	119.790		218.190		222.468	
12:00 PM	154.016		226.746		231.024	
1:00 PM	171.129		252.416		256.694	
2:00 PM	179.686		346.537		355.093	
3:00 PM	213.912		355.093		363.650	
4:00 PM	222.468		367.928		376.484	
5:00 PM	239.581	Prome- dio prima 294.663	290.920	Prome- dio prima 312.846	295.198	Prome- dio prima 318.193
6:00 PM	333.702		299.476		303.754	
7:00 PM	346.537		385.041		393.597	
8:00 PM	359.371		389.319		397.875	
9:00 PM	299.476		290.920		295.198	
10:00 PM	303.754		299.476		303.754	
11:00 PM	260.972		290.920		295.198	
12:00 AM	213.912		256.694		260.972	

Fuente: Elaborada por los autores, según datos del Banco Mundial (2015).

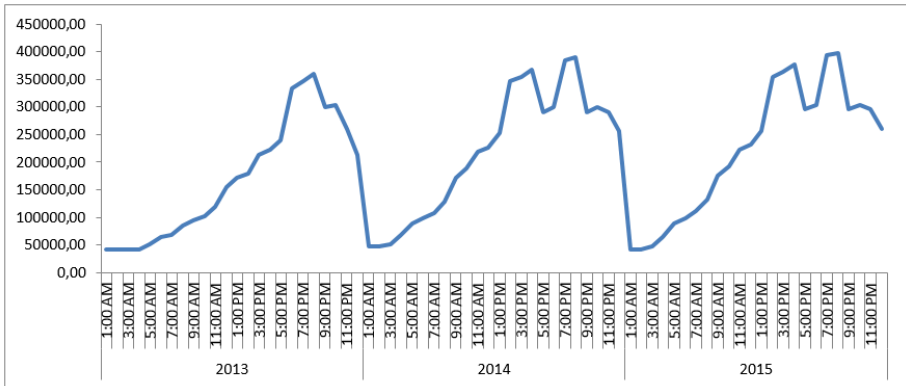


Figura 3.17. Representación gráfica del comportamiento de la demanda promedio de electricidad de una ciudad durante el día.

Fuente: Elaborada por los autores, según datos del Banco Mundial (2015).

Puede observarse que hay un comportamiento cíclico que se repite cada día y que coincide con los ciclos típicos de consumo diarios. Así se considera como Madrugada al intervalo que va de las 00:00 h a las 08:00 h, Mañana al que va de 09:00 h a 15:00 h y Prima Noche, o sencillamente Prima, al intervalo de 16:00 h al término del día.

Pero necesitamos una función de demanda del tipo  $F_t = a + bt$ , que nos permita proyectar la demanda del 2016 y ello requiere que la serie cronológica tenga una sola monotonía. Para lograrlo seguiremos los siguientes pasos:

1. Identificar los ciclos de temporada.
2. Calcular los promedios de demanda en cada período.
3. Calcular los coeficientes de destemporalización correspondientes a cada ciclo.
4. Ajustar los valores de la serie cronológica con los coeficientes de destemporalización.

5. Determinar la línea de tendencia de la nueva serie de datos obtenida,
6. Calcular los valores a pronosticar.
7. Convertir los valores obtenidos a los pronósticos esperados.

**Paso No. 1.** Identificar los ciclos de temporada

Para ello asumiremos los ciclos convencionales que se usan en la generación y distribución eléctrica Madrugada, Mañana y Prima. Por lo que trabajaremos con los consumos totales en cada uno de esos ciclos, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 3.14. Comportamiento promedio de la demanda de electricidad de una ciudad durante el día según los ciclos convencionales de Madrugada, Mañana y Prima Noche.

Año	Ciclo	Consumo kWh del ciclo	Consumo horario promedio del año
2013	Madrugada	460.657	1.358.587
	Mañana	1.257.800	
	Prima	2.357.305	
2014	Madrugada	637.886	1.755.644
	Mañana	2.126.281	
	Prima	2.502.766	
2015	Madrugada	628.899	1.782.595
	Mañana	2.173.340	
	Prima	2.545.546	

Fuente: Elaborada por los autores.

**Paso No. 2.** Calcular los promedios de cada período.

Los promedios de cada período se calculan para poder calcular los coeficientes de destemporalización. En el caso de estudio aparecen en la Tabla 3.14.

**Paso No. 3.** Calcular los coeficientes de destemporalización correspondientes a cada ciclo.

Un coeficiente de destemporalización es el promedio de la sumatoria de los pesos relativos que tiene cada valor a calcular en el promedio del ciclo previamente definido. Su fórmula de cálculo sería:

$$SI_q = \frac{\sum_{j=1}^m \frac{D_{qj}}{D_j}}{m}$$

Donde,

Slq-factor promedio de temporada para el ciclo q

Dqj-demanda real para el ciclo q en el período j

Dj-promedio de demanda del ciclo en el período j

m-número de períodos

Para calcular, por ejemplo, el coeficiente de destemporalización del ciclo de la madrugada, sería:

$$SI_{MADRUGADA} = \frac{\frac{460.657,00}{1.358.587,33} + \frac{637.886,00}{1.755.644,33} + \frac{628.899,00}{1.782.595,00}}{3} = \dots = \underline{\underline{0,35}}$$

Los resultados de los cálculos de los coeficientes de destemporalización para este caso de estudio, se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 3.15. Coeficientes de destemporalización para el pronóstico de la demanda de electricidad de una ciudad durante el día.

Ciclo	Coeficiente de destemporalización
Madrugada	0,35
Mañana	1,12
Prima	1,53

Fuente: Elaborada por los autores.

**Paso No. 4.** Ajustar los valores de la serie cronológica con los coeficientes de destemporalización.

Correspondería entonces ajustar los datos de la serie cronológica de demanda de electricidad por las horas del día según los coeficientes de destemporalización calculados. Para ello se divide cada uno de los valores por el correspondiente coeficiente de destemporalización, como se muestra a continuación.

Hemos sombreado los valores que constituirán datos para buscar la línea de tendencia de forma gráfica, con ayuda del Excel 2010.

**Paso No. 5.** Determinar la línea de tendencia de la nueva serie de datos obtenida

Los valores obtenidos de la división de los consumos por ciclo y los coeficientes de destemporalización correspondientes se representan de manera gráfica y se tratan con un tabulador o un procesador estadístico.

A continuación mostramos la representación gráfica de estos valores usando el tabulador Excel 2010.

Tabla 3.16. Ajuste de los datos de la serie cronológica para el pronóstico de la demanda de electricidad de una ciudad durante el día.

Año	Ciclo	Consumo promedio anual del ciclo (kWh)	Coefficiente de destemporalización	D e m a n - da ajustada (kWh)
2013	Madrugada	460.657	0,35	1.316.162
	Mañana	1.257.800	1,12	1.123.035
	Prima	2.357.305	1,53	1.540.722
2014	Madrugada	637.886	0,35	1.822.531
	Mañana	2.126.281	1,12	1.898.465
	Prima	2.502.766	1,53	1.635.794

<b>2015</b>	Madrugada	628.899	0,35	1.796.854
	Mañana	2.173.340	1,12	1.940.482
	Prima	2.545.546	1,53	1.663.755

Fuente: Elaborada por los autores.

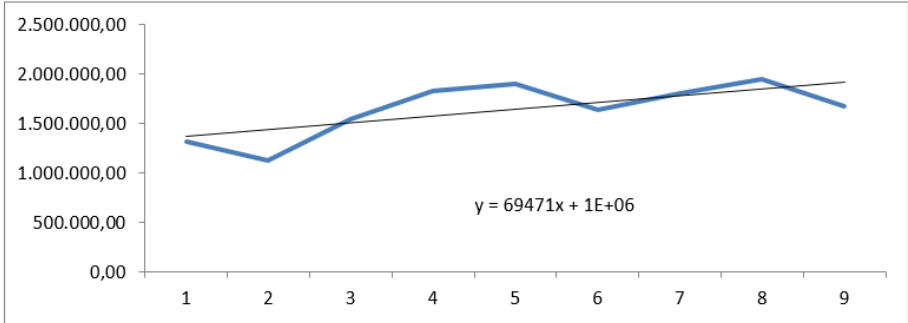


Figura 3.18. Representación gráfica y línea de tendencia de la serie destemporalizada para el pronóstico del 2016 del comportamiento de la demanda promedio de electricidad de una ciudad durante el día.

Fuente: Elaborada por los autores.

**Paso No. 6.** Calcular los valores a pronosticar

Como tenemos datos de tres ciclos en tres años, los valores a calcular corresponderían a  $t= 10; 11; 12$  por lo que restaría sustituir en la función  $F_t = a +bt$ , como se muestra.

$$F_{10} = 1.000.000 + 69.471 (10) = 1.694.710$$

$$F_{11} = 1.000.000 + 69.471 (11) = 1.764.181$$

$$F_{12} = 1.000.000 + 69.471 (12) = 1.833.652$$

**Paso No. 7.** Convertir los valores obtenidos a los pronósticos esperados

Ahora solo resta convertir estos valores a kWh por ciclos de Madrugada, Mañana y Prima, multiplicándolos por los coeficientes de destemporalización. Sería,



Madrugada	1.694.710 * 0,35	= 593.148 kWh
Mañana	1.764.181 * 1,12	= 1.975.882 kWh
Prima	1.833.652 * 1,53	= 2.805.487 kWh

Por lo que ya tenemos los estimados de consumo promedio por ciclo para el año 2016.

Para saber cuáles serían los consumos aproximados por cada hora del día habría que utilizar otros métodos de pronóstico que se adecuan a la planificación a corto y mediano plazos como veremos en el siguiente epígrafe.

### 3.4.5. Métodos de Suavización

Las proyecciones de tendencia se usan para los pronósticos a largo plazo y para hacer estimaciones de largos períodos de tiempo. Pero las decisiones operativas requieren estimados concretos y para el corto plazo. Un jefe de taller no hace nada con la información de la producción para el año, él necesita saber cuánto habrá que hacer mañana o la semana venidera para poder tomar las decisiones que corresponden a su alcance del mando. Los métodos que permiten hacer estas estimaciones son los de suavización.

Hay tres tipos fundamentales de suavizaciones:

- Suavización simple.
- Promedios de desplazamiento.
- Suavización exponencial.
- Suavización por promedio simple.

El promedio de los datos disponibles constituye la estimación de demanda para el próximo período. Como es un promedio, las alzas y las bajas se compensan entre si y se amortigua el efecto de la variación aleatoria de los datos. Su forma de cálculo es la siguiente.

$$F_{t+1} = \frac{A_t + A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-(n+1)}}{N}$$

Donde,

$F_{t+1}$ -predicción para el período t

$A_t$ -demanda real para el período t

N-cantidad de datos de la serie cronológica

Para comprender el promedio por desplazamiento simple usaremos el ejemplo anteriormente visto de las estimaciones para el 2016 de los consumos horarios de energía eléctrica y los promedios anuales por ciclo en una ciudad y le aplicaremos la suavización simple para estimar los consumos promedio por ciclo en 2016.

Tabla 3.17. Pronóstico por suavización simple del 2016 de la demanda de electricidad en kWh de una ciudad durante el día considerando los ciclos del día: Madrugada, Mañana y Prima.

<b>Ciclo</b>	<b>2013 Consumo promedio anual del ciclo (kWh)</b>	<b>2014 Consumo promedio anual del ciclo (kWh)</b>	<b>2015 Consumo promedio anual del ciclo (kWh)</b>	<b>2016 Pronóstico del consumo promedio anual del ciclo (kWh)</b>
Madrugada	460.657	637.886	628.899	575.814
Mañana	1.257.800	2.126.281	2.173.340	1.852.473
Prima	2.357.305	2.502.766	2.545.546	2.468.539

Fuente: Elaborada por los autores.

La misma ventaja que alegábamos anteriormente, de que el promedio amortigua la variación aleatoria de los datos, se convierte también en la desventaja de este método. Si comparamos los resultados de la estimación por línea de tendencia y los obtenidos por suavización simple, veremos que el error siempre es negativo. Ello se debe a que estamos ante una función de monotonía creciente, y por ello los valores menores de los primeros ciclos influyen en el cálculo.

Para evitar esa desventaja de la suavización por promedio sim-

ple, se aplican los promedios por desplazamiento.

- **Suavización por promedio de desplazamiento**

Las estimaciones por suavización por promedio de desplazamiento-o sencillamente, promedios desplazados- son confiables cuando las series de datos manifiestan variaciones constantes alrededor de un valor conocido. Se usan para pocas estimaciones a futuro. Su forma de cálculo es la siguiente.

$$F_{t+1} = \frac{A_t + A_{t-1} + A_{t-2} + \dots + A_{t-(n+1)}}{N}$$

Donde,

$F_{t+1}$ -predicción para el período t

$A_t$ -demanda real para el período t

n-número de periodos por promediar

La base del cálculo del promedio desplazado depende de las características del producto o servicio que se pronostica y quedan a discreción del estimador.

Para comprender mejor, seguiremos con el ejemplo anteriormente utilizado de la demanda de energía eléctrica en kWh de una ciudad para el año 2016, pero como los métodos de suavización se usan para el corto plazo, usaremos los valores de consumo horario promedio durante la mañana para estimar con 3 y 4 horas de ventaja cómo será el consumo horario como mostramos a continuación.

Si a las 11:00 AM se quiere estimar cuánto se consumirá en la próxima hora se pueden usar los datos de los consumos de las tres horas anteriores y sería,

$$F_{12 PM} = \frac{175.407 + 192.520 + 222.468}{3} = \underline{\underline{196.798 \text{ kWh}}}$$

A la 1:00 PM ya podremos saber en cuántos erramos, sustrayendo el valor del estimado al valor real del consumo. En nuestro caso estimamos 34.226 kWh por debajo del consumo real.

Si a las 12:00 PM se quiere estimar cuánto se consumirá en la próxima hora pudieran usarse los datos de 4 horas anteriores y sería,

$$F_{1PM} = \frac{175.407 + 192.520 + 222.468 + 231.024}{4} = \underline{\underline{205.355 \text{ kWh}}}$$

Si observamos aquí el error de estimación es algo superior al mismo error de estimación con desplazamiento en base 3 (41.357 base 3 y 51.339 base 4) y se debe a que la base del promedio es mayor e incluye mayor cantidad de variaciones aleatorias.

Tabla 3.18. Pronóstico por suavización por promedio de desplazamiento del 2015 de la demanda de electricidad en kWh de una ciudad en el ciclo de la mañana.

Horas del ciclo	2015 Consumo horario promedio anual del ciclo (kWh)	Estimado 1 hora en adelante con desplazamiento a 3 (kWh)	Error de estimación de 1 hora en adelante con relación al consumo real (kWh)	Estimado 1 hora en adelante con desplazamiento a 4 (kWh)	Error de estimación de 1 hora en adelante con relación al consumo real (kWh)
9:00 AM	175.407				
10:00 AM	192.520				
11:00 AM	222.468				
12:00 PM	231.024	196.798	34.226		
1:00 PM	256.694	215.337	41.357	205.355	51.339
2:00 PM	355.093	236.729	118.364	225.677	129.417
3:00 PM	363.650	280.937	82.713	266.320	97.330
4:00 PM	376.484	325.146	51.338	301.615	74.869

Fuente: Elaborada por los autores.

No hay una  $n$  ideal para la suavización por promedios de desplazamiento. Cuando  $n$  aumenta, las predicciones responden más a las tendencias generales y menos a los detalles. Si  $n$  es muy pequeña, cualquier variación aleatoria afecta el resultado. Pero no hay dudas que la suavización por promedios de desplazamiento es muy útil para hacer estimaciones de demandas a nivel operativo.

- **Suavización Ponderada**

La suavización ponderada trata de atenuar la influencia de las variaciones aleatorias en el error de estimación de la suavización, porque permite asignarle un peso a cada observación según el criterio del estimador. Su formulación de cálculo es la siguiente.

$$F_{t+1} = w_t A_t + w_{t-1} A_{t-1} + w_{t-2} A_{t-2} + \dots + w_{t-(n+1)} A_{t-(n+1)}$$

Donde,

$F_{t+1}$ -predicción de demanda para el período  $t+1$

$w_t$ -peso relativo asignado al período  $t$  ( $\sum w_t = 1$ )

$A_t$ -demanda real para el período  $t$

Para comprender cómo se aplica la suavización ponderada calcularemos la distribución horaria de los promedios estimados de consumo de electricidad en kWh de una ciudad para el ciclo de la mañana del 2016.

Utilizaremos la estimación hecha con la línea de tendencia que dio como resultado que el consumo promedio de electricidad en kWh del ciclo de la mañana en la ciudad para el 2016 sería de 1'975.882 kWh. Calcularemos los coeficientes de ponderación como los pesos relativos de los consumos horarios promedio del ciclo de la mañana del 2015 como se muestra en la siguiente



tabla.

Tabla 3.19. Pronóstico por suavización ponderada para el 2016 de la demanda de electricidad en kWh de una ciudad en el ciclo de la mañana usando la información del 2015.

<b>Horas del ciclo</b>	<b>2015 Consumo horario promedio anual del ciclo (kWh)</b>	<b>Coefficientes de ponderación</b>	<b>2016 Estimados del consumo horario promedio anual del ciclo (kWh)</b>
9:00 AM	175.407	0,08	159.470
10:00 AM	192.520	0,09	175.029
11:00 AM	222.468	0,10	202.256
12:00 PM	231.024	0,11	210.034
1:00 PM	256.694	0,12	233.372
2:00 PM	355.093	0,16	322.831
3:00 PM	363.650	0,17	330.611
4:00 PM	376.484	0,17	342.279
	2.173.340	1,00	1.975.882

Fuente: Elaborada por los autores.

La ventaja que tiene la suavización por ponderación es que, cuando se trata de un producto establecido en el mercado, ya se conoce cuáles son los meses de demanda alta por lo que, con ello puede determinarse si son más cercanos o los más lejanos quienes tengan mayores coeficientes de ponderación y con ello se puede trabajar para disminuir el error de estimación.

- **Suavización exponencial simple**

La suavización exponencial simple es un paso de avance más hacia la eliminación de los errores de estimación. Se considera una modificación de la suavización ponderada. El método consiste en calcular el promedio simple de una serie de tiempo que sirva de base a un mecanismo de autocorrección para ajustar los pronósticos de manera opuesta a los errores cometidos en

las estimaciones anteriores. A este mecanismo de autocorrección lo llamaremos coeficiente de suavización y lo denotaremos como  $\alpha$ .

La suavización exponencial simple es de cálculo muy sencillo, pues se requieren solamente tres datos: el pronóstico del último período, la demanda real del último período y el coeficiente de suavización elegido. Como se muestra a continuación.

$$F_t = F_{t-1} + (\alpha * |F_{t-1} - A_{t-1}|)$$

Donde,

$F_t$ -pronóstico para el período t

$F_{t-1}$ -pronóstico del período anterior (t-1)

-error de estimación del período anterior (t-1)

$A_{t-1}$ -comportamiento real de la demanda en el período anterior (t-1)

$\alpha$ -coeficiente de suavización [0,01 <  $\alpha$  < 1,00]

$$\alpha = \frac{2}{n+1}$$

La suavización exponencial simple se usa en comportamientos de demandas relativamente niveladas, con variaciones aleatorias. Sirve para disminuir el influjo de las variaciones aleatorias concentrándose en los comportamientos más recientes. Su ventaja sobre la suavización por desplazamiento o la ponderada está en que no requiere de mucha información previa.

Veamos cómo se usa la suavización exponencial simple.

Supongamos que estamos estimando con una hora de anticipación cómo se comportará el consumo de electricidad en kWh en la ciudad de nuestro ejemplo para el ciclo de la mañana. Cada ciclo tiene 8 horas, así que el coeficiente de suavización será,



$$\alpha = \frac{2}{8+1} = 0,22$$

El estimado para las 9:00 AM era de 159,470 kWh pero en realidad se consumieron 175.407 kWh. ¿Cuál será el estimado para las 10:00 AM?

$$F_{10:00 \text{ AM}} = F_{9:00 \text{ AM}} + (\alpha * |F_{9:00 \text{ AM}} - A_{9:00 \text{ AM}}|)$$

$$F_{10:00 \text{ AM}} = 159.470 + (0,22 * |159.470 - 175.407|) = \underline{\underline{163.012 \text{ kWh}}}$$

Si el comportamiento del consumo de las 10:00 AM fue en realidad de 192.520 kWh, entonces el estimado para las 11:00 AM sería,

$$F_{11:00 \text{ AM}} = 163.012 + (0,22 * |163.012 - 192.520|) = \underline{\underline{156.425 \text{ kWh}}}$$

El pronóstico de suavización exponencial simple es ideal para patrones de demanda monótonos, al menos localmente, y un patrón estacional aproximadamente constante. Trata de atenuar el impacto de las irregularidades históricas mediante un enfoque en períodos de demanda reciente.

- **Suavización exponencial doble: Método de Holt**

Cuando se trabaja con estimaciones hay dos posibles maneras de cometer errores. La primera es la precisión. Los errores de precisión son los relacionados con las diferencias entre unos valores y otros. Cuando se hacen mediciones reiteradas y las diferencias entre unas y otras mediciones son muy marcadas, se dice que la precisión es baja. Generalmente, la precisión se denota con el coeficiente  $\alpha$  y ya fue tratada anteriormente con la suavización exponencial simple.

Si nos remitimos a la manera en que se calcula  $\alpha = \frac{2}{n+1}$  veremos que está referida al número de datos disponibles.

Pero hay una segunda manera de cometer errores de estima-



ción, que no necesariamente tiene que estar vinculada a la primera. Es cuando la diferencia entre el valor medido y el esperado es significativa. A este tipo de error se le llama de exactitud. La exactitud es por tanto, la diferencia entre el valor medido y el valor esperado. A la exactitud se la denota como  $\beta$ .

Considerando ambos tipos de errores, se puede estimar la demanda utilizando la llamada suavización exponencial doble o método de Holt<sup>15</sup>.

El método de suavización exponencial doble o método de Holt se basa en tres cálculos básicos:

Pronóstico del período t

$$F_t = S_t + T_t$$

Donde,

$F_t$ -pronóstico para el período t

$S_t$ -suavización exponencial para el período t

$T_t$ -tendencia del período t

La manera de suavizar la serie exponencialmente sería,

$$S_t = \alpha * (S_{t-1}) + [(1-\alpha) * (S_{t-1} + T_{t-1})]$$

Donde,

$S_t$ -suavización exponencial para el período t

$\alpha$ -coeficiente de suavización ( $0,01 < \alpha < 1,00$ )

$S_{t-1}$ -suavización exponencial para el período t-1

$T_{t-1}$ -tendencia del período t-1

Y el estimado de la tendencia sería,

<sup>15</sup> Charles Holt en 1957 desarrolló un modelo de tendencias lineales que evolucionan en una serie de tiempo y puede usarse para generar pronósticos, este modelo recibe el suavización exponencial doble.



$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + [(1 - \beta) * T_{t-1}]$$

Donde,

Tt-tendencia del período t

$\beta$ -coeficiente de tendencia ( $0,01 < \beta < 1,00$ )

St-suavización exponencial en el período t

St-1-suavización exponencial en el período t-1

Tt-1-tendencia en el período t-1

Aplicaremos la suavización exponencial doble a nuestro ejemplo de pronosticación de la demanda de energía eléctrica en kWh para una ciudad y nos concentraremos en el ciclo de la mañana. La tendencia de este ciclo es creciente y trabajaremos con un coeficiente de suavización  $\alpha$  de 0,22 y un coeficiente de tendencia  $\beta$  de 0,6.

Tabla 3.20. Pronóstico por suavización exponencial doble de la demanda de electricidad en kWh con una hora de antelación de una ciudad en el ciclo de la mañana.

Horas del ciclo	2015 Consumo horario promedio anual del ciclo (kWh)	Pronóstico anterior	Tendencia
9:00 AM	175.407		
10:00 AM	192.520	163.012	34.000
11:00 AM			

Fuente: Elaborada por los autores.

Para determinar la demanda de las 11:00 AM haremos primero la suavización exponencial doble de las 10:00 AM, sería,

$$S_t = \alpha * (S_{t-1}) + [(1-\alpha) * (S_{t-1} + T_{t-1})]$$

$$S_{11:00 AM} = 0,22 * (163.012) + [(1 - 0,22) * (163.012 + 34.000)] = \underline{\underline{225.394,64}}$$

Luego calcularemos el estimado de la tendencia,

$$T_t = \beta(S_t - S_{t-1}) + [(1 - \beta) * T_{t-1}]$$

$$T_{11:00 AM} = 0,6 (225.394,64 - 163.012) + [(1 - 0,6) * 34.000] = \underline{51.029,58}$$

Entonces podemos calcular el pronóstico para las 11:00 AM,

$$F_t = S_t + T_t$$

$$F_{11:00 AM} = 225.394,64 + 51.029,58 = \underline{\underline{276.424,22 kWh}}$$

No es posible gestionar una organización exitosamente sin el conocimiento de cómo se comporta la demanda de sus producciones o prestaciones de servicios.

El nivel de detalle conque es posible predecir la demanda de una organización es inversamente proporcional al horizonte de tiempo al que se extiende.

Cualitativamente es posible predecir el comportamiento de la demanda utilizando los enfoques prospectivos y otros métodos de expertos. La predicción cualitativa no puede negar la validez de la cuantitativa, ni viceversa.

Cuantitativamente es posible pronosticar el comportamiento de la demanda a través del estudio de series de tiempo o modelos causales.

El estudio cuantitativo del comportamiento de la demanda no puede tomarse absolutamente como base para la planeación futura, pues las condiciones del entorno de negocios actual motiva que la influencia de elementos aleatorios de todo tipo hagan cambiar las tendencias con gran probabilidad.



## Capítulo IV. Planeación táctica o a mediano plazo

### 4.1. Orientación Gerencial de la Planeación

En este capítulo nos dedicaremos a la planeación de la respuesta que la organización dará a las señales del entorno, identificadas como demanda en el capítulo anterior. Para ello la organización se valdrá de sus capacidades productivas, que ya aprendimos en el capítulo No. 2 a identificar y a decidir sobre ellas.

Las respuestas a las demandas del entorno tienen que ser planificadas adecuadamente. Este momento es crucial para el éxito empresarial. Ya la organización sabe qué quieren los clientes, ya sabe si está en condiciones de satisfacerlo, pero ahora tiene que decidir cómo lo hará.

Cuando estudiábamos la demanda en el capítulo anterior, veíamos que la decisión de responder a un pedido de un cliente, desencadena una secuencia de requerimientos de materiales, tiempo de trabajo de maquinarias y operarios, información y tiempo de trabajo para otros procesos de apoyo. Estos requerimientos no surgen de una vez, sino paulatinamente. La organización no responde a un solo pedido cada vez, sino va respondiendo a muchos pedidos simultáneamente, y cada uno está en un estado diferente a lo largo de la cadena del valor organizacional. Por ello es tan importante la planeación.

El sistema de planeación y control de la información es el eslabón entre el sistema de operación (que es quien se ocupa del valor de una organización de manufactura y servicios) y su ambiente (proveedores y clientes). Para que las operaciones sean uniformes, es fundamental organizar todos los factores que intervienen.

Es la planeación de las operaciones quien se ocupa, a mediano plazo, de relacionar la demanda conocida y esperada de los productos de la empresa con su capacidad para entregarlos.

¿Qué interrogantes deberá responder la empresa?

- ¿Cuánta capacidad se necesita?
- ¿Cómo debe implementarse la capacidad?
- ¿Cómo se equilibran las necesidades de la demanda durante varios periodos?

La planeación de operaciones de un plan de acción general para organizar la producción y proveer la fuerza de trabajo necesaria. Un gestor de empresas es un profesional que se ocupa de diseñar / mejorar procesos donde participan hombres, equipos y materiales, y su campo de acción generalmente es la gerencia de procesos. Para ello, debe responder a un conjunto de interrogantes durante su desempeño cotidiano.

- ¿Cuánto necesita producir la empresa el próximo año?
- ¿Cuál es la capacidad de sus recursos?
- ¿Cómo hay que variar en la empresa el nivel de producción mensual para satisfacer la demanda?
- ¿Cuántas personas hay que contratar?
- ¿Qué bienes y servicios hay que comprar para la empresa en el período y qué cantidad?

La planificación según la demanda es muy compleja en un solo nivel, porque hay muchos detalles que deben ser considerados, para alcanzar los objetivos deseados. La planificación de la producción debe seguir un enfoque jerárquico, donde los objetivos estratégicos, tácticos y operativos del sistema productivo estén en consonancia verticalmente y exista una adecuada integración horizontal de todas las áreas funcionales de la organización.

En el plan agregado se toman decisiones sobre:

- La manera en que se administrará el stock o inventario. Se puede producir para almacenar, de manera que cuando lleguen los períodos de alta demanda haya stock para responderle.



Puede ser en ocasiones rentable para la empresa incumplir con entregas o no aceptar pedidos.

- ¿Cómo se distribuirá la carga de trabajo al personal existente, cuánto personal se contratará o despedirá?
- ¿Cómo será la distribución de los niveles de producción?
- ¿Cuánto se subcontratará para suplir desniveles de capacidad?
- ¿Cómo se distribuirán las horas de trabajo, que posibilidad hay de permitir horas ociosas o de pagar horas extra?

Cuando se realiza la planeación agregada, se busca la maximización del beneficio, a través del control de los costos. Se considera beneficio a la diferencia entre las ventas y el costo total. Si el ingreso de ventas es constante, el beneficio aumenta solamente cuando los costos tienden a disminuir. En la siguiente tabla se muestran las diversas interrelaciones que existen entre las decisiones que se pueden tomar durante el proceso de planeación agregada, y su impacto.

Como la planeación agregada es un proceso de asignación de recursos, requerirá la observación de todos los factores que resultan restrictivos a este proceso, como pueden ser:

- Especificaciones del producto o servicio (características físicas, químicas y de calidad).
- Restricciones técnicas (impuestas por la capacidad de las máquinas o las características del proceso).
- Requerimientos del mercado (sobre fechas de entrega o demoras e incumplimientos) requerimientos operativos (como la capacidad de almacenaje, la ritmicidad, continuidad y flexibilidad de los procesos o las limitantes de subcontratación u horas extra).

Tabla 4.1. Relación entre el comportamiento del volumen de producción y los elementos objeto de decisiones durante el proceso de planeación agregada.

Elemento	Impacto posible	
Hombres	Gastos en el personal disponible	Gastos de salario. Gastos en servicios al puesto de trabajo. Gastos por pagos de horas extra.
	Contratación de nuevo personal	Publicidad, entrevistas y selección. Investigación, referencias y comprobaciones. Exámenes de aptitud física. Preparación de planillas de admisión. Adiestramiento del nuevo personal.
	Despidos	Compensaciones por cesantías.
Servicios de terceros	Subcontrataciones	Pago de tarifas por subcontratación. Gastos por ajustes de plan para cubrir las diferencias con los volúmenes contratados.
Almacenaje	Stock	Manutención del stock. Rendimiento comparado del capital de haberlo invertido de otra manera. Daños, deterioros o caída en desuso. Seguridad. Alquiler de instalaciones.
	Ruptura de stock	Gastos incurridos por no disponer de stock para satisfacer la demanda.
Oportunidad	Costo de decisiones	Ingresos dejados de percibir por haber tomado una decisión en lugar de otra más ventajosa.
Recursos financieros	Costos financieros	Cuando la decisión tomada en el plan agregado exige financiación externa como créditos bancarios para pagos a proveedores, pagos de horas extra, entre otras.
Tiempo		Compensaciones por entregas demoradas. Tiempo ocioso.

Fuente: Elaborada por los autores, según Dante Boiteux, Corominas & Lusa (2007).

El plan agregado tiene que “parecerse” a la organización para la que se hace. Puede que se hagan planes agregados para familias de productos similares, pero que compitan con otros planes agregados, para otras familias de productos que la propia organización produce al mismo tiempo.

En la figura se muestran las etapas por las que pasa el proceso de planeación de las capacidades, desde la decisión de responder al pedido del cliente, hasta la orden de producción a cada uno de los puestos de trabajo. Puede observarse que la planeación agregada es la asignación a mediano plazo de recursos para producir o prestar el servicio.

El programa maestro de producción corresponde a la fase en que cada componente del producto o fase del servicio es asignado a un determinado sector de producción. Por su parte, el plan de requerimientos materiales es la fase en que se identifican las necesidades materiales correspondientes al programa maestro de producción, de manera que la orden de producción esté en correspondencia con los materiales que precisa para ser cumplida.

**PLANEACIÓN DE LA CAPACIDAD A LARGO PLAZO**

Planeación de recursos	PLANEACIÓN AGREGADA
Plan de montaje preliminar de la capacidad	PROGRAMA MAESTRO DE PRODUCCIÓN
Plan detallado de la capacidad	PLAN DE REQUERIMIENTOS MATERIALES

**ADMINISTRACIÓN DE LA DEMANDA**

Figura 4.1. Etapas de planeación táctica.

Fuente: Elaborada por los autores.



## 4.2. Métodos para la Planeación Agregada

Como todo proceso de planificación, también la planeación agregada puede realizarse por diferentes métodos como son:

1. Modelo de reglas lineales de decisión de Holt, Modigliani, Muth y Simmon.
2. Modelos de programación lineal específicamente diseñados para el plan agregado.
3. Modelos de programación que apliquen el método de transporte.
4. Modelos de Coeficientes de Administración.
5. Método de Ensayo y Error.

### 4.2.1. Modelo de reglas lineales de decisión de Holt, Modigliani, Muth y Simmons (HMMS)

El modelo conocido como HMMS consiste en seleccionar los niveles de producción y fuerza de trabajo para cada período T que satisfagan los pedidos a la vez que hagan, siempre que el costo total en la todos los períodos sea mínimo (Dejonckheere, 2003; Foul, 2009).

Es una función cuadrática de costos que abarca: Nómina, Inventarios, Contratación, Despidos, Horas extra, Pedidos atrasados y organización de equipos, entre otros.

La función objetivo del modelo HMMS es siempre:

$$\begin{aligned} \text{MIN } Z = \sum_{t=1}^T & \left[ W_t \left( C_{T+1} + C_1 - C_T \right) + C_2 (W_t - W_{t-1} - C_1)^2 + C_3 (P_t - C_4 W_t)^2 + C_5 P_t \right. \\ & \left. + C_{t-1} P_t W_t + C_7 (I_T - C_8 - C_9 S_T)^2 \right] \end{aligned}$$

Donde,

$P_t$ -volumen de producción

$W_t$ -trabajadores al final del período t

$W_0$ -trabajadores al inicio del período

$I_t$ -inventario al final del período t

$I_0$ -inventario inicial

Y las restricciones serían:

1. Restricciones referidas al costo regular de salarios

$$C_1 * W_1 + C_{t+1}$$

2. Restricciones referidas al costo de contratación y despidos

$$C_2(W_1 - W_{t-1} - C_{t-1})^2$$

3. Restricciones referidas al costo por horas extra

$$C_3(P_t - C_4W_t)^2 + C_5P_t - C_6W_t + C_{12}P_tW_t$$

4. Restricciones referidas al costo de manutención del inventario

$$C_7(I_t - C_8 - C_9S_t)^2$$

Con esta función se determina el nivel óptimo de producción agregada y la cantidad de obreros necesarios. Es un método muy limitado para usar en las condiciones actuales del mercado donde las variaciones del comportamiento de la demanda han pasado de ser excepción a regla.

#### 4.2.2. Programación Lineal

La programación lineal es una herramienta muy útil para la planeación agregada. Según Dante Boiteux, et al. (2007), hay un conjunto de características que son comunes a un plan agregado y que pueden ser normalizadas para describirlas con relativa exactitud en un modelo de optimización.

En la siguiente tabla se muestran los aspectos que deberán ser caracterizados para aplicar la programación lineal, en cualquiera de sus formas, a la planeación agregada.

Generalmente con los modelos se busca determinar el impacto de una variedad de costos y restricciones sobre las alternativas de producción para encontrar un plan óptimo.

Tabla 4.2. Relación entre el comportamiento del volumen de producción y los elementos objeto de decisiones durante el proceso de planeación agregada.

Aspecto a considerar	Características que condicionan el tipo de modelo
Horizonte	Un solo período
	Varios períodos
Producto	Uno o una familia muy homogénea
	Varios productos o familias de productos muy similares
Recursos críticos <ul style="list-style-type: none"> <li>• Operarios</li> <li>• Materiales</li> <li>• Equipamiento</li> <li>• Tiempo de elaboración</li> <li>• Plazo de entrega</li> <li>• Capacidad de almacenaje</li> </ul>	Solo uno de los recursos es considerado crítico
	Más de un recurso es crítico
Etapas de fabricación	Solo una
	Varias etapas
Ruptura de stock <sup>16</sup>	Permitida por el cliente
	Permitida pero con obligaciones de desagravio
	El cliente no la permite
Demanda	Determinista
	No determinista

16 Refleja la ausencia o escasez de suficiente stock de productos para satisfacer la demanda de un cliente.



Operarios	Cantidad fija	
	Cantidad variable	
Capacidad	Única	
	Ampliable	Por subcontrataciones
		Por ajustes de horarios de trabajo
Por ajustes de proceso		
Nivel de producción	Constante	
	Variable	
Tipo de producción	Masiva	
	Unitaria	
	Seriable	Pequeña serie
		Mediana serie
Gran serie		
Inventario	Almacenable	
	No es posible acumularlo	
Función objetivo	Un criterio	
	Multicriterio	

Fuente: Elaborada por los autores, según Dante Boiteux, et al., (2007).

#### 4.2.3. Modelos de transporte para la planeación agregada

Los años 50 caracterizaron el “boom” de la programación lineal como más alto exponente de la escuela cuantitativa de la administración. En esa época, el matemático Bowman desarrolla los modelos de transporte como aplicación para la planeación agregada.

La propuesta de Bowman, que es muy popular, consiste en conformar binomios de origen conformados por la alternativa de producción elegida (incluyendo horas regulares de trabajo, horas extra y subcontrataciones) y el período en que se producen. A su vez, los destinos serían los períodos en que está prevista la entrega de dichas producciones. Quiere decir, que los orígenes serían la capacidad productiva disponible, y los destinos lo que costaría producir la cantidad prevista.

Para comprender mejor la concepción del modelo de transporte de Bowman, veremos un ejemplo.

#### 4.2.4. Ejemplo demostrativo de aplicación del modelo de transporte a la planeación agregada de un servicio de suministros

En la industria de derivados de la caña de azúcar se ha difundido ampliamente la utilización de los residuos de la cosecha cañera (RAC, en lo adelante) como combustible alternativo complementario en la generación energética, necesaria para el proceso de producción de azúcar y otros derivados.

En una región productora de caña, se desea determinar la capacidad que tendrán tres almacenes a cielo abierto para RAC. Estos almacenes se proveerán desde 12 orígenes diferentes hasta la planta generadora de energía térmica y eléctrica. Los almacenes están localizados uno en áreas cercanas a la propia planta, y los otros dos, en puntos que a su vez constituirían orígenes de RAC.

Se elige la capacidad de los almacenes, pero quien la determina es el costo del transporte. La causa es la característica que tiene el servicio de transporte: mientras que se traslada carga en una sola dirección (origen-destino), se generan costos en las dos direcciones (origen - destino-origen).

La manera de representar la generación de valor al proceso de generación energética –que es, en última instancia, el objetivo que se persigue con la transportación del RAC como combustible– sería medir el resultado por el producto del volumen de carga transportada y la cantidad de kilómetros recorridos, llamada tráfico<sup>17</sup> en el servicio de transporte. Esta sería la función objetivo del modelo. A saber,

$$\text{FUNCIÓN OBJETIVO } \min Z = \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^m X_{kj} * C_{kj}$$

17 Hay una diferencia entre tráfico y tránsito. Mientras el primero se refiere al resultado de un servicio de movimiento de carga o pasajeros (en t-km o pasajero – km), el segundo se refiere al movimiento de los medios de transporte.

Donde,

MIN Z-buscando el tráfico total de RAC mínimo (t-km)

k-almacenes (3)

j-orígenes de RAC (12)

$X_{kj}$ -volumen de RAC a transportar desde el origen k hasta el almacén i (t)

$C_{kj}$ -costo de una t-km de RAC desde el origen k hasta el almacén i (\$)

Los requisitos del proceso serán:

- La alternativa de localización de los almacenes elegida será la que menor tráfico muestre,
- Cada origen aportará a solo un destino.
- Un almacén estará obligatoriamente localizado inmediato al consumo del RAC como combustible.
- El almacén inmediato tendrá una capacidad superior al equivalente al consumo de 4 días de generación ininterrumpida.
- La distancia entre origen y destino no excederá la distancia económica definida para el sistema de transporte (15 km para el ejemplo).
- La capacidad inicial de cada almacén será igual al volumen que aporte el origen donde se localiza.

Por lo que se generan dos grupos de restricciones:

- \_ Referidas al volumen de RAC que cada origen puede aportar.
- \_ Referidas al volumen de RAC que cada almacén puede recibir.

## 1. Restricciones de aporte de RAC en los 12 orígenes

$$O_k = \sum_{j=1}^{12} x_{jk}$$

Donde,

$O_k$  -aporte de RAC de cada origen  $k$  (t)

Para estimar los gastos de transporte automotor se considerará el gasto de fletes para la variante de transporte más costosa considerando una tarifa de \$0,45 USD/km para camiones articulados de 20 t de capacidad de carga y de \$0,60 USD/km para los articulados de capacidad de carga de 35 t.

Para ello, se calculó el tráfico en función de los aportes de combustible y la localización de cada origen. Esto permitió determinar que, en función de la distancia, es posible utilizar un solo camión para cada origen, pues el ciclo completo de transporte dura siempre menos de 1 hora y los RAC pueden ser apilados provisionalmente en espera del próximo camión.

Los gastos totales, según la tarifa de fletes, motivan la elección de camiones articulados de 35 t de capacidad de carga para los orígenes 2, 3 y 4, mientras que los de 20 t se utilizarían para el transporte desde el resto de los orígenes. Los resultados de los cálculos se muestran a continuación.

Tabla 4.3. Gastos de transportación desde cada uno de los orígenes de RAC para un sistema de generación energética.

Origen	Gasto diario (USD)	Gasto total de la cosecha (USD)	Costo unitario (USD/t)
1	\$396,00	\$59.400,00	
2	\$126,00	\$18.900,00	
3	\$367,20	\$55.080,00	
4	\$320,40	\$48.060,00	
5	\$76,28	\$11.442,00	



6	\$194,63	\$29.194,50	
7	\$182,25	\$27.337,50	
9	\$180,00	\$27.000,00	
10	\$82,35	\$12.352,50	
11	\$125,33	\$18.3300,00	
<b>Total</b>	<b>\$1.925,10</b>	<b>\$288.766,50</b>	<b>\$0,99 USD/t</b>

Fuente: Tomado de Castillo (1999).

## 2. Restricciones de recepción de RAC en los 3 almacenes

$$D_j = \sum_{k=1}^3 x_{jk}$$

Donde,

$D_j$ -capacidad de recepción de RAC de cada almacén  $j$  (t)

La formulación utilizada para determinar la capacidad de los almacenes fue,

$$K_A = (E * A_c) + [(E - S) * (d_z - A_c)]$$

Donde,

$K_a$  - capacidad del almacén intermedio (t)

$E$  - capacidad de recepción diaria de RAC(t)

$A_c$  - días de acumulación del RAC combustible (d)

$S$  - entrega diaria de RAC combustible (t)

$d_z$  - días de cosecha (d)

Se evaluaron tantas alternativas como combinaciones lógicas hubo (62) hasta obtener un tráfico mínimo, de 22.521,20 t-km, que correspondería a las capacidades de recepción diaria que se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 4.4. Capacidad de recepción total para un sistema de generación energética. Resultados del modelo de transporte.

Orígenes	Destinos		
	1	2	3
1	110		
2	238		
3	140		
4	102		
5	89		
6	113		
7		173	
8		246	
9		162	
10			160
11			122
12			278
<b>Total</b>	<b>792</b>	<b>581</b>	<b>560</b>

Fuente: Tomado de Castillo (1999).

#### 4.2.5. Modelo de Coeficientes de Administración

Este modelo se apoya en la regresión lineal múltiple para relacionar las decisiones en cuanto a fuerza laboral con los niveles de producción obtenidos que sirvan para proyectar las decisiones futuras. Se basa en los resultados de la experiencia acumulada por las decisiones tomadas con administradores diferentes.

Son modelos formales para toma de decisiones en ambientes muy estables. Los coeficientes no son intercambiables de una empresa a otra, cuanto menos de un sector a otro.

El desarrollo de los llamados sistemas de expertos basados en el conocimiento (KBES<sup>18</sup>, por sus siglas en inglés) ha ido desplazando estos modelos.

<sup>18</sup> Knowledge Based Expert Systems (KBES). Son modelos que se apoyan en la inteligencia artificial para la toma de decisiones táctico – operativas empresariales. Suelen acumular experiencias en bases de datos para resolver problemas de un campo específico del conocimiento.



## 4.2.6. Método de Ensayo y Error

Conceptualmente es muy simple y muy utilizado. Los encargados de la planeación agregada generan y evalúan varios planes basados en la heurística de experiencias pasadas, datos sencillos de costo y la intuición.

## 4.3. Planeación Agregada por el método de ensayo y error

La planeación agregada indica la manera en que la organización debe proveer capacidad para satisfacer la demanda a mediano plazo. En la planeación agregada los productos o servicios se agrupan por familias, y el año se desagrega en meses para poder hacer ajustes en el transcurso del tiempo.

### 4.3.1. Pasos del proceso de planeación agregada

**Paso No. 1:** Determinar los intervalos temporales para los que se hará el plan en el horizonte de planeación

Todos los productos o servicios no tienen el mismo ciclo de procesos, incluso un mismo producto o servicio puede tener diferentes ciclos de procesos en diferentes empresas dado por la tecnología u otras condiciones específicas.

Hay muchos productos y servicios que son similares. Cuando esta situación está dada, se pueden crear grupos o familias de productos agregados como pueden ser pañales desechables, servilletas, moldes de hielo o similares.

**Paso No. 2:** Elaborar un pronóstico de la demanda estimada para cada grupo de productos agregados en cada período del horizonte de planeación y expresarlo en requerimientos de recursos

Los requerimientos de recursos pueden convertirse todos a horas de trabajo, como vimos en el capítulo correspondiente a la capacidad productiva. Las horas de trabajo se consideran agrupadas en:

- Horas de trabajo normales (aportadas por los trabajadores a tiempo completo).
- Horas extra (aportadas por los trabajadores a tiempo completo).
- Tiempo ocioso.
- Interrupciones.
- Ajustes de duración de jornada de trabajo (a los trabajadores a tiempo completo).
- Horas de trabajo necesarias para subcontrataciones específicas.
- Compartimientos de capacidad productiva interdepartamental.
- Acumulaciones de inventario de previsión.
- Acumulaciones de pedidos.
- Agotamientos de productos.

En general, el rango de alternativas disponibles para generar capacidad está limitado por aspectos como las habilidades y destrezas de los operarios y su disponibilidad, las regulaciones laborales vigentes, el tipo de producto o de servicios que se vende y la tecnología que se utiliza, la estrategia competitiva de la empresa y el ambiente de la competencia, así como la posición de la empresa en la comunidad.

La disponibilidad y la disposición de los operarios determina aspectos como la duración del ciclo productivo real, las fallas de proceso y de producto, el tratamiento de los inventarios, el estado técnico de los equipos y muchos otros que, aun resultando poco relevantes vistos de manera aislada, constituyen una suma considerable cuando se combinan.

El ambiente de trabajo incide fuertemente en el cumplimiento de los planes y debe considerarse tanto en la duración de las operaciones tecnológicas por separado, como en la duración del ciclo en general.



Las regulaciones laborales pueden incidir en los regímenes de tiempo y la disposición y pago de las horas extra, por lo que son de obligatoria consideración en los planes agregados.

El tipo de producto o servicio que se ofrece también influye las decisiones relacionadas con la planeación agregada. Los nuevos productos o servicios exigen la consideración de holguras mayores en los tiempos operativos, porque la curva de aprendizaje, no solo de los operarios, sino del proceso completo-sistémicamente visto- tiene una influencia capital en la duración del ciclo de los procesos.

Las estrategias competitivas de la organización están en función del entorno competitivo en que se desempeña. Las operaciones son los procesos misionales de la organización, de ahí su estrecha relación con las estrategias. Es el plan quien se subordina a la estrategia y no viceversa, por eso deberán ser consideradas en ello.

**Paso No. 3:** Adecuar el plan al comportamiento de la demanda

Si la variación de los requerimientos de la producción es bastante grande de un período a otro, debe acudir a la fijación de precios, la promoción u otras técnicas destinadas a cambiar el comportamiento de la demanda.

Los requerimientos altos de capacidad también se reducen, si se trasfiere trabajo al cliente.

**Paso No. 4:** Comparar la capacidad real con los requerimientos de producto durante cada período de planeación

Si la capacidad requerida no coincide con la capacidad disponible, deberán buscarse alternativas de ajuste, considerando el costo de cada una. En la siguiente tabla se muestran las diversas maneras de ajustar la capacidad en el mediano plazo.

Tabla 4.5. Alternativas para ajustar la capacidad a mediano plazo.

OPCIÓN	LIMITACIONES
Contratación / despido de trabajadores a tiempo completo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fuerza de trabajo fija para todo el año.</li> <li>• Gastar en una persona para que solamente trabaje un tiempo no es estimulante.</li> <li>• Considerar la capacidad de empleo máxima de la empresa.</li> <li>• Las contrataciones parciales están sujetas a regulaciones legales.</li> </ul>
Horas extra Tiempo ocioso Interrupción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hay limitaciones legales con relación a las horas extra.</li> <li>• Un obrero no puede trabajar extra más del 30% de su fondo semanal (Organización Internacional del Trabajo- Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional, 2014).</li> </ul>
Acumulación de inventarios en periodos de baja demanda	<ul style="list-style-type: none"> <li>• La planta y los canales de distribución tienen una capacidad limitada de operación y almacenamiento.</li> </ul>
Subcontratación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Los subcontratistas tienden a aceptar pedidos por lotes de determinado tamaño y aceptan modelos específicos.</li> <li>• Habría que adaptar el plan de manera que valoren los subcontratos desde un inicio.</li> </ul>

Fuente: Elaborada por los autores, según Noori & Radford (1997).

### **Paso No. 5:** Seleccionar una estrategia de planeación agregada

La empresa debe adecuar la capacidad a la demanda en cada período de planeación agregada (estrategia de adaptación o caza) tratar de mantener la producción estable (estrategia de nivelación) o combinar ambas estrategias (estrategia mixta).

Se llama estrategia de caza o adaptación a la que adopta la organización, cuando ajusta sus niveles de producción o prestación de servicios al comportamiento del mercado. Quiere decir,



que el comportamiento de la demanda impone la manera en que se hará el plan agregado.

Su nombre de caza está originado en que la empresa realmente “caza” los deseos y expectativas de los clientes para garantizar su fidelidad. Esta estrategia es propia de empresas que comienzan a posicionarse en mercados altamente competitivos, o de nuevos productos o servicios

La empresa ajusta la tasa de producción de cada período de planeación agregada para equiparar la tasa de demanda en cada lapso. En síntesis, el plan agregado se hace según sea el comportamiento de la demanda.

Por lo contrario, una estrategia de nivelación es adoptada por la empresa cuando se desempeña en un mercado cautivo<sup>19</sup>, o al menos, cuenta con una alta fidelidad de los clientes, por razones técnicas, tecnológicas o de costos. En estos casos es la empresa la que impone las condiciones a los clientes, fundamentalmente, las referidas a los plazos de entrega. Esta situación le permite mantener niveles de producción similares en cada período de planeación agregada.

Si en la anterior estrategia mandaba el comportamiento de la demanda, en esta estrategia lo que define el plan agregado es el comportamiento del ciclo de procesos de la empresa.

Estas son las dos estrategias básicas, pero el propio desarrollo tecnológico impone comportamientos de mercado muchas veces ambiguos en su variación. Esta situación motiva que las empresas tiendan a combinar elementos de ambas estrategias, como establecer inventarios de previsión en periodos de poca actividad, permitir pocos cambios en la fuerza laboral durante el año, o permitirse el lujo de que se mantengan pendientes determinados pedidos de los clientes.

Las estrategias mixtas y de nivelación están limitadas a empresas que pueden mantener un inventario de productos, diferir la

---

19 Hay un mercado cautivo cuando las barreras de entrada impiden que haya competencia, o cuando el producto que la empresa provee es de un alto grado de especificaciones técnicas, requisitos, etc.

demanda acumulando pedidos de clientes en listas de espera, o transferirlos a otras fechas. Es poco probable que una estrategia de nivelación o mixta se pueda aplicar en una empresa prestadora de servicios. Ya en el capítulo No. 1 vimos las características de los servicios cuya intangibilidad motiva que no se puedan acumular inventarios.

En las empresas manufactureras queda siempre la decisión de valorar el costo de inventario con el costo de no servicio, que de hecho, constituye un trade off logístico. En la siguiente tabla se muestran las alternativas que emanan de esa decisión.

Las empresas que se encuentran en el cuadrante correspondiente a la combinación Si/Si pueden elegir cualquier estrategia. Las que están en el cuadrante con la combinación No/No, o asumen la estrategia de adaptación o caza, o salen del negocio.

La elección de una u otra estrategia depende de las opciones que tenga la empresa para adaptarse en cuanto a su capacidad productiva y de almacenaje, los trade offs entre costos de mantenimiento del inventario y de no servicio al cliente, y la situación competitiva que tenga.

Generalmente, estas elecciones llevan a decisiones de estrategias mixtas. La imposibilidad de acumular inventarios pone a la empresa a expensas del comportamiento de los pedidos de clientes y la obliga a estrategias mixtas de adaptación a través de subcontrataciones, tiempos extra o aumento de la contratación a tiempo parcial de mayor cantidad de operarios.

**Tabla 4.6. Alternativas estratégicas del plan agregado con relación al inventario y el costo de no servicio.**

NO		¿La empresa puede acumular inventarios?	
		SI	
¿El cliente está dispuesto a esperar?	SI	MIXTA	NIVELACIÓN
	NO	ADAPTACIÓN O CAZA	MIXTA

Fuente: Elaborada por los autores.

El costo por no servicio fuerza por otra parte a la empresa a incurrir en gastos adicionales por acumulación de inventarios, a fin de garantizar la fidelidad de los clientes, en forma de estrategias mixtas de nivelación.

#### 4.3.2. Ejemplo demostrativo de estrategia de caza en la planeación agregada de la producción manufacturera

Una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos produce 30 modelos diferentes de componentes con sistemas de CAD-CAM<sup>20</sup> y está en condiciones de aceptar pedidos especiales. Después de analizar los requerimientos para el procesamiento de cada modelo se establecieron 3 grupos de productos agregados:

- Cilindros.
- Amortiguadores.
- Componentes a pedido.

La capacidad se mide en horas disponibles según se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.7. Horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

Grupo	Horas por unidad (h/u)	Peso Relativo
Cilindros	2,70	0,50
Amortiguadores	1,80	0,32
Componentes a pedido	3,50	0,18

Fuente: Elaborada por los autores.

La demanda mensual de producciones para el próximo año se muestra en la siguiente tabla.

La producción de elementos hidráulicos y neumáticos tiene un alto nivel de especialización. La empresa tiene contratados 4 trabajadores en una línea de trabajo activa y mantiene una línea similar de reserva, que para ponerla en marcha, requeriría de la contratación de 4 trabajadores más y un costo adicional de

<sup>20</sup> CAD – Diseño Asistido por Computadora. CAM – Producción Asistida por Computadora.



puesta en marcha de \$10.000,00 USD. El régimen de trabajo es de 8 horas durante 300 días del año.

Se considerarán 25 días de trabajo al mes y 7 horas efectivas para cada línea de trabajo, para facilitar los cálculos.

Se han estimado los costos de las diversas decisiones a tomar según la estrategia que se adopte como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.8. Demanda mensual de producciones para el próximo año por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

	<b>CILINDROS (u)</b>	<b>AMORTIGUADORES (u)</b>	<b>A PEDIDO (u)</b>
<b>ENERO</b>	40	23	9
<b>FEBRERO</b>	30	18	7
<b>MARZO</b>	42	23	8
<b>ABRIL</b>	65	38	14
<b>MAYO</b>	95	55	21
<b>JUNIO</b>	100	54	25
<b>JULIO</b>	105	60	24
<b>AGOSTO</b>	92	64	23
<b>SEPTIEMBRE</b>	75	46	15
<b>OCTUBRE</b>	47	36	8
<b>NOVIEMBRE</b>	50	30	11
<b>DICIEMBRE</b>	70	25	15
<b>TOTALES POR MODELO</b>	<b>811</b>	<b>472</b>	<b>180</b>

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 4.9. Alternativas para ajustar la capacidad a mediano pla-

zo para el próximo año por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

OPCIÓN	COSTO PARA EL EJEMPLO	
	Descripción	Valor (\$ USD)
Contratación/despido de trabajadores a tiempo completo o contratación parcial	Contratación y entrenamiento por empleado	\$1.200,00
	Despido por empleado	\$1.900,00
	Hora de un empleado	\$70,00
Horas extra y tiempo ocioso	Hora extra por empleado	\$85,00
	Hora ociosa por empleado	\$50,00
Acumulación de inventarios en periodos de baja demanda	Manutención de una unidad de inventario al mes (se considera una unidad agregada promedio = 2,556 h)	\$30,00
Subcontratación	Margen por Unidad	\$79,00

Fuente: Elaborada por los autores.

El criterio para tomar las decisiones con relación a los costos de las alternativas estratégicas que se evalúen se hará en función de la mezcla normal de producto, calculada como se muestra.

$$A_t = \sum_{i=1}^n PR_i * H_i$$

Donde,

$A_t$ -horas promedio para la mezcla de productos del año (h)

$PR_i$ -peso relativo del grupo agregado en la producción total

$H_i$ -cantidad de horas de trabajo requeridas para producir una unidad del producto i (h/u)

El tiempo invertido para producir una unidad agregada para la mezcla de productos sería,

$$A_t = (2,7 * 0,5) + (1,8 * 0,32) + (3,5 * 0,18) = \underline{2,556 \text{ h}}$$

Que significa que una unidad promedio según la mezcla de productos prevista para el año que se planifica, toma 2,556 horas para producirse.

¿Cómo distribuir el trabajo mensualmente? ¿Qué estrategia será la más adecuada?

Para poder hacer el plan agregado seguiremos los pasos explicados en el epígrafe anterior.

**Paso No. 1:** Determinar los intervalos temporales para los que se hará el plan en el horizonte de planeación

Horizonte de planeación: 1 año

Intervalos definidos: 12 meses

30 modelos de producto divididos en 3 familias o grupos agregados,

- Cilindros.
- Amortiguadores.
- Componentes a pedido.

Criterio de agrupamiento: requerimientos del proceso.

**Paso No. 2:** Elaborar un pronóstico de la demanda estimada para cada grupo de productos agregados en cada período del horizonte de planeación y expresarlo en requerimientos de recursos

Los equivalentes en horas de trabajo para la conversión de la demanda, se calculan como sigue,

$$D_h = \sum_{i=1}^n DF_i * H_i$$



Donde,

$D_h$ -demanda total para la producción del mes (h)

$DF_i$ -demanda en unidades del producto i (u)

$H_i$ -cantidad de horas de trabajo requeridas para producir una unidad del producto i (h/u)

Tabla 4.10. Demanda mensual de producciones y equivalentes en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

	CILINDROS	AMORTIGUA DORES	A PEDIDO	CILINDROS	AMORTIGUA DORES	A PEDIDO	HORAS AL MES
ENE	40	23	9	1.080	414	315	1.809
FEB	30	18	7	810	324	245	1.379
MAR	42	23	8	1.134	414	280	1.828
ABR	65	38	14	1.755	684	490	2.929
MAY	95	55	21	2.565	990	420	3.975
JUN	100	54	25	2.673	972	438	4.083
JUL	105	60	24	2.687	1.080	630	4.397
AGO	92	64	23	2.484	1.152	665	4.301
SEP	75	46	15	2.025	828	525	3.378
OCT	47	36	8	1.269	648	280	2.197
NOV	50	30	11	1.350	540	385	2.275
DIC	70	25	15	1.890	450	525	2.865
<b>TOTAL</b>	<b>811</b>	<b>472</b>	<b>180</b>	<b>21.722</b>	<b>8.496</b>	<b>5.198</b>	<b>35.415</b>

Fuente: Elaborada por los autores.

### **Paso No. 3:** Adecuar el plan al comportamiento de la demanda

Evaluaremos alternativas para las estrategias de adaptación o caza y nivelación. Eventualmente una estrategia mixta.

**Paso No. 4:** Comparar la capacidad real con los requerimientos de producto durante cada período de planeación

La capacidad real de la planta productora de elementos de la oleo hidráulica y neumática se calculará según lo estudiado en el Capítulo No. 2.

$$\text{FTPD} = \text{DL} * (\text{TS}-\text{TST}) * \text{NPT}$$

Donde,

FTDP-fondo de tiempo productivo disponible

DL-días laborables

DST-días de servicio tecnológico

TS-tiempo de servicio

TST-tiempo de servicio tecnológico

NPT-cantidad de estaciones o puestos de servicio

Entonces, la capacidad productiva en horas para una línea de producción, sería,

$$\text{FTPD}_{1L} = 12 \text{ meses} * 25 \text{ d/m} * 7 \text{ h/d} * 1 \text{ línea} = \underline{2.100 \text{ h} - \text{maq/año}}$$

Y para dos líneas de producción,

$$\text{FTPD}_{2L} = 12 \text{ meses} * 25 \text{ d/m} * 7 \text{ h/d} * 2 \text{ línea} = \underline{4.200 \text{ h} - \text{maq/año}}$$

El aprovechamiento de la capacidad según el comportamiento de la demanda se muestra en la siguiente tabla.

Puede observarse que es preciso activar la segunda línea de producción porque con una, la demanda supera con mucho a la capacidad. Se han sombreado los meses en que la demanda supera ligeramente a la capacidad productiva disponible en la alternativa de utilizar dos líneas de producción, para lo que habrá que tomar decisiones.



## 1. Evaluación de la alternativa estratégica de adaptación o caza

Se decide activar la segunda línea de producción a partir de Abril y mantenerla funcionando el resto del año. Los meses que la demanda excede la capacidad se acude a la subcontratación. Los resultados de esta decisión se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 4.11. Aprovechamiento de la capacidad productiva según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

	<b>Demanda mensual (h)</b>	<b>CDP 1 línea (h)</b>	<b>Ku 1 línea</b>	<b>CDP 2 líneas (h)</b>	<b>Ku 2 líneas</b>
<b>ENE</b>	1.809	2.100	0,86	4.200	0,43
<b>FEB</b>	1.379	2.100	0,66	4.200	0,33
<b>MAR</b>	1.828	2.100	0,87	4.200	0,44
<b>ABR</b>	2.929	2.100	1,39	4.200	0,70
<b>MAY</b>	3.975	2.100	1,89	4.200	0,95
<b>JUN</b>	4.083	2.100	1,94	4.200	0,97
<b>JUL</b>	4.397	2.100	2,09	4.200	1,05
<b>AGO</b>	4.301	2.100	2,05	4.200	1,02
<b>SEP</b>	3.378	2.100	1,61	4.200	0,80
<b>OCT</b>	2.197	2.100	1,05	4.200	0,52
<b>NOV</b>	2.275	2.100	1,08	4.200	0,54
<b>DIC</b>	2.865	2.100	1,36	4.200	0,68
	35.415	25.200	1,41	50.400	0,70

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 4.12. Resultados de la adopción de una estrategia de adaptación o caza según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

MES	Demanda total (h)	FTPD (h)	Ku	Tiempo ocioso (h)	Subcontratación (h)
<b>ENERO</b>	1.809	2.100	0,86	291	
<b>FEBRERO</b>	1.379	2.100	0,66	721	
<b>MARZO</b>	1.828	2.100	0,87	272	
<b>ABRIL</b>	2.929	4.200	0,70	1.271	
<b>MAYO</b>	3.975	4.200	0,95	225	
<b>JUNIO</b>	4.083	4.200	0,97	118	
<b>JULIO</b>	4.397	4.200	1,05		197
<b>AGOSTO</b>	4.301	4.200	1,02		101
<b>SEPTIEMBRE</b>	3.378	4.200	0,80	822	
<b>OCTUBRE</b>	2.197	4.200	0,52	2.003	
<b>NOVIEMBRE</b>	2.275	4.200	0,54	1.925	
<b>DICIEMBRE</b>	2.865	4.200	0,68	1.335	
<b>TOTALES</b>	<b>35.415</b>	<b>44.100</b>	<b>0,80</b>	<b>8.685</b>	<b>298</b>

Fuente: Elaborada por los autores.

Habría que ver entonces el costo de esta decisión.

Según la información de que disponemos, una hora de tiempo de trabajo no utilizado (ociosa) le cuesta a la fábrica \$50,00 USD y la subcontratación cuesta \$79,00 USD por hora. El costo de la decisión estratégica de adaptación o caza sería entonces, lo que se paga de salario por hora, lo que se pierde por tener a los trabajadores ociosos, lo que se invierte en activar la línea de producción y lo que se paga a terceros por cada hora de trabajo que se le subcontrata. Los resultados aparecen en la siguiente tabla.

Lo que indica que el costo total de esta decisión sería de \$ 2.529.892,00 USD.

Tabla 4.13. Costos de la estrategia de caza según la demanda en horas de trabajo totales requeridas por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

Mes	Costo de salario	Costo de tiempo ocioso	Costo de contratación de nuevos empleados	Costo de puesta a punto línea 2	Costo de subcontratación
<b>ENE</b>	\$ 126.630,00				
<b>FEB</b>	\$ 96.530,00				
<b>MAR</b>	\$ 127.960,00				
<b>ABR</b>	\$ 205.030,00		\$ 2.400,00	\$ 10.000,00	
<b>MAY</b>	\$ 278.250,00				
<b>JUN</b>	\$ 285.775,00				
<b>JUL</b>	\$ 307.755,00	\$ 9.850,00			\$ 15.563,00
<b>AGO</b>	\$ 301.070,00	\$ 5.050,00			\$ 7.979,00
<b>SEP</b>	\$ 236.460,00				
<b>OCT</b>	\$ 153.790,00				
<b>NOV</b>	\$ 159.250,00				
<b>DIC</b>	\$ 200.550,00				
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 2.479.050,00</b>	<b>\$ 14.900,00</b>	<b>\$ 2.400,00</b>	<b>\$ 10.000,00</b>	<b>\$ 23.542,00</b>

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.3.3. Ejemplo demostrativo de estrategia de nivelación en la planeación agregada de la producción manufacturera

En lugar de adaptarse a la demanda mensual, la fábrica puede tratar de nivelar la tasa diaria de producción. Para ello acumularía un inventario de previsión en los meses iniciales del año que se utilizaría en los meses de alta demanda. En esta época también subcontratan.

Como se conoce, la fábrica necesita una capacidad de 35.415 horas de trabajo en el año para satisfacer la demanda prevista. Este valor puede ser nivelado en los 12 meses, de manera que



se acumulen en inventario las producciones para los meses de mayor demanda. De la misma manera se nivela la mezcla de productos. Quiere decir, se trabaja para cumplir la demanda del mes y la diferencia se distribuye según el peso relativo de cada una de las familiar de productos.

La producción adelantada para inventarios se calcula según la formulación,

$$PAI_i = T_o * PR_i$$

Donde,

$PAI_i$ -producción en horas equivalentes adelantada para el inventario del grupo agregado  $i$  (h)

$T_o$ -tiempo ocioso disponible total para adelantar producciones (h)

$PR_i$ -peso relativo del grupo agregado  $i$  en la producción total

Y el adelanto en unidades de cada producto,

$$I_{UA} = \frac{P_{AI}}{H_i}$$

Donde,

$I_{UA}$ -unidades físicas de la familia  $i$  a inventario (u)

$P_{AI}$ -producción en horas equivalentes adelantada para el inventario (h)

$H_i$ -cantidad de horas de trabajo requeridas para producir una unidad del producto  $i$  (h/u)

Según esta formulación, la producción para el mes de enero sería,

$$P_{cilindros\ enero} = 291 * 0,5 = 145,5 \text{ h de cilindros para inventario}$$

$$P_{amortiguadores\ enero} = 291 * 0,32 = 93,12 \text{ h de amortiguadores para inventario}$$

$$P_{a\ pedido\ enero} = 291 * 0,18 = 52,38 \text{ h de a pedido para inventario}$$

Y para conocer cuántas unidades irán a inventario de cada uno, solo habrá que dividir el tiempo dedicado a cada uno por los requerimientos de tiempo para producir una unidad, sería,

$$I_{cilindros} = \frac{145,5}{2,7} = 53 \text{ cilindros a inventario}$$

$$I_{amortiguadores} = \frac{93,12}{1,8} = 51 \text{ amortiguadores a inventario}$$

$$I_{a\ pedido} = \frac{52,38}{3,5} = 14 \text{ componentes a pedido a inventario}$$

Pero la situación de esta empresa no llega a tales extremos, por lo que se decide activar la línea de producción 2 a partir del mes de abril y adelantar los déficits futuros de pedido que deberán ocurrir en los meses de julio y agosto, como parte del aprovechamiento de horas ociosas en los meses de mayo y junio. El resultado de esta decisión de nivelación se muestra en la siguiente tabla.

Habría que determinar cuánto costará esta segunda alternativa estratégica, considerando que hay cierto ahorro en costos por horas ociosas, pero hay un aumento en los costos por manutención del inventario.

Según la información que disponemos, la manutención de una unidad agregada promedio, equivalente a 2,556 h de trabajo es de \$30,00 USD/mes. La manera de determinar el costo de manutención de inventario mensual sería,

$$C_{MI} = \left( \frac{PA_i}{A_t} \right) * CM_{UA} * t_i$$

Donde,

$PA_i$ -producción en horas equivalentes adelantada para el inventario del grupo agregado  $i$  (h)

$A_t$ -horas promedio para la mezcla de productos del año (h)

$CM_{UA}$ -costo de manutención mensual de una unidad agregada promedio (\$ USD)

$t_i$ -meses de permanencia del producto en inventario (meses)

Los resultados aparecen en la siguiente tabla.

Tabla 4.14. Resultados de la estrategia de nivelación según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

Mes	Demanda total (h)	FTPD (h)	Producción mensual (h)	Adelanto inventario (h)	Tiempo ocioso (h)
<b>ENE</b>	1.809	2.100	1.809		291
<b>FEB</b>	1.379	2.100	1.379		721
<b>MAR</b>	1.828	2.100	1.828		272
<b>ABR</b>	2.929	4.200	2.929		1.074
<b>MAY</b>	3.975	4.200	3.975	197	124
<b>JUN</b>	4.083	4.200	4.200	101	
<b>JUL</b>	4.397	4.200	4.200		
<b>AGO</b>	4.301	4.200	4.200		
<b>SEP</b>	3.378	4.200	3.378		822
<b>OCT</b>	2.197	4.200	2.197		2.003
<b>NOV</b>	2.275	4.200	2.275		1.925
<b>DIC</b>	2.865	4.200	2.865		1.335
	35.415	44.100	35.235	298	8.567

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 4.15. Costos de una estrategia de nivelación según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

Mes	Costo de salario	Costo de tiempo ocioso	Costo de contratación de nuevos empleados	Costo de puesta a punto línea 2	Costo de manutención de inventario
<b>ENE</b>	\$ 126.630,00	\$ 14.550,00			
<b>FEB</b>	\$ 96.530,00	\$ 36.050,00			
<b>MAR</b>	\$ 127.960,00	\$ 13.600,00			
<b>ABR</b>	\$ 218.820,00	\$ 53.700,00	\$ 2.400,00	\$ 10.000,00	
<b>MAY</b>	\$ 285.320,00	\$ 1.400,00			\$ 2.312,21
<b>JUN</b>	\$ 285.810,00	\$ 800,00			\$ 3.497,65
<b>JUL</b>	\$ 294.000,00				\$ 1.185,45
<b>AGO</b>	\$ 294.000,00				
<b>SEP</b>	\$ 236.460,00	\$ 41.100,00			
<b>OCT</b>	\$ 153.790,00	\$ 100.150,00			
<b>NOV</b>	\$ 159.250,00	\$ 96.250,00			
<b>DIC</b>	\$ 200.550,00	\$ 66.750,00			
	\$ 2.479.120,00	\$ 424.350,00	\$ 2.400,00	\$ 10.000,00	\$ 6.995,31

Fuente: Elaborada por los autores.

El costo total de la alternativa estratégica de nivelación sería de \$ 2.922.865,31 USD que es significativamente mayor que la estrategia de adaptación o caza.

#### 4.3.4. Ejemplo demostrativo No. 1 de estrategia mixta en la planeación agregada de la producción manufacturera

Buscando disminuir el costo de las decisiones anteriormente evaluadas, la empresa decide:

- Subcontratar sus producciones deficitarias hasta el mes de julio.
- Aceptar subcontratos de terceros hasta 200 h al mes, cuando sea posible, adelantar producciones contra almacén

para suplir los déficits de capacidad en los meses de mayor demanda.

- Activar la segunda línea de producción en los meses de julio, agosto y septiembre.
- Llegar hasta una tasa de 10 h extra/trabajador-mes, cuando sea necesario.

Los resultados de la decisión de adopción de una estrategia mixta como la descrita, se muestran a continuación.

Tabla 4.16. Resultados de la estrategia mixta según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

Mes	Demanda horaria	FTPD	Horas extra	Subcontratos a 3eros	Subcontratos de 3eros	Producción a inventario	Inventario acumulado	Salidas inventario
ENE	1.809	2.100			200	91	91	
FEB	1.379	2.100			200	521	612	
MAR	1.828	2.100			200	72	684	
ABR	2.929	2.100	20	125			684	684
MAY	3.975	2.100	20	1.855				
JUN	4.083	2.100	20	1.943				
JUL	4.397	4.200	40	157				
AGO	4.301	4.200	40	61				
SEP	3.378	4.200				822	822	
OCT	2.197	2.100	20				745	77
NOV	2.275	2.100	20				590	155
DIC	2.865	2.100	20	155				590
<b>TOTAL</b>	<b>35.415</b>	<b>31.500</b>	<b>220</b>	<b>4.295</b>	<b>600</b>	<b>1.506</b>		

Fuente: Elaborada por los autores.

Para la determinación de los costos de esta decisión se considerarán los pagos de salario por tiempo normal de trabajo, por horas extra, por contratación de los 2 trabajadores adicionales de la línea 2 para los meses de julio a septiembre, los pagos por despido de estos trabajadores al cerrar la línea al término de septiembre, la puesta a punto de la línea, los gastos de manutención de inventario en almacenes y los servicios de los subcontratistas.

Habría que considerar un ingreso adicional por aceptación de subcontrataciones, con igual margen que la solicitud, que atenúan en cierta medida los costos de la estrategia adoptada.

Los resultados se muestran en la siguiente tabla.

La adopción de esta estrategia mixta generaría un costo total de \$3.002.779,41 USD, pues los ingresos de \$47.400,00 USD por concepto de subcontratos aceptados a terceros, atenuaría en cierta medida el costo. Aun así, se mantiene siendo una decisión más costosa que las anteriores decisiones estratégicas de adaptación o caza y nivelación.

Como las estrategias mixtas se adoptan para disminuir los costos, es posible hacer tantas adecuaciones como sea posible, por lo que valoraremos una segunda alternativa estratégica mixta.

**Tabla 4.17. Costos de la estrategia mixta según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.**

Mes	Costo de salario	Costo de horas extra	Contrato de nuevos empleados	Puesta a punto línea 2	Costos de despido	Costos por subcontrato	Costo de inventario	Ingresos por subcontratos
ENE	\$ 147.000,00						\$ 1.068,08	\$ 15.800,00

AGO	\$ 301.070,00	\$ 3.400,00					\$ 4.819,00		
JUL	\$ 307.755,00	\$ 3.400,00	\$ 2.400,00				\$ 12.363,50		
JUN	\$ 285.775,00	\$ 1.700,00					\$ 155.037,50		
MAY	\$ 278.250,00	\$ 1.700,00					\$ 146.545,00		
ABR	\$ 205.030,00	\$ 1.700,00					\$ 9.875,00	\$ 8.028,17	
MAR	\$ 147.000,00							\$ 8.028,17	\$ 15.800,00
FEB	\$ 147.000,00							\$ 7.183,10	\$ 15.800,00

SEP	\$ 294.000,00				\$ 3.800,00		\$ 9.647,89	
OCT	\$ 153.790,00	\$ 1.700,00					\$ 8.744,13	
NOV	\$ 159.250,00	\$ 1.700,00					\$ 6.924,88	
DIC	\$ 200.550,00	\$ 1.700,00				\$ 12.245,00		
	\$ 2.626.470,00	\$ 17.000,00	\$ 2.400,00	\$ 10.000,00	\$ 3.800,00	\$ 340.885,00	\$ 49.624,41	\$ 47.400,00

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.3.5. Ejemplo demostrativo No. 2 de estrategia mixta en la planeación agregada de la producción manufacturera

Como son los costos por subcontratación a terceros los más significativos. Se decide evaluar una estrategia mixta de plan agregado con las siguientes características:

- Se activará la línea 2 a partir del mes de abril.
- Se mantendrá una cuota fija de 200 h de subcontratación de terceros hasta abril.



- Se elevará la cuota fija de subcontratación a terceros hasta 400 h, a partir de mayo, siempre que sea posible
- Se producirán para almacenar todos los adelantos que sean posibles, siempre que el inventario acumulado no exceda las 2.100 h equivalentes en producción en el almacén.
- No se acudirá a la subcontratación a terceros.
- Se trabajará en horario extraordinario solamente para cumplir obligaciones con los clientes.

Los resultados de adoptar esta segunda alternativa de estrategia mixta se muestran a continuación.

Tabla 4.18. Resultados de la segunda alternativa de estrategia mixta según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

Mes	De- manda horaria	FTPD	Subcon- tratos de 3eros	Producción a inventario	Inventario acumula- do	Salidas inventa- rio
ENE	1.809	2.100	200	491	491	
FEB	1.379	2.100	200	921	1.412	
MAR	1.828	2.100	200	472	1.884	
ABR	2.929	4.200	400	1.671	3.555	
MAY	3.975	4.200		225	3.780	
JUN	4.083	4.200		118	3.898	
JUL	4.397	4.200			3.505	197
AGO	4.301	4.200			3.303	101
SEP	3.378	4.200	400	1.222	4.525	
OCT	2.197	2.100	400	303	4.331	497
NOV	2.275	2.100	400	225	3.981	575
DIC	2.865	2.100			2.451	765
	35.415	37.800	400	4.585		2.135

Fuente: Elaborada por los autores.

Puede observarse que, efectivamente, es la subcontratación a terceros el elemento del costo que más afecta la adopción de una estrategia mixta. Con la activación de la segunda línea de producción, la empresa puede asumir producciones subcontratadas de otros, y acumular inventarios, para los momentos en que su capacidad productiva no satisfaga la demanda contratada. No ha sido necesario acudir a las horas extra y se utiliza adecuadamente el tiempo de trabajo, de manera que no hayan tiempos ociosos.

Los costos que generaría esta alternativa se muestran en la siguiente tabla.

De esta manera, la adopción de esta alternativa estratégica mixta generaría un costo de \$ 3.228.192,72 USD e ingresos adicionales por subcontratación de terceros por \$173.800,00 USD.

Tabla 4.19. Costos de una segunda alternativa de estrategia mixta según la demanda en horas de trabajo por grupo de producto agregado de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

Mes	Costo de salario	Contra-tación de empleados	Puesta a punto línea 2	Costo de inventario	Ingresos por subcontratación
ENE	\$ 175.000,00			\$ 5.762,91	\$ 15.800,00
FEB	\$ 175.000,00			\$ 16.572,77	\$ 15.800,00
MAR	\$ 175.000,00			\$ 22.112,68	\$ 15.800,00
ABR	\$ 350.000,00	\$ 2.400,00	\$ 10.000,00	\$ 41.725,35	\$ 31.600,00
MAY	\$ 294.000,00			\$ 44.366,20	
JUN	\$ 294.000,00			\$ 45.745,31	
JUL	\$ 294.000,00			\$ 41.132,63	
AGO	\$ 294.000,00			\$ 38.761,74	
SEP	\$ 350.000,00			\$ 53.104,46	\$ 31.600,00
OCT	\$ 203.000,00			\$ 50.827,46	\$ 31.600,00
NOV	\$ 203.000,00			\$ 46.719,48	\$ 31.600,00
DIC	\$ 147.000,00			\$ 28.761,74	
	\$ 2.954.000,00	\$ 2.400,00	\$ 10.000,00	\$ 435.592,72	\$ 173.800,00

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.4. Derivación jerárquica del plan agregado: el Plan Maestro de Producción (PMP)

Ya hemos visto cómo el plan agregado convierte la demanda de la empresa, para un período temporal suficientemente largo para ser considerado estratégico, en asignaciones de carga a los talleres, en función de criterios de tiempo de trabajo –o al menos, del elemento restrictivo del proceso. Esa agregación se hace por familias de productos, agrupados por criterios de afinidad de operaciones, o de equipos, o de alguna operación crítica.

Ahora habrá que asignar esa carga a cada quien en el proceso, para períodos cortos de tiempo. A este paso de la planeación de operaciones se le llama Plan Maestro de Producción, porque es quien rige la actividad en el núcleo de los procesos misionales de la organización.

El plan maestro se ejecuta operativamente, pero su conformación estará siempre a nivel táctico. Se caracteriza por:

- Especificar el cuándo y el qué de las operaciones.
- Estar dirigidos a productos o servicios específicos y no a familias.
- Ser una decisión “en firme” y no un pronóstico desagregado - como puede convertirse el plan agregado a nivel operativo, si la demanda varía su comportamiento.

Si bien el plan agregado se extiende por un período considerable de tiempo, al extenderse el plan maestro por un período corto e inmediato, le hace susceptible de variaciones de último momento definidas por el alcance u horizonte de planificación. Así puede declararse un horizonte fijo, en el que ya no se le harán más cambios al plan maestro; un horizonte medio-fijo en que algunos productos previstos pueden sufrir algún cambio; y un horizonte flexible, correspondiente a un período más lejano, donde sea factible que el plan maestro sea modificado.



#### 4.4.1. Elaboración del Plan Maestro de Producción (PMP)

El plan maestro es un balance entre la demanda convertida a unidades específicas de productos a elaborar en un tiempo dado, las existencias de dichas unidades en inventario, y la capacidad productiva disponible en los puestos de trabajo específicos, que producen dichas unidades de producto. Como es un plan operativo, en él sí se manifiestan las variaciones aleatorias de la demanda, por lo que habrá que establecer una diferencia entre el pronóstico de demanda y el nivel real de los pedidos, como se muestra en la siguiente tabla.

Esa propia condición de plan operativo motiva que sus divisiones correspondan a los períodos mínimos de planificación, según sea el proceso de que se trata. Por ejemplo, en las producciones seriadas, los períodos de planificación suelen ser la semana o la decena. En casos excepcionales, se planifica para períodos mínimos mayores. En las producciones masivas, el período mínimo puede ser el turno o el día.

Tabla 4.20. Estructura básica de un plan maestro de producción.

	Período mínimo de planificación						
	1	2	3	4	5	...	n
Inventario inicial							
Pronóstico							
Pedidos							
Inventario final							
PMP							

Fuente: Elaborada por los autores.

Entonces, para hacer un plan maestro de producción necesitamos la siguiente información:

- El plan agregado o al menos, el pronóstico de las ventas para el período que vamos a planificar.
- Los pedidos comprometidos con los clientes.

- La capacidad disponible en los puestos de trabajo con que vamos a planificar.
- Información sobre posibles fuentes de demanda adicional.
- Cantidad de unidades del producto en existencia en inventario.

Como en la planeación agregada, también existen muchas maneras de realizar el plan maestro de producción, pero nos concentraremos en el método de ensayo y error. Para ello seguiremos los siguientes pasos:

**Paso No. 1.** Recopilar información sobre:

- Demanda prevista del producto o servicio en cuestión, para el período de planificación en unidades físicas y en horas de trabajo.
- Comportamiento de los pedidos en cada período mínimo de planificación.
- Cantidad de unidades existentes en inventario.
- Tamaño de lote por período mínimo y por días o turno de trabajo.

**Paso No. 2.** Establecer las cantidades a servir en cada período mínimo.

Si el inventario inicial es mayor que el valor máximo -ya sea pedido o pronóstico- la cantidad a producir en el primer período mínimo de planificación será 0. Sencillamente se sacará del inventario.

Si hay un tamaño de lote establecido habrá que cumplirlo, en segunda instancia se buscará cuál de los dos valores –demanda o pedidos- es mayor, y sobre ese se trabajará. Eso nos permitirá saber, si quedan unidades que pasan a inventario o no, según la formulación,

$$IF_i = II_i + MPM_i - (\text{Max} (PRO_i; PED_i))$$



Donde,

$i$ -períodos de planificación

$IF_i$ -inventario final en el primer período mínimo de planificación  $i$  (u)

$II_i$ -inventario inicial en el primer período mínimo de planificación  $i$  (u)

$MPM_i$ -cantidad a producir (u)

$\text{Max}(\text{PRO}_i; \text{PED}_i)$ -decisión de valor máximo a producir (u)

$\text{PRO}_i$ -pronóstico de entrega en el período mínimo de planificación  $i$  (u)

$\text{PED}_i$ -cantidad de pedido en el período mínimo de planificación  $i$  (u)

Para el próximo período mínimo de planificación, se mantiene el mismo criterio: primero el cumplimiento del tamaño del lote, después sacar las diferencias del inventario acumulado, si exceden; o mandar las diferencias al inventario, si faltan.

#### 4.4.2. Ejemplo de elaboración de un plan maestro de producción

Nos concentraremos en los datos del mes de agosto de plan agregado de la fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos que vimos anteriormente. Específicamente en la familia de componentes “a pedido”.

Para el mes de agosto la demanda de componentes a pedido es de 210 unidades de mangueras neumáticas modelo MN-423, que equivalen a 665 horas de trabajo de la línea de mangueras. La unidad mínima de planificación es la semana, no hay existencias de inventario. El pedido es variable de una semana a otra y el tamaño de lote semanal es de 55 unidades a razón de 9 diarias.

Tabla 4.21. Resultados del plan maestro de producción para mangueras hidráulicas MN - 423 de una fábrica de componentes oleo hidráulicos y neumáticos.

	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4
<b>Inventario inicial</b>	0	3	2	5
<b>Pronóstico</b>	50	50	50	50
<b>Pedidos</b>	52	56	52	60
<b>Inventario final</b>	3	2	5	0
<b>PMP</b>	55	55	55	55

Fuente: Elaborada por los autores.

Para la primera semana del plan maestro no tenemos inventario en existencia de ese componente así que se producen las 55 unidades establecidas como tamaño de lote óptimo, se satisface el pedido de 52 unidades y se envían 3 unidades al almacén.

En la segunda semana se producen las 55 unidades establecidas por el tamaño del lote, se saca una del almacén para satisfacer el pedido de 56 unidades y quedan 2 unidades en inventario.

La tercera semana se producen las consabidas 55 unidades, se satisface el pedido de 52 y se envían 3 al almacén que, con las 2 en existencia que tenía, eleva las existencias a 5.

En la cuarta semana se producen las 55 y se sacan del almacén las 5 en existencia para satisfacer el pedido de 60 unidades. El inventario queda en 0 de nuevo para el próximo mes.

#### 4.5. Plan detallado de la capacidad productiva: la Planificación de Requerimientos Materiales (MRP)

La Planeación de Requerimientos de Materiales (MRP<sup>21</sup>) es una de las maneras de traducir al flujo material el Plan Maestro de Producción, como continuidad de la derivación jerárquica de la

21 Del inglés Material Requirements Planning.

planificación de operaciones. El MRP consiste en un procedimiento sistemático de planificación de componentes de fabricación. Con el MRP, el PMP se convierte en un “mapa” de necesidades reales de materiales, detallados en fechas y cantidades. El MRP es la base informativa para la gestión del inventario, que permite la programación eficiente de los pedidos de reabastecimiento.

A los efectos de la gestión del inventario, la demanda puede asumir diferentes comportamientos. Así es demanda independiente la que está influida solamente por las condiciones de mercado. Dicha demanda es muy difícil de estimar, y es la que fundamentalmente se pronostica. La demanda dependiente es aquella que depende de una demanda independiente. Matemáticamente, se determina como la primera derivada de la función de demanda independiente correspondiente. Por ejemplo, la demanda de neumáticos en una línea de montaje, depende del comportamiento de la demanda de automóviles.

Hay un tercer comportamiento de la demanda que, por su ambigüedad se define como demanda mixta. Este es el caso del comportamiento de demandas que pueden ser lo mismo dependientes que independientes. En el ejemplo usado anteriormente, con relación a la demanda de neumáticos, la demanda se comporta dependiente de la demanda de automóviles para una línea de montaje, pero independiente para la comercialización minorista del mismo producto.

#### 4.5.1. Elaboración del Plan de Requerimientos Materiales

Como decíamos que el MRP es un procedimiento sistemático, habrá que analizarlo como un sistema, con entradas, procesos y salidas. En la siguiente figura se muestra al MRP visto como sistema.



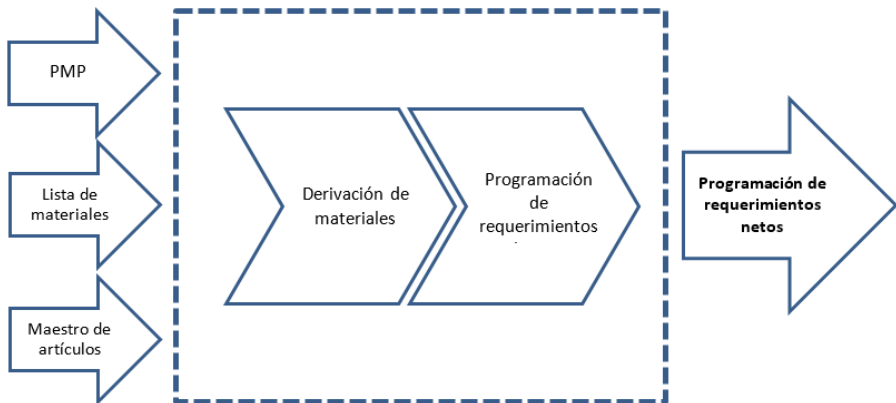


Figura 4.2. Representación sistémica de la Planeación de Requerimientos Materiales (MRP).

Fuente: Elaborada por los autores.

Las entradas al sistema son el Plan Maestro de Producción (PMP) que detalla todas las demandas independientes a planificar, el Maestro de Artículos que es la lista de todos los artículos de demanda independiente, y la Lista de Materiales, que será la lista detallada de todos los materiales que se precisan para la obtención de todos los artículos de demanda independiente.

Los pasos del proceso serán la derivación de materiales (BOM) y la programación de requerimientos brutos (PRB).

El resultado o salida del proceso será la programación de requerimientos netos (PRN).

### **Paso No. 1.** Derivación de Materiales (BOM)

El primer paso del proceso será la Derivación de Materiales (BOM)<sup>22</sup> que es un registro donde se detallan todos los componentes de un artículo con su relación de prioridades, y las cantidades establecidas por el diseño.

El BOM permite establecer las relaciones de dependencia y precedencia entre artículos, componentes y subcomponentes, a través de un árbol estructural.

<sup>22</sup> Del inglés Bill of Materials.

## **Paso No. 2.** Programación de requerimientos brutos (PRB)

Con el BOM ya sabemos cuánto de cada componente es necesario tener, para satisfacer un determinado pedido. La programación de requerimientos brutos se encarga de informar sobre el momento. Con la PRB podemos saber cuáles son las actividades o componentes críticos en cuanto a fechas, lo que es muy útil para poder conciliar con los clientes las fechas de entrega reales, y con los talleres los programas de producción.

La PRB considera el ciclo de proceso (CP) para ello, comprendido como el tiempo que se requiere para que el producto esté disponible, una vez que sus partes estén dispuestas. El ciclo de proceso se calcula como,

$$CP_i = TA_i + TPT_i + TT_i + TS_i + TOC_i$$

Donde,

$CP_i$ -ciclo de procesos del producto  $i$  (h)

$TA_i$ -tiempo de aprovisionamiento del producto  $i$  (h)

$TPT_i$ -tiempo de preparación tecnológica del producto  $i$  (h)

$TT_i$ -tiempo tecnológico (incluye operaciones y montaje) del producto  $i$

$TS_i$  - tiempo de servicios tecnológicos del producto  $i$  (h)

$TOC_i$ -demoras estimadas por otras causas del proceso para el producto  $i$  (h)

Cuando los componentes sean materias primas, se considera como ciclo de procesos al tiempo de abastecer la materia prima directa al proceso, a partir de que se emita la orden de compra al proveedor.

## **Paso No. 4.** Programación de requerimientos netos (PRN)

La programación de requerimientos netos (PRN) es la culminación de la planeación de los requerimientos materiales (MRP). Con ella se determinan las condiciones para el lanzamiento proyectado de las órdenes, ya sean de fabricación o compra.

En la PRN se consideran los niveles de inventario, los inventarios de seguridad, los tamaños de lote previstos y las recepciones programadas. El PRN no es un paso del plan, sino el plan en sí mismo.

La PRN debe cumplir un conjunto de requisitos:

1. El inventario disponible al inicio de un período es igual al inventario del cierre del período anterior,

$$ID_i = IP_{i-1}$$

Donde,

$ID_i$ -inventario disponible al inicio del período  $i$  (u)

$IP_i$ -inventario proyectado al final del período  $i-1$  (u)

2. Los requerimientos netos serán iguales a la diferencia entre requerimientos brutos y existencias de inventario,

$$RN_i = RB_i - ID_i$$

Donde,

$RN_i$ -requerimientos netos del período  $i$  (u)

$RB_i$ -requerimientos brutos del período  $i$  (u)

$ID_i$ -inventario disponible para el período  $i$  (u)

3. Si los requerimientos netos son mayores que 0, la recepción planeada se hará según el tamaño del lote.

$$RP_i = L, \text{ si } RN_i > 0$$

Donde,

RPI-recepción planeada en el período  $i$  (u)

L-tamaño del lote (u)

RNi-requerimientos netos en el período  $i$  (u)

4. Si se trabaja lote a lote (LXL)<sup>23</sup> entonces la recepción planeada será igual a los requerimientos netos,

$$RP_i = RN_i, \text{ si LXL}$$

5. El inventario proyectado al término del período  $i$  será la suma del inventario disponible, la recepción planeada y/o la recepción programada del período  $i$ , menos los requerimientos brutos en el propio período,

$$IP_i = (ID_i + RP_i + RcP_i) - RB_i$$

Donde,

IPi-inventario proyectado al final del período  $i$  (u)

IDi-inventario disponible para el período  $i$  (u)

RPI-recepción planeada en el período  $i$  (u)

RcPi-recepción planeada en el período  $i$  (u)

RBi-requerimientos brutos en el período  $i$  (u)

6. La liberación de una recepción planeada se hará tantos períodos antes como dure el ciclo de proceso del componente correspondiente.

Para hacer la PRN se utiliza la siguiente plantilla para cada uno de los componentes aislados.

---

<sup>23</sup> Significa que se asumirá un tamaño de lote igual al volumen del pedido.

Tabla 4.25. Estructura básica de la programación de requerimientos netos.

Tamaño del lote	Ciclo de proceso	Inventario inicial	Inventario de seguridad	Código	Períodos				
					1	2	...	n	
					Requerimientos brutos				
					Inventario disponible				
					Recepción programada				
					Requerimientos netos				
					Recepción planeada				
					Inventario proyectado				
					Liberación planeada				

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.5.2. Ejemplo demostrativo de planeación de requerimientos materiales

El Plan Maestro de Producción de una fábrica de artículos eléctricos para oficinas tiene prevista la entrega de 500 unidades de lámparas de escritorio para el 26 de septiembre del corriente. Los períodos de planificación de este tipo de productos se miden en días, porque su ciclo de procesos es muy corto.

El cliente ha seleccionado el modelo LE-21 del Maestro de Artículos. La Lista de Materiales se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.22. Ejemplo demostrativo de planeación de requerimientos materiales. Datos para un árbol estructural de una lámpara de escritorio.

Componentes	Código	Cantidad	Subcomponentes	Código	Cantidad
Pantalla	LE-21-1	1	Pantalla	LE-21-1-01	1
			Socket	LE-21-1-02	1
			Tuerca interior	LE-21-1-03	1
			Tuerca exterior	LE-21-1-04	1
			Soporte cable	LE-21-1-05	1
Brazo	LE-21-2	1	Arandela	LE-21-2-01	2
			Cobertura flexible	LE-21-2-02	1
Soporte	LE-21-3	1	Presilla	LE-21-3-01	2
			Base	LE-21-3-02	1
Cable	LE-21-4	1	Cable con espiga	LE-21-4-01	1
			Interruptor	LE-21-4-02	1
			Bombilla	LE-21-4-03	1

Fuente: Elaborada por los autores.

### Paso No. 1. Derivación de materiales

Con estos datos de entrada, ya puede conformarse un árbol estructural que establezca las relaciones de dependencia y precedencia de cada uno de los componentes hasta conformar el producto final. El resultado se muestra en la siguiente figura.

ARTÍCULO	COMPONENTES	SUBCOMPONENTES
	LE-21-1	LE-21-1-01
		LE-21-1-02
		LE-21-1-03
		LE-21-1-04
		LE-21-1-05
	LE-21-2	LE-21-2-01
		LE-21-2-01
		LE-21-2-02
LE-21	LE-21-3	LE-21-3-01
		LE-21-3-01
		LE-21-3-02
	LE-21-4	LE-21-4-01
		LE-21-4-02
		LE-21-4-03

Figura 4.3. Ejemplo Demostrativo de Planeación de Requerimientos Materiales. Árbol estructural de una lámpara de escritorio.

Fuente: Elaborada por los autores.

El árbol estructural de la lámpara de escritorio (artículo independiente) nos muestra que, para conformarla son necesarios una pantalla, un brazo, un soporte y un cable. Cada uno de ellos está conformado, a su vez, por varios componentes.

La utilidad del BOM es proporcionar la información de cuántos subcomponentes habría que comprar o producir para satisfacer la demanda de las lámparas de escritorio LE-21.

En la siguiente tabla se muestran las cantidades necesarias para satisfacer un pedido de 500 lámparas de escritorio LE-21.

## Paso No. 2. Programación de requerimientos brutos

Para poder hacer el PRB para el pedido de 500 u de la lámpara de escritorio LE-21, es necesario conocer los ciclos de proceso de cada uno de sus componentes. Como se informó, los períodos de planificación para la LE-21 se miden en días, dado el corto ciclo de procesos de este producto.

Con los ciclos de procesos y el árbol estructural puede establecerse una secuencia por períodos de planificación, que en el caso de este producto es en días. Para el conteo real hacia atrás, se consideran solamente los días hábiles. Suponiendo que la empresa trabaja de lunes a viernes y que el 26 de septiembre sea un martes, la PRB de nuestra LE-21 sería como se muestra en la figura 4.4.

Tabla 4.23. Ejemplo demostrativo de Planeación de Requerimientos Materiales. Necesidades para la producción de 500 unidades de la lámpara de escritorio LE-21.

Subcomponentes	Código	Consumo unitario (partes /unidad)	Necesidades (u)
Pantalla	LE-21-1-01	1	500
Socket	LE-21-1-02	1	500
Tuerca interior	LE-21-1-03	1	500
Tuerca exterior	LE-21-1-04	1	500
Soporte cable	LE-21-1-05	1	500
Arandela	LE-21-2-01	2	1.000
Cobertura flexible	LE-21-2-02	1	500
Presilla	LE-21-3-01	2	1.000



Base	LE-21-3-02	1	500
Cable con espiga	LE-21-4-01	1	500
Interruptor	LE-21-4-02	1	500
Bombilla	LE-21-4-03	1	500

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 4.24. Ejemplo demostrativo de Planeación de Requerimientos Materiales. Ciclos de proceso para la producción de 500 unidades de la lámpara de escritorio LE-21.

Código	Cantidad (u)	Ciclo de procesos (días)	Código	Cantidad (u)	Ciclo de procesos (días)	Código	Cantidad (u)	Ciclo de procesos (días)
LE - 21	500	3	LE-21-1	500	2	LE-21-1-01	500	4
						LE-21-1-02	500	2
						LE-21-1-03	500	3
						LE-21-1-04	500	5
						LE-21-1-05	500	2
			LE-21-2	500	3	LE-21-2-01	1.000	3
						LE-21-2-02	500	4
			LE-21-3	500	2	LE-21-3-01	1.000	2
						LE-21-3-02	500	5
			LE-21-4	500	1	LE-21-4-01	500	3
						LE-21-4-02	500	4
						LE-21-4-03	500	2

Fuente: Elaborada por los autores.

	Días											Entrega del pedido
	Lun 10	Mar 11	Mie 12	Jue 13	Vie 14	Lun 17	Mar 18	Mie 19	Jue 20	Vie 22	Lun 25	
LE-21-1-01		4										Mar 26
LE-21-1-02				2								
LE-21-1-03			3									
LE-21-1-04	5											
LE-21 - 1							2					
LE-21-1-05				2								
LE-21-2-01			3									
LE-21-2-02		4										
LE-21 - 2						3						
LE-21-3-01				2								
LE-21-3-02	5											
LE-21 - 3							2					
LE-21-4-01			3									
LE-21-4-02		4										
LE-21-4-03			2									
LE-21 - 4							1					
LE - 21									3			

Figura 4.4. Ejemplo demostrativo de planeación de requerimientos materiales. Plan de requerimientos brutos para la producción de 500 unidades de la lámpara de escritorio LE-21.

Fuente: Elaborada por los autores.

Quiere decir, que para cualquier pedido de LE-21 debemos considerar un período mínimo de respuesta al cliente de 11 días hábiles hacia atrás –sin incluir el de la entrega.

### Paso No. 3. Programación de los requerimientos netos

Para este paso debemos revisar el cumplimiento de los requisitos para la PRN.

#### Requisito No. 1 de la PRN

El inventario disponible al inicio de un período es igual al inventario del cierre del período anterior.

Son conocidos los valores de existencias en inventario de LE-21 y sus componentes, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.25. Ejemplo demostrativo de Planeación de Requerimientos Materiales. Existencias en inventario previas a la producción de 500 unidades de la lámpara de escritorio LE-21.

Código	Inventario disponible (u)	Requerimientos brutos (u)
LE-21-1-01	250	500
LE-21-1-02	720	500
LE-21-1-03	64	500
LE-21-1-04	186	500
LE-21-1-05	92	500
LE-21-2-01	68	1.000
LE-21-2-02	884	500
LE-21-3-01	1.198	1.000
LE-21-3-02	299	500
LE-21-4-01	75	500
LE-21-4-02	190	500
LE-21-4-03	30	500
LE-21-1	0	500
LE-21-2	0	500
LE-21-3	0	500
LE-21-4	0	500
LE - 21	0	500

Fuente: Elaborada por los autores.

## Requisitos No. 2, 4 y 5 de la PRN

- Los requerimientos netos serán iguales a la diferencia entre requerimientos brutos y existencias de inventario.
- Si se trabaja lote a lote (LXL) entonces la recepción planeada será igual a los requerimientos netos.
- El inventario proyectado al término del período  $i$  será la suma del inventario disponible, la recepción planeada y/o la recepción programada del período  $i$  menos los requerimientos brutos en el propio período.

Habría que determinar cuáles serán los requerimientos netos pues, como esta producción de LE-21 se hará LXL, serán iguales a la recepción planeada. Es decir, a lo que habrá que producir, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.26. Ejemplo demostrativo de Planeación de Requerimientos Materiales. Determinación de la recepción planeada para la producción de 500 unidades de la lámpara de escritorio LE-21.

<b>Código</b>	<b>Inventario disponible I (u)</b>	<b>Requerimientos brutos (u)</b>	<b>Recepción planeada</b>	<b>Inventario Proyectado</b>
LE-21-1-01	250	500	250	0
LE-21-1-02	720	500	0	220
LE-21-1-03	64	500	436	0
LE-21-1-04	186	500	314	0
LE-21-1-05	92	500	408	0
LE-21-2-01	68	1.000	932	0
LE-21-2-02	884	500	0	384
LE-21-3-01	1.198	1.000	0	198
LE-21-3-02	299	500	201	0
LE-21-4-01	75	500	425	0
LE-21-4-02	190	500	310	0
LE-21-4-03	30	500	470	0

LE-21-1	0	500	500	0
LE-21-2	0	500	500	0
LE-21-3	0	500	500	0
LE-21-4	0	500	500	0
LE - 21	0	500	500	0

Fuente: Elaborada por los autores.

### Requisito No. 6 de la PRN

- La liberación de una recepción planeada se hará tantos períodos antes como dure el ciclo de proceso del componente correspondiente.

Para ello nos valdremos del PRB tal y como aparece en la Figura 4.4 para conformar la tabla, según vimos en la plantilla que se muestra en la Tabla 4.25.

Tabla 4.27. Ejemplo demostrativo de Planeación de Requerimientos Materiales. PRM para la producción de 500 unidades de la lámpara de escritorio LE-21.

Código	IDI (u)	RBI (u)	RNI (u)	IPi (u)	Liberación de recepción planeada (u)												
					Lun 10	Mar 11	Mie 12	Jun 13	Vie 14	Lun 17	Mar 18	Mie 19	Jun 20	Vie 22	Lun 25	Mar 26	
LE-21-1-01	250	500	250	0		250											
LE-21-1-02	720	500	0	220				0									
LE-21-1-03	64	500	436	0			436										
LE-21-1-04	186	500	314	0	340												
LE-21-1-05	92	500	408	0				408									
LE-21-2-01	68	1.000	932	0			932										
LE-21-2-02	884	500	0	384		0		0									

LE-21-3-01	1.198	1.000	0	198															
LE-21-3-02	299	500	201	0	201														
LE-21-4-01	75	500	425	0			425												
LE-21-4-02	190	500	310	0		310													
LE-21-4-03	30	500	470	0			470												
LE-21-1	0	500	500	0								500							
LE-21-2	0	500	500	0							500								
LE-21-3	0	500	500	0								500							
LE-21-4	0	500	500	0									500						
LE - 21	0	500	500	0										500					

Fuente: Elaborada por los autores.

Ya sabemos entonces, cómo se convierte una demanda de un cliente en una respuesta a nivel operativo, tanto en tiempo, como en cantidades. Pero nos quedó un aspecto pendiente relacionado con el término lote, que veremos en el siguiente epígrafe.

#### 4.6. El lote de producción

En el capítulo No. 1, exactamente en el epígrafe 1.2 de este libro, ya hablamos del lote de producción para clasificar la producción. Un lote es una cantidad determinada de productos o servicios, que se producen o se prestan de una sola vez.

El tamaño del lote implica el tipo de producción de acuerdo a su continuidad. Cuando el tamaño del lote tiende a infinito, se habla de producción masiva, y cuando tiende a uno, se habla de producción unitaria. El término lote de producción está directamente relacionado con el concepto de serie. Una serie de producción es un agrupamiento de productos que exigen opera-

ciones tecnológicas similares para ser obtenidos. La producción en serie fue el aporte fundamental de F. Taylor en su teoría de la organización científica del trabajo y está asociado a la cadena de producción.

Según el tamaño del lote, la producción puede ser de pequeñas series, medianas o grandes, en estrecho vínculo con el tipo de producto o servicio.

Cuando la producción es seriada, se está produciendo con anticipación a la ocurrencia del pedido. Quiere decir, sabemos que el cliente lo desea, porque ya se pronosticó la demanda, pero no sabemos exactamente cuándo lo pedirá. De ahí, que el término lote de producción esté también estrechamente ligado a la administración de los inventarios.

En muchos modelos de administración de inventarios se asume que el comportamiento de la demanda es determinístico y constante a lo largo del período de planificación. Este supuesto es muy cómodo para trabajarlos matemáticamente, pero se aleja en buena medida de la realidad. Lo que sí parece más realista es la consideración de que se manifieste una demanda de comportamiento periódico o estacional, o que haya intervalos de valores conocidos de entrega.

En esencia, el tamaño del lote debe ser calculado, o al menos revisado cada vez que se comienza una nueva orden de producción. Esto es tarea de la gestión de los inventarios

A los métodos de control de inventarios con demanda determinística variable con el tiempo se los llama, sistemas de loteo. Los más conocidos son:

- Lote a Lote (LXL).
- Método de Período Constante.
- Cantidad Económica de Pedido (EOQ).
- Cantidad Periódica de Pedido (EPQ).
- Costo Total Mínimo.
- Método de Silver & Meal.

#### 4.6.1. Control de inventarios Lote a Lote (LXL)

Con el control de inventarios LXL se logra igualar la cantidad de pedido a los requerimientos netos (PRN). De esta manera se logra que haya inventarios 0 o nulos y se economizan costos de manutención y almacenaje. Este método de control de inventarios se caracteriza por:

- No tener inventarios acumulados.
- Generar costos de manutención y almacenaje mínimos o ninguno.
- Requerir que la capacidad productiva no sea restringida para que el tamaño de las órdenes de producción pueda variar.
- Exigir sistemas productivos con un fuerte enfoque hacia el mercado, por lo que las estrategias de planeación agregada serán de caza o adaptación.

#### 4.6.2. Control de inventarios por el método del período constante

Los pedidos se hacen a intervalos de tiempo fijos: un día de la semana o del mes, o cada una cierta cantidad de días. Como existe una capacidad de almacenaje dada, o tal vez una norma de inventario, el tamaño del pedido o del lote, variará según sean los PRN del producto también pueden establecerse tamaños de lote fijos igualados a los PRN de los intervalos de pedido.

La figura muestra el comportamiento de las existencias de inventarios y los niveles de pedido para una línea de producción que consume cantidades aleatorias y que se provee cada viernes en cantidades que permitan que el inventario no exceda las 300 unidades.

Las barras rojas muestran las diferentes cantidades de pedido que consiguen que el inventario llegue a su valor máximo a intervalos fijos.

#### 4.6.3. Cantidad económica de pedido (EOQ)

La Cantidad Económica de Pedido (EOQ, por sus siglas en in-



glés)<sup>24</sup> es un modelo matemático referido al trade off entre el costo de ordenar un lote y el de mantenimiento y almacenaje, buscando el menor costo total.

Con la EOQ podemos saber:

- El momento adecuado para ordenar un reabastecimiento del inventario o punto de reorden.
- El tamaño del lote económico a solicitar.
- El costo anual, tanto de los pedidos como de su mantenimiento y almacenaje.

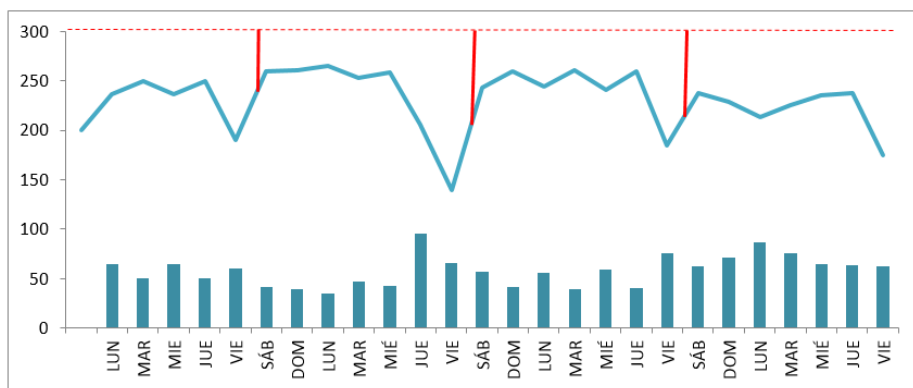


Figura 4.5. Comportamiento de los niveles de inventario para existencias máximas y períodos de reaprovisionamiento fijos.

Fuente: Elaborada por los autores.

- El costo anual total (TRC, por sus siglas en inglés)<sup>25</sup> que es la suma de los dos costos-de pedido y mantenimiento.
- La cantidad óptima a producir en un año.
- El intervalo de tiempo entre un lanzamiento de lote y el próximo.

Como modelo matemático al fin, el EOQ tiene un conjunto de exigencias o supuestos:

<sup>24</sup> EOQ – Economical Order Quantity.

<sup>25</sup> TRC – Total Relevant Costs.

- Está concebido para un solo producto cada vez.
- Asume una demanda determinística.
- Solo para artículos que se compran en lotes.
- Cada orden se recibe de una sola vez.
- El costo fijo de lanzamiento del lote es conocido, exacto y constante.
- El tiempo de respuesta del proveedor es constante y conocido.
- No se hacen descuentos en dependencia del tamaño del pedido.

Para determinar el costo anual del pedido se calcula,

$$CAP = \frac{D}{Q} * S$$

Donde,

CAP - costo anual de pedir o alistar la producción (\$)

D-demanda anual (u/a)

Q-tamaño del lote (u)

S-costo de ordenar o alistar (\$)

Por su parte, el costo anual de mantenimiento y almacenaje sería,

$$CAM = \frac{Q}{2} * H$$

Donde,

CAM-costo anual de mantenimiento y almacenaje (\$)

Q-tamaño del lote (u)

H-costo actualizado del artículo (\$), donde

$$H = i * C$$

Donde,

$i$ -tasa de mantenimiento unitaria (%)

$C$ -precio unitario del artículo (\$)

Los costos totales anuales o TRC serían entonces,

$$TRC = \left( \frac{D}{Q} * S \right) + \left( \frac{Q}{2} * H \right)$$

Lo que estamos buscando es el valor mínimo de los costos totales. Para ello tenemos que ir analizando el comportamiento de cada uno de los elementos de la ecuación.

Para una demanda constante y conocida como la que asume este modelo, es lógico que mientras mayor sea el volumen del lote, menores serán los costos de ordenar o alistarlos, porque son costos fijos que se incurren para cada lote. Así que, en la medida en que aumente el tamaño del lote, los costos de anuales de pedido tenderán a disminuir.

Por su parte, los costos de mantenimiento del pedido tienden a aumentar en la medida en que aumente el tamaño del lote, porque dependen del valor actualizado unitario de cada uno de los artículos. Gráficamente se puede comprender mejor, como se muestra en la siguiente figura.

El tamaño de lote óptimo será el valor en las abscisas que coincida con la intersección de las funciones de costos de pedido y mantenimiento. Sin embargo, el costo mínimo de ese tamaño de lote será el punto de inflexión de la función resultante de la suma de ambas funciones de costos, es decir la TRC.

Entonces, habría que determinar el tamaño de lote óptimo o económico o EOQ. Para ello habría que igualar las dos funciones de costos anuales de mantenimiento y pedido. Sería,



$$\left(\frac{D}{Q} * S\right) = \left(\frac{Q}{2} * H\right)$$

Que se interpreta como: el tamaño económico de lote estará en la intersección de las funciones de costos de pedido y mantenimiento. Para hallar ese valor, habría que despejar esta igualdad, como sigue,

$$\frac{2 * D * S}{H} = Q^2$$

$$\sqrt{\frac{2 * D * S}{H}} = \sqrt{Q^2} = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}} = Q$$

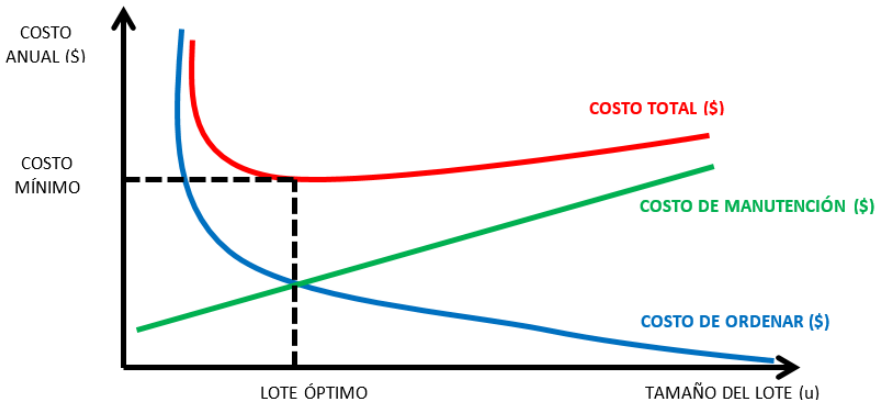


Figura 4.6. Comportamiento de los costos de pedido y mantenimiento anuales en función del tamaño del lote.

Fuente: Elaborada por los autores.

Por tanto,

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}}$$

El comportamiento de los niveles de inventario en función del tiempo, y el efecto generado por el modelo EOQ se puede apreciar en la siguiente gráfica.

Al inicio del epígrafe decíamos que el EOQ nos permitía saber cuál sería el momento adecuado para ordenar un reabastecimiento del inventario, qué tamaño de lote sería el económico para solicitar, a cuánto ascenderían los costos anuales –tanto de manutención, como de pedido, o el total-. De la misma manera, podríamos llegar a saber, con ayuda del modelo EOQ la cantidad óptima a producir en un año o el intervalo de tiempo entre un lanzamiento de lote y el próximo.

Para determinar el intervalo de lanzamiento entre un lote y el próximo, conocido el EOQ, se procedería como sigue,

$$N = \frac{D}{EOQ}$$

Donde,

N-cantidad de lotes a lanzar en un período de tiempo (L)

D-demanda anual (u)

EOQ-lote económico (u)



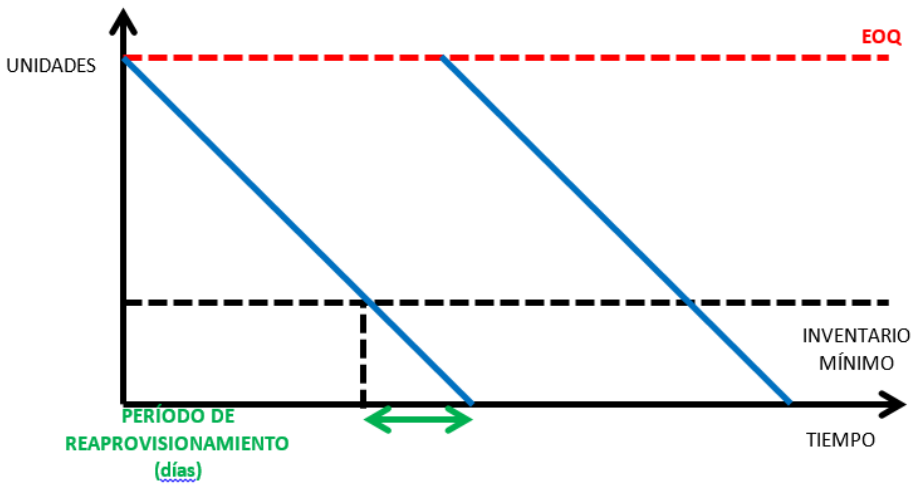


Figura 4.7. Comportamiento de los niveles de inventario en función del tiempo.

Fuente: Elaborada por los autores.

Lo que nos permitiría saber el intervalo de lanzamiento entre un lote y otro, como,

$$T = \frac{DH}{N}$$

Donde,

T-intervalo de lanzamiento entre lotes (d)

DH-días laborables del período de planeación (d)

N-cantidad de lotes a lanzar en un período de tiempo (L)

Con ello llegaríamos al cálculo del punto de reorden, que es el valor de inventario que indicaría la solicitud de un nuevo envío por parte del proveedor, considerando el tiempo que ésta tarda en satisfacer el pedido, como,

$$R = \left( \frac{D}{DH} \right) * L$$

Donde,

R - Punto de reorden (u)

D-demanda en el período (u)

DH-días hábiles del período de planeación (d)

L-tiempo que tarda el proveedor en satisfacer el pedido (d)

#### 4.6.4. Cantidad Periódica de Pedido (POQ)

El avance tecnológico en cuanto a métodos normalizados para la producción manufacturera y la prestación de servicios, por una parte; y la disminución de las relaciones contractuales de larga duración con clientes y proveedores, por otra, generan variaciones en el comportamiento de la demanda a corto plazo que ya hemos visto en los epígrafes anteriores.

El modelo EOQ supone una estabilidad de la demanda que se aleja cada vez más de la realidad empresarial actual. Se hace necesario, entonces, realizar ajustes en los modelos de EOQ para llevarlos a períodos estables que permitan estabilizar relaciones con clientes y proveedores.

Los modelos para determinar la cantidad periódica de pedido (POQ, por sus siglas en inglés)<sup>26</sup> están concebidos para entregas parciales a un ritmo constante, que exige la observación de las tasa de demanda y producción diarias. Al considerar variaciones diarias en las tasas de producción, se implican variaciones en el comportamiento de los costos, fundamentalmente el costo total anual-que ya vimos que es el punto de partida para la determinación del EOQ.

Para los modelos de POQ se calcula el costo total anual como sigue;

<sup>26</sup> POQ – Period Optimal Quantity.



$$TRC = \left( \frac{D}{Q} * S \right) + \left( \frac{(p - d) * Q}{2p} * H \right)$$

Donde,

TRC-costo total anual (\$)

D-demanda anual (u/a)

Q-tamaño del lote (u)

S-costo de ordenar o alistar (\$)

p-tasa de producción (u/d)

d-tasa de demanda (u/d)

H-costo actualizado del artículo (\$), donde

$$H = i * C$$

Donde,

i-tasa de manutención unitaria (%)

C-precio unitario del artículo (\$)

Para determinar la cantidad periódica de pedido se procedería,

$$POQ = \sqrt{\frac{2 * S * D}{H} * \frac{p}{(p - d)}} = EOQ * \frac{1}{\sqrt{1 - \left(\frac{d}{p}\right)}}$$

Donde,

POQ-cantidad periódica de pedido (u)

S-costo de ordenar o alistar (\$)



D-demanda anual (u/a)

H-costo actualizado del artículo (\$)

p-tasa de producción (u/d)

d-tasa de demanda (u/d)

EOQ-cantidad económica de pedido (u)

La POQ trabaja para buscar cuál será el valor máximo del inventario que sería económico mantener a través de la siguiente formulación,

$$I_{max} = (p - d) * \left(\frac{Q}{p}\right)$$

Donde,

$I_{max}$ -inventario máximo a mantener (u)

p-tasa diaria de producción (u)

d-tasa diaria de demanda (u)

Q-tamaño del lote (u)

#### 4.6.5. Costo total mínimo

Este método se basa en el mismo principio que la EOQ: igualar o acercar los costos de manutención a los costos de pedido, pariendo de que cuando ambas magnitudes de costo sean iguales, se ha encontrado el tamaño de lote económico.

Sin embargo, aquí no se trabaja con un modelo matemático sino que se van costeadando diferentes tamaños de lote para encontrar aquel valor en que los costos de manutención y los de pedido sean más cercanos.

Se considerará como tamaño de lote a la suma de los requerimientos netos de producción (PRN) y no se considera que al cierre del período de análisis prevalezca un inventario.



Este método es útil cuando los costos de pedido y manutención son muy altos y la cantidad de artículos sobre la que hay que decidir es reducida.

#### 4.6.6. Método heurístico de Meal y Silver

Aunque referido al tamaño de lote el modelo heurístico fuera desarrollado por Silver & Meal (1973), el origen de esta concepción ya aparece en el Manual de la Producción de Alford y Bangs aplicado a las decisiones de reposición de maquinarias y partes (Alford, 1953).

La base de este método es encontrar el costo mínimo total de manutención y pedido por unidad de tiempo.

Su formulación es la siguiente,

$$\text{Min } CT_i = \frac{\sum_{i=1}^n ct_i}{T_i}$$

Donde,

$CT_i$ -costo total de manutención y pedido acumulado (\$)

$ct_i$ -costo de manutención y pedido en cada período  $i$  (\$)

$T_i$ -períodos de tiempo  $i$  (años, días, semanas, meses...)

El principio de decisión radica en que los costos acumulados al término del período tienen que crecer más lentamente que el propio avance del tiempo, que es constante. Ello motivaría que la sucesión de los  $CT_i$  sea decreciente.

De esta manera, si se emite una orden al inicio de una magnitud tal, que pudiese cubrir los pedidos de los siguientes períodos, podríamos encontrar hasta qué período puede mantenerse el inventario sin que sea más costoso hacerlo, que hacer un nuevo pedido. El momento en que hay que hacer un nuevo pedido que sea más económico que haberlo tenido almacenado es cuando la sucesión de  $CT_i$  deja de ser decreciente.

En el primer período el costo total acumulado sería igual al costo de pedido del lote,

$$CT_1 = S$$

En el segundo período al costo de pedido se le sumaría el costo actualizado de manutención por el tiempo que ha mediado entre un período y el otro

$$CT_2 = (S + (D_2 * H * (T_2 - 1)))$$

En el tercer período se repite el criterio de formación del costo total,

$$CT_3 = (S + (D_3 * H * (T_3 - 1)))$$

Mientras  $CT_1 > CT_2 > CT_3$  se sigue manteniendo rentable la orden efectuada al inicio del período 1. Cuando se invierta la sucesión, es decir, cuando  $CT_{i-1} < CT_i$  se determina el tamaño del lote como la suma de la  $D_i$  de todos los períodos en que  $CT_{i-1} < CT_i$ .

#### 4.7. Ejemplo demostrativo de cálculo de lote por diversos sistemas

La empresa que produce artículos eléctricos para oficinas que vimos en el ejemplo del MRP quiere saber el lote óptimo para producir lámparas de escritorio LM-23.

Producir una unidad de LM-23 cuesta \$12,00 USD, pedir o preparar un lote cuesta \$52,00 USD independientemente de su tamaño. La tasa de manutención unitaria ( $i$ ) de las lámparas LM-23 es de 1%. Los requerimientos netos para 10 semanas se muestran en la siguiente tabla.



Tabla 4.28. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23.

Requerimientos netos semanales de LM-23									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
60	70	80	75	87	92	61	73	85	95

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.7.1. Método lote a lote (LXL)

Si consideramos los datos del ejemplo, el costo acumulado total por el método lote a lote sería el que se muestra en la siguiente tabla.

Obsérvese que al término de la 10 semana el costo total acumulado es de **\$520,00 USD**.

Tabla 4.29. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método Lote por Lote (LXL).

SEM	PRN (u)	PRODUCCIÓN (u)	INVENTARIO FINAL (u)	COSTO DE MANUTENCIÓN DE INVENTARIO (\$)	COSTO DE PREPARACIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMULADO (\$)
1	60	60	0	0	\$ 52,00	\$ 52,00
2	70	70	0	0	\$ 52,00	\$ 104,00
3	80	80	0	0	\$ 52,00	\$ 156,00
4	75	75	0	0	\$ 52,00	\$ 208,00
5	87	87	0	0	\$ 52,00	\$ 260,00
6	92	92	0	0	\$ 52,00	\$ 312,00
7	61	61	0	0	\$ 52,00	\$ 364,00
8	73	73	0	0	\$ 52,00	\$ 416,00
9	85	85	0	0	\$ 52,00	\$ 468,00
10	95	95	0	0	\$ 52,00	\$ 520,00

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.7.2. Método del período constante

A los efectos del ejemplo, la empresa ha definido un período de reaprovisionamiento (T) de 2 semanas. Los costos totales se muestran en la siguiente tabla.

Con el método del período constante se eleva el costo acumulado al final de la semana 10 a **\$267,78 USD**.

Tabla 4.30. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método del período constante.

SEM	PRN (u)	PRODUCCIÓN (u)	INVENTARIO FINAL (u)	COSTO DE MANTENCIÓN DE INVENTARIO (\$)	COSTO DE PREPARACIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMULADO (\$)
1	60	130	70	\$ 0,60	\$ 52,00	\$ 52,60
2	70	0	0	\$ 0,70	\$ 0,00	\$ 53,30
3	80	155	75	\$ 0,80	\$ 52,00	\$ 106,10
4	75	0	0	\$ 0,75	\$ 0,00	\$ 106,85
5	87	179	92	\$ 0,87	\$ 52,00	\$ 159,72
6	92	0	0	\$ 0,92	\$ 0,00	\$ 160,64
7	61	134	73	\$ 0,61	\$ 52,00	\$ 213,25
8	73	0	0	\$ 0,73	\$ 0,00	\$ 213,98
9	85	180	95	\$ 0,85	\$ 52,00	\$ 266,83
10	95	0	0	\$ 0,95		\$ 267,78

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.7.3. Método de la cantidad económica de pedido (EOQ)

Según los datos del ejemplo, la demanda anual se basa en los requerimientos netos de 8 semanas, por lo que podemos extrapolarla a un año (52 semanas), de la siguiente manera,

$$D = \frac{778 \text{ u}}{8 \text{ sem}} * \frac{52 \text{ sem}}{1 \text{ a}}$$

$$D = 5.057 \text{ u/a}$$

La tasa de manutención unitaria semanal es de 1% y el costo unitario es de \$12,00 USD por lo que el gasto de manutención actualizado sería,

$$H = i * C$$

$$H = \underline{\$0,12 \text{ USD}}$$

El costo de preparación de un lote es de \$52,00 USD, por lo que el EOQ sería,

$$EOQ = \sqrt{\frac{2 * D * S}{H}} = \sqrt{\frac{2 * 5.057 \text{ u} * \$52,00 \text{ USD}}{\$0,12 \text{ USD}}} = \sqrt{\frac{525.928}{0,12}} = \sqrt{4.382.723}$$

$$EOQ \approx \underline{662 \text{ u}}$$

Conociendo entonces el EOQ, podemos determinar los costos totales en las 10 semanas, como se muestra en la siguiente tabla. Lo que indica que con el EOQ se generan gasto acumulados totales de **\$142,39 USD**.

Tabla 4.31. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método de la cantidad económica de pedido (EOQ).

SEM	PRN (u)	PRODUCCIÓN (u)	INVENTARIO FINAL (u)	COSTO DE MANUTENCIÓN DE INVENTARIO (\$)	COSTO DE PREPARACIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMULADO (\$)
1	60	662	602	\$ 6,02	\$ 52,00	\$ 58,02
2	70		532	\$ 5,32		\$ 63,34
3	80		452	\$ 4,52		\$ 67,86
4	75		377	\$ 3,77		\$ 71,63
5	87		290	\$ 2,90		\$ 74,53
6	92		198	\$ 1,98		\$ 76,51
7	61		137	\$ 1,37		\$ 77,88

8	73		64	\$ 0,64		\$ 78,52
9	85	662	641	\$ 6,41	\$ 52,00	\$ 136,93
10	95		546	\$ 5,46		\$ 142,39

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.7.4. Método de la cantidad periódica de pedido (POQ)

Según este método, habría que determinar la cantidad de pedidos que se harían en el término de las 10 semanas como,

$$EOQ = 662 \text{ u}$$

$$f = \frac{778 \text{ u}}{662 \text{ u}}$$

$f = 1,1752$  pedidos en las 10 semanas

Esto nos permite determinar cada cuántas semanas se entregaría producción como,

$$T = \frac{10 \text{ sem}}{1,1752 \text{ pedidos}} = 8,509 \text{ sem} \approx 9 \text{ sem}$$

Lo que indica que se lanzará un lote cada 9 semanas del tamaño equivalente a la suma de los requerimientos netos que hayan en ellas, como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 4.32. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método de la cantidad periódica de pedido (POQ).

SEM	PRN (u)	PRODUCCIÓN (u)	INVENTARIO FINAL (u)	COSTO DE MANTENCIÓN DE INVENTARIO (\$)	COSTO DE PREPARACIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMULADO (\$)
1	60	598	538	\$ 5,38	\$ 52,00	\$ 57,38
2	70		468	\$ 4,68		\$ 62,06
3	80		388	\$ 3,88		\$ 65,94

4	75		313	\$ 3,13		\$ 69,07
5	87		226	\$ 2,26		\$ 71,33
6	92		134	\$ 1,34		\$ 72,67
7	61		73	\$ 0,73		\$ 73,40
8	73		0	\$ 0,00		\$ 73,40
9	85	180	95	\$ 0,95	\$ 52,00	\$ 126,35
10	95		0	\$ 0,00		\$ 126,35
Total	778					

Fuente: Elaborada por los autores.

Puede observarse que hay una relativa disminución de los costos totales acumulados con relación al EOQ. Esto está dado por la ventaja que busca este método de adaptarse a demandas variables que motiva que los costos totales sean de **\$126,35 USD.**

#### 4.7.5. Método del costo total mínimo

Para aplicar este método se van acumulando los requerimientos netos semanales para conformar con ellos un tamaño de lote que se irá costeadando para determinar en qué momento se asemejan más los costos de manutención y los de preparación, como se muestra en la siguiente tabla.

Se han sombreado los valores de los costos de manutención y de preparación más cercanos que corresponden a la combinación 1-7 para un lote equivalente a la suma de los requerimientos netos de las semanas 1 a la 7 por un valor total de 525 unidades.

Luego se realiza el mismo procedimiento para las semanas 8 a la 10 como sigue.



Tabla 4.33. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método del costo total mínimo.

SEM	PRN (u)	LOTE (u)	PRODUCCIÓN (u)	COSTO DE MANUTENCIÓN DE INVENTARIO (\$)	COSTO DE PREPARACIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMULADO (\$)
1	60	1	60	\$ 0,00	\$ 52,00	\$ 112,40
2	70	1-2	130	\$ 8,40	\$ 52,00	\$ 128,00
3	80	1-3	210	\$ 15,60	\$ 52,00	\$ 144,80
4	75	1-4	285	\$ 25,20	\$ 52,00	\$ 163,40
5	87	1-5	372	\$ 34,20	\$ 52,00	\$ 182,84
6	92	1-6	464	\$ 44,64	\$ 52,00	\$ 204,32
7	61	1-7	525	\$ 55,68	\$ 52,00	\$ 222,68
8	73	1-8	598	\$ 63,00	\$ 52,00	\$ 238,76
9	85	1-9	683	\$ 71,76	\$ 52,00	\$ 257,72
10	95	1-10	778	\$ 81,96	\$ 52,00	\$ 391,68

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 4.34. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método del costo total mínimo. Ajuste luego de encontrar el lote óptimo.

SEM	PRN (u)	LOTE (u)	PRODUCCIÓN (u)	COSTO DE MANUTENCIÓN DE INVENTARIO (\$)	COSTO DE PREPARACIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMULADO (\$)
8	73	8	73	\$ 0,00	\$ 52,00	\$ 52,00
9	85	1-9	158	\$ 8,76	\$ 52,00	\$112,76
10	95	1-10	253	\$ 18,96	\$ 52,00	\$ 183,72

Fuente: Elaborada por los autores.

Con los resultados obtenidos se pueden hacer los ajustes pertinentes en cuanto a los tamaños de lote, como se muestra en la siguiente tabla. Con este método hemos logrado disminuir aún más los costos totales acumulados a **\$125,57 USD**.

Tabla 4.35. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método del costo total mínimo. Resultados finales.

SEM	PRN (u)	PRO-DUC-CIÓN (u)	INVEN-TARIO FINAL (u)	COSTO DE MANUTEN-CIÓN DE INVENTA-RIO (\$)	COSTO DE PRE-PARA-CIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMU-LADO (\$)
1	60	525	465	\$ 4,65	\$ 52,00	\$ 56,65
2	70		395	\$ 3,95		\$ 60,60
3	80		315	\$ 3,15		\$ 63,75
4	75		240	\$ 2,40		\$ 66,15
5	87		153	\$ 1,53		\$ 67,68
6	92		61	\$ 0,61		\$ 68,29
7	61	253	253	\$ 2,53	\$ 52,00	\$ 122,82
8	73		180	\$ 1,80		\$ 124,62
9	85		95	\$ 0,95		\$ 125,57
10	95		0	\$ 0,00		\$ 125,57

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.7.6. Método heurístico de Meal y Silver

Para aplicar este método es necesario hacer una hoja de cálculo como se muestra en la siguiente tabla.

Si recordamos, este método busca que la relación entre los gastos acumulados y los períodos transcurridos –en nuestro caso, semanas- se mantenga como una sucesión decreciente. Para las 10 semanas del ejemplo ese decrecimiento se mantuvo.

Hicimos un supuesto de que se mantuvieran requerimientos netos similares en 5 semanas adicionales que sombreamos en la tabla. Puede observarse que no es hasta la semana 12 en que tendría que ordenarse un nuevo lote, pues el ordenado en la semana 1 de 908 unidades –correspondientes a la suma de los requerimientos netos de esas semanas- sería aún rentable.

Los resultados en costos se muestran en la siguiente tabla.

Con este método hemos logrado avanzar aún más en la reducción de los costos para que queden en **\$107,75 USD**.

Tabla 4.36. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método de Silver & Meal.

SEMA- NA	DEMAN- DA (u)	$D_i \cdot H \cdot T_i$	S	$\Sigma$	ACUMU- LADO	CT
1	60		\$ 52,00	\$ 52,00	\$ 52,00	\$ 52,00
2	70	\$ 1,40		\$ 1,40	\$ 53,40	\$ 26,70
3	80	\$ 2,40		\$ 2,40	\$ 55,80	\$ 18,60
4	75	\$ 3,00		\$ 3,00	\$ 58,80	\$ 14,70
5	87	\$ 4,35		\$ 4,35	\$ 63,15	\$ 12,63
6	92	\$ 5,52		\$ 5,52	\$ 68,67	\$ 11,45
7	61	\$ 4,27		\$ 4,27	\$ 72,94	\$ 10,42
8	73	\$ 5,84		\$ 5,84	\$ 78,78	\$ 9,85
9	85	\$ 7,65		\$ 7,65	\$ 86,43	\$ 9,60
10	95	\$ 9,50		\$ 9,50	\$ 95,93	\$ 9,59
11	60	\$ 6,60		\$ 6,60	\$ 102,53	\$ 9,32
12	70	\$ 8,40		\$ 8,40	\$ 110,93	\$ 9,24
13	80	\$ 10,40		\$ 10,40	\$ 121,33	\$ 9,33
14	75	\$ 10,50		\$ 10,50	\$ 131,83	\$ 9,42
15	87	\$ 13,05		\$ 13,05	\$ 144,88	\$ 9,66

Fuente: Elaborada por los autores.

Tabla 4.37. Ejemplo Demostrativo de determinación del lote óptimo de producción de la lámpara de escritorio LE-23. Método de Silver & Meal. Resultados finales.

SEM	PRN (u)	PRODUCCIÓN (u)	INVENTARIO FINAL (u)	COSTO DE MANUTENCIÓN DE INVENTARIO (\$)	COSTO DE PREPARACIÓN (\$)	COSTO TOTAL ACUMULADO (\$)
1	60	908	908	\$ 9,08	\$ 52,00	\$ 61,08
2	70		838	\$ 8,38		\$ 69,46
3	80		758	\$ 7,58		\$ 77,04
4	75		683	\$ 6,83		\$ 83,87
5	87		596	\$ 5,96		\$ 89,83
6	92		504	\$ 5,04		\$ 94,87
7	61		443	\$ 4,43		\$ 99,30
8	73		370	\$ 3,70		\$ 103,00
9	85		285	\$ 2,85		\$ 105,85
10	95		190	\$ 1,90		\$ 107,75

Fuente: Elaborada por los autores.

#### 4.7.7. Consideraciones sobre los métodos de determinación del tamaño del lote

A pesar de que nuestro ejemplo ha ido mostrando una disminución paulatina de los costos acumulados totales, no quiere decir que siempre sea así. La producción y la prestación de servicios son muy complejas, pues están influidos por muchas más variables que las que un simple modelo matemático pudiera abarcar. En cada sistema se adaptan decisiones diferentes que deben ser tomadas en cuenta.

El proceso de planeación agregada permite convertir los planes estratégicos de la organización en planes a mediano plazo. La calidad de la planeación agregada garantiza la prestación adecuada de servicios a los clientes a un costo inicialmente previsto por la organización.

En el proceso de planeación agregada se convierte la demanda en requerimientos de tiempo de trabajo en planta considerando grupos de productos similares en tecnología y periodos de tiempo que se adecuen a sus ciclos de proceso. Hay tres posiciones estratégicas básicas para la planeación agregada: la adaptación o caza de clientes, la nivelación de procesos y la mixta combinada. Para ejecutar el plan agregado será necesario continuar derivándolo en decisiones con mayor detalle, para ello se elabora el plan maestro de producción.

El plan maestro es un balance entre la demanda convertida a unidades específicas de productos a elaborar en un tiempo dado, las existencias de dichas unidades en inventario, y la capacidad productiva disponible en los puestos de trabajo específicos, que producen dichas unidades de producto. Como es un plan operativo, en él sí se manifiestan las variaciones aleatorias de la demanda, por lo que habrá que establecer una diferencia entre el pronóstico de demanda y el nivel real de los pedidos.

El plan de requerimientos materiales es la continuación del plan maestro de producción. Es un procedimiento sistemático de planificación de componentes de fabricación que convierte al plan maestro en necesidades reales de materiales, detallados en fechas y cantidades. Este plan es la base informativa para la gestión del inventario, que permite la programación eficiente de los pedidos de reabastecimiento.

La unidad cuantitativa de ejecución del plan de requerimientos materiales es el lote de producción. La determinación de su tamaño óptimo es la garantía para que se mantenga un inventario con niveles adecuados y rentables para la organización.



## Referencias bibliográficas

- Alford, L. B. (1953). *Manual de la producción*. México: Unión Tipográfica Editorial Iberoamericana.
- Andreu, V. (2013). *Enfoque por procesos vs. enfoque por funciones*. Recuperado de <http://www.infocapitalhumano.pe/recursos-humanos/articulos/la-gestion-por-procesos-vs-la-gestion-por-funciones/>
- Banco Mundial. (2015). *Consumo de energía eléctrica (kWh per cápita)*. New York: Banco Mundial. Recuperado de <http://datos.bancomundial.org/indicador/EG.USE.ELEC.KH.PC>
- Campos, J. (2014). *Pronósticos y administración de la demanda*. Recuperado de <http://www.logisticamx.enfasis.com/articulos/69388-pronosticos-y-administracion-la-demanda>
- Castillo, A. L. (1999). *Cogeneración con biomasa residual en la industria azucarera*. Recuperado de <http://www.ilustrados.com/tema/2981/Cogeneracion-Biomasa-Residual-Industria-Azucarera.html>
- Chiavenato, I., & Sapiro. A. (2011). *Planeación estratégica. Fundamentos y aplicaciones*. México: McGraw-Hill.
- Dante Boiteux, O., Corominas, A., & Lusa, A. (2007). *Estado del arte de la planeación estratégica*. Barcelona: Universidad Politécnica de Cataluña. Instituto de Organización y Control de Sistemas Industriales.
- Dejonckheere, J. D. (2003). The dynamics of aggregate planning. *Production planning and control*, 14(6), 497-516. Recuperado de <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/09537280310001621967>
- Domínguez Machuca, J. (1995). *Dirección de operaciones*. Madrid: McGraw-Hill.
- Foul, A. E.-G. (2009). Control óptimo del modelo HMMS para artículos perecederos. *International Mathematical Forum*, 4(31), 1515-1528.

- Godet, M., & Durance, P. (2007). *Prospectiva estratégica: problemas y métodos*. París: LIPSOR.
- Ishikawa, K. (1997). *Qué es el control total de calidad?: la modalidad japonesa*. Bogotá: Norma.
- International Organization for Standardization. (2010). SAYCE - *Servicios de Asesoría y Capacitación Empresarial*. Ginebra: ISO. Recuperado de <http://iso9001-sayce.blogspot.com/2010/02/el-enfoque-de-proceso-de-iso-9001.html>
- International Organization for Standardization / International Electrotechnical Commission. (2012). Part 3: Guidance on scope definition and applicability of ISO/IEC 20000-1. Ginebra: ISO/IEC. Recuperado de [https://webstore.iec.ch/preview/info\\_isoiec20000-3%7Bed1.0%7Den.pdf](https://webstore.iec.ch/preview/info_isoiec20000-3%7Bed1.0%7Den.pdf)
- Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation. (2015). *MACTOR*. París: LIPSOR - Prospectiker. Recuperado de <http://sourceforge.net/projects/micmac/>
- Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation. (2015a). *MICMAC*. París: LIPSOR - Prospectiker. Recuperado de <http://sourceforge.net/projects/micmac/>
- Laboratoire d'Investigation en Prospective, Stratégie et Organisation. (2015b). *SMIC-PROB-EXPERT*. París: LIPSOR - Prospectiker. Recuperado de <http://sourceforge.net/projects/smic/>
- Maynez Guaderrama, A. (2011). *La transferencia de conocimiento organizacional como fuente de ventaja competitiva sostenible: modelo integrador de factores y estrategias*. Puebla: Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla.
- Noori, H., & Radford, R. (1997). *Administración de operaciones y producción: calidad total y respuesta sensible*. Bogotá: McGraw Hill - Interamericana.
- Organización Internacional del Trabajo-Centro Interamericano para el Desarrollo del Conocimiento en la Formación Profesional. (2014). *Competencias laborales y formación profesional*. Santiago de Chile: OIT - CINTERFOR. Recuperado de <http://www.oitcinterfor.org/competencias/inicio>



- Porter, M. (2010). *Ventajas competitivas. Creación y sostenibilidad de un rendimiento superior*. Madrid: Pirámide.
- Real Academia de la Lengua Española. (2015). *Diccionario de la Lengua Española. Edición del Tricentenario*. Madrid: RAE.
- República del Ecuador. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2014). Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua. Quito: INEC. Recuperado de [http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas\\_agropecuarias/espac/espac\\_2014-2015/2014/Informe%20ejecutivo%20ESPAC%202014.pdf](http://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2014-2015/2014/Informe%20ejecutivo%20ESPAC%202014.pdf)
- República del Ecuador. Instituto Nacional de Promoción de la Producción Agrícola, Ganadera, Acuícola y Pesquera (2013). *Análisis del sector bananero en Ecuador*. Quito: PROECUADOR.
- Wehrich, H., & Koontz, H. (2004). *Administración*. México: McGraw-Hill.



# Índice

Introducción .....	7
<b>Capítulo I. Introducción a la Gestión de operaciones .....</b>	<b>10</b>
1.1. Definiciones .....	10
1.2. Elementos de atención de la Gestión de operaciones .....	12
1.2.1. Insumos del sistema organizacional .....	13
1.2.2. Procesos del sistema organizacional .....	15
1.2.3. Resultados o salidas del sistema organizacional .....	19
1.3. Operaciones en Sistemas productivos y de servicios .....	20
1.4. Clasificación de las operaciones de prestación de servicios ... .....	28
1.4.1. Clasificación de los servicios .....	34
1.4.2. Importancia de la velocidad de respuesta en los servicios .. .....	39
1.5. Selección del Proceso .....	42
1.6. Diseño del Proceso de Servicios .....	45
1.6.1. Matriz de Servicio .....	45
1.6.2. Matriz de Complejidad-Singularidad .....	47
1.6.3. Matriz de contacto con el cliente .....	48
1.6.4. Matriz de importancia para la empresa .....	52
1.6.5. Suministro del Servicio .....	58
1.6.6. Flujo de Proceso .....	59

<b>Capítulo II. Decisiones sobre Procesos y Productos .....</b>	<b>61</b>
2.1. Decisiones de capacidad a largo plazo .....	61
2.1.1. Definición de capacidad productiva.....	62
2.1.2. Factores que influyen sobre la capacidad productiva .....	64
2.2. Medición de la capacidad productiva .....	66
2.2.1. Medición de la capacidad de procesos de servicio .....	67
2.3. Decisiones con la capacidad productiva en función del costo .....	73
2.3.1. Economías de escala .....	73
2.3.2. Decisiones sobre ampliación de capacidades .....	76
2.4. Predicciones estratégicas de capacidad productiva .....	79
2.4.1. El valor del capital en el tiempo para evaluar y seleccionar alternativas de capacidad productiva .....	80
2.4.2. Punto de equilibrio para evaluar y seleccionar alternativas de capacidad productiva .....	82
2.4.3. Técnicas multicriterio para evaluar y seleccionar alternativas de capacidad productiva .....	91
2.4.4. Ejemplos de aplicación de las técnicas multicriterio .....	95
<b>Capítulo III. Administración de la Demanda .....</b>	<b>108</b>
3.1. La administración de la demanda como base de la planeación empresarial .....	108
3.2. Administración estratégica de la demanda.....	116
3.3. Enfoques cualitativos para predecir la demanda .....	120
3.3.1. El análisis estructural para la predicción cualitativa de la demanda .....	120

3.3.2. Ejemplo de un análisis estructural .....	123
3.3.3. Aspectos a considerar al utilizar el análisis estructural para las estimaciones cualitativas de demanda .....	132
3.3.4. Método de Escenarios .....	132
3.3.5. Ejemplo de un análisis de juego de actores .....	134
3.3.6. Ejemplo de formulación de apuestas a futuro .....	143
3.4. Modelos Cuantitativos de Predicción .....	147
3.4.1. Proyecciones de tendencia .....	149
3.4.2. Proyección de tendencia simple .....	149
3.4.3. Ejemplo de comparación de pronósticos para la toma de decisiones estratégicas .....	151
3.4.4. Proyecciones de Temporada .....	154
3.4.5. Métodos de Suavización .....	161

## Capítulo IV. Planeación táctica o a mediano plazo ..... 172

4.1. Orientación Gerencial de la Planeación .....	172
4.2. Métodos para la Planeación Agregada .....	177
4.2.1. Modelo de reglas lineales de decisión de Holt, Modigliani, Muth y Simmons (HMMS) .....	177
4.2.2. Programación Lineal .....	178
4.2.3. Modelos de transporte para la planeación agregada ....	180
4.2.4. Ejemplo demostrativo de aplicación del modelo de transporte a la planeación agregada de un servicio de suministros.....	181
4.2.5. Modelo de Coeficientes de Administración .....	185
4.2.6. Método de Ensayo y Error .....	186



4.3. Planeación Agregada por el método de ensayo y error.....	186
4.3.1. Pasos del proceso de planeación agregada.....	186
4.3.2. Ejemplo demostrativo de estrategia de caza en la planeación agregada de la producción manufacturera .....	192
4.3.3. Ejemplo demostrativo de estrategia de nivelación en la planeación agregada de la producción manufacturera .....	200
4.3.4. Ejemplo demostrativo No. 1 de estrategia mixta en la planeación agregada de la producción manufacturera .....	204
4.3.5. Ejemplo demostrativo No. 2 de estrategia mixta en la planeación agregada de la producción manufacturera .....	208
4.4. Derivación jerárquica del plan agregado: el Plan Maestro de Producción (PMP) .....	211
4.4.1. Elaboración del Plan Maestro de Producción (PMP) .....	212
4.4.2. Ejemplo de elaboración de un plan maestro de producción .....	214
4.5. Plan detallado de la capacidad productiva: la Planificación de Requerimientos Materiales (MRP) .....	215
4.5.1. Elaboración del Plan de Requerimientos Materiales.....	216
4.5.2. Ejemplo demostrativo de planeación de requerimientos materiales .....	221
4.6. El lote de producción .....	230
4.6.1. Control de inventarios Lote a Lote (LXL) .....	232
4.6.2. Control de inventarios por el método del período constante .....	232
4.6.3. Cantidad económica de pedido (EOQ) .....	232
4.6.4. Cantidad Periódica de Pedido (POQ) .....	239
4.6.5. Costo total mínimo .....	241

4.6.6. Método heurístico de Meal y Silver .....	242
4.7. Ejemplo demostrativo de cálculo de lote por diversos sistemas .....	243
4.7.1. Método lote a lote (LXL) .....	244
4.7.2. Método del período constante .....	245
4.7.3. Método de la cantidad económica de pedido (EOQ).....	245
4.7.4. Método de la cantidad periódica de pedido (POQ).....	247
4.7.5. Método del costo total mínimo .....	248
4.7.6. Método heurístico de Meal y Silver .....	250
4.7.7. Consideraciones sobre los métodos de determinación del tamaño del lote .....	252
Referencias bibliográficas .....	254



El veloz cambio tecnológico de estos tiempos propicia un cambio en el actuar de un nuevo tipo de clientes -cada día más informados- que exigen más calidad, mayor variedad y rapidez en la respuesta, con precios acorde a sus expectativas. Aumentan las exigencias de que los productos y servicios provengan de procesos ambientalmente responsables. Los directivos empresariales están ante el reto de un cambio constante. Los nuevos materiales influyen en los procesos: disminuyen costos y tiempos de elaboración, simplifican las operaciones tecnológicas, aunque también cambian o complican los procesos de reciclaje o eliminación de desechos. Surgen nuevos productos o servicios casi a diario y con ellos, nuevas necesidades de los clientes que marchan a tono con esos avances tecnológicos. Las organizaciones mejoran las comunicaciones, estrechan las relaciones con los clientes, aumentan las inversiones en I & D y la flexibilidad de respuesta; con ello se convierten en organizaciones que aprenden. El consecuente paso del enfoque funcional a uno por procesos en las empresas, es paulatino y condiciona una comprensión de los sistemas productivos que comienza por los estudiantes del tema. Por ello hemos entremezclado ambos enfoques en el desarrollo de los capítulos. El presente libro está dedicado a estudiantes de la administración y aborda los procesos productivos o de prestación de servicios con un enfoque sistémico.

EDITORIAL



FUNDACIÓN  
**METROPOLITANA**  
Fomentando la Educación Superior

ISBN: 978-959-257-507-3

