

Dirección de la producción y operaciones

Decisiones estratégicas

Daniel Arias Aranda
Beatriz Minguela Rata
(Coords.)



PIRÁMIDE

Dirección de la producción y operaciones

Decisiones estratégicas

Coordinadores

DANIEL ARIAS ARANDA

CATEDRÁTICO DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DE LA UNIVERSIDAD DE GRANADA

BEATRIZ MINGUELA RATA

PROFESORA TITULAR DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS DE
LA FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DE LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

Dirección de la producción y operaciones

Decisiones estratégicas

EDICIONES PIRÁMIDE

COLECCIÓN «ECONOMÍA Y EMPRESA»

Director:

Miguel Santesmases Mestre

Catedrático de la Universidad de Alcalá

Maquetación: autores

Edición en versión digital

Está prohibida la reproducción total o parcial de este libro electrónico, su transmisión, su descarga, su descompilación, su tratamiento informático, su almacenamiento o introducción en cualquier sistema de repositorio y recuperación, en cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, conocido o por inventar, sin el permiso expreso escrito de los titulares del copyright.

© Daniel Arias Aranda y Beatriz Minguela Rata (Coords.), 2018

© Primera edición electrónica publicada por Ediciones Pirámide (Grupo Anaya, S. A.), 2018

Para cualquier información pueden dirigirse a piramide_legal@anaya.es

Juan Ignacio Luca de Tena, 15. 28027 Madrid

Teléfono: 91 393 89 89

www.edicionespiramide.es

ISBN digital: 978-84-368-3901-2

Este manual está dedicado a todos aquellos que se quieren y respetan a sí mismos lo suficiente como para construir su formación sobre la base de un conocimiento robusto basado en los libros. También para aquellos que son conscientes de que los libros se desarrollan con un gran esfuerzo por parte de los autores que han puesto en ellos todo su conocimiento.

Igualmente, está dedicado a aquellos que saben que caminan a hombros de gigantes y valoran el sacrificio que los sabios, eruditos y científicos han realizado a lo largo de los siglos para poder vivir en una sociedad avanzada y libre basada en el conocimiento.

Del mismo modo, lo dedicamos a aquellos que no están dispuestos a valorar su formación a precio de fotocopia que terminará en la basura, sino sobre la base de la construcción de una biblioteca propia de consulta frecuente.

Finalmente, además, lo dedicamos a los servicios de reprografía y copistería que deciden no vulnerar la ley. También a los que prefieren usar las tecnologías de la información para el avance de la ciencia y no para la divulgación ilegal e ilegítima de los libros.

A todos vosotros.

Relación de autores

Ana Rosa del Águila Obra
Universidad de Málaga.

Jesús F. Álvarez Santos
Universidad de León.

Daniel Arias Aranda
Universidad de Granada.

Lucía Avella Camarero
Universidad de Oviedo.

Mercè Bernardo Vilamitjana
Universitat de Barcelona.

Jerónimo de Burgos Jiménez
Universidad de Almería.

Óscar F. Bustinza Sánchez
Universidad de Granada.

Antonio Chamorro Mera
Universidad de Extremadura.

Esther Chávez Miranda
Universidad de Sevilla.

Diego Cuello de Oro Celestino
Universidad de Valladolid.

Luis Miguel Delgado Estirado
Universidad de Valladolid.

Marta Fernández Barcala
Universidad de Oviedo.

Esteban Fernández Sánchez
Universidad de Oviedo.

Julio J. García-Sabater
Universitat Politècnica de València.

Javier González Benito
Universidad de Salamanca.

Carmen González-Zapatero Redondo
Universidad de Salamanca.

Laura Guitart Tarrés
Universitat de Barcelona.

Leopoldo Gutiérrez Gutiérrez
Universidad de Granada.

Carmen Haro Domínguez
Universidad de Granada.

Natalia Jaría Chacón
Universitat de Barcelona.

Relación de autores

José Felipe Jiménez Guerrero
Universidad de Almería.

Gustavo Lannelongue
Universidad de Salamanca.

Julien Maheut
Universitat Politècnica de València.

Juan A. Marin Garcia
Universitat Politècnica de València.

Ángel Rafael Martínez Lorente
Universidad Politécnica de Cartagena.

José Ángel Miguel Dávila
Universidad de León.

Beatriz Minguela Rata
Universidad Complutense de Madrid.

F. Javier Miranda González
Universidad de Extremadura.

Valentín Molina Moreno
Universidad de Granada.

Ana María Núñez Carballosa
Universitat de Barcelona.

Teresa Ortega Egea
Universidad de Granada.

Antonio Padilla Meléndez
Universidad de Málaga.

María Nieves Pérez Aróstegui
Universidad de Granada.

Sergio Rubio Lacoba
Universidad de Extremadura.

Matilde Ruiz Arroyo
Universidad de Granada.

Francisco Sánchez-Montesinos García
Universidad de Granada.

Jorge Tarifa Fernández
Universidad de Almería.

Índice

Prefacio	17
Prólogo (<i>Kike Sarasola</i>)	19
1. Introducción a la dirección de operaciones (<i>Daniel Arias Aranda y Beatriz Minguela Rata</i>)	21
Introducción	21
1.1. Breve historia de la dirección de operaciones	23
1.2. Avances en la dirección de operaciones	25
1.3. La idiosincrasia del sector de los servicios	29
1.4. Nuevas tendencias en dirección de operaciones	31
Resumen	36
Ejercicios	36
Bibliografía	37
2. Estrategia de operaciones (<i>Esteban Fernández Sánchez, Lucía Avella Camarero y Marta Fernández Barcala</i>)	39
Introducción	39
2.1. Contenido de la estrategia de operaciones	40
2.1.1. Objetivos de operaciones	40
2.1.2. Decisiones de operaciones	43
2.2. Proceso de planificación de la estrategia de operaciones	44
2.2.1. Enfoque jerárquico	45
2.2.2. Enfoque basado en los recursos productivos	50
2.2.3. Estados de la función de operaciones	61
Resumen	64
Ejercicios	64
Bibliografía	67

3. Selección y diseño del producto (<i>Gustavo Lannelongue, Javier González Benito y Carmen González-Zapatero Redondo</i>).....	69
Introducción	69
3.1. Definición de desarrollo de nuevos productos	69
3.2. Ciclo de vida del producto	73
3.3. Factores de éxito	76
3.4. Técnicas y prácticas a tener en cuenta en las distintas etapas del DNP	77
3.4.1. Identificación de oportunidad de negocio	77
3.4.2. Diseño	79
3.4.3. Construcción y evaluación de prototipos.....	91
3.4.4. Producción	91
3.4.5. Comercialización	91
Resumen	93
Ejercicios.....	93
Bibliografía	94
 4. Gestión de la innovación y la tecnología (<i>Antonio Padilla Meléndez y Ana Rosa del Águila Obra</i>)	 95
Introducción	95
4.1. Concepto y tipos de innovación	96
4.1.1. El comportamiento innovador de las empresas: factores internos	99
4.2. El entorno y la innovación empresarial	101
4.3. Gestión de la innovación y la tecnología	102
Resumen	105
Ejercicios.....	105
Bibliografía	116
 5. Estrategia del proceso productivo (<i>Diego Cuello de Oro Celestino y Luis Miguel Delgado Estirado</i>).....	 119
Introducción	119
5.1. Estrategias del proceso productivo.....	120
5.1.1. Enfoque de proceso (producción en lotes y talleres de trabajo) ..	120
5.1.2. Producción continua	123
5.1.3. Línea o cadena de ensamblaje	124
5.1.4. Producción bajo proyecto	125
5.2. La relación producto-proceso.....	126
5.3. La productividad	130

5.3.1. Productividad monofactorial	131
5.3.2. Productividad multifactorial	133
5.4. Diseño del proceso de servicio	136
Resumen	145
Ejercicios.....	146
Bibliografía	154
 6. Decisión de capacidad a largo plazo (<i>Daniel Arias Aranda, Carmen Haro Domínguez, Teresa Ortega Egea, Leopoldo Gutiérrez Gutiérrez, Matilde Ruiz Arroyo, M.^a Nieves Pérez Aróstegui, Óscar F. Bustinza Sánchez, Valentín Molina Moreno, Francisco Sánchez-Montesinos García y Esther Chávez Miranda</i>)	157
Introducción	157
6.1. Concepto de capacidad y sus repercusiones en la empresa.....	158
6.2. Medidas de capacidad productiva.....	161
6.3. Planificación de la capacidad productiva	164
6.3.1. Conceptos que influyen en la planificación de la capacidad productiva	164
6.3.2. Planificación y control de la capacidad productiva: fases ...	167
6.4. Estrategias de gestión de la capacidad productiva	171
6.5. Técnicas de evaluación	174
6.5.1. Criterio del valor capital y de la tasa interna de rendimiento ..	174
6.5.2. Análisis coste-volumen-beneficio: gráficas del punto muerto...	178
6.5.3. Árboles de decisión.....	184
6.6. La planificación y gestión de la capacidad en las empresas de servicios	188
6.7. ¿Qué es <i>revenue management</i> ?.....	191
6.7.1. Características clásicas de aplicación de <i>revenue management</i>	194
6.7.2. Elementos de <i>revenue management</i> e importancia de la gestión de capacidad en <i>revenue management</i>	197
Resumen	203
Ejercicios.....	203
Bibliografía	211
 7. Decisiones de localización (<i>Sergio Rubio Lacoba, F. Javier Miranda González y Antonio Chamorro Mera</i>).....	213
Introducción	213
7.1. Situaciones que determinan la decisión de localización.....	214
7.2. El proceso de decisión: niveles y fases	216

7.3. Factores de localización	219
7.4. Localización en empresas virtuales	231
7.5. Métodos cuantitativos para las decisiones de localización.....	233
Resumen	242
Ejercicios.....	242
Bibliografía	248
 8. Distribución en planta (<i>José Ángel Miguel Dávila y Jesús F. Álvarez Santos</i>)	249
Introducción	249
8.1. ¿Qué es el <i>layout</i> o distribución en planta?.....	250
8.2. Tipos de <i>layout</i>	251
8.2.1. <i>Layout</i> por posición fija.....	252
8.2.2. <i>Layout</i> por proceso o funcional.....	252
8.2.3. <i>Layout</i> por producto.....	254
8.2.4. <i>Layout</i> celular (o basado en tecnología de grupos)	255
8.2.5. <i>Layout</i> de almacenes.....	258
8.2.6. <i>Layout</i> de oficinas.....	261
8.2.7. <i>Layout</i> de <i>call centers</i>	264
8.2.8. <i>Layout</i> de empresas de servicios	266
8.2.9. Requerimientos de espacio para otros servicios (servicios auxiliares, para empleados).....	271
8.3. Diseños y modelos detallados de <i>layout</i>	271
8.3.1. Diseño de distribuciones por procesos.....	271
8.3.2. Métodos cuantitativos.....	273
8.3.3. Métodos cualitativos.....	279
8.3.4. Distribuciones dinámicas de planta	284
8.3.5. Diseño de distribuciones por productos	284
8.3.6. Distribución de líneas flexibles	290
8.3.7. División de tareas	292
8.4. Técnicas y programas informáticos	293
8.4.1. Programas orientados al proceso	293
8.4.2. Otras distribuciones en planta y programas informáticos específicos.....	295
8.4.3. Programas orientados al producto.....	295
8.5. Diseño del lugar del trabajo.....	296
8.5.1. Seguridad, ergonomía y el entorno del trabajo.....	296
8.5.2. El lado humano del trabajo	298
Resumen	299
Ejercicios.....	299
Cuestiones de repaso	313
Web links	314
Bibliografía	314

9. Recursos humanos y diseño del trabajo (<i>Juan A. Marin-Garcia, Julien Maheut y Julio J. García-Sabater</i>)	317
Introducción	317
9.1. Definiciones de los conceptos básicos	320
9.2. Estudio del trabajo	320
9.3. Enfoques habituales en el diseño de puestos	323
9.3.1. Mejorar accesibilidad	323
9.3.2. Reducir riesgo físico/fatiga	325
9.3.3. Reducir riesgos psicosociales (aumentar motivación)	325
9.4. Diseño basado en puestos individuales o puestos de equipo	326
9.5. Cuándo y cómo realizar el diseño/rediseño de puestos de trabajo	329
9.6. Diagnóstico de un puesto de trabajo	332
Resumen	337
Ejercicios	337
Bibliografía	338
 10. Gestión de la calidad (<i>Ángel Rafael Martínez Lorente</i>)	 341
Introducción	341
10.1. Concepto de calidad	342
10.2. La gestión total de la calidad	344
10.3. Modelos de gestión de la calidad	350
10.3.1. La norma ISO 9001	350
10.3.2. El modelo EFQM de excelencia	352
10.4. El coste de la calidad	353
10.5. Herramientas de gestión de la calidad	355
10.6. Los círculos de calidad	365
10.6.1. Fundamentos	365
10.6.2. Organización	367
10.6.3. Problemas	367
10.7. El departamento de calidad	368
Resumen	369
Ejercicios	369
Bibliografía	370
 11. La sostenibilidad ambiental de operaciones (<i>Jerónimo de Burgos Jiménez, José Felipe Jiménez Guerrero y Jorge Tarifa Fernández</i>)	 371
Introducción	371
11.1. Una aproximación a la sostenibilidad	371

11.2. La sostenibilidad ambiental en la empresa y en la Dirección de operaciones	374
11.3. La integración de las cuestiones ambientales en operaciones	377
11.4. La medición del objetivo ambiental	382
Resumen	389
Ejercicios.....	389
Bibliografía	389
 12. Sistemas de información en producción (Laura Guitart Tarrés, Mercè Bernardo Vilamitjana, Natalia Jaría Chacón y Ana María Núñez Carballosa)	391
Introducción	391
12.1. Sistemas de información.....	396
12.2. Componentes de un sistema de información.....	401
12.3. Clasificación de los sistemas de información	404
12.4. Diseño de un sistema de información	411
12.5. <i>Business intelligence</i>	413
12.6. El cuadro de mando: una herramienta clave de <i>business intelligence</i>	416
12.7. Otras herramientas de <i>business intelligence</i>	419
12.7.1. <i>Big data</i>	419
12.7.2. Minería de datos y minería de textos.....	421
Resumen	423
Ejercicios.....	424
Soluciones a los ejercicios 1 a 3.....	429
Bibliografía	430

Prefacio

El proyecto de unificar los contenidos de la disciplina de Dirección de la Producción y Operaciones nace en el seno de la Sección de Dirección de Operaciones y Tecnología (ACEDEDOT) de la Asociación Científica de Economía y Dirección de la Empresa (ACEDE). La Sección, nacida en 2010, aglutina a un alto porcentaje de profesores universitarios de Dirección de Operaciones y Tecnología. El gran interés despertado en la Sección sobre la metodología de la enseñanza en esta área derivó en la necesidad no solo de aplicar las nuevas metodologías, sino de poder contar con un texto de referencia para la disciplina. Para ello, han colaborado los mejores expertos en cada tema de diferentes universidades, elaborando cada uno de sus temas tal y como ellos lo imparten en su institución universitaria, con su estilo, su estructura y su planteamiento docente. Es por ello que tienes en tus manos la primera parte de una obra que cuenta con cerca de setenta autores de más de veinte universidades.

Esta obra consta de dos partes, la primera referida a las decisiones de carácter estratégico y la segunda dedicada a las decisiones de carácter operativo de la Dirección de la Producción y Operaciones. De este modo, pretendemos dar respuesta a las diferentes configuraciones de las asignaturas del área en las distintas universidades y titulaciones en las que se imparte. Todos los capítulos cuentan con cuestiones, ejercicios y casos que ayudan a la mejor comprensión del contenido.

El texto satisface las necesidades tanto de aquellos que se aproximan por primera vez a la Dirección de la Producción y Operaciones como de estudiantes de posgrado y profesionales de la empresa, dada la progresividad con la que se tratan los diferentes contenidos.

Quiero desde aquí poner de manifiesto el entusiasmo y la ilusión de todos los autores en el desarrollo de esta obra, que deseamos revierta en un mayor conocimiento de la disciplina tanto en el mundo académico como profesional.

DANIEL ARIAS ARANDA

Prólogo

La dirección de la producción y operaciones constituye el núcleo esencial de la empresa. Ni la mejor campaña de marketing ni el mejor equipo de financieros puede levantar una empresa que no esté a la altura en la gestión de sus operaciones.

En un mundo cada vez más globalizado, en el que la información está al nivel de todos los usuarios, la respuesta rápida es la única vía para mantenerse competitivo en el mercado. Solo conociendo bien a tus clientes puedes satisfacer sus deseos y necesidades. Solo adelantándote a lo que los demás competidores hacen puedes controlar el desarrollo de tu negocio.

España es un país de servicios, en el que el turismo es el sector que sustenta una gran parte de economías familiares, regionales y nacionales. Convertir el sector turístico español en un sector de referencia a nivel mundial ha llevado décadas de desarrollo, aprendizaje y mejora continua. Una de las lecciones más importantes aplicadas al ámbito hotelero es la gestión de la disponibilidad y la valoración del tiempo del cliente que se aloja en nuestros hoteles y que es necesario procurar que sea lo más placentero posible, dado que el tiempo perdido es irrecuperable y, al fin y al cabo, es algo que no se puede comprar con dinero. El tiempo que un cliente pasa en nuestras instalaciones es un tiempo que ha de quedar en su memoria como un paréntesis de disfrute en su vida, que le incite a repetirlo. La diferencia entre un buen negocio y un negocio inolvidable es ser capaz de dar ese poquito de más que convierte una experiencia bonita en memorable. Esto únicamente se consigue con una gestión de operaciones *World class* o de clase mundial.



Detrás de cada negocio hay un equipo de gente que hace esto posible. Sus sentimientos hacia su trabajo son fundamentales cuando se trabaja de cara al cliente. De hecho, el denominado efecto espejo hace que un cliente perciba en la actitud de un empleado si está o no contento con su trabajo y con su empresa. Esto es necesario, pero no suficiente, para alcanzar el más alto nivel de servicio. Nuestros empleados han de ser entusiastas de su trabajo, han de estar orgullosos de transformar la vida de nuestros clientes en experiencias que recordarán probablemente el resto de sus vidas. Su alegría se refleja en la alegría de todos aquellos que se alojan y disfrutan de nuestros servicios en los hoteles Room Mate. Y esa alegría se cuida y se fomenta a partir de la empresa. En nuestro caso ya son más de 1.000 *roomies* los encargados que trabajan a diario para hacer que los huéspedes se marchen con una gran sonrisa.

Este libro que tienes en tus manos es la senda que te permitirá iniciar una carrera profesional en dirección de la producción y operaciones tanto para empresas manufactureras como de servicios. Considera que es la puerta para hacer felices a todos los que te rodeen, tanto compañeros como clientes, en tu vida profesional. Es un reto que merece la pena aceptar. Solo pensando cómo y para el cliente lo conseguiremos.

Un afectuoso saludo:

KIKE SARASOLA

Presidente y fundador de Room Mate Hotels y Be Mate.

1

Introducción a la dirección de operaciones

Daniel Arias Aranda
Beatriz Minguela Rata

INTRODUCCIÓN

La Dirección de Operaciones se enmarca dentro del área de la Dirección de Empresas y se centra en el estudio del área de producción. También denominada Dirección o Gestión de la Producción, esta disciplina no solo trata de las principales decisiones, técnicas y diseños de los procesos de producción de bienes, sino también de la producción y entrega¹ de servicios. La dirección de operaciones tiene como principal objetivo maximizar la productividad en la producción, en términos de la optimización del número de recursos necesarios para generar bienes y servicios, siempre considerando la mayor satisfacción del cliente mediante unos niveles estandarizados de calidad (Heizer y Render, 2014). De hecho, el sistema de producción de una empresa transforma *inputs* en *outputs*, esto es, mediante la manipulación de materias primas y la aplicación de trabajo y energía se desarrollan productos y/o servicios cuyo destino es un consumidor final. De esta manera, la dirección de operaciones constituye, junto a las funciones de marketing, finanzas o recursos humanos, una de las funciones cruciales en el marco de la Dirección de Empresas.

La dirección de operaciones en la empresa acarrea la toma de decisiones tanto a largo como a medio y corto plazo. Existen decisiones de carácter estratégico que conllevan un compromiso por parte de la empresa para un período de tiempo superior a un año y que, en caso de error, pueden generar importantes pérdidas. Así, por ejemplo, errores en el diseño y desarrollo de productos pueden situar a una empresa en una posición estratégica muy com-

¹ En inglés, la producción y entrega de servicios se denomina *service delivery*.

plicada respecto a sus competidores (véase ejemplo 1.1). Entre estas decisiones estratégicas, aparte del diseño y desarrollo de productos y servicios, están el diseño del proceso productivo, la gestión de la capacidad, la localización, la distribución en planta, la gestión de la calidad, la aplicación de tecnologías de producto y proceso, la sostenibilidad medioambiental, etc. Por otro lado, también hay decisiones que hay que tomar a corto y medio plazo y que son de carácter táctico y operativo. Este tipo de decisiones suponen el día a día de la función de producción de la empresa. Entre ellas están la planificación y programación de la producción, producción ajustada, gestión de inventarios y líneas de espera, mantenimiento, fiabilidad y simulación, etc. Trataremos en cada capítulo cada una de estas decisiones estratégicas, tácticas y operativas, junto a las últimas tendencias en esta área, desarrolladas fundamentalmente a partir de las constantes innovaciones tecnológicas y técnicas de gestión, como son la reingeniería de procesos, el *Lean Management* o la flexibilidad en el sistema de producción, entre otros. No obstante, es necesario señalar que la dirección de operaciones es una disciplina en constante evolución, por la evolución tanto de los avances tecnológicos y del conocimiento como de nuevas técnicas de gestión y optimización de recursos en un mundo globalizado (Nieto-Antolín et al., 1999).

EJEMPLO 1.1. E. T. el extraterrestre y ATARI

En 1982 ATARI era líder indiscutible en el mercado de los videojuegos y las consolas. Su videoconsola ATARI 2600 contaba con los mejores juegos y estuvo vendiéndose durante cerca de 14 años, empezando en 1977 y popularizando el uso de cartuchos que se introducían en la consola y permitían jugar inmediatamente. A mediados de 1982 ATARI llega a un acuerdo para comprar los derechos de la película de Steven Spielberg E.T. el extraterrestre y diseñar un videojuego que habría de lanzarse esas navidades. Con apenas 4 semanas para diseñarlo, el juego contaba con numerosos errores, entre otros el recuento de puntos. No fue posible hacer un testeo previo con jugadores ni realizar un control de calidad adecuado. Esas navidades se vendieron un millón y medio de copias de las cuatro producidas. Las devoluciones se acumulaban, dado que los usuarios consideraban el juego como injugable. Las pérdidas para ATARI fueron de 536 millones de dólares. En 1984 ATARI tuvo que ser vendida.

Toda la historia está perfectamente resumida en el videoclip de Wintergreen «When I wake up»: https://www.youtube.com/watch?v=8Rt_3_bQVJU.

1.1. BREVE HISTORIA DE LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Desde que el hombre empezó a depender de procesos productivos para su subsistencia, la dirección de operaciones tuvo un papel predominante a la hora de organizar y dividir las tareas para la consecución de un bien o servicio. Generalmente, se establece la historia de la dirección de operaciones a partir de la obra de Adam Smith en 1776 denominada *La riqueza de las naciones*. En esta obra se pone de manifiesto cómo la división del trabajo da lugar a la especialización, la mejora de destrezas de los trabajadores y el ahorro de tiempo. No obstante, ya en la historia antigua hay evidencias de la aplicación de los principios de la dirección de operaciones en grandes obras como las pirámides egipcias, la construcción de la gran muralla china, las expediciones a otros continentes (véase ejemplo 1.2) o las calzadas romanas, entre otras. Igualmente, los gremios de artesanos en la Edad Media aplicaban los principios de la especialización tanto en la elaboración de bienes (zapatos, almireces, cuchillos...) como en la prestación de servicios (bufones de la corte, militares, cocineros, etc.).

Es a partir de la revolución industrial cuando se realizan las principales contribuciones a la dirección de operaciones. Así, la división del trabajo y la estandarización permiten una mayor productividad para la fabricación de productos en grandes volúmenes. Posteriormente, y desde una perspectiva más científica, el estudio de tiempos y movimientos de Frederick W. Taylor en 1881 permitió optimizar la eficiencia en el puesto de trabajo mediante una formación adecuada, una metodología de trabajo y un estudio pormenorizado del tipo de herramientas y posición de las mismas unido a sistemas de incentivos (Krajewski et al., 2013).

La producción en línea, implementada por Henry Ford a principios del siglo xx y en la que los chasis de los automóviles se desplazaban por la planta industrial mientras los trabajadores le iban incorporando las diferentes piezas, marca el principio de la producción de bienes para las masas. El desarrollo de métodos de investigación operativa y su desarrollo académico en el ámbito de la ingeniería industrial y de sistemas, unido al avance de la dirección de empresas como disciplina, permitieron el desarrollo de proyectos a mucha mayor escala, incrementando el nivel de flexibilidad especialmente a la hora de fabricar gamas de productos más amplias y servicios diversos (Wren y Bedeian, 2009).

De este modo, podemos distinguir las siguientes etapas:

- *Era preindustrial*, en la que predominaban los gremios artesanales y las economías domésticas. En estas últimas, los mercaderes aprovisionaban los bienes en el lugar donde iban a ser utilizados para que los artesanos realizaran sus trabajos. Los gremios, por otro lado, eran asociaciones

muy especializadas donde los productos semielaborados pasaban de un gremio a otro. Así, por ejemplo, en el caso del cuero existían los gremios de bataneros, curtidores o tintoreros, que hacían llegar el material a gremios más especializados como los encuadernadores, talabarteros, zapateros o marroquínos, entre otros.

- *Revolución industrial*: se asocia con la industria de los telares y el invento de la máquina de vapor, que, junto a otras innovaciones tecnológicas, como la lanzadera volante inventada por John Kay en 1733, permitieron la mecanización de la industria.
- *Segunda revolución industrial*: Henry Ford comenzó en 1908 la producción del modelo Ford T a partir de los principios de la línea de ensamble. El ahorro de costes con este sistema permitió a la clase media americana acceder a la compra de un automóvil. El progreso de la industria del petróleo y la electricidad fueron la base de un desarrollo económico sin precedentes en la historia de la humanidad. Se desarrollan los grandes principios de la gestión de proyectos como los gráficos de Gantt, el análisis de procesos de Taylor o la teoría de líneas de espera de Erlang. También se empieza a aplicar el muestreo estadístico y los modelos de gestión de inventarios para el control de piezas y calidad, unido a la programación lineal y la programación de necesidades de materiales (MRP), entre otros.
- Era posindustrial: Daniel Bell estableció en 1973 que el desarrollo de los servicios generaría más riqueza económica en términos de PIB que la industria manufacturera y agrícola, lo cual es una realidad en la actualidad en países como España, en el que actualmente el sector servicios genera tres cuartas partes de la riqueza y los empleos. El desarrollo de la informática y de Internet han revolucionado el modo en que se realizan las transacciones comerciales y las comunicaciones, creando oportunidades antes impensables, por ejemplo, en el área de operaciones. El diseño, ingeniería y manufactura asistidos por ordenador (CAD/CAE/CAM) recorta costes y tiempos de forma exponencial. Actualmente, la gestión de la cadena de suministro toma una importancia especial debido a las nuevas tendencias de compras a través de Internet, con entregas a muy corto plazo y disponibilidad casi inmediata, posibilitada por la fabricación bajo demanda y las nuevas tecnologías de fabricación, que permiten un altísimo grado de flexibilidad en la gestión de las operaciones, impensable hace tan solo unas décadas (Arias-Aranda y Molina-Fernández, 2002). Actualmente, nuevas tecnologías de producción como las impresoras 3D permiten un alto nivel de flexibilidad en las operaciones, además de una disminución de los costes.

EJEMPLO 1.2. Tecnología y organización en la empresa de Cristóbal Colón

Antes de que Cristóbal Colón planteara buscar una ruta hacia las Indias a través del Océano Atlántico, diferentes astrónomos y geógrafos ya reconocían la esfericidad de la tierra como una realidad más allá de una mera teoría de los griegos. No obstante, la mayor dificultad era la organización de un viaje tan largo por altamar. Sin embargo, se habían producido numerosos avances tecnológicos tanto en el desarrollo de la cartografía y la experiencia costera en las expediciones por África, como en el desarrollo de embarcaciones más ligeras y resistentes como la carabela portuguesa. Todo ello, unido a la existencia de una mano de obra abundante de marineros experimentados, facilitó la empresa de Cristóbal Colón de buscar una nueva ruta comercial a las Indias. Eso sí, los cálculos de Colón respecto a la distancia eran erróneos y muy optimistas en cercanía, pero un nuevo continente apareció entre Europa y Asia por el Atlántico. El resto es historia.

1.2. AVANCES EN LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

Para entender la esencia de la dirección de operaciones es fundamental comprender primero los fundamentos de la Administración o Dirección de empresas. De este modo, las empresas se enfrentan en la actualidad a entornos cambiantes, generalmente hostiles y turbulentos. El número de cambios que se producen tanto en la evolución de la tecnología como en los deseos y gustos de los consumidores sufren una constante aceleración. Este hecho fuerza a las empresas a adaptarse a tales cambios e incluso influir en ellos para mantener su competitividad (Guerras Martín y Navas López, 2015). A su vez, todo ello genera un mayor nivel de complejidad en el seno de la empresa para dar respuesta a la complejidad del entorno. Las diferentes funciones de la empresa han de implementar estrategias compatibles con la estrategia corporativa y de negocio, con el fin de optimizar los recursos y capacidades. Así, las principales funciones de la empresa son:

- *Función de marketing.* Se encarga de las ventas a través de la distribución de los productos y servicios, para que estén disponibles para los consumidores en el lugar, forma y tiempo adecuados, del desarrollo de productos desde la perspectiva de su adaptación a los mercados, de las promociones y acciones de venta y del establecimiento de precios y modos de pago.
- *Función financiera.* Se responsabiliza de los flujos monetarios de la empresa a partir de la contabilidad, así como de la gestión de las inversiones.
- *Función de recursos humanos.* Se dedica a la gestión del personal de la empresa tanto en lo relativo a la selección y formación del personal como en la adecuación de los puestos de trabajo, entre otras actividades.

- *Función de producción u operaciones.* Es la función que se centra en la fabricación de productos y prestación de servicios desde la logística tanto interna (procesos de producción e inventarios) como externa (proveedores y clientes), pasando por todas las decisiones relativas a la transformación de los *inputs* en bienes y servicios.

Todas estas funciones han de trabajar de manera coordinada, con el fin de asegurar el cumplimiento de la estrategia global para lograr el correcto desempeño de los planes a corto, medio y largo plazo de la empresa. De este modo, la función de operaciones ha de relacionarse, mediante información clara y precisa, con la función de marketing para asegurar la viabilidad comercial del producto fabricado o servicio prestado (Minguela-Rata y Arias-Aranda, 2009), con la función financiera para asegurar que el flujo financiero asegura una correcta aplicación de los fondos requeridos en el área, y con la función de recursos humanos para una adecuada organización de las tareas y actividades relacionadas con la producción.

La organización de la producción constituye el núcleo de la dirección de operaciones. Para ello es necesario considerar una serie de decisiones de carácter estratégico, táctico y operativo, en función del plazo en que tales decisiones comprometen recursos para la empresa (largo, medio y corto plazo). El presente manual se estructura en dos volúmenes, con el fin no solo de tratar todos los temas objeto de estudio en esta disciplina, sino de hacerlo en un orden basado en el impacto que tales decisiones tienen en períodos de tiempo que van desde más de un año hasta aquellas decisiones que han de tomarse en plazos muy cortos. La dirección de operaciones comprende un amplio abanico de temas relacionados con estrategia, tecnología, calidad, gestión de la cadena de suministro, diseño y desarrollo de productos, sostenibilidad, etc.

Así, inicialmente es fundamental la definición de una estrategia para el área de operaciones, identificándose en este tema cuestiones relativas tanto al proceso de formulación de una estrategia de operaciones como al contenido de la misma. En este sentido, se profundizará en las cuestiones relativas al proceso de planificación estratégica y, en relación con el contenido, se identificarán los objetivos y las decisiones del área de operaciones. A continuación se tratará el proceso de desarrollo de nuevos productos (DNP), junto a los distintos enfoques que pueden adoptarse, entre otros aspectos. Posteriormente se delimitará el concepto de innovación, y sus distintas modalidades, así como los factores que impactan en el comportamiento innovador de las empresas, unido al análisis de algunas claves prácticas sobre cómo se debe afrontar hoy en día la gestión de la innovación y la tecnología. Después, y sobre tales conocimientos, se procederá al estudio de la estrategia del proceso productivo, además de a la elección del tipo de proceso necesario para la realización de los bienes y servicios que la empresa ofrecerá al mercado, ya que de la eficiencia, competitividad, control de costes, tiempos y mejora de la calidad del proceso productivo depende la rentabilidad, la supervi-

vencia y el éxito de la empresa. La estrategia de capacidad definirá todas aquellas actuaciones que deberá desarrollar la empresa para alcanzar la flexibilidad productiva requerida por el mercado, y de esta forma satisfacer el nivel de demanda generado. Posteriormente se pasará al análisis de la estrategia de capacidad, con el fin de definir todas aquellas actuaciones que deberá desarrollar la empresa para alcanzar la flexibilidad productiva requerida por el mercado y de esta forma satisfacer el nivel de demanda generado. Tal análisis viene vinculado a la decisión de localización, referida fundamentalmente a la elección del lugar donde ubicar las instalaciones de la empresa, y por tanto emplazar o situar los distintos factores de producción, tanto humanos como materiales. La distribución en planta será objetivo del siguiente capítulo de este manual, que se centrará en las técnicas para encontrar las distribuciones en planta que mejor se adapten a cada situación, ya que el objetivo de cada una de ellas podría ser diferente: minimizar el tiempo de la producción, minimizar el coste de manejo de los materiales, utilizar el espacio con mayor eficiencia, asegurar la comodidad y seguridad de los clientes y empleados, disponer de alternativas de distribuciones flexibles, etc.

El vínculo entre la función de recursos humanos y de operaciones será tratado a continuación, con el fin de centrarse en el diseño de puestos de trabajo con sus diferentes enfoques. La gestión de la calidad forma parte igualmente de las decisiones a implantar en el proceso de fabricación de productos y prestación de servicios, al igual que la sostenibilidad ambiental y la gestión de los sistemas de información en la empresa, que se tratarán en capítulos posteriores. Ambos aspectos inciden en la gestión de la cadena de suministro, vinculada directamente con la planificación agregada y la programación maestra de producción. Tales aspectos, que se tratarán en el volumen segundo de esta obra, nos llevarán al estudio pormenorizado de la gestión de los inventarios y la planificación de necesidades de materiales, que ciertamente delimitan la programación a corto plazo.

Finalmente, se tratarán tanto el *Lean Management* como filosofía para producir más con menos, como la gestión de proyectos vinculados al análisis del flujo del proyecto. Cerrará la presente obra la gestión del mantenimiento y la fiabilidad.

Todos estos contenidos se tratarán a partir de los últimos avances en la disciplina de dirección de operaciones, que progresivamente se adapta incorporando las últimas tecnologías y filosofías de gestión a los cambios del entorno. Para ello, las empresas demandan un perfil de alta formación y especialización en el área, con un salario medio inicial de unos 60.000 euros anuales, siendo en España las Comunidades de Madrid (36,2%), Cataluña (17,4%), Andalucía (14%) y Comunidad Valenciana (12,8%) las que lideran el mayor número de ofertas de trabajo para dirección de operaciones en España². El ejemplo 1.3 muestra dos ejemplos reales de ofertas de trabajo para directores de operaciones.

² Estadísticas obtenidas de <http://espana.jobtonic.es/salary/26526/16441.html> en agosto de 2017.

EJEMPLO 1.3. Ejemplos reales de ofertas de empleo para dirección de operaciones

1. Publicado en Internet en julio de 2017

«Empresa» busca, para importante empresa del sector industrial, un jefe de operaciones.

La persona seleccionada como director de operaciones se responsabilizará de dirigir operativamente la planta y organizar los departamentos de producción, mantenimiento, cadena de suministro, calidad..., estableciendo los objetivos, planes operativos y presupuestos que permitan conseguir los objetivos estratégicos definidos por la empresa.

Las funciones a desempeñar serían: Alinear la estructura y operaciones de la empresa con las necesidades a medio y largo plazo. Definir los objetivos de las áreas que forman parte de operaciones y realizar el seguimiento de los mismos, analizando las desviaciones y tomando las medidas oportunas para corregirlas. Asegurar el cumplimiento de los indicadores de gestión, incluyendo el servicio al cliente, la fiabilidad y la rentabilidad de la empresa. Colaborar junto con el área de calidad para establecer las principales directrices, controlar e identificar la causa de ineficiencias de producción y de mermas, para corregirlas y proporcionar los recursos necesarios para evitarlas. Realización de seguimiento de costes de producción. Liderar, coordinar y motivar al personal a su cargo, con la finalidad de conseguir los objetivos estratégicos del área. Validar la planificación a medio y largo plazo y lanzar las medidas correctoras. Participar en el Comité de Dirección de la empresa y en las decisiones y planes estratégicos.

2. Publicado en Internet en marzo de 2017

«Empresa» busca director de operaciones con las siguientes funciones:

- Planificar: asegurar la consecución del plan de producción de la empresa y asegurar los recursos, las necesidades de materiales, etc.
- Gestionar el sistema productivo bajo la filosofía *Just In Time*, *Lean Manufacturing*, OEE, 5S, etc.
- Coordinar la capacidad productiva con las previsiones de la demanda.
- Suministrar información del proceso productivo mediante técnicas de planificación tipo MRP (*Material Requirement Planning*).
- Organizar el proceso productivo, a través de soluciones tecnológicas que permitan el seguimiento y control informatizado de los procesos productivos y sus tiempos de ejecución.
- Cooperar con el departamento comercial para adaptar la producción a las necesidades del cliente.
- Liderar: impulsar que los equipos de trabajo se ajusten a los criterios y procesos establecidos por la compañía, así como motivar y guiar a las personas en la consecución de los objetivos comunes.

1.3. LA IDIOSINCRASIA DEL SECTOR DE LOS SERVICIOS

El sector servicios ha cobrado un papel de gran relevancia en las economías a nivel global. Como se señaló anteriormente, es cada vez mayor el porcentaje del PIB y de empleos que el sector de los servicios genera, frente a los sectores industriales y agrícola. La definición de servicio es compleja y no existe un acuerdo común sobre la misma. No obstante, algunas de las más aceptadas son la de Fitzsimmons et al. (2014), según la cual «un servicio es una experiencia intangible, perecedera en el tiempo y llevada a cabo por un cliente en el papel de un coproductor», o la citada por Heizer y Render (2014) por la que se define a los servicios como «el conjunto de actividades relativas al mantenimiento y reparación, a la administración del Estado, a la hostelería, al transporte, a los seguros, al comercio, a las finanzas, a la propiedad inmobiliaria, a la educación, a la abogacía, a la medicina, al ocio y a otras ocupaciones profesionales».

En todo caso, los servicios tienen una serie de características que los diferencian de los bienes manufacturados, ya que los primeros pueden ser adaptados al cliente³ en función de sus deseos o necesidades de manera mucho más sencilla (Arias-Aranda y Álvarez-Gil, 2004). La primera es la *intangibilidad*, es decir, los productos físicos pueden ser percibidos a través del sentido del tacto, ocupan un lugar físico y pueden ser almacenados como consecuencia de su tangibilidad. Los servicios, sin embargo, a la hora de su identificación quedan en una esfera de *mayor indefinición*, ya que no se pueden valorar hasta que no se hayan consumido. Por ejemplo, es muy difícil valorar la experiencia de una montaña rusa sin haberse montado previamente. Es por ello que los servicios han de ser producidos y consumidos simultáneamente, ya que no se pueden almacenar, lo que constituye la segunda característica distintiva. La tercera es la *interacción con el cliente* en un proceso que llega a la coproducción, esto es, el cliente participa directamente en el proceso de prestación del servicio, llegando al autoservicio. Existen multitud de ejemplos de este aspecto, como son el repostaje de combustible en las gasolineras realizado íntegramente por el usuario, apertura de cuentas bancarias a través de Internet, automatrícula en la universidad, etc. La cuarta es la *unicidad del servicio*, esto es, no se prestan dos servicios exactamente de la misma manera a dos usuarios distintos, ni su percepción es exactamente la misma. Así, un cliente habitual de hoteles de lujo no percibe la calidad de un hotel de tres estrellas ni tiene la misma experiencia que otra persona que jamás haya sido cliente de un hotel hasta ese momento. Ambos tendrán una experiencia y nivel de satisfacción muy distintos. La quinta característica se relaciona con el hecho de que los servicios *no se pueden patentar*. Su naturaleza está basada en el conocimiento y en el modo de hacer las cosas, lo cual es difícilmente protegible desde la propiedad intelectual. Finalmente, la sexta característica es

³ En inglés se hace referencia a este concepto como *customization*.

la *dificultad de medir con rigor la calidad* de los servicios, dado que su percepción no está exenta de objetividad en función de las expectativas previas del cliente y su experiencia anterior con el servicio, como en el caso de los dos clientes de un hotel de tres estrellas expuesto anteriormente.

El concepto de *servitización*⁴, acuñado en 1998 por Vandermerwe y Rada, constituye en la actualidad un campo de estudio de gran interés y relevancia para la comunidad académica (Baines et al., 2009). La *servitización* se define como el proceso de creación de valor mediante la creación de servicios vinculados a un producto. La difícil distinción, en ocasiones, entre productos «puros» y servicios «puros», como por ejemplo en el caso de la comida rápida o del *software*, hace que la unión de servicios a productos genere importantes oportunidades de negocio. De hecho, se ha pasado de una visión en la que el servicio era casi considerado un mal necesario, como por ejemplo el servicio posventa, a ser utilizado como una fuente de ventaja competitiva que incluso puede generar más ingresos que la propia actividad industrial de la empresa. La servitización implica una mayor involucración del usuario en la experiencia de servicio, facilitándole un mayor control y flexibilidad en todo el proceso (véase ejemplo 1.4). Igualmente, la servitización permite a los clientes hacer uso de productos previamente a su decisión de compra, generando, mientras tanto, ingresos a la empresa fabricante. No obstante, no está exenta de retos, dado que la empresa manufacturera habrá de implementar métodos de gestión de las empresas de servicios. En el presente manual se irán presentando en cada capítulo los aspectos diferenciadores para la gestión de los servicios para cada unidad de conocimiento.

EJEMPLO 1.4. DRIVE NOW o utilizar coches sin poseer un coche

Drive Now es una empresa creada conjuntamente por BMW y Sixt, cuyo objetivo es el uso de automóviles mediante una plataforma que, previa inscripción, localiza los vehículos disponibles más cercanos y permite su uso bajo una filosofía de pago por minuto conducido. El usuario se olvida de repostajes, seguros, reparaciones y mantenimientos, y tan solo se desplaza al lugar deseado, aparca el coche y se olvida de él hasta que vuelta a necesitar otro coche. Los vehículos se activan mediante la aplicación del móvil y un pequeño chip que se adhiere al carné de conducir del cliente. Todos los automóviles son MINI o BMW Serie 1 con equipamiento completo y máxima eficiencia en consumo de combustible, introduciéndose cada vez más modelos eléctricos. La unión del *know-how*⁵ de una empresa de alquiler de coches tradicional como Sixt y el gran fabricante automovilístico BMW permite al primero ser

⁴ Traducción del inglés *servitization*.

⁵ «Saber cómo» hacer algo, esto es tener el conocimiento y la experiencia para dominar un ámbito específico de la dirección de empresas, generalmente en un sector en particular.

mucho más flexible, al no depender la actividad de establecimientos específicos de alquiler de coches, y al segundo permitir que los clientes potenciales de BMW puedan utilizar los modelos y decidirse o bien por la compra final o por el uso continuado de este servicio, también denominado «*car sharing*».

1.4. NUEVAS TENDENCIAS EN DIRECCIÓN DE OPERACIONES

En un mundo interconectado, en el que la información constituye la base para las transacciones a nivel global, la función de operaciones ha de adaptarse constantemente a los cambios y tendencias de los mercados tanto desde la perspectiva de los clientes como de los proveedores, trabajadores de la empresa y sociedad en general. Internet y los dispositivos móviles que hoy cada uno de nosotros llevamos siempre con nosotros, junto al desarrollo de las redes logísticas a escala mundial, han permitido el desarrollo de la cultura de la inmediatez. De este modo, cualquiera de nosotros puede, a través de las diferentes plataformas de compras por Internet, adquirir un producto y tenerlo en casa o en el lugar elegido en cuestión de horas. Los métodos de pago avanzan de manera constante, permitiendo que cada vez sean más seguros y sencillos. Además, las garantías de los productos, exigidas por una comunidad de usuarios cada vez con mayor información especialmente sobre competidores, junto a motores de búsquedas que comparan precios *online*, generan grandes retos en la gestión de la cadena de suministro de las empresas. De esta manera, las devoluciones y cambios han de ser ágiles, a la vez que la oferta de productos ha de ser amplia y a precios competitivos. Todos estos factores han influido en la configuración actual no solo del modo en que se gestionan las operaciones, sino también en los aspectos estratégicos de las empresas, ya que la distribución se está desplazando desde los establecimientos habituales (tiendas, centros comerciales, supermercados, etc.), que están perdiendo clientela, hacia la entrega directa a domicilio (véase ejemplo 1.5).

EJEMPLO 1.5. Ir de compras ya no es lo que era

Los grandes almacenes en Estados Unidos han prescindido de cerca de la mitad de sus trabajadores desde 2001. Además, con fecha de junio de 2017, el 30 % de las empresas de distribución han cerrado, según datos de *bankruptcy.com*, en diferentes sectores, poniendo en duda la viabilidad de grandes centros comerciales como Sears. Es por ello que, aunque actualmente tan solo el 2 % de las compras de alimentos se hacen *online*, es este sector el que más teme la irrupción de Amazon, especialmente después de la compra de *Whole Foods* por parte del gigante de ventas por Internet. De hecho, Amazon vale ya más

que la suma de todos sus competidores de grandes almacenes juntos. En España, Amazon lidera en 2016 las ventas por comercio electrónico, con 871 millones de euros, seguido por El Corte Inglés con 651 y Zara con 371, según Statista.

De este modo, la dirección de operaciones se adapta constantemente al entorno a partir de las siguientes tendencias:

- *Enfoque hacia la respuesta rápida* (véase ejemplo 1.6). La necesidad de satisfacer los deseos y necesidades de los clientes en el mínimo tiempo supone un grado de exigencia muy alto para la función de operaciones en términos de efectividad, eficacia y eficiencia. Así, por un lado, el producto o servicio ha de ser fabricado o prestado optimizando los costes, a la vez que satisface las expectativas de los usuarios, y además ha de estar disponible en tiempo y forma adecuados. Las nuevas tecnologías tanto de producción como de sistemas de información, unidas a filosofías de gestión como la producción ajustada (*Lean Manufacturing*) o el justo a tiempo (*Just in Time*), permiten responder rápidamente a las demandas de los mercados prescindiendo de lo innecesario y evitando actividades que generan poco o ningún valor añadido, como los inventarios.
- *Gestión orientada a la cadena de suministro* (véase ejemplo 1.7). Los diferentes componentes de los productos provienen de proveedores localizados en diferentes partes del mundo, al igual que los clientes potenciales. Esta globalización se traduce también en equipos multidisciplinares e internacionales para el diseño y desarrollo de productos. La cadena de suministro se convierte en el eje central de todo el proceso de operaciones, al recibir las materias primas, procesarlas, preparar los pedidos y distribuirlos, entre otras muchas actividades.
- *Flexibilidad de las operaciones* (véase ejemplo 1.8). Los ciclos de vida de los productos y servicios se acortan. Los cambios en gustos y necesidades se aceleran, por lo que la obsolescencia se convierte en un enemigo constante a batir, dado que puede haber productos que estén obsoletos antes de haber comenzado su proceso de producción. La función de operaciones ha de ser flexible, tanto a la hora de asegurar el flujo de producción en el caso de que se produzcan incidencias (huelgas, ataques cibernéticos, demandas inesperadas, etc.) como para adaptar sus productos a diferentes mercados que admiten distintos grados de obsolescencia.
- *Sostenibilidad ambiental* (véase ejemplo 1.9). La presión de las legislaciones nacionales y transnacionales, al igual que la de los *stakeholders*⁶, para

⁶ Los *stakeholders* son todos aquellos colectivos que, sin formar parte de la empresa, es decir, sin ser directivos o trabajadores, se ven afectados positiva o negativamente por su acti-

que las empresas no solo protejan el medio ambiente sino para que también fabriquen productos y presten servicios saludables y seguros tanto para los trabajadores durante el proceso de producción como para los usuarios en el consumo final, es cada vez mayor. Cuestiones como el reciclaje, la reutilización de componentes, el uso de materiales biodegradables o la eliminación de la denominada obsolescencia programada⁷ constituyen retos a los que la empresa ha de dar respuesta, dada la mayor concienciación de la sociedad actual ante estos problemas.

- *Empoderamiento de los usuarios* (véase ejemplo 1.10). Las empresas cada vez ponen a disposición de los usuarios más información específica sobre gamas de productos y servicios, plazos, futuros lanzamientos y propuestas de mejora. Además, la comunicación es bidireccional, con lo que los propios clientes pueden participar en el proceso de producción de productos y prestación de servicios. El empoderamiento tiene como objetivo poner a disposición del cliente herramientas para tener cierto control sobre diferentes fases y actividades productivas, como incidir en las fechas de entrega, adaptación de los productos a sus necesidades y deseos⁸ o incluso controlar procesos de servicios.

EJEMPLO 1.6. Los objetivos de producción de Tesla

Actualmente, Ford es capaz de producir 16 vehículos por minuto a nivel global. Tesla, en su gigafactoría, ha establecido como objetivo llegar a fabricar medio millón de vehículos para finales de 2018 y 700.000 a un plazo más largo. Esta gigafactoría californiana de 5 millones de m², en la que los operarios han de desplazarse en bicicleta, fue adquirida por Tesla en 2010. Anteriormente se denominaba NUMMI (*New United Motor Manufacturing, Inc.*) y era una empresa conjunta o *joint venture* entre Toyota y General Motors donde se aplicaba el *Lean Manufacturing* o producción ajustada. En 2016 esta factoría produjo 80.000 coches, lo cual está aún lejos de los objetivos de Tesla. No obstante, una de las grandes ventajas de Tesla para el futuro es que vende directamente al consumidor final, prescindiendo así de los intermediarios, aplicando así el modelo *Lean* hasta el final del proceso y disminuyendo los costes de producción. La revolución en el sector del automóvil ha comenzado no solo por el motor eléctrico, sino por los objetivos de volumen de producción.

vidad. Así, entre otros *stakeholders*, encontramos los gobiernos nacionales y locales, consumidores, habitantes de la zona en la que la empresa realiza sus actividades, asociaciones de consumidores, grupos defensores del medio ambiente, etc.

⁷ Este tipo de obsolescencia viene implementada por la propia empresa, que limita el tiempo de vida útil de sus productos para que sean sustituidos en un plazo de tiempo más corto que el que podrían tener.

⁸ En inglés se conoce como *customization*.

EJEMPLO 1.7. El gigante Alibaba y algunos de sus secretos

Si Amazon, ya visto en el ejemplo 1.5, es un gigante de las ventas *online*, Alibaba se podría catalogar de descomunal, ya que factura 20 veces más que su competidor (11.000 millones de dólares frente a 595). De hecho, vende más que Amazon y eBay juntos y su mercado principal es el interior, es decir, China, en el que concentra el 79% de sus ventas. Alibaba se centra en buscar gangas y no vende directamente al consumidor final, al contrario que Amazon. Su filosofía está centrada en la gestión de la cadena de suministro en función de los siguientes principios:

1. Para las compras domésticas se centra en proveedores locales, sin renunciar a proveedores más grandes que pueden ofrecer precios más competitivos en grandes cantidades de compras y le sirven como *back-up*.
2. Pone en contacto proveedores y clientes a nivel global, lo que genera un alto valor añadido a aquellas empresas que a través de la ventana de Alibaba pueden dar a conocer sus productos.
3. Seguridad en los pagos, ya que estos quedan en poder de Alibaba hasta que el cliente manifiesta su satisfacción con el pedido.
4. Rápida adaptación a dispositivos móviles mediante aplicaciones Android, IOS, etc.

EJEMPLO 1.8. Samsung y su amplia gama de teléfonos móviles

Samsung es el fabricante de teléfonos móviles que ofrece una gama más amplia de productos. Incluso aunque en 2014 decidió recortar dicha gama en un 30%, sigue ofertando terminales de gama baja, media y alta con multitud de opciones. Esto lo hace, entre otras estrategias, manteniendo en el mercado, a veces con ligeras modificaciones, modelos que en su momento fueron de última tecnología y, por tanto, de gama alta, que según va pasando el tiempo van bajando su precio y pasando a gamas inferiores. Así, en 2017 sigue manteniendo en su catálogo modelos que van del S4 al S8, algunos de ellos con pequeñas incorporaciones tecnológicas (todos los modelos están disponibles en <http://www.samsung.com/us/mobile/phones/>). De este modo, Samsung cubre todos los segmentos de usuarios de móvil, desde el que quiere un terminal barato para un uso básico hasta el usuario más sofisticado. El diseño modular permite que Samsung combine una serie de componentes (memorias, CPUs, cámaras, etc.) para cada uno de los modelos y que el cliente perciba que cada combinación de módulos es un modelo diferente.

EJEMPLO 1.9. Innovación sostenible sin obsolescencia programada

Teléfonos móviles cuya batería no dura más de dos años, lavadoras que se rompen tras 2.500 lavados sin que haya piezas de sustitución disponibles o bien sean muy caras, o impresoras que, sorprendentemente, dejan de funcionar en un plazo de 3 años, son algunos ejemplos de obsolescencia programada. Francia ha sido el primer país en poner coto a este problema, que genera un alto coste medioambiental, y en España se ha creado el sello ISSOP para aquellas empresas comprometidas con la sostenibilidad cuyo decálogo disponible en su web feniss.org es el siguiente:

- Priorizar la compra de productos y la contratación de servicios que sean respetuosos con el medio ambiente, fabricados sin obsolescencia programada, y si es fabricante de algún producto fabricarlo sin obsolescencia programada, utilizando preferiblemente producto local y el «comercio justo».
- Contribuir a la mejora energética y a la disminución de emisiones, con el objeto de reducir las huellas de carbono y la ecológica corporativa.
- Realizar la correcta gestión de residuos.
- Promover la cultura del consumo social y ambientalmente responsable.
- Apostar por una responsabilidad ambiental y la preservación del medio ambiente local.
- Facilitar el acceso a la formación ambiental y de integración social.
- Evitar hacer uso de una publicidad engañosa o ambiental y socialmente irresponsable.
- Promover la igualdad e integración social.
- Facilitar la conciliación laboral, familiar y personal.
- Promover y difundir los compromisos adoptados hacia un modelo de gestión más sostenible y responsable. Incluir, en sus contratos con terceros, cláusulas que impidan la corrupción.

EJEMPLO 1.10. Ideastorm

Son cada vez más las empresas que abren las puertas a sus clientes para que expongan sus ideas o sugerencias de mejora para luego ser incorporadas a los productos o servicios. Un ejemplo es ideastorm.com, una plataforma de Dell que permite a los usuarios no solo exponer su idea de mejora, sino también colaborar con otros en sesiones de tormenta de ideas. Son numerosos los concursos y eventos organizados a través de plataformas web y redes sociales para captar opiniones, tendencias, gustos o sugerencias de clientes.

RESUMEN

La Dirección de la Producción y Operaciones se enmarca dentro del área de la Dirección de Empresas y se centra en el estudio del área de producción. No solo trata de las principales decisiones, técnicas y diseños de los procesos de producción de bienes, sino también de la producción y entrega de servicios. En este capítulo se han tratado las decisiones estratégicas, entre las que se encuentran el diseño y desarrollo de productos y servicios, el diseño del proceso productivo, la gestión de la capacidad, la localización, la distribución en planta, la gestión de la calidad, la aplicación de tecnologías de producto y proceso, sostenibilidad medioambiental, etc. Por otro lado, también hay decisiones que hay que tomar a corto y medio plazo y que son de carácter táctico y operativo. Este tipo de decisiones suponen el día a día de la función de producción de la empresa. Entre ellas están la dirección de la cadena de suministros, planificación y programación de la producción, producción ajustada, gestión de inventarios y líneas de espera, mantenimiento, fiabilidad y simulación, etc. Históricamente, en dirección de la producción se pueden distinguir las etapas de la era preindustrial, revolución industrial, segunda revolución industrial y era posindustrial.

La función de operaciones ha de relacionarse, mediante información clara y precisa, con la función de marketing para asegurar la viabilidad comercial del producto fabricado o servicio prestado, con la función financiera para asegurar que el flujo financiero asegura una correcta aplicación de los fondos requeridos en el área, y con la función de recursos humanos para una adecuada organización de las tareas y actividades relacionadas con la producción.

En todo caso, los servicios tienen una serie de características que los diferencian de los bienes manufacturados, ya que los primeros pueden ser adaptados al cliente en función de sus deseos o necesidades de manera mucho más sencilla. La *servitización* se define como el proceso de creación de valor mediante la creación de servicios vinculados a un producto.

Finalmente, la dirección de operaciones se adapta constantemente al entorno a partir de las siguientes tendencias: enfoque hacia la respuesta rápida, gestión orientada a la cadena de suministro, flexibilidad de las operaciones, sostenibilidad ambiental y empoderamiento de los usuarios.

EJERCICIOS

1. Analice las tendencias actuales en dirección de operaciones desde la perspectiva de la edad de su móvil, contestando a las siguientes pregun-

- tas: ¿Cuántos años tiene su móvil? ¿Qué espera de su próximo terminal? ¿Qué razones le inducirían a cambiarlo? Se plantearía arreglar su móvil si se estropeara, o compraría uno nuevo?
2. Analice desde la perspectiva de los servicios si el *software* es un producto o un servicio.
 3. Reflexione sobre qué factores dan valor a lo artesanal frente a lo fabricado en masa. ¿Por qué?
 4. ¿Cómo cree que se estudiará la dirección de operaciones dentro de diez años? ¿Cómo será este manual?
 5. Nokia pasó de ser líder en ventas de telefonía móvil en la década del 2000 a casi desaparecer un lustro más tarde. Realice un caso, a través de la información que encuentre en Internet, para concretar qué factores incidieron en tal cambio. Introduzca en el caso los diferentes puntos de este tema. ¿Cómo era la industria de la telefonía a principios del siglo xx? ¿Qué ha cambiado?
 6. Analice el caso sobre la industria de los ordenadores descrito en https://www.madrimasd.org/informacionidi/Revistas/Numero3/body_caso_de_empresa.asp: ¿Cómo se ajustaba la producción a la demanda? ¿Qué falló?
 7. Busque ofertas actuales de trabajo en dirección de operaciones. ¿Qué conocimientos solicitan? ¿Qué perfil?
-

BIBLIOGRAFÍA

- Arias-Aranda, D. y Álvarez-Gil, M. J. (2004). Long and short-term effects of customisation on the service operations strategy. *International Journal of Services Technology and Management*, 5(3), 233-246.
- Arias-Aranda, D. y Molina-Fernández, L. M. (2002). Determinants of innovation through a knowledge-based theory lens. *Industrial Management & Data Systems*, 102 (issue: 5), 289-296.
- Baines, T. S., Lightfoot, H. W., Benedettini, O. y Kay J. M. (2009). The servitization of manufacturing: A review of literature and reflection on future challenges. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20 (issue: 5), 547-567.
- Fitzsimmons, J. A., Fitzsimmons, M. J. y Bordoloi, S. (2014). *Service Management: Operations, Strategy, Information Technology*, 8/e. McGraw-Hill.
- Guerras Martín, L. A. y Navas López, J. E. (2015). *Dirección estratégica de la empresa. Teoría y aplicaciones*. Thomson Reuters.
- Heizer, J. y Render, B. (2014). *Operations Management* (11.^a ed.). Pearson.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. y Malhorta, M. J. (2013). *Operations Management: Processes and Supply Chains* (10.^a ed.). Pearson.
- Minguela-Rata, B. y Arias-Aranda, D. (2009). New product performance through multifunctional teamwork: An analysis of the development process towards quality excellence. *Total Quality Management*, 20(4), 381-392.

- Nieto-Antolín, M., Arias Aranda, D., Minguela Rata, B. y Rodríguez Duarte, A. (1999). The evolution of operations management contents: an analysis of the most relevant textbooks. *Industrial Management and Data Systems*, 7-8(99), 345-353.
- Vandermerwe, S. y Rada, J. (1989). European manufacturers shape up for services, *The Journal of Business Strategy*, November/December.
- Wren, D. A. y Bedeian, A. G. (2009). *The evolution of management thought*. Wiley.
-

Esteban Fernández Sánchez
Lucía Avella Camarero
Marta Fernández Barcala

INTRODUCCIÓN

Hasta finales de la década de los sesenta, la literatura estratégica otorgó escasa importancia a la función de producción como factor de competitividad. En 1966 Skinner publicó un artículo donde reivindicaba que el área de producción debía ser igual de importante que el resto de funciones o departamentos de la empresa, para no desempeñar un papel subordinado en la estrategia competitiva y poder ser utilizada como arma competitiva. Posteriormente, profundizó en el análisis de la estrategia de producción y formuló su propuesta de fábrica focalizada (Skinner, 1974). A partir de estos trabajos seminales proliferaron las investigaciones sobre el tema, con una hipótesis subyacente: las decisiones de producción no debían reducirse a neutralizar los efectos negativos que esta función podría ocasionar en la puesta en práctica de la estrategia competitiva, sino que también debían contribuir a su desarrollo, al menos en igualdad de condiciones que el resto de departamentos (Skinner, 1969). Propuestas posteriores defendieron que la producción podía llegar incluso a ser el factor clave en el logro de una ventaja competitiva sostenible (Hayes, 1985).

Tradicionalmente se reconoce de forma explícita la diferencia entre el contenido y el proceso de planificación de la estrategia de producción (Leong et al., 1990). El contenido hace referencia a los elementos que integran la estrategia de producción, mientras que el proceso comprende su formulación y puesta en práctica. En este capítulo se analiza, especialmente, el proceso de planificación de la estrategia de producción, si bien se identifican igualmente los objetivos y las decisiones que conforman su contenido. Cabe destacar que los objetivos de producción se examinan en mayor detalle, dado que las decisiones serán objeto de análisis pormenorizado en los restantes capítulos de este manual.

Desde finales de la década de los setenta se utiliza el término *operaciones* con objeto de incluir la producción de servicios y ampliar las actividades productivas más allá de la transformación propiamente dicha. Así, se emplea, con carácter general, el término operaciones en referencia al área de producción (en sentido amplio) de una empresa, ya se trate de producción de bienes, de servicios o de ambos simultáneamente. Se incluye, así, no solo la actividad de transformación, sino también el diseño de productos y procesos, el aprovisionamiento de materiales y componentes o la distribución y entrega del producto, entre otras. No obstante, dado que la literatura clásica hace referencia a la función y estrategia de producción o de fabricación, en este capítulo se respeta la nomenclatura original y se utilizan los términos producción/fabricación/operaciones como sinónimos.

2.1. CONTENIDO DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

El contenido de la estrategia de operaciones abarca los objetivos y las decisiones; es decir, aquello que queremos alcanzar y la forma de conseguirlo.

2.1.1. Objetivos de operaciones

Los objetivos representan los logros deseados a largo plazo expresados en términos cuantitativos. Determinan «qué» debe lograrse y «cuándo», si bien no especifican «cómo», ya que la empresa, al igual que cualquier sistema abierto, posee la propiedad de equifinalidad, es decir, dispone de diferentes alternativas para lograr el mismo objetivo. Los objetivos deben dejar absolutamente claro dónde deben concentrarse los recursos para conseguir los resultados deseados. También hay que tener presente que un objetivo puede variar a lo largo del tiempo: algo que es primordial en un momento dado, puede dejar de serlo o incluso convertirse en totalmente irrelevante a medio plazo.

Los objetivos ofrecen a los gerentes y trabajadores un sentido de dirección, de modo que saben hacia dónde hay que ir, lo que favorece las posibilidades de llegar. De esta forma, sirven de guía en la toma de decisiones y especifican los criterios a partir de los cuales se podrá valorar lo que se vaya consiguiendo. En suma, los objetivos orientan el comportamiento de una empresa en una dirección determinada, al tiempo que permiten establecer una base para medir el rendimiento.

Desde que empezó a configurarse la estrategia de operaciones se vienen considerando cuatro objetivos de operaciones: coste o eficiencia, calidad, flexibilidad y plazo de entrega. Posteriormente se añadieron otros tres: servicio, innovación (considerado un objetivo distinto de la flexibilidad) y ecoeficiencia (tabla 2.1). Por otra parte, cada uno de estos objetivos se desagrega en varias

TABLA 2.1
Objetivos de operaciones

Objetivos «clásicos»	«Nuevos» objetivos
Coste o eficiencia Calidad: Interna: productos sin defectos Externa: productos que satisfacen los requisitos del cliente Flexibilidad: En producto En volumen Plazo de entrega: Rapidez de la entrega Fiabilidad de la entrega	Servicio Innovación Ecoeficiencia

categorías o dimensiones, que, a su vez, se descomponen en criterios de medida, que, además de servir de guía en todos los niveles de toma de decisiones, se utilizan para medir el desempeño.

El coste de producción incluye la mano de obra, los materiales y otros costes directos e indirectos. Estos costes deben considerarse no solo en términos de los cambios anuales, sino que deben ser comparados con los costes de la competencia. Por ejemplo, si la empresa busca competir en precios, los costes deben ser inferiores a los de sus competidores y, en consecuencia, su eficiencia será superior.

La calidad define el valor de un producto, el prestigio y su utilidad. Es necesario entender la calidad tanto desde una perspectiva interna —cumplir con las especificaciones de diseño y, por tanto, fabricar un producto sin defectos— como externa —satisfacer los requisitos que demande el cliente—. La calidad, por supuesto, también debe medirse en relación con la competencia y puede ser un elemento de diferenciación muy importante.

La flexibilidad mide la capacidad de adaptación a las necesidades cambiantes del mercado. Este objetivo presenta diferentes dimensiones, entre las que cabe destacar dos:

- a) Habilidad para modificar las características de los productos actuales, incluyendo la introducción de nuevos productos (flexibilidad en producto).
- b) Posibilidad de variar el volumen de producción para atender las fluctuaciones de la demanda, sin que repercuta de forma significativa en los costes (flexibilidad en volumen).

El plazo de entrega hace referencia a la rapidez y fiabilidad con que se entrega un producto al cliente. La rapidez se refiere al tiempo que transcurre desde que

el cliente realiza el pedido hasta que lo recibe. La fiabilidad mide la frecuencia con la cual se cumplen las promesas de entrega del producto en el tiempo acordado.

El servicio se consideraba hasta hace poco tiempo como algo secundario, pero actualmente se está convirtiendo en una fuente de ventajas. Pueden distinguirse dos tipos: servicio preventa y servicio posventa. Los servicios preventa afectan a la sencillez de manejo, facilidades de financiación, servicios de mantenimiento y cordialidad en el trato del vendedor. Los servicios posventa cubren todas las actividades que pueden contribuir a maximizar la satisfacción del consumidor. A los usuarios les preocupa no solo que se estropee un producto, sino también el tiempo que ha de transcurrir antes de que se pueda volver a utilizar, la puntualidad con que se realizan las visitas de servicio, el trato del personal y la frecuencia con que estas visitas o las reparaciones son incapaces de resolver los problemas pendientes.

La innovación, o introducción de nueva tecnología en el mercado, puede ser de dos tipos: radical o incremental. La radical hace referencia a la introducción de productos o procesos totalmente nuevos, y representa un cambio en la forma establecida de hacer las cosas. Las empresas se olvidan con frecuencia de la innovación incremental, es decir, de las mejoras que se realizan sobre la tecnología existente, que no modifican sustancialmente la capacidad competitiva de la empresa a largo plazo, pero que permiten conseguir importantes ahorros en costes, así como mejoras en los productos y en los procesos. La innovación incremental es un proceso evolutivo, un impulso constante que impregna a la empresa y que considera que el trabajo nunca está acabado.

La ecoeficiencia se puede plantear desde la perspectiva de:

- a) Cumplir la legislación.
- b) Prevenir incidentes.
- c) Fabricar productos ecológicos.
- d) Alcanzar un liderazgo medioambiental que potencie la imagen de la empresa en el mercado, contribuyendo significativamente a la creación de valor.

EJEMPLO 2.1. Heineken avanza en sus objetivos de sostenibilidad

Heineken España ha implantado un servicio de vehículos eléctricos para sus empleados en las oficinas centrales de Madrid y Sevilla para realizar desplazamientos en ciudad por motivos laborales. Por cada 25 kilómetros que se recorren con estos vehículos se ahorran las emisiones equivalentes a la elaboración de 100 litros de cerveza.

Se trata de la última medida desarrollada por la compañía para avanzar en su compromiso con la sostenibilidad, el medio ambiente y la reducción de emisiones de CO₂ a lo largo de toda la cadena de valor.

Esta medida se suma a otras acciones en materia de reducción de emisiones en transporte, como la sustitución progresiva de vehículos utilizados en fábrica para desplazamientos internos por vehículos eléctricos y la política de *renting* para vehículos corporativos, que promueve la elección de vehículos híbridos y establece un nivel máximo de emisiones.

La compañía cervecera se ha marcado como objetivo para el año 2020 la reducción de las emisiones de CO₂ en el proceso de producción en un 40 %, las de distribución en un 20 % y las de refrigeradores en un 50 %. El compromiso de la compañía a nivel mundial es que el 100 % de los nuevos equipos de frío que se instalen en el mercado sean ecoeficientes y que permitan un ahorro energético entre el 15 % y el 75 % respecto a los sistemas tradicionales.

Asimismo, la incorporación del biogás y el uso de energía eléctrica procedente de fuentes con certificación 100 % renovable han generado un ahorro del 3,6 % del total de la energía térmica utilizada. La mejora en la huella de carbono continuada en el tiempo alcanzó una reducción del 9 % en la última medición, realizada en 2015.

FUENTE: InfoRetail (2017): «Heineken avanza en sus objetivos de sostenibilidad», 3 de marzo, disponible en: <http://www.revistainforetail.com/noticiadet/heineken-avanza-en-sus-objetivos-de-sostenibilidad/801587fad3dbec4778b3d609eb5f7f80>.

2.1.2. Decisiones de operaciones

Las decisiones representan el modo de lograr los objetivos de operaciones. Se trata de las acciones a llevar a cabo para alcanzar los objetivos perseguidos. Las decisiones de operaciones se clasificaron inicialmente en dos grandes grupos (Hayes et al., 1988) (tabla 2.2).

- a) Estructurales: tecnología, capacidad, instalaciones e integración vertical.
- b) Infraestructurales: recursos humanos, calidad, planificación y control de la producción, organización, desarrollo de nuevos productos y sistemas de medida de resultados.

El pensamiento tradicional considera que las decisiones estructurales (o duras) tienen implicaciones estratégicas y, por tanto, deben ser supervisadas por la alta dirección, ya que conllevan importantes inversiones de capital, son irreversibles y tienen una periodicidad plurianual. Las decisiones infraestructurales (o blandas) son percibidas como más tácticas, a causa de la miríada de actuaciones «sobre la marcha» que implican, la necesidad de ligarlas a aspectos específicos de la fábrica y a que no requieren elevadas inversiones (Wheelwright, 1984). En general, afectan al gasto corriente y suelen delegarse en los directores de producción, por lo que tienden a relacionarse con cuestiones estrictamente operativas y no estratégicas.

TABLA 2.2
Decisiones de operaciones

Decisiones de carácter estructural	Decisiones en infraestructuras
• Tecnología. • Capacidad. • Instalaciones. • Integración vertical.	• Recursos humanos. • Calidad. • Planificación y control de la producción. • Organización. • Desarrollo de nuevos productos. • Sistema de medida de resultados.

Ahora bien, la experiencia de algunas empresas mostró que el impacto acumulativo a largo plazo de las decisiones infraestructurales puede ser tan importante como el de las estructurales (Wheelwright, 1981). Por otra parte, los dos grupos de decisiones están estrechamente interrelacionados y determinan la configuración de un sistema productivo.

En la actualidad, conviene profundizar en la importancia que tienen en el logro de los objetivos de operaciones decisiones relacionadas con la gestión de la cadena de suministro (a nivel global), la logística inversa, las tecnologías y sistemas de información o la gestión del conocimiento, entre otras. Tanto las decisiones estructurales como infraestructurales previamente mencionadas han ido ganando peso e importancia en los últimos años, por lo que se analizan en algunos de los siguientes capítulos de este manual.

2.2. PROCESO DE PLANIFICACIÓN DE LA ESTRATEGIA DE OPERACIONES

El proceso de planificación de la estrategia de operaciones comprende su formulación y puesta en práctica. Esta planificación se encuadra dentro del proceso de planificación estratégica global de la empresa, el cual integra tres niveles estratégicos: corporativo, competitivo (o de negocio) y funcional (nivel al que se encuentra la estrategia de operaciones).

La estrategia corporativa consiste en determinar las actuaciones que es necesario emprender para obtener una ventaja competitiva, mediante la selección y dirección de una combinación de negocios. Por su parte, la estrategia competitiva persigue crear una ventaja competitiva sostenible y obtener beneficios superiores, emprendiendo acciones ofensivas y defensivas en la red de valor (o ecosistema) formada por las cinco fuerzas competitivas de Porter (1980) (rivales, proveedores, clientes, productos sustitutivos y competidores potenciales) y los complementadores (Brandenburger y Nalebuff, 1996). Por último, la estrategia funcional es el conjunto de actividades que se llevan a cabo para desplegar los recursos de un departamento concreto; en el caso que nos ocupa, el área de operaciones.

Es posible distinguir dos enfoques diferentes relacionados con la planificación de la estrategia de operaciones (Fernández et al., 2006):

1. Un enfoque jerárquico, que considera que la función de producción apoya activamente la puesta en práctica de las estrategias competitiva y corporativa, previamente definidas.
2. Un enfoque basado en los recursos productivos, que plantea que la función de producción puede ser el pilar fundamental o factor clave del éxito en el logro de una ventaja competitiva sostenible, siendo esta determinante para la formulación de las estrategias competitiva y corporativa.

Ambos enfoques no son necesariamente excluyentes y representan un grado diferente de madurez en la forma de gestionar estratégicamente las operaciones de una unidad productiva. Incluso una misma empresa podría tener unidades productivas en las que esté adoptando un enfoque jerárquico y otras donde desarrolle un enfoque basado en los recursos productivos. Asimismo, la posición de una determinada unidad productiva no tiene por qué ser estática a lo largo del tiempo y puede ir pasando por diferentes estados.

2.2.1. Enfoque jerárquico

El enfoque jerárquico de planificación estratégica de las operaciones se apoya en la secuencia objetivos→decisiones→recursos:

- a) Se establecen los objetivos para el nivel organizativo considerado.
- b) Se planifican las decisiones para alcanzarlos.
- c) Se presupuestan los recursos necesarios para su puesta en práctica.

Este enfoque considera que la estrategia competitiva define la prioridad competitiva de la empresa. Esta prioridad recoge, en términos cualitativos, una meta clara y apremiante que constituye la razón por la que los clientes compran nuestros productos. La prioridad competitiva se desagrega de forma coherente en objetivos concretos y específicos para cada departamento funcional. De esta forma, al emanar de la jerarquía superior, los objetivos de operaciones deben respaldar la estrategia competitiva (coherencia vertical). En este proceso de desagregación también hay que vigilar la compatibilidad de los objetivos de operaciones con los del resto de funciones (coherencia horizontal), para evitar que cada departamento formule de forma independiente objetivos contradictorios.

El enfoque jerárquico asume el modelo de incompatibilidades —o *trade-offs*— entre los objetivos del área de operaciones. Se apoya en dos premisas básicas:

- a) Cada unidad de producción tiene objetivos múltiples.
- b) Algunos objetivos son incompatibles entre sí.

Un *trade-off* implica conceder a un objetivo un tratamiento preferencial sobre los demás. Se considera que resulta difícil y sumamente costoso tratar de competir ofreciendo logros superiores en todos los objetivos posibles. De acuerdo con esta línea argumental, los centros o departamentos de producción que quieren ser excepcionales en múltiples objetivos acaban siendo peores que los que concentran sus esfuerzos en uno. Por tanto, entre los diversos objetivos de operaciones posibles se debería elegir uno (a lo sumo dos) para poder darle un tratamiento preferencial, es decir, otorgarle prioridad sobre el resto. Esta prioridad produce un efecto sinérgico dentro del departamento, al orientar en la misma dirección las actuaciones de sus centros de responsabilidad. El objetivo prioritario formulado debe mantenerse consistente a lo largo del tiempo, indicando que el logro de ese objetivo es más importante que el logro de otros. En este sentido, Hill (1989) divide los objetivos de operaciones en dos clases: criterios cualificados por el mercado y criterio ganador de pedidos. Los primeros son objetivos esperados por los clientes, por lo que si el departamento de producción no los proporciona en los niveles adecuados, la empresa asume una desventaja competitiva, pudiendo incluso ser desplazada del mercado. Se convierten, por tanto, en restricciones para competir —o condiciones para entrar en el juego—. El criterio ganador de pedidos asume el estatus de prioridad competitiva y representa el motivo por el que los clientes compran un determinado producto, contribuyendo a diferenciarlo de los demás. Cuanto mayor sea el nivel alcanzado en el criterio ganador de pedidos, más clientes tendrá la empresa, siempre que los criterios cualificados por el mercado se encuentren en un nivel aceptable.

Bajo el enfoque de incompatibilidades, una vez formulado el criterio ganador de pedidos (o «tarea de fabricación» en terminología de Skinner), el siguiente paso consiste en tomar las decisiones pertinentes que contribuyan a su logro. La articulación coherente de las decisiones de operaciones bajo este enfoque conduce a una producción focalizada. La focalización de la producción es un modelo estratégico que se caracteriza por (Skinner, 1974):

1. La utilización de un número limitado de tecnologías de proceso diferentes.
2. Centrarse en un conjunto de demandas de mercado bien definidas.
3. Un volumen de producción estable.
4. Un nivel de calidad uniforme.
5. Una única «tarea de fabricación, o dos como máximo.

Este planteamiento surge de la idea de que una unidad productiva no puede hacer todas las cosas bien. La clave no reside ni en el volumen de producción ni

en el número de clientes, sino en la variedad de productos —con distinto ciclo de vida o distintos requisitos— y en la diversidad de necesidades que se satisfacen —mercados de masas versus mercados reducidos—. Además, las tecnologías de proceso seleccionadas deben estar en consonancia con los productos ofrecidos y los clientes que se pretende satisfacer.

Se distinguen dos opciones extremas de focalización de la producción: la focalización por producto y la focalización por proceso (Skinner, 1966; Hayes y Schmenner, 1978).

Focalización por producto. La focalización por producto atiende mercados reducidos (nichos o segmentos), produce en pequeños lotes, utiliza máquinas de uso general, emplea trabajadores cualificados, se apoya en una estructura orgánica, requiere un liderazgo participativo y atiende a criterios de flexibilidad o calidad, quedando el coste relegado a un segundo plano. Este tipo de organización de la producción es la más adecuada en tres tipos de contextos, característicos de mercados de reducida dimensión: la introducción de nuevos productos, la atención de nichos residuales en la fase de declive del ciclo de vida del producto y la comercialización de productos especiales (véase figura 2.1). A su vez, la focalización por producto es coherente con una estrategia competitiva de diferenciación y se concreta en dos tipos diferentes de sistemas productivos: la producción artesanal y la producción en pequeños lotes. Cada unidad productiva focalizada por producto se considera un centro de beneficio.

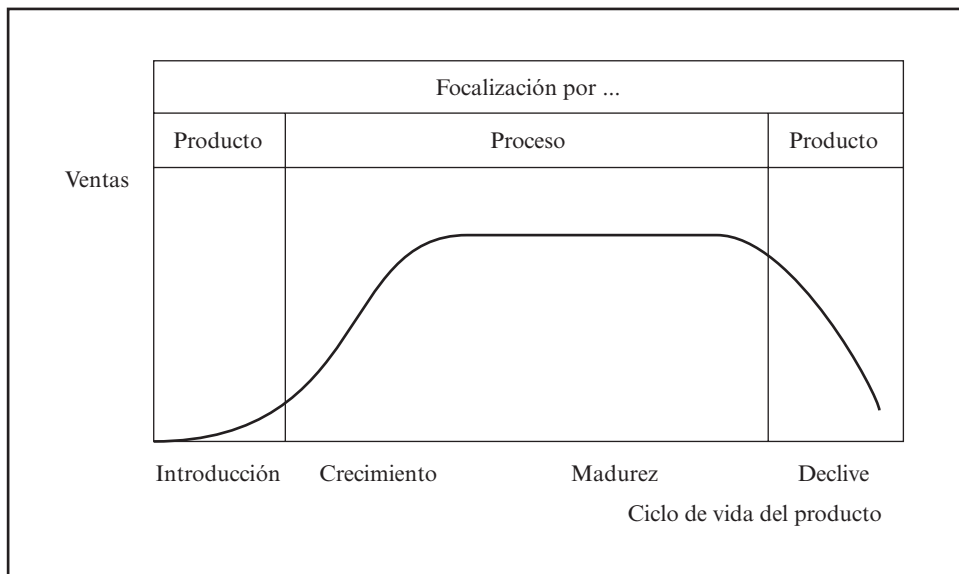


Figura 2.1. Focalización y ciclo de vida del producto.

EJEMPLO 2.2. Paloma Frial: entrar a competir en precio no nos lleva a ninguna parte

Grupo Frial ha conseguido convertirse en una referencia del sector cárnico gracias a la apuesta que decidió hacer por la investigación su presidenta, Paloma Frial. Una apuesta que llevó a esta compañía, fundada en 1953 por Ramón Frial, a trabajar con la Universidad Autónoma de Madrid, con la que ha desarrollado la patente internacional Vidalim, que por primera vez ha logrado incorporar a los productos cárnicos los ácidos omega-3 del pescado azul en combinación con antioxidantes de alta actividad. Un logro que ha permitido a Frial cumplir el objetivo de diferenciarse a través de la investigación y que, en los actuales tiempos de crisis, está siendo una palanca en la que se apoya para conquistar nuevos mercados pese a la crisis.

— ¿Qué receta está aplicando Frial para sortear la actual crisis?

La diferenciación. Si todos ofrecemos lo mismo y competimos en precio y en ver quién vende más barato, entramos en un camino que no nos lleva a ninguna parte. Lo que necesitan las empresas es poder diferenciarse y ofrecer algo distinto, porque eso hace un tejido empresarial mucho más sólido. Nosotros tenemos mucha suerte porque, no por estrategia, sino porque creíamos en ello desde el principio, tenemos algo diferente, y el mercado está buscando desesperadamente diferenciarse.

— ¿Qué efectos ha tenido para Frial esa diferenciación?

Nos está permitiendo abrir nuevos mercados e incorporar referencias en los que ya estamos. Cuando iniciamos hace diez años un trabajo de investigación con la Universidad Autónoma de Madrid no sabíamos si íbamos a llegar a alguna parte, pero hemos tenido la gran suerte de obtener unos resultados que han sido un éxito total, porque la patente lograda, Vidalim, tiene una aplicación muy amplia.

— Obtenida la patente, ¿cuál es el siguiente reto?

Nos queda la segunda parte, que es conseguir el éxito comercial. El gran reto es darlo a conocer al consumidor y que lo encuentre con facilidad. Y lo estamos consiguiendo, porque pese a la dificultad que supone en estos momentos que te abran una nueva línea de producto, lo estamos logrando. Ya hay cadenas en España en las que antes no estábamos y ahora sí, y cadenas internacionales que están muy interesadas.

— ¿A qué mercados internacionales pretende llegar Frial?

Además de Europa, ¿por qué no pensar en los países hispanos o en Asia? Lo que no puedes hacer es abrirte a mercados exteriores con productos que encuentras en esos mercados. Por eso la I+D es tan importante y para nosotros es nuestro ADN. Teniendo en cuenta que somos una pyme, el esfuerzo que hemos hecho en investigación ha sido increíble, casi fuera de la lógica. A veces la I+D ha supuesto el 10 por ciento de nuestra facturación, y ahora se lleva el 5 por ciento. Pero eso es lo que nos ha dado una gran ventaja competitiva.

- Sin olvidarse de los precios y de la marca blanca...

Cuando comparamos un producto de calidad, apto para los que no pueden consumir ni gluten ni lactosa, con otro diferente y estamos hablando de 100 gramos, el precio no es una razón disuasoria. Aun así, nuestros precios están muy ajustados. En cuanto a la marca blanca... Hoy todo afecta a todo. Pero lo cierto es que hay diferentes nichos de mercado. Nuestro trabajo va dirigido al segmento de ese consumidor consciente de la importancia que tiene la alimentación en la salud. Y este es un nicho que cada vez es mayor, porque cada vez más gente se da cuenta de que comprar un buen producto no supone a final de mes gran diferencia. En cambio, en tu salud y en tu bienestar es muy importante. Yo siempre digo: que tu alimento sea tu medicamento.

- Después de 60 años existiendo, ¿cuál es el balance que hace la presidenta de Frial del grupo que fundó su padre?

Han sido 60 años de muchísimo trabajo, ilusión y esfuerzo, en los que hemos intentando ganarnos día a día la confianza de los consumidores, buscando la mejora permanente, la diferenciación y cómo se puede hacer más fácil alimentarse bien.

- ¿Con qué valores ha levantado Paloma Frial la empresa que le dejó su padre?

Con responsabilidad y trabajo bien hecho. Mi padre siempre me decía: «no compres dos veces». Si compras bien, lo que aparentemente es más caro resulta más barato. Cuando empecé no pretendía hacer de la empresa otra más grande, pero sí que cuando se hablara de la mejor empresa por calidad, diferenciación e investigación se hablase de Frial. Mi sueño era la investigación y lo hemos hecho.

FUENTE: Muñoz, G. B. (2013): «Paloma Frial: Entrar a competir en precio no nos lleva a ninguna parte», *El Economista*, 26 de septiembre, disponible en: <http://www.eleconomista.es/distribucion/noticias/5173767/09/13/Paloma-Frial-Entrar-a-competir-en-precio-no-nos-lleva-a-ninguna-parte.html>.

Focalización por proceso. La focalización por proceso satisface las necesidades del mercado de masas, produce en grandes lotes, utiliza máquinas de uso específico, emplea trabajadores poco cualificados, se apoya en una estructura burocrática, requiere un liderazgo controlador y la reducción de costes es su objetivo principal. La focalización por proceso es la producción idónea para satisfacer las necesidades del mercado de masas, mediante la fabricación en grandes lotes de una limitada variedad de productos. Las economías de escala son la base de la competencia y se requiere, por tanto, una alta participación en un mercado grande, estable y homogéneo. La focalización por proceso es la más adecuada para productos que se encuentran en la fase de crecimiento y madurez de su ciclo de vida, ya que permite el logro de un gran volumen de producción a costes bajos (figura 2.1). La focalización por proceso se concreta, fundamen-

talmente, en la producción en masa o en serie, si bien la producción continua se adecúa también a este planteamiento estratégico. Los centros focalizados por proceso tienden a ser centros de costes.

Puesta en práctica. La idea de focalización de la producción fue originalmente apuntada por Skinner (1966), al considerar que la fabricación de unidades especiales (series cortas o fabricación bajo pedido) y la producción en masa requieren unidades productivas con características distintas. Su puesta en práctica presenta dos alternativas (Skinner, 1974):

- a) «Fábrica dentro de fábrica», que consiste en mantener en un mismo edificio las distintas unidades productivas, aunque separadas entre sí por alguna barrera física.
- b) Convertir la fábrica compleja en varias fábricas más simples, localizadas en diferentes lugares.

Se trata de mantener la «pureza en la tecnología productiva» y muchas veces también en el tipo de producto, como una importante ventaja competitiva. Consiste, por ejemplo, en separar entre sí las diferentes líneas de productos, las actividades de montaje y las de fabricación, las operaciones más técnicas de las no especializadas, los volúmenes grandes de los pequeños y los trabajos con incentivos de los que se realizan sin ellos. Con independencia de la alternativa elegida, cada unidad productiva focalizada debe contar con sus propias oficinas y con equipos de dirección independientes. Así pues, ambos tipos de focalización deberían estar lo más separados posible, si no físicamente, sí al menos con relación a los recursos utilizados.

2.2.2. Enfoque basado en los recursos productivos

El enfoque basado en los recursos productivos se apoya en la secuencia recursos→objetivos→decisiones:

- a) Se analizan los recursos disponibles.
- b) Se establecen los objetivos para el nivel organizativo considerado.
- c) Se planifican las decisiones para alcanzarlos.

En realidad, se aplican al área de operaciones las consideraciones que acerca del enfoque de recursos y capacidades se recogen en la literatura estratégica (Barney, 1991; Grant, 1991).

El término «recursos» es utilizado para referirse al stock de activos tangibles e intangibles de la empresa, incluyendo las habilidades de los trabajadores y las capacidades (o competencias) que representan la habilidad colectiva de la orga-

nización para llevar a cabo un tipo específico de actividad. Así pues, los recursos son los activos y las capacidades de una empresa. En una primera aproximación, los activos pueden ser clasificados en dos amplias categorías: activos tangibles y activos intangibles. Los primeros tienen un soporte físico e identificable y están recogidos en el balance de situación de una empresa. Los activos intangibles no tienen un soporte físico, y difícilmente se pueden identificar y cuantificar, ya que se apoyan en el conocimiento. Estos activos permanecen invisibles, al no estar recogidos en los estados financieros de las empresas. En algunos casos, y de forma temporal, ya que deben ser amortizados, se incluyen en el fondo de comercio y en los gastos de investigación y desarrollo. Entre los activos intangibles destacan las patentes, los secretos industriales, la marca, la reputación, el capital humano o el conocimiento, entre otros.

Los activos por sí mismos no producen valor para los clientes. Deben interactuar coherentemente para crear una capacidad organizativa. La capacidad es un conjunto de activos trabajando juntos de forma coordinada y representa aquello en lo que una empresa es experta, lo que puede hacer bien. Se trata de una habilidad lograda para desplegar los activos en la ejecución de una actividad. En este sentido, la capacidad es también un recurso, si bien más complejo que cualquiera del resto de activos individuales, aunque solo sea porque combina varios de ellos. Un componente esencial de toda capacidad es el conocimiento, en gran parte de naturaleza tácita.

El enfoque jerárquico omite la capacidad del área de operaciones para proporcionar una ventaja competitiva sostenible como factor determinante de la misma. Por el contrario, el enfoque basado en los recursos productivos considera que los recursos de producción pueden constituir la esencia de la estrategia competitiva que proporciona una ventaja competitiva sostenible. Así pues, en muchas empresas los recursos que soportan la ventaja competitiva tienen su origen en las operaciones.

EJEMPLO 2.3. Ferrari, a punto de cambiar su modelo de negocio

Mucho se ha escrito últimamente sobre el cambio de dirección que se ha producido en Ferrari. Los medios han publicado muchas noticias sobre el cese del que era presidente de la firma, Luca Cordero di Montezemolo, justificando esta decisión en los malos resultados en Fórmula 1.

Indudablemente, estos malos resultados han influido en la decisión de cesar al que fue presidente del fabricante de coches de lujo durante 23 años. Sin embargo, hay un factor mucho más importante y que explica claramente el porqué del cambio: las diferencias de criterio en cuanto a la estrategia de producción y ventas de Ferrari, así como en la posición de Ferrari dentro del grupo Fiat.

La estrategia de Montezemolo era la de producir menos coches (7.000 como máximo al año) y subir los precios para mantener la exclusividad de Ferrari. Además, quería mantener la compañía como una unidad independiente de Fiat, no como una filial. Esto chocaba de frente con los objetivos del CEO de Fiat, Sergio Marchionne, que pretendía aumentar las ventas para aprovechar la buena acogida de sus últimos modelos e impulsar así la cuenta de resultados. Además, quiere integrarla en la estructura de Fiat para aprovechar al máximo las sinergias.

Poco ha tardado el nuevo *boss* en anunciar los primeros cambios. Antes incluso de acceder oficialmente al cargo ya ha anunciado que incrementará gradualmente la producción de algunos de los modelos de Ferrari de más éxito, como el F12 Berlinetta. El objetivo es llegar a los 10.000 vehículos anuales. En su opinión, la población de superricos aumenta, y deben por tanto crecer para evitar las largas esperas de sus clientes, que pueden llegar a hartarse de esperar. De momento, y a la espera de ejecutar los nuevos planes, Ferrari ha anunciado que las entregas aumentarán un 5% este año para reducir el tiempo de espera de sus clientes.

Las opiniones de los inversores están divididas, ya que mientras algunos expertos creen que Ferrari tiene potencial para vender más coches, otros estiman que esto puede aumentar al riesgo de perder su halo de exclusividad, lo que ha provocado verdaderas crisis en otros competidores en el pasado.

FUENTE: *The Luxonomist* (2014): «Ferrari, a punto de cambiar su modelo de negocio», 17 de septiembre, disponible en: <http://www.theluxonomist.es/2014/09/17/ferrari-a-punto-de-cambiar-su-modelo-de-negocio/leeson>.

El enfoque de recursos considera que se pueden lograr varios de los objetivos de operaciones sin necesidad de identificar una única «tarea de fabricación». Siguiendo esta línea argumental, el modelo de consecución de objetivos del «cono de arena», desarrollado por Ferdows y De Meyer (1990), plantea que la fábrica debe centrarse en un único objetivo en cada momento del tiempo, existiendo una secuencia lógica acerca de los sucesivos objetivos de operaciones en los que es necesario hacer hincapié, con el fin de obtener mejoras substanciales en todos ellos. En concreto, el énfasis inicial debe ponerse en obtener la calidad y, una vez logrado un nivel satisfactorio, se comienza a mejorar el plazo de entrega. Ahora bien, al tiempo que se reduce el plazo se continúa mejorando la calidad. Una vez alcanzado el nivel satisfactorio en el plazo de entrega se aborda la mejora de la flexibilidad, mientras se perfeccionan los dos objetivos previos. Por último, una vez obtenido el nivel de flexibilidad satisfactorio se comienza a hacer hincapié en el coste. El modelo considera que la caída de arena ensancha la base a medida que se eleva la altura (véase figura 2.2). El ensanchamiento de la base está relacionado con la mejora continua, ya que se trata de ir mejorando el nivel satisfactorio de los objetivos alcanzados a medida que

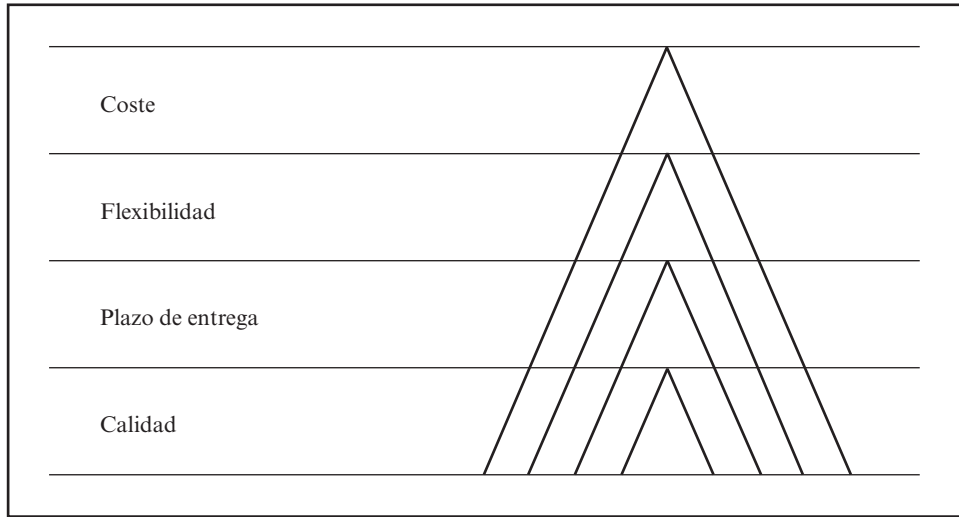


Figura 2.2. Modelo del «cono de arena» (Ferdows y De Meyer, 1990).

se intenta lograr el siguiente objetivo previsto. Dado que los objetivos tienen carácter acumulativo, y se apoyan en los conseguidos previamente, no presentan incompatibilidades manifiestas en su puesta en práctica. El logro de los objetivos siguiendo esta secuencia se convierte en una formidable ventaja competitiva, que surge de prácticas de gestión coherentes y eficaces a lo largo del tiempo, por lo que no puede ser replicada fácilmente por los competidores, lo que le confiere un carácter estable y duradero.

Existen dos planteamientos estratégicos respecto a la función de producción, ambos apoyados en el enfoque de los recursos productivos, que permiten planificar las decisiones de operaciones para alcanzar de forma acumulativa los objetivos:

- a) La producción *lean*.
- b) La producción ágil.

***Producción lean*¹**

A partir de las experiencias japonesa y alemana, Hayes y Wheelwright (1984) consideraron que era posible alcanzar una ventaja competitiva sostenible tomando una serie de decisiones relacionadas con la función de producción, tales como: desarrollar habilidades y capacidades en los trabajadores, construir com-

¹ A continuación se identifican algunas de las principales características de la producción *lean*, que serán analizadas en detalle en el segundo volumen de esta obra.

petencias técnicas en los gerentes, competir a través de la calidad, desarrollar una participación real de los trabajadores, reconstruir la ingeniería de fabricación y llevar a cabo mejoras incrementales. Y denominaron a los fabricantes que aplicaban estas prácticas (o decisiones) fabricantes de clase mundial (*World-class manufacturers*). Más tarde, Schonberger (1986) retomó este término, si bien las prácticas en las que hacía hincapié eran una réplica del sistema de producción de Toyota (*Toyota Production System, TPS*).

La producción *lean* tiene precisamente su origen en el sistema de producción de Toyota (tradicionalmente difundido como producción ajustada o justo a tiempo), que comienza a implantarse en los años cincuenta en Toyota en Japón y surge de la necesidad de fabricar diferentes modelos de automóviles, en pequeñas cantidades y con el mismo proceso de producción (Ohno, 1988). El objetivo es eliminar el desperdicio (Suzaki, 1987), es decir, todo lo que no sea la cantidad mínima de equipo, materiales, piezas, espacio y tiempo del trabajador que resulten absolutamente esenciales para añadir valor al producto.

La producción *lean* se caracteriza por satisfacer la demanda del mercado de masas, si bien, en lugar de fabricar grandes lotes de una gama reducida de modelos, fabrica pequeños lotes de una gran variedad de productos. La producción en pequeños lotes se consigue acortando los tiempos de preparación de las máquinas, actividad en la que se está permanentemente innovando. Shingo (1985), consultor industrial en mejora de la productividad, trabajó estrechamente con Ohno para acortar los tiempos de preparación de las máquinas mediante la adopción del sistema de «Cambios de útiles en tiempos de un solo dígito» (*Single Minute Exchange of Die, SMED*).

La producción *lean* es un sistema basado en la demanda. En cada operación se produce tan solo lo necesario para satisfacer los pedidos de los clientes (sistema *pull*), lo cual contrasta con el sistema tradicional en grandes lotes, que siguiendo un programa de producción fijo se adelanta a la demanda del mercado (sistema *push*). Asimismo, la producción *lean* suprime el «colchón» de seguridad que suponen las existencias, ya que considera que ocultan problemas tales como el elevado tiempo de preparación de las máquinas, la mala calidad de los productos, la alta tasa de averías de las máquinas o el absentismo del personal, entre otros. Si reducimos el nivel de existencias, estos problemas serán visibles; de esta forma la dirección será consciente de su existencia y tendrá la obligación de resolverlos. Para que haya mejora, los problemas deben eliminarse, y para eliminarlos los problemas deben estar visibles, no ocultos.

La producción *lean* organiza la planta productiva en células de trabajo, que despliegan un flujo secuencial en forma de U de las tareas a realizar, con máquinas de uso general y trabajadores polivalentes organizados en equipos autodirigidos. Ahora bien, aunque las piezas mecanizadas en la célula en forma de U deben entrar por un brazo y salir por el otro, las tareas que realiza el operario no tienen por qué ser secuenciales, sino que realizan actividades que están a su frente y a su espalda, para reducir el tiempo de desplazamiento entre actividades.

En Toyota también se inició la política de que cualquier empleado pudiera detener el proceso cuando surgiera un problema que era incapaz de resolver. Toyota se adhirió asimismo a las ideas de W. Edwards Deming, integrando de este modo los planteamientos de la gestión de la calidad total (*Total Quality Management, TQM*). Ello provocó la delegación de amplias responsabilidades en los equipos (células) de trabajo. La participación de los trabajadores se acaba concretando en los círculos de control de calidad, un pilar fundamental de la mejora continua. La producción *lean* solo puede funcionar eficazmente si se obtienen productos de elevada calidad. Para ello, el control de calidad recae en los operarios, que también se ocupan de las tareas elementales de mantenimiento de las máquinas, así como de la limpieza y el orden en el lugar de trabajo.

Por otro lado, la producción *lean* se basa en la ingeniería concurrente para el proceso de desarrollo de nuevos productos, la cual se apoya en dos pilares básicos:

1. Desarrollo paralelo de diferentes actividades que hasta ahora se desarrollaban secuencialmente.
2. La implicación desde el inicio de todas las funciones que contribuyen al desarrollo de la innovación.

El desarrollo concurrente de las actividades no reduce la duración de cada actividad, pero sí disminuye el tiempo de desarrollo global. Asimismo, la implicación temprana de todos los departamentos supone que expresen sus opiniones y proporcionen información desde el principio, facilitando el aprendizaje individual y de equipo.

La producción *lean* implica un vínculo muy estrecho con los proveedores, generando un tipo de subcontratación cooperativa, a largo plazo, que presenta las siguientes características:

- a) Las compras a proveedores suponen una parte muy relevante del coste industrial.
- b) El número de proveedores directos es muy reducido, utilizando un proveedor por cada pieza o componente e incrementando la complejidad de los componentes adquiridos.
- c) La selección de los proveedores se realiza desde la perspectiva de la calidad más que del precio.
- d) Las empresas comparten con sus proveedores información técnica y les asesoran en la organización de la producción y en el control de la calidad de los productos.
- e) Los componentes llegan a la fábrica del cliente a intervalos de tiempo reducidos desde las plantas de suministro, funcionando así el sistema con stocks muy reducidos.

Producción ágil

La producción ágil fue concebida en 1991 por un grupo de investigadores del *Iacocca Institute* de la Universidad de Lehigh (Estados Unidos), para denominar un modelo de producción flexible capaz de adaptarse rápidamente a los cambios del entorno y de introducir una amplia variedad de productos en el mercado, con objeto de satisfacer las necesidades de unos clientes cada vez más exigentes (Yusuf et al., 1999).

EJEMPLO 2.4. Ejemplos de cómo las empresas usan la metodología ágil

Apple

Steve Jobs habló en más de una ocasión de cómo se gestionaban los equipos en Apple para conseguir que todo fluyera. En una entrevista que hizo en 2010 cuenta cómo Apple se organiza como una *startup* y mediante una metodología ágil (puede verse la entrevista en: <https://www.youtube.com/watch?v=f60dhe14ARg>). Según explicaba Jobs, Apple es una empresa «increíblemente colaborativa». En ella no hay ningún comité, lo que encuentras son personas al cargo de proyectos: una está al cargo del sistema operativo del iPhone, otra está al cargo del *hardware* del Mac, otra está al cargo de la ingeniería del *hardware* del iPhone, otra está al cargo del marketing mundial, otra está al cargo de operaciones... Apple se organiza como una *startup*, la mayor *startup* del mundo. Todos se reúnen durante 3 horas una vez a la semana y hablan de qué y cómo lo están haciendo. Cada responsable sabe lo que hacen los demás, para tenerlo en cuenta en su propio trabajo, por lo que hay mucho trabajo en equipo entre los responsables, y ese trabajo se filtra luego hacia abajo, para pasar los objetivos hacia el resto de los equipos de trabajo de la compañía. Tal y como cuenta Jobs, para que esto funcione todo depende de que seas capaz de tener confianza en los demás responsables y trabajadores, confianza en que van a poder hacer su parte del trabajo a tiempo y bien, sin tener que estar vigilándolos todo el tiempo. Jobs destacaba que son realmente buenos en tratar de averiguar cómo dividir las cosas en equipos, para que haya distintos focos y objetivos dentro del conjunto del producto. Al final todos trabajan en el mismo producto, pero cada uno se ocupa de una parte, sin perder la visión general, gracias a la colaboración y comunicación. En cuanto al trabajo de Jobs, él en particular se pasa el día reuniéndose con los distintos equipos y trabajando con ellos en ideas y soluciones a problemas.

Cuando el entrevistador le pregunta: ¿y la gente está dispuesta a decirle que está equivocado?, Jobs contesta, «sí, tenemos maravillosas discusiones», a lo que el entrevistador le replica: «¿y las gana usted todas?» Jobs responde: «Oh, no, ¡ojalá lo hiciera! No puedes hacer eso. Si quieres contratar a grandes talentos y quieres que se queden contigo, debes dejarles tomar muchas decisiones y tú debes dejarte guiar por las ideas, no por la jerarquía. De otra manera la gente no se quedaría».

Facebook

En Facebook tienen una rutina. Cuando se establece un nuevo proyecto, se reúne a un equipo de personas que lo llevarán a cabo, unas 6 o 7, dependiendo de la magnitud del proyecto. Estas personas son elegidas según las habilidades necesarias para hacer el proyecto, así que en muchas ocasiones proceden de departamentos diferentes, con distintos *backgrounds*, etc. En vez de coordinar el proyecto por mails, chats o hacer una reunión a la semana para establecer quién hace qué y que cada uno se vaya a hacerlo a su puesto de trabajo, lo que se hace es juntar a todo el equipo en una sala, aparte del resto de la oficina, y trabajan allí hasta que se ha finalizado el proyecto. También pueden reunirse una o dos veces a la semana para dedicar todo el día al proyecto. En esa sala cuentan con todo el material necesario y trabajan cada uno en la parte del proyecto en la que son expertos. El hecho de estar todos juntos les permite hablar y comunicarse directamente, estar al tanto de los cambios que se van produciendo en tiempo real y tener siempre presente el trabajo de los demás, que al final no deja de ser el trabajo del resto de la cadena de creación del proyecto.

FUENTE: Mañé, S. (2016): «Ejemplos de cómo las empresas usan la metodología ágil», 3 de mayo, disponible en: <http://comunidad.iebschool.com/iebs/software-de-gestion/metodologia-agil>.

La producción ágil no solo se basa en la consecución simultánea de los objetivos de flexibilidad y capacidad de respuesta (entregas), sino que prioriza además el coste, la calidad y los servicios demandados por los consumidores (Gunasekaran y Yusuf, 2002). Así pues, la producción ágil es una producción flexible, capaz de generar productos de alta calidad a un coste reducido, con un servicio superior y óptimas condiciones de entrega. Asimismo, implica lograr productos más personalizados en el momento y lugar que el consumidor los demande, a un precio razonable.

Ahora bien, la producción ágil no conlleva el desarrollo de un proceso productivo totalmente nuevo, sino que requiere el empleo de los instrumentos, prácticas y herramientas empleados en los modelos de producción precedentes, aunque utilizados de forma diferente e integrada, y concediendo un importante protagonismo a la automatización. De hecho, la producción ágil tiene como elemento central la automatización, lo que proporciona dos posibilidades nuevas a la gestión de las operaciones. En primer lugar, la utilización de programas (*software*) variables y de acceso directo permite lograr la optimización continua del proceso. La automatización se apoya en el principio de retroalimentación y permite modificar el *output* del proceso sin tener que cambiar los *inputs*. Basta con cambiar las instrucciones programadas que guían las distintas máquinas para producir una variedad de piezas o componentes de distintas formas y tamaños, dentro de una amplia gama predeterminada por el programa en uso. En segundo

lugar, el campo de acción de la automatización no se limita únicamente a la actividad de transformación propiamente dicha, sino que va más allá, ampliando su contenido a la totalidad de las funciones relacionadas con la producción (diseño de producto y procesos, transporte y manejo de materiales, control de inventarios, control de calidad y mantenimiento de equipos e instalaciones, entre otras), permitiendo la gestión integral de cada unidad productiva y sus sistemas adyacentes, lo que contribuye a transformar el funcionamiento de la empresa.

La fabricación integrada por ordenador (*Computer Integrated Manufacturing, CIM*) es el resultado extremo de la automatización. La CIM se basa en tres características fundamentales (Groover y Wiginton, 1986):

- a) Integración de todas las funciones organizativas relacionadas con la fabricación: entrada de pedidos, diseño, planificación, control de existencias, procesamiento, control de calidad y comercialización.
- b) Utilización de una base de datos centralizada o un conjunto de bases de datos distribuidas para todas las funciones (de hecho, la CIM es, en cierto sentido, fabricación basada en datos).
- c) Conexión de las distintas funciones a través de una red de comunicaciones.

La acuñación de este acrónimo (CIM) se atribuye a Harrington (1973), que hizo notar que la nueva estructura de control y comunicaciones definida de este modo resultaba mayor que la suma de sus partes y, por tanto, merecía un nombre.

El desarrollo de la CIM se percibe como la base de una nueva revolución industrial, ya que permite la personalización masiva (*Mass customization*), contemplando la posibilidad de que el consumidor determine alguna característica del producto que va a adquirir (Pine, 1993). Es decir, la personalización masiva permite alterar el diseño básico, producir y suministrar rápidamente bienes o servicios que se adaptan a las necesidades específicas de los consumidores a costes competitivos cercanos a los de la producción en masa (Tu et al., 2001).

Además de la automatización, la producción ágil se apoya en, al menos, otros cinco pilares: desarrollo de las capacidades nucleares, organización virtual, diseño modular, estructura orgánica y generación de conocimiento.

La fábrica ágil ha de desarrollar internamente las capacidades nucleares, que le proporcionan una ventaja competitiva sostenible. Por tanto, y como norma general, se evita la subcontratación de los componentes estratégicos, que deben ser diseñados y fabricados internamente, con objeto de mantener en propiedad los conocimientos que los sustentan (Leonard-Barton, 1992).

La fábrica ágil debe poseer la habilidad de involucrarse de forma rápida y eficiente en distintos tipos de acuerdos de cooperación e incluso formar parte de una red de empresas. Una forma eficaz de llevar a cabo los acuerdos de cooperación es utilizando las tecnologías de la información y las comunicaciones para facilitar la coordinación entre la empresa, sus proveedores y sus clientes, dando lugar a lo que se conoce como organización virtual.

El diseño modular del producto es la mejor forma de conseguir flexibilidad y rapidez, aliviando la presión que se genera cuando los consumidores demandan simultáneamente una elevada variedad de productos a costes bajos y reducidos tiempos de entrega. La esencia del concepto modular reside en diseñar, desarrollar y producir componentes que puedan combinarse en un número máximo de configuraciones de producto.

La estructura orgánica es un diseño organizativo que enfoca las tareas de manera integradora, minimiza el número de niveles jerárquicos, haciendo más plana la pirámide organizativa, descentraliza la toma de decisiones, potencia la participación, fomenta las comunicaciones interpersonales tanto verticales como horizontales, comparte abiertamente información relevante y, en la medida de lo posible, elimina la formalización de las tareas (Burns y Stalker, 1961). Bajo esta estructura, los trabajadores no solo utilizan sus habilidades y conocimientos para mejorar las tareas, sino que adquieren un mayor compromiso con la puesta en práctica de las mejoras. Dentro de esta estructura adquieren especial importancia los equipos de trabajo autónomos y el liderazgo participativo.

La fábrica ágil está dirigida por el conocimiento y la información poseída y transmitida por y entre la fuerza de trabajo, con ayuda de las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. Este tipo de fábricas llega a ser considerada una fábrica de conocimiento (o laboratorio de aprendizaje), es decir, un sistema orgánico de aprendizaje dedicado a la creación, recopilación y control de conocimientos (Leonard-Barton, 1992). La fábrica ágil integra los departamentos funcionales de diseño, ingeniería, producción, comercialización y servicio posventa, ya que se considera que su interdependencia favorece la innovación y el aprendizaje.

Como se ha indicado, las fábricas ágiles se basan en gran medida en la automatización de la producción y de las actividades relacionadas, y son el exponente de lo que en los años 90 se consideraban «fábricas del futuro». En este sentido, la automatización ha sido considerada la «tercera revolución industrial». No obstante, en la actualidad se denomina «industria 4.0» o «cuarta revolución industrial» al resultado de la introducción de las tecnologías digitales en la industria, tecnologías que permiten vincular los mundos físico y digital. La industria 4.0 podría considerarse la evolución de las fábricas ágiles o fábricas inteligentes hacia fábricas digitalizadas o conectadas, las cuales se caracterizan no solo por el uso intensivo de la robótica (y otras técnicas de automatización) sino también de la simulación, fabricación aditiva e impresión 3D, realidad virtual y aumentada, *big data*, ciberseguridad, internet de las cosas y tecnologías en la nube, entre otras tecnologías facilitadoras.

En realidad, la industria 4.0 supone un cambio importante en la organización y gestión de la cadena de valor de cada actividad industrial. Los medios productivos interactúan no solo en el entorno de la fábrica, sino en toda la cadena de valor a la que pertenecen: proveedores, clientes, logística, venta..., y parece tener un gran potencial para proporcionar ventajas competitivas a las empresas.

EJEMPLO 2.5. Las fábricas del futuro ya están en España

Son sigilosos, de apariencia humanoide y se mueven con precisión milimétrica. Agarran componentes y atornillan piezas siguiendo las órdenes que los operarios les dictan mediante una pantalla táctil que llevan conectada como si se tratase de un cordón umbilical. En la fábrica de Continental de Rubí (Barcelona), dedicada a la producción de cuadros de mando para automóviles, conviven más de 650 trabajadores y unos peculiares inquilinos con el potencial de cambiar la industria: los llamados robots colaborativos, o cobots. Ingenios con forma de brazo articulado cuya introducción en las factorías caracteriza, entre otros elementos, el paso a la industria 4.0. Junto a la sensorización, el uso del *big data* o el Internet de las cosas, la interacción de robots y humanos en las fábricas y el cambio hacia modelos que permitan modificaciones casi instantáneas en los procesos productivos definen esta nueva ola.

Continental es un buen ejemplo de la transición que se está llevando a cabo en la industria española. Se trata de una compañía alemana del sector del automóvil, de largo el más robotizado y el primero en apostar por avanzar hacia la industria 4.0. España fue en 2015 el segundo país de Europa en número de coches fabricados, el mismo año en que marcó un récord histórico en compra de robots: 3.766 nuevas unidades, según la Federación Internacional de Robótica (IFR), un 63% más que en 2014. Es una renovación sin precedentes en un país que en total tiene unos 30.000 robots operativos. «La mayoría todavía pertenece a la generación anterior», sostiene Ramón Barber, profesor e investigador del Laboratorio de Robótica de la Universidad Carlos III de Madrid, «pero las empresas del mundo del automóvil evolucionan con rapidez».

Los robots antiguos de la fábrica de Rubí, instalados su mayoría entre los años ochenta y noventa, conviven con los colaborativos, que aterrizaron en 2016. Lo cuenta Edgar Boch, jefe de operaciones de Continental en España. «Actualmente tenemos siete y vamos a ampliar a 12», explica. A su espalda las nuevas máquinas siguen trabajando en silencio. Sus acciones son cadenciosas y fluidas. La comparación entre los recién llegados y los que ya estaban es inevitable. Los antiguos, enjaulados y de movimientos espasmódicos, no invitan al contacto humano. Modificar sus funciones cuesta además grandes cantidades de tiempo y dinero. Aun así, siguen siendo necesarios para ciertas tareas. Los cobots, en cambio, son más livianos y manejables. Uno de los ingenieros de la fábrica hace una demostración. En menos de 20 segundos programa el brazo robótico para que vaya de un punto exacto a otro y accione su pinza prensil. «En un futuro próximo, el trabajador que hacía una tarea repetitiva programará un cobot para que la haga por él», explica Jordi Pelegrí, director de Universal Robots para España y Portugal, multinacional danesa que opera en más de 50 países. Esta simple acción no solo libera al operario de las tareas de menor valor añadido, sino que le permite variar la producción a su antojo en tiempos impensables con la anterior generación de robots, que por su diseño y magnitud dificultaban tanto el acceso a ellos como

su reprogramación. Los cobots cuentan con sensores de movimiento que detienen su actividad en cuanto un operario entra a la línea para hacer una modificación. Facilidades que desembocan en una producción prácticamente a la carta, una virtud necesaria para afrontar las nuevas exigencias del mercado. «Antes, las necesidades de los clientes estaban muy definidas y se hacían unidades estándares para toda la demanda. El problema es que ahora cada cliente quiere una personalización», argumenta. Una tendencia que no solo afecta a los automóviles y que hace que la innovación llegue a otras industrias que también buscan flexibilidad en sus líneas, como el textil o los alimentos.

Pelegri plantea un escenario en el que estos cambios se sucederán a una velocidad fulgurante, y en el que la colaboración entre robots y humanos será una etapa de una magnitud comparable a hitos industriales históricos, como la producción en cadena de Henry Ford. «Cada vez más las plantas tienen que ser autónomas. Los propios operarios conocerán el funcionamiento de estos equipos. Conlleva un cambio muy interesante», afirma. Y un potencial de negocio «milmillonario», según un informe del *Business Innovation Observatory* de la Comisión Europea, que incluye la robótica colaborativa como una de las tres disrupciones analizadas en su informe de 2015.

Países con tejidos industriales más desarrollados que el español están ya metidos de lleno en este cambio: «España no está mal situada, pero Alemania, Japón, China o Estados Unidos están cogiendo ventaja», asegura el profesor Ramón Barber. China es el país con más robots industriales del mundo, casi 70.000 nuevos en 2015 y con un incremento anual vertiginoso, pero en términos relativos aún está lejos de otras naciones: su industria automovilística tiene 392 robots por cada 10.000 empleados, muy lejos todavía de otros países como Alemania (1.147), Estados Unidos (1.218), Corea del Sur (1.218) o Japón (1.276). A España, con 883 robots por cada 10.000 empleados, solo la superan en Europa Alemania, Francia (940) y Eslovaquia (920), un caso de crecimiento excepcional en los últimos años.

FUENTE: Ripa, J. y Pedraza, J. (2016): «Las fábricas del futuro ya están en España», *El País*, 13 de diciembre, disponible en: http://elpais.com/elpais/2016/12/12/talento_digital/1481546583_876206.html.

2.2.3. Estados de la función de operaciones

A continuación se analiza el modelo de Wheelwright y Hayes (1985) acerca de los diferentes estados de la función de operaciones. En realidad, los autores identifican cuatro etapas del desarrollo de la estrategia de operaciones, integrando cuestiones relativas tanto a su proceso de formulación, en relación con la estrategia competitiva, como al contenido de la misma. Las cuatro etapas identificadas son las siguientes:

1. Internamente neutral.
2. Externamente neutral.
3. Apoyo interno.
4. Apoyo externo.

Cada unidad productiva en una empresa, de forma individual, puede encontrarse en cualquiera de los cuatro niveles descritos y, además, puede cambiar de nivel. En la primera y segunda etapas no se lleva a cabo una planificación de la estrategia de operaciones, la tercera etapa se identifica con el enfoque jerárquico, mientras que la cuarta etapa se identifica con el enfoque basado en los recursos productivos (Fernández et al., 2006).

Nivel 1: Internamente neutral. La dirección considera que la función de producción es neutral, es decir, sin influencia en la competitividad de la empresa, aunque persigue que el sistema sea flexible y con capacidad de reacción ante decisiones desacertadas. La producción debe estar bajo control para ejecutar la estrategia y satisfacer objetivos a corto plazo.

La alta dirección visualiza las posibilidades de producción a través del prisma del presupuesto de capital, por lo que únicamente se consideran unas pocas decisiones estructurales, relacionadas con la capacidad, instalaciones, tecnología e integración vertical. No se concede ninguna importancia a problemas de infraestructura, como la política de mano de obra y el proceso de mejoras. Tampoco se tiene en cuenta un sistema de aprendizaje que amplíe las potencialidades tecnológicas de las unidades productivas.

Se usan tecnologías de proceso estándar, que se compran a proveedores externos. En ningún caso la empresa desarrolla y fabrica sus propias máquinas. El objetivo es evitar que la función de producción genere problemas que puedan perjudicar la situación de la empresa en el mercado.

Nivel 2: Externamente neutral. La dirección considera que la función de producción debe ser tan eficaz como la de cualquier competidor de la industria. En consecuencia, la alta dirección sigue las prácticas del sector en cuestiones laborales, en la adquisición de equipos y en las modificaciones de la capacidad.

La inversión en maquinaria es el medio más eficaz para conseguir una ventaja competitiva, y normalmente tiene un marcado carácter defensivo con el objetivo de reducir costes. Se lleva a cabo cuando las deficiencias en fabricación son evidentes. Existen, en la medida de lo posible, cambios significativos: de hecho, las inversiones en maquinaria suelen ir ligadas a la fabricación de nuevos productos. Aunque el director de operaciones acude a fuentes externas al departamento de producción para obtener mejoras del proceso, a menudo hace uso del propio departamento de investigación y desarrollo.

Nivel 3: Apoyo interno. La dirección considera que la función de producción no participa en la formulación de la estrategia competitiva, pero apoya activamente su puesta en práctica. En este sentido, el director de operaciones debe traducir la estrategia competitiva a términos significativos para el personal, formular los objetivos y decisiones para la unidad productiva y controlar que sean coherentes con la estrategia competitiva y con el resto de estrategias funcionales.

El avance tecnológico se considera una respuesta a los cambios del entorno, pero la empresa actúa como si este tomara su mejor modo de expresión en la realización de una o dos jugadas audaces; por ejemplo, la implantación de alguna técnica de automatización.

Nivel 4: Apoyo externo. La dirección es consciente de las posibilidades de los nuevos métodos y técnicas de operaciones. Además, otorga la misma importancia en el logro de una ventaja competitiva a las actividades estructurales que a las de infraestructura. En este nivel se invierte en mejora del proceso y desarrollo del equipo productivo, se concede importancia a la infraestructura y se persigue una relación entre las actividades de diseño de productos y diseño de procesos. Se identifican dos tipos de empresas en este nivel:

- a) Aquellas que consideran que todas las funciones son igualmente importantes en la formulación de la estrategia competitiva. Para ello, la función de producción se ve involucrada en las decisiones importantes sobre marketing, finanzas e investigación y desarrollo, y viceversa. En este caso, la estrategia competitiva depende, en un grado considerable, de sus recursos productivos. No se trata de que las operaciones dicten la estrategia, sino que en la estrategia competitiva es importante el esfuerzo coordinado de todos los departamentos funcionales.
- b) Las que utilizan la función de producción como la base de la estrategia competitiva, con objeto de lograr una ventaja competitiva, de modo que las decisiones en las demás funciones están condicionadas por las decisiones de operaciones.

RESUMEN

El análisis de los aspectos estratégicos relacionados con la dirección de operaciones ha cobrado relevancia con el paso del tiempo. En este capítulo se ha pretendido, precisamente, analizar la estrategia de operaciones, a partir de la reivindicación inicial de Skinner (1966) acerca del papel de la función de producción como arma competitiva para las empresas, al menos en igualdad de condiciones con el resto de áreas funcionales. Con este fin se han analizado los aspectos relativos tanto al contenido de la estrategia de operaciones (objetivos y decisiones) como, especialmente, al proceso de planificación (formulación y puesta en práctica) de la misma, identificando los enfoques predominantes en la práctica empresarial. Por una parte el enfoque jerárquico, que se concreta en la focalización de la producción. Por otra parte el enfoque basado en los recursos productivos, el cual se plasma en la producción *lean*² y en la producción ágil. Finalmente, se ha expuesto el modelo de los diferentes estados de la producción, en el que se identifican cuatro etapas del desarrollo de la estrategia de operaciones.

EJERCICIOS

1.
 - a) Diseñe el conjunto de objetivos y decisiones (estructurales e infraestructurales) de operaciones que llevaría a cabo una empresa dedicada al diseño y fabricación de material y equipamiento de oficina, cuya estrategia competitiva esté basada en el liderazgo en costes.
 - b) Identifique, realizando una comparación con el caso anterior, los objetivos y las decisiones de operaciones prioritarias para esta misma empresa en caso de que su estrategia competitiva esté basada fundamentalmente en la diferenciación a través del desarrollo constante de nuevos productos.
2. Busque información y reflexione acerca de las implicaciones que las exigencias de responsabilidad social a las empresas pueden tener en sus estrategias de operaciones (objetivos y decisiones).
3. Una empresa dedicada a la fabricación de un único producto maduro de bajo coste decide ampliar su línea de productos con el fin de acceder a nuevos clientes. Para ello se plantea la posibilidad de fabricar productos de alta tecnología destinados a atender necesidades específicas del mercado. ¿Le interesa iniciar la fabricación de esta nueva línea de pro-

² También conocido en castellano como producción ajustada y que veremos en el siguiente volumen.

ductos? ¿Debería abandonar su producto inicial para aplicar el concepto de focalización de la producción? ¿Debería crear una nueva fábrica para la producción de la nueva línea de productos?

4.
 - a) Busque información e identifique ejemplos de empresas que, en su opinión, mantienen en la actualidad estrategias de producción ágil.
 - b) Describa las principales características que comparten las empresas seleccionadas.
 - c) ¿Presentan estas empresas algunas de las características de la producción *lean*? Reflexione acerca de las diferencias y similitudes entre la estrategia de producción *lean* y la estrategia de producción ágil.
5. «INDITEX, el imperio de la moda “rápida”:

Inditex no entiende de crisis. Es de las pocas empresas que no ha sentido en su cuenta de resultados los zarpazos de la crisis económica global que arrancó en 2008. La razón es compleja, hasta el punto de que el caso se estudia en las escuelas de negocio y universidades de casi todo el mundo, incluida la prestigiosa Harvard, desde hace años.

Rosario Silva, profesora de estrategia del IEBusiness School, cree que el éxito de la multinacional gallega reside en que “se ha adaptado muy bien al mercado, a lo que quiere el cliente, que, en definitiva, es a lo que aspira cualquier empresa, y esa adaptación la hace de manera muy rápida. En 15 días son capaces de cambiar varias colecciones de ropa, cuando hasta hace unos años lo normal en este sector de la moda es que hubiera tan solo dos colecciones al año”.

En la propia sede central de la empresa se ve cómo buscan en cada momento detectar los gustos del cliente, y además en todo el mundo. La primera parte del proceso de fabricación de la ropa recae sobre los diseñadores, un auténtico ejército de gente absolutamente moderna e internacional que viaja por todo el mundo y se inspira en todo lo que respire moda, tendencia y arte. Son los “cazadores” de tendencias. Después de que se detecta una corriente se adapta a cada uno de los 85 mercados en los que opera la compañía, ya que cada lugar del mundo tiene sus peculiaridades. Inditex tiene 600 diseñadores, de 140 nacionalidades, lo que da idea de la importancia de esta parte del proceso de producción para la empresa. Después se hacen los patrones de la ropa y luego se mandan a las fábricas, y ahí es donde reside otra de las claves de la empresa.

Hace años la mayoría de la ropa se fabricaba en China y otros países con costes de producción más bajos, pero eso también ha cambiado, en aras siempre de adaptarse al mercado. Ahora, cerca del 60% de las 50.000 colecciones de ropa que hace al año se fabrican en zonas de proximidad (España, Portugal y Marruecos). ¿Y qué gana Inditex fabricando más cerca y con costes más elevados? Flexibilidad en la fabricación, rapidez y un mayor control de la calidad.

Philip Moscoso, profesor del departamento de operaciones del IESE, asegura que “la clave del ‘*pronto moda*’ o ‘*fast fashion*’ es acortar los tiempos entre que se diseñan las prendas y llegan a las tiendas. Si se detecta una tendencia de

que se lleva el verde y los jerséis de pico, Inditex tiene la capacidad de reaccionar, fruto de la producción en proximidad, y en una semana puede llenar sus tiendas con este producto”.

Con los años, explica Moscoso, “Inditex se ha hecho tan grande que tiene capacidad de influencia en la moda global, llegándose a convertir en una especie de prescriptor, al margen de que también capte ideas de las tendencias globales, por supuesto”.

El experto del IESE cree que muy probablemente Inditex no habría llegado a ser lo que es hoy en día si no hubiera nacido en Arteixo (La Coruña). “Nadie hubiera elegido una localidad pequeña de la costa de La Coruña para poner la sede de una empresa que aspiraba a vender ropa en todo el mundo. La dificultad ha sido tan enorme que la empresa ha tenido que desarrollar una logística compleja para salvar ese escollo y, una vez superado, es lo que en cierto modo les ha hecho grandes. Probablemente, si la empresa no hubiera empezado en Arteixo no habría llegado a ser lo que es hoy”.

Al margen del diseño y la logística, la fórmula de la multimarca (Zara, Massimo Dutti, Pull & Bear, etc.) ha sido otra de las fórmulas de la compañía. La idea era buena, porque normalmente las hijas no quieren comprarse la ropa en las mismas tiendas que sus madres, pero el resultado ha sido desigual. Zara, el auténtico buque insignia de la compañía, es la pieza clave, ya que representa alrededor de dos tercios de las ventas de la compañía en todo el mundo, muy por delante del resto de cadenas. Esta es, sin duda, una de las asignaturas pendientes de la compañía, el lograr consolidar el resto de marcas.

En cuanto al negocio *online*, Inditex ha entrado tarde, en relación con sus competidores, pero ha cogido carrerilla y ahora es posible comprar algo un viernes por la tarde y que te llegue el sábado por la mañana a casa, lo que supone que la empresa ha apostado claramente por esta línea de negocio, que tiene crecimientos espectaculares.

Otra de las preguntas es que si tiene tanto éxito por qué nadie imita la fórmula. Los dos expertos consultados creen que no es fácil, por la rapidez con la que esta empresa es capaz de fabricar la ropa, fruto de una maquinaria muy compleja, y colocarla en las tiendas de todo el mundo a un precio asequible. De hecho, esta rapidez de producción está siendo trasladada a otros sectores, como la tecnología de consumo, donde ahora se sacan modelos cada vez más a menudo. Y si la dificultad de imitar el modelo es enorme, la de hablar del techo de la compañía también. Moscoso cree que donde puede crecer Inditex es en América, donde tiene aún pocas tiendas en comparación con Europa, y seguir potenciando el negocio *online*, sin duda el futuro de este y de casi todos los sectores».

FUENTE: Núñez, M. (2015): «Inditex, el imperio de la moda «rápida», *ABC Economía*, 20 de septiembre, disponible en: <http://www.abc.es/economia/20150920/abci-inditex-imperio-moda-201509191728.html>.

Partiendo del texto anterior:

- a) Busque información adicional y analice las características de la estrategia de operaciones de Inditex, en términos tanto de sus principales objetivos como de sus decisiones de operaciones.
- b) En relación a los objetivos de operaciones, ¿considera que la estrategia de Inditex se adecúa en mayor medida al modelo del cono de arena o al de *trade-offs*?
- c) Algunos expertos coinciden en afirmar que Inditex, y principalmente Zara, su marca estrella, ha adoptado algunos de los principios del sistema de producción de Toyota y de la producción *lean*, como el *just in time* (<https://theleadershipnetwork.com/article/lean-manufacturing/zara-lean-fashion-retail>). Reflexione acerca de la estrategia de operaciones que mantiene Inditex en la actualidad. ¿Se trata en su opinión de una estrategia de producción ágil?

BIBLIOGRAFÍA

- Barney, J. B. (1991). Firm resources and sustained competitive advantage. *Journal of Management*, 17(1), 99-120.
- Brandenburger, A. M. y Nalebuff, B. J. (1996). *Co-opetition*. Nueva York: Doubleday Books.
- Burns, T. y Stalker, G. M. (1961). *The Management of Innovation*. Londres: Tavistock Publications.
- Ferdows, K. y de Meyer, A. (1990). Lasting improvements in manufacturing performance: In search of a new theory. *Journal of Operations Management*, 9(2), 168-184.
- Fernández, E., Avella, L. y Fernández, M. (2006). *Estrategia de Producción* (2.^a ed.). Madrid: McGraw-Hill.
- Grant, R. M. (1991). The resource-based theory of competitive advantage: Implications for strategy formulation. *California Management Review*, 33(3), spring, 114-135.
- Groover, M. P. y Wiginton, J. C. (1986). CIM and the flexible automated factory of the future. *Industrial Engineering*, enero, 75-85.
- Gunasekaran, A. y Yusuf, Y. (2002). Agile manufacturing: A taxonomy of strategic and technological imperatives. *International Journal of Production Research*, 40(6), 1357-1385.
- Harrington, J. (1973). *Computer Integrated Manufacturing*. Nueva York: Academic Press.
- Hayes, R. H. (1985). Strategic planning-Forward in reverse. *Harvard Business Review*, 63(6), 111-119.
- Hayes, R. H. y Schmenner, R. W. (1978). How should you organize manufacturing? *Harvard Business Review*, 56(1), 105-119.
- Hayes, R. H. y Wheelwright, S. C. (1984). *Restoring Our Competitive Edge*. Nueva York: John Wiley.
- Hayes, R. H., Wheelwright, S. C. y Clark, K. B. (1988). *Dynamic Manufacturing*. Nueva York: Free Press.

- Hill, T. J. (1989). *Manufacturing Strategy. Text and Cases*. Homewood: Irwin.
- Leonard-Barton, D. (1992). The factory as a learning laboratory. *Sloan Management Review*, 34(1), 23-38.
- Leong, G. K., Snyder, D. L. y Ward, P. T. (1990). Research in the process and content of manufacturing strategy. *Omega. International Journal of Management Science*, 18(2), 109-122.
- Ohno, T. (1988). *Toyota Production System: Beyond Large-scale Production*. Cambridge: Productivity Press.
- Pine II, B. J. (1993). *Mass Customization: The New Frontier in Business Competition*. Boston: Harvard Business School Press.
- Porter, M. E. (1980). *Competitive Strategy. Techniques for Analysing Industries and Competitors*. Nueva York: Free Press.
- Schonberger, R. J. (1986). *World Class Manufacturing*. Nueva York: Free Press.
- Shingo, S. (1985). *A Revolution in Manufacturing. The SMED System*, Cambridge: Productivity Press.
- Skinner, W. (1966). Production under pressure. *Harvard Business Review*, 44(6), 139-146.
- Skinner, W. (1969). Manufacturing - Missing link in corporate strategy. *Harvard Business Review*, 47(3), 136-145.
- Skinner, W. (1974). The focused factory. *Harvard Business Review*, 52(3), 113-121.
- Suzaki, K. (1987). *The New Manufacturing Challenge: Techniques for Continuous Improvement*. Nueva York: Free Press.
- Tu, Q., Vonderembse, M. A. y Ragu-Nathan, T. S. (2001). The impact of time-based manufacturing practices on mass customization and value to customer. *Journal of Operations Management*, 19(2), 201-217.
- Wheelwright, S. C. (1981). Japan-Where operations really are strategic. *Harvard Business Review*, 59(4), 67-74.
- Wheelwright, S. C. (1984). Manufacturing strategy: Defining the missing link. *Strategic Management Journal*, 5, 77-91.
- Wheelwright, S. C. y Hayes, R. H. (1985). Competing through manufacturing. *Harvard Business Review*, 63(1), 99-109.
- Yusuf, Y. Y., Sarhadi, M. y Gunasekaran, A. (1999). Agile manufacturing: The drivers, concepts and attributes. *International Journal of Production Economics*, 62, 33-43.
-

3

Selección y diseño del producto

Gustavo Lannelongue
Javier González Benito
Carmen González-Zapatero Redondo

INTRODUCCIÓN

Una de las principales cuestiones vinculadas a la dirección de operaciones consiste en la selección y el diseño del producto que la empresa va a comercializar. Su importancia reside en varios aspectos. En primer lugar, este diseño tendrá un fuerte impacto sobre el resultado empresarial (por ejemplo, ventas, cuota de mercado o margen de rentabilidad). En segundo lugar, tendrá fuertes implicaciones en otros aspectos vinculados con la dirección de operaciones, como el diseño del proceso productivo, la tecnología seleccionada, el diseño de puestos de trabajo, etc. Por último, supone un proceso transversal que requiere coordinarse con otras áreas y niveles de la empresa. Por todo ello constituye una pieza clave del engranaje de la dirección de operaciones a la que hay que prestar gran atención.

3.1. DEFINICIÓN DE DESARROLLO DE NUEVOS PRODUCTOS

El desarrollo de nuevos productos (DNP) consiste en la secuencia de toma de decisiones que conducen a la generación de una nueva mercadería (producto o servicio). Estas decisiones se organizan en diversas fases o etapas:

1. Identificación de oportunidad de negocio.
2. Diseño.
3. Construcción y evaluación de prototipos.
4. Producción.
5. Comercialización.

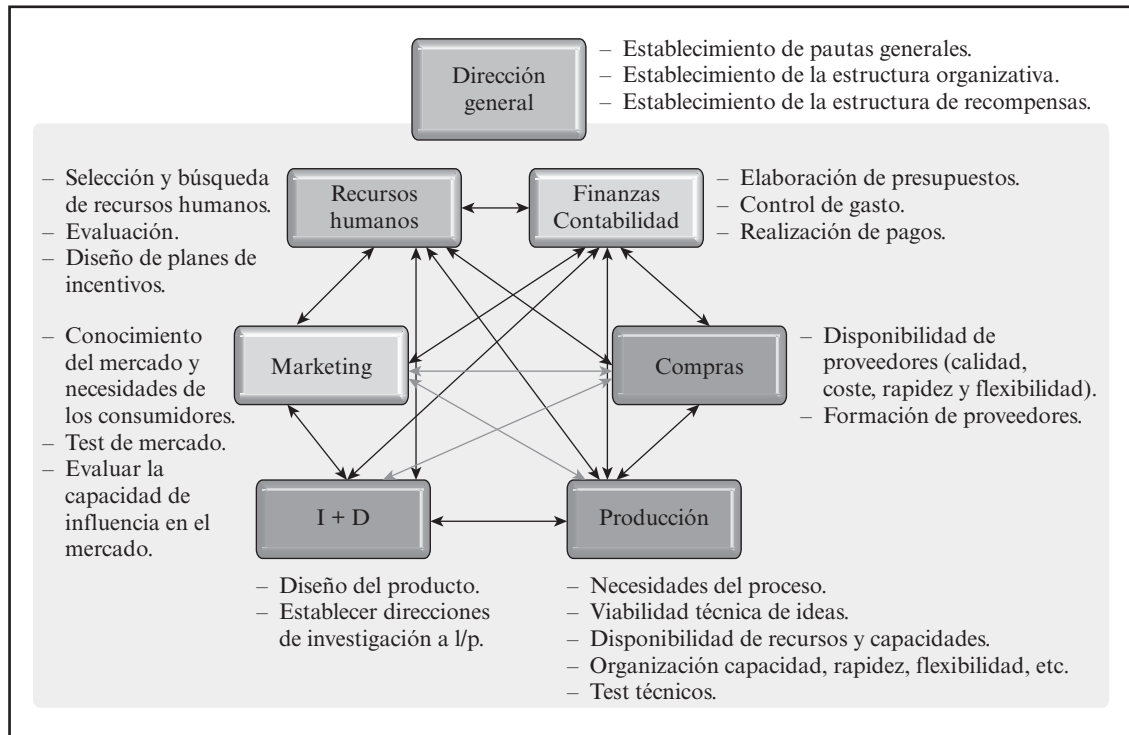
En este capítulo vamos a profundizar especialmente en las tres primeras etapas, ya que la etapa de producción se cubrirá ampliamente en el resto de capítulos del libro y la etapa de comercialización está más vinculada con la dirección comercial o de marketing que con la dirección de operaciones, que es el objeto de este manual.

No todos los procesos DNP son iguales. Algunos nuevos productos aportan un menor grado de innovación respecto a productos anteriores. En este caso se habla de innovación incremental. Pensemos en los diferentes modelos de jerséis básicos que aparecen en cada colección de ropa. Sin embargo, otros productos aportan prestaciones totalmente diferentes a todo lo que existía previamente. En este caso se habla de innovación radical. Un buen ejemplo sería la aparición de las *tablets*. También podríamos clasificar los procesos DNP basándose en su complejidad, tanto por la cantidad de variables a tener en cuenta durante los mismos como por la sofisticación del conocimiento necesario para tratar cada una de esas variables. La complejidad será totalmente diferente en ambos sentidos si estamos desarrollando una bicicleta a si estamos desarrollando un nuevo avión de combate.

Aunque el DNP es una de las principales responsabilidades que se incluyen en la dirección de operaciones, cabe destacar que es un proceso transversal que implica a otras áreas funcionales de la empresa, como el área comercial o de marketing, finanzas o recursos humanos, así como a niveles jerárquicos superiores como la dirección de negocio o corporativa. Recordemos además que dentro de una perspectiva amplia de la dirección de operaciones se incluyen aspectos tan diversos como la investigación y desarrollo (I + D), la gestión de recursos humanos, la ingeniería de procesos, la logística o el aprovisionamiento. El DNP implica por tanto un gran reto de coordinación entre unidades y subunidades dentro de la empresa. La figura 3.1 representa algunas de estas áreas implicadas en el DNP, resume algunas de las funciones que se realizan durante el proceso y representa mediante flechas algunas de las relaciones de coordinación necesarias entre estas áreas funcionales.

Para simplificar esta figura no se han representado áreas como la logística. Se han señalado con color gris aquellas áreas típicamente asociadas a la dirección de operaciones. Algunas de las flechas no son negras como el resto, sino que se han dibujado en un color gris claro. Esto se ha hecho así porque, como se explicará a continuación, su aparición o no dependerá del enfoque que se adapte en la organización del DNP.

Dependiendo de múltiples aspectos, como el tipo de industria o el tipo de innovación, la participación de las distintas funciones en las distintas etapas del DNP puede adoptar un enfoque «secuencial» o «concurrente». En un enfoque secuencial cada etapa no se inicia hasta que acaba la etapa anterior, y cada área funcional implicada en el proceso solo entra en acción cuando debe realizarse una etapa en la que es especialista. Por ejemplo, «producción» participaría en el proceso una vez aprobado el prototipo, cuando la producción estuviese próxima



FUENTE: Adaptado de Urban y Hauser (1991).

Figura 3.1. Áreas funcionales implicadas en los procesos DNP.

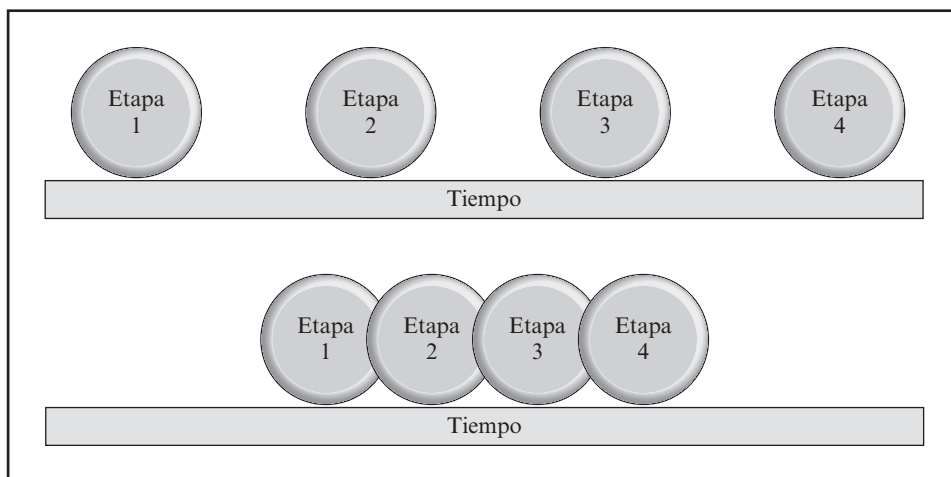
a comenzar. Adicionalmente, cada función solo se comunicaría con el área funcional, que entra en acción inmediatamente antes o después que ella. Este enfoque se ha representado metafóricamente como una «carrera de relevos».

En un enfoque concurrente o simultáneo las diferentes áreas funcionales participarían en el proceso desde el principio del mismo, obteniendo información y aportando ideas sobre aspectos que les impliquen desde el principio e incrementando su tiempo de reacción. Según este enfoque, «producción» o «compras», por ejemplo, podrían participar desde el principio el proceso. Este enfoque se ha representado metafóricamente como un «partido de rugby» en el que todos los elementos participan desde el principio hasta el final, observando y participando cuando lo ven necesario (figura 3.2).

Otro término utilizado para definir este enfoque concurrente o simultáneo es el «solapamiento» u *overlapping*. Este término recoge el hecho de que, según este enfoque, no es necesario esperar a que una etapa se haya finalizado para empezar la siguiente. La figura 3.3 recoge esta idea. Empresas como Fuji-Xerox u Honda adoptan enfoques concurrentes en sus procesos DNP.



Figura 3.2. Equipo de rugby de la Universidad de Salamanca.



FUENTE: Adaptado de Takeuchi y Nonaka (1986).

Figura 3.3. Solapamiento de etapas durante el DNP.

En función de las características del producto o sector será más adecuado un enfoque secuencial o un enfoque concurrente. Ambos tienen ventajas e inconvenientes. El enfoque concurrente puede proporcionar mayor información y con más antelación a los participantes en el proceso. Esto incrementa su tiempo de reacción, y también les permite anticipar problemas que de otro modo se hubiesen detectado más tarde, causando retrasos. Por ejemplo, si la producción participa desde las primeras etapas puede detectar que una posible idea de producto no será realizable con la tecnología que actualmente posee la empresa. Sin

embargo, la participación de más funciones desde el principio del proceso incrementa la complejidad organizativa y puede incrementar los tiempos y dificultar la toma de decisiones.

Las siguientes tablas (3.1 y 3.2) muestran algunos posibles ejemplos de participación de distintas funciones en distintas etapas del DNP. La tabla 3.1 se correspondería con un enfoque más secuencial y la 3.2 con un enfoque más concurrente.

TABLA 3.1

Ejemplo de posibles etapas y funciones participantes en el DNP en el enfoque secuencial

	Identificación de la oportunidad de negocio	Diseño y testeo del prototipo	Compras	Producción	Comercialización
Ejemplo de enfoque secuencial	Marketing	I+D	Compras	Producción	Marketing

TABLA 3.2

Ejemplo de posibles etapas y funciones participantes en el DNP en el enfoque concurrente

	Identificación de la oportunidad de negocio	Diseño y testeo del prototipo	Compras	Producción	Comercialización
Ejemplo de enfoque simultáneo	Marketing I+D Producción Compras	I+D Marketing Producción Compras	Compras I+D Marketing Producción	Producción Compras Marketing	Marketing Compras Producción

3.2. CICLO DE VIDA DEL PRODUCTO

El ciclo de vida del producto (CVP) representa las distintas etapas por las que pasa un producto desde que llega al mercado hasta que desaparece. Aunque la duración del ciclo depende del tipo de producto, en las últimas décadas se ha acortado notablemente debido a los cambios en el entorno, en la demanda y en el aumento de competencia. Es importante distinguir la duración de un producto en el mercado de la duración de los servicios posventa (por ejemplo, disponibilidad de piezas de recambio) y de la longevidad del producto mientras lo utiliza el consumidor.

El CVP es quien determina en mayor medida las necesidades de planificación del desarrollo de nuevos productos que vendrán a sustituir a los ya existentes. La satisfacción de estas necesidades deberá alinear las prioridades competitivas del área de operaciones con los objetivos estratégicos de la empresa. Asimismo, estos objetivos deberán reajustarse en cada una de las fases del ciclo de vida del producto: introducción, crecimiento, madurez y declive (véase figura 3.4).

Fase de introducción. En esta primera fase el producto llega al mercado. Hay que tener en cuenta que anteriormente la empresa ha ejecutado todas las tareas de las fases previas del desarrollo del nuevo producto y, por tanto, ha incurrido en una serie de gastos. Los ingresos que genera el producto aún no cubren todos los gastos de desarrollo, por lo que la empresa sigue teniendo flujos de caja negativos. Como es un momento incipiente, las preferencias del mercado acerca de las características que debe tener el producto no están bien definidas. Esto obligará a la empresa a seguir incurriendo en gastos de desarrollo tanto del producto como de su forma de producir. En este momento la demanda del producto es baja, por lo que la mayoría de empresas optan por métodos de producción flexibles. El objetivo durante esta fase es ir posicionando el producto y, en el caso de que sea muy novedoso, habrá que informar a los posibles consumidores de las características del producto y de su utilidad. Los clientes interesados suelen tener un perfil innovador y están dispuestos a arriesgar y a pagar un sobreprecio por tener un producto novedoso.

Fase de crecimiento. Las características objetivas del producto se van perfilando. Los clientes van mostrando sus preferencias y los productos más alejados de estas desaparecen. Los datos históricos obtenidos en la fase de introducción nos sirven para afinar nuestras previsiones de ventas. Lo ideal sería que se produjese un incremento de la demanda que requiriese nuevas inversiones productivas para adaptar nuestra capacidad a las necesidades del mercado. En este período es donde se aprecian las tasas de crecimiento más importantes. Los flujos de caja se vuelven positivos y se empiezan a recuperar las inversiones realizadas hasta

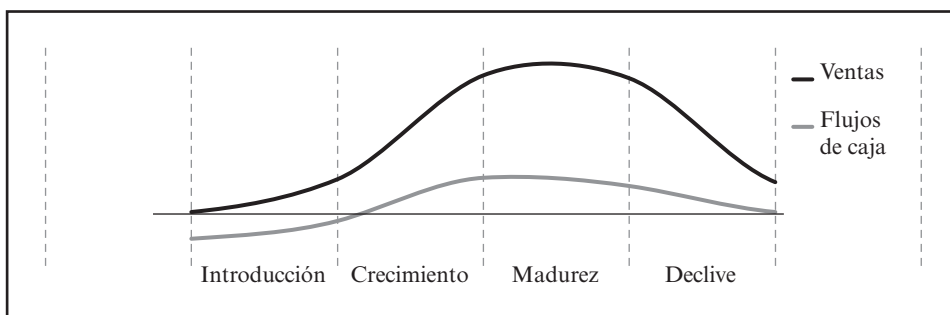


Figura 3.4. Fases del ciclo de vida del producto.

entonces. Al final de esta fase deberíamos tener un producto evolucionado, cuyas principales funciones no deberían sufrir grandes cambios de ahora en adelante. El valor percibido por el cliente aún es alto. El número de clientes ha aumentado y se denominan adoptadores tempranos.

Fase de madurez. Las tasas de crecimiento, aún positivas, irán menguando y llegará la fase de madurez. En esta etapa la empresa se centrará en optimizar sus procesos productivos y adaptarlos a grandes volúmenes. Se utilizará maquinaria especializada y procesos automatizados. Se tratará de reducir las opciones del producto menos valoradas por el cliente en aras de disminuir los costes. Por todo ello, el coste unitario debería reducirse drásticamente. Esta es la fase en la que se obtienen los mayores beneficios. En algún momento de este período entraremos en tasas de crecimiento negativas. Es el momento en el que el valor percibido del producto puede disminuir, teniendo que repensar el precio del producto. El número de competidores se ha estabilizado, siendo las inversiones y la fidelización posibles barreras a la entrada para las nuevas empresas que quieran tener presencia en el sector.

Fase de declive. Las ventas seguirán disminuyendo, y la empresa deberá reubicar las inversiones en otros productos con mayor potencial para generar beneficios. Con las inversiones realizadas la empresa puede mantener al producto dentro de su cartera siempre que haya flujos de caja positivos o algún tipo de sinergia que se pueda explotar con el resto de la gama. La reputación del producto puede mantenerlo en el mercado durante algo más de tiempo, por asociar la marca con un bien fiable o prestigioso. El producto en declive también puede suponer una pérdida reputacional para la empresa, por ser poco innovadores frente a sus competidores. La intensidad de la competencia también se ha reducido. La empresa realizará grandes descuentos o utilizará otros canales de distribución para liquidar las existencias.

En cada momento es importante que la empresa y su director de operaciones sepa cuál es la aportación de cada uno de sus productos al resultado de la empresa, así sabrá priorizar las inversiones en cada uno de ellos. Lo ideal es que la cartera de productos de una empresa tenga productos en diferentes fases del ciclo de vida para mantener unos resultados más estables. El ciclo de vida del producto se enmarca a su vez dentro de la evolución del mercado, que pasará también por distintas fases. El mercado de un producto surge cuando aparecen nuevas necesidades y productos que los satisfagan. Más adelante se expandirá el mercado hasta su fragmentación en distintos grupos competitivos o empresas, que compiten en distintas variables (precio, prestaciones, etc.). Con el tiempo habrá una consolidación del mercado, en la que algunos competidores serán expulsados y el sector se concentrará. Finalmente, las necesidades de ese grupo de cliente pueden desaparecer o verse satisfechas por nuevos productos con tecnologías radicalmente distintas a las existentes (como ha supuesto la llegada del libro electrónico para el sector de las librerías).

3.3. FACTORES DE ÉXITO

El éxito del desarrollo de nuevos productos (DNP) se ha identificado con la consecución tanto de objetivos financieros y comerciales (beneficio, ventas, período de *payback* o cuota de mercado) como de objetivos operativos que puedan ser prioritarios para una empresa (costes, calidad, rapidez, flexibilidad o fiabilidad).

Desarrollar un producto de éxito no es una cuestión baladí. La ratio de productos fracasados es elevado. Las empresas que son capaces de llevar a cabo estos procesos DNP exitosamente cuentan con una importante ventaja competitiva. Por ejemplo, en su página web, Mercadona establece que la ratio de éxito de sus nuevos productos es del 82%, frente al 24% de sus competidores. Por este motivo el mundo académico y profesional ha intentado identificar los factores del éxito del DNP. A continuación listamos algunos de ellos clasificándolos en seis bloques:

- Factores relacionados con el entorno. Entre ellos se incluye el potencial del mercado, su tamaño y crecimiento, la intensidad de la competencia, el riesgo, la incertidumbre o la regulación. Por ejemplo, será difícil diseñar un reproductor de *CD* de éxito, puesto que su consumo en este momento no está en alza.
- Factores relacionados con la estrategia. Por ejemplo, la coherencia entre el nuevo producto y la estrategia corporativa o el grado de ajuste entre los recursos de la empresa y el proyecto (sinergias de marketing, tecnológicas, etc.). Por ejemplo, si diseño una prenda de estilo «gótico» y la intento vender en una cadena de tiendas dirigida a un público más adulto y conservador, probablemente el producto fracasará, aunque esté perfectamente diseñado. En este caso las sinergias de marketing no serán las adecuadas, y el producto transmite al cliente un concepto diferente al de sus puntos de venta. Probablemente sus potenciales compradores nunca la encontrarán, ya que no visitan este tipo de tiendas.
- Factores relacionados con la estructura organizativa. Como se dijo al principio de este tema, el desarrollo de nuevos productos es un proceso transversal que requiere de la participación de diferentes especialistas tanto dentro del área de operaciones (R&D, producción, compras, etc.) como en otras áreas de la empresa (finanzas, marketing, etc.). Los mecanismos que la empresa utilice para dividir el trabajo entre estas áreas especializadas y luego coordinarlo adecuadamente serán cruciales para desarrollar un producto de éxito. Entre estos mecanismos se pueden incluir los siguientes:
 1. El establecimiento de reuniones periódicas de trabajo.
 2. El establecimiento de un lugar físico de trabajo común que facilite la comunicación informal y formal entre los participantes del DNP.
 3. La utilización de distintas tecnologías de información y comunicación como CAD (*Computer Aided Design*), bases de datos comunes o videoconferencia.

4. El establecimiento de recompensas comunes.
5. La adjudicación al DNP de un jefe de proyecto o directivo integrador.

La comunicación y coordinación interfuncional supone un reto debido a diferentes barreras, como distintos lenguajes, objetivos y sistemas de recompensas. El establecimiento de mecanismos como los mencionados ayuda a reducir estas barreras y coordinar el trabajo de todo el equipo hacia un objetivo común. Dependiendo de las características del producto a desarrollar (radical *versus* incremental) o de otras variables, como la complejidad del producto o del dinamismo del mercado, serán más adecuadas unas estructuras organizativas u otras.

- Factores relativos a los participantes. Nos referimos aquí a las características de los miembros del equipo. Por ejemplo, su dedicación al proyecto (tiempo parcial o tiempo completo), su experiencia en proyectos similares o la influencia de los jefes del proyecto en la empresa.
- Factores relacionados con el producto: superioridad del producto percibida por los clientes respecto a la calidad, a la ratio coste-beneficio o a las características innovadoras.
- Factores relacionados con el proceso. Las técnicas y prácticas utilizadas durante el DNP son también un factor determinante de su éxito. En el siguiente epígrafe se listan algunas de ellas.

3.4. TÉCNICAS Y PRÁCTICAS A TENER EN CUENTA EN LAS DISTINTAS ETAPAS DEL DNP

A continuación se describen brevemente las distintas etapas del DNP y se detallan algunas técnicas que pueden utilizarse durante las mismas.

3.4.1. Identificación de oportunidad de negocio

El desarrollo de un nuevo producto comienza por la fase de generación de ideas. Estas ideas pueden surgir de varias fuentes.

Fuente de las ideas

- *El empuje tecnológico.* Una posible fuente de ideas es la aparición de una nueva tecnología o material. La industria busca aplicaciones de esa nueva tecnología o materiales para diseñar nuevos productos. Desde la Se-

gunda Guerra Mundial hasta los años sesenta se pensaba que la tecnología era un bien en sí mismo que podía crear sus propios mercados. En esa época el empuje tecnológico fue la fuente principal de ideas para el DNP. Por tanto, en esta etapa el papel de los departamentos de I + D en el desarrollo de nuevos productos era muy relevante.

- *Tirón de la demanda.* Otra posible fuente de ideas son los propios consumidores. Los consumidores pueden pedir a las empresas el desarrollo de un producto que se adapte a sus necesidades. Las empresas también pueden investigar y tratar de averiguar cuáles son los gustos y preferencias de los consumidores a través del análisis de ventas o técnicas de investigación de mercados. A partir de los años sesenta los mercados comenzaron a volverse más complejos y competitivos y los consumidores más poderosos, ya que contaban con múltiples opciones de productos entre los que elegir. Ya no era suficiente contar con una nueva tecnología, resultando necesario asegurarse de que existía una verdadera necesidad de esa tecnología. En esta etapa se empezó a destacar el papel de los departamentos comerciales y de marketing en el DNP para detectar cuáles eran las preferencias y gustos de los consumidores. Estos departamentos estudian por ejemplo cómo los nuevos estilos de vida generan la necesidad de desarrollar nuevos productos que se adapten a los mismos. Esto sucede por ejemplo con la mayor preocupación por la salud, que lleva a desarrollar productos alimenticios o deportivos que permitan un mayor cuidado de la misma.
- *Benchmarking.* La comparación con los competidores también puede ser el detonante del desarrollo de nuevos productos. La introducción de un nuevo producto por los principales competidores induce a desarrollar nuevos productos para no quedarse atrás. Un claro ejemplo son los continuos lanzamientos al mercado de nuevos modelos de teléfonos móviles por compañías como Apple y Samsung. Los nuevos modelos que incorporan nuevas prestaciones, pero rápidamente son seguidos por movimientos similares por parte de la competencia.
- *Cambios en la legislación.* La idea para desarrollar muchos productos surge de un cambio en la normativa que prohíbe utilizar algún componente de los productos actuales o que obliga a utilizar un determinado componente o elemento.
- *Empleados.* Los propios empleados pueden aportar ideas para mejorar los productos existentes o desarrollar otros nuevos a partir de los recursos de la organización, ya que son los que mejor conocen los recursos y capacidades de la empresa.
- *Innovación abierta.* En los últimos años se ha acuñado el término «innovación abierta». Tradicionalmente la innovación se entendía como un proceso que se realizaba dentro de la propia empresa con recursos internos. La innovación abierta contempla la idea de que el desarrollo de nuevos productos es un proceso más abierto que puede iniciarse fuera de

la propia empresa. Se trata de no renunciar al potencial de posibles ideas externas sobre los DNP de una compañía. Por ejemplo, los proveedores de envase de mi empresa pueden desarrollar un nuevo formato e iniciar un proceso para que mi empresa genere un nuevo producto que se adapte a dicho nuevo envase. En este caso la innovación comenzaría en mis proveedores, pero también puede tener origen en los clientes o en otras empresas colaboradoras.

Independientemente de cuál haya sido el origen de la idea para un DNP, estas ideas deben pasar varios filtros o análisis.

Análisis de las ideas

- *Viabilidad económica.* Consiste en un análisis de los costes y beneficios esperados, en función del precio al que se considera que puede venderse el producto. Dicho análisis coste-beneficio ayudará a determinar si se podrá conseguir un margen adecuado.
- *Viabilidad comercial.* Consiste en realizar estudios para comprobar si existe un mercado para dicho producto, cuáles serían las preferencias de los consumidores respecto al mismo, qué precio estarían dispuestos a pagar, posibles usos y mejoras, etc.
- *Viabilidad técnica.* Se trata de determinar si la empresa cuenta con los recursos y capacidades necesarios para desarrollar este producto, y si no es así si podría adquirirlos al coste necesario y en el tiempo necesario.

3.4.2. Diseño

Una vez pasada la fase de evaluación de las ideas para el desarrollo de un nuevo producto se pasaría a la fase de diseño del mismo. En esta fase se trata de traducir la idea inicial en unas especificaciones concretas de producto.

Esta fase resulta además trascendental para conseguir los objetivos de la empresa. En función de la estrategia de una empresa, la dirección de operaciones debe establecer cuáles son sus objetivos operativos básicos prioritarios. Estos se han clasificado tradicionalmente en costes, calidad, rapidez, fiabilidad y flexibilidad. La utilización de las diferentes técnicas que se describen a continuación puede ser de gran utilidad para conseguir estos objetivos desde la propia fase de diseño del producto. Además, es posible que existan *trade-offs* entre dichos objetivos. Esto quiere decir que conseguir puntuar más en alguno de ellos implica puntuar menos en otro. Por ejemplo, para conseguir más calidad a menudo es necesario invertir en mejores materiales, tecnologías o profesionales, lo cual implica incrementar los costes operativos. Como se verá, algunas de estas

técnicas permiten conseguir puntuar más en dos objetivos que en principio pudieran parecer incompatibles, como flexibilidad y costes, o calidad y costes.

El diseño modular

Los consumidores en muchos mercados reclaman mayor flexibilidad de gama a las empresas productoras. Quieren variedad de formatos, tamaños, diseños o colores, incluso a veces una adaptación particular del producto a sus necesidades específicas. Sin embargo, desde el punto de vista del fabricante lo más sencillo sería hacer un único producto, sin variaciones, y en grandes cantidades. Esto le permitiría simplificar el proceso productivo, gestionando una única línea de montaje con procesos muy repetitivos, y logrando importantes economías de escala. Lograría así unos precios muy ajustados que, por otra parte, también le piden muchos consumidores.

El diseño modular surge como un enfoque de diseño que permite compatibilizar ambos objetivos, la flexibilidad de gama y la reducción de costes. Consiste básicamente en utilizar componentes estandarizados (módulos) para fabricar distintos productos. Es el caso, por ejemplo, del fabricante de muebles de cocina, que produce algunos tipos de armarios con distintos anchos y altos, los cuales pueden combinarse, generando un número muy elevado de posibles composiciones. El número de módulos a fabricar es mucho menor que el número de composiciones posibles que se le pueden ofrecen al cliente.

Con esta misma idea, podríamos diseñar un producto, por ejemplo un automóvil, como la composición de distintos módulos intercambiables. Imaginemos que logramos diseñarlo de forma que se construye ensamblando tres módulos, el módulo de carrocería, el módulo mecánico y el módulo de interior, y que fabricamos cuatro versiones de cada uno de estos módulos. Podríamos sacar al mercado 64 automóviles diferentes combinando los distintos módulos. Sin embargo, no tendríamos que tener 64 líneas de montaje, sino 16 líneas, una para cada uno de los módulos, y alguna más para ensamblar estos. El sistema productivo se simplificaría bastante, manteniendo a la vez un surtido amplio de oferta en el mercado.

Sin embargo, este enfoque modular no siempre permite mantener los niveles de calidad y prestaciones necesarios. Precisamente este es el caso de la industria de la automoción. Aunque ha habido varias apuestas por construir automóviles modulares, los grandes fabricantes del sector se han orientado hacia otro concepto que proporciona ventajas parecidas: las plataformas modulares. La idea es fabricar distintos segmentos y tamaños de automóviles sobre una misma base o plataforma, que incluye partes como los bajos de la carrocería, el grupo motopropulsor, el sistema de transmisión o las uniones al suelo. Es decir, que muchos componentes del vehículo sean los mismos, independientemente del aspecto que luego este pueda tener para el consumidor. Todos estos componentes se pueden fabricar en grandes cantidades, pues son compartidos por muchos modelos diferentes.

Inicialmente se utilizaron plataformas compartidas por los distintos vehículos dentro de un mismo segmento y tamaño, es decir, por los vehículos equivalentes que el ensamblador lanzaba al mercado en sus distintas marcas. Por ejemplo, con esas plataformas un modelo Citroën podía llegar a compartir el 70% de sus componentes con el modelo equivalente de la marca Peugeot. Las plataformas más avanzadas, que son las que han recibido el nombre de modulares, han evolucionado para poder ser utilizadas por vehículos de distintos segmentos y tamaños. Algunas compañías han llegado ya a construir más de la mitad de sus modelos sobre una misma plataforma. Avanzar en esta dirección está llevando incluso a plantear alianzas estratégicas entre distintas compañías con el único fin de compartir plataformas.

La idea de todos estos enfoques es lograr la máxima estandarización de componentes, de forma que podamos ofrecer mayor variedad de productos, a la vez que reducimos el número de componentes.

Despliegue de la función de calidad (QFD)

El despliegue de la calidad o despliegue de la función de la calidad (*Quality Function Deployment*, QFD) es una metodología de origen japonés utilizada para traducir las necesidades y deseos del cliente (denominados *qués*) en especificaciones de diseño, producción y organización para la compañía (denominados *cómos*). También se conoce como la «casa de la calidad», debido al aspecto del gráfico que suele emplearse para aplicar la metodología (véase figura 3.5).

La idea que subyace a esta metodología es que los clientes utilizan un lenguaje para expresar sus necesidades que muchas veces nada tiene que ver con el lenguaje técnico que se utiliza dentro de las organizaciones. Cuando compramos un automóvil, un aspecto que nos puede interesar y que determina nuestra percepción de calidad puede ser la seguridad. Es decir, la seguridad es uno de nuestros *qués*. Sin embargo, el diseñador del automóvil maneja diversos parámetros técnicos, diversos *cómos*, que pueden afectar a esa seguridad (por ejemplo, número de airbags, sistemas de anclaje y sujeción en asientos, blindajes de cabina, equipos de asistencia en la conducción...). El diseñador debe tomar decisiones sobre estos *cómos*, de forma que satisfagan mejor a los *qués* de los clientes. Podemos pensar que bastaría con incorporar todos esos *cómos* al producto, pero no es tan fácil, porque podríamos perjudicar a otros *qués* también importantes para el cliente, como un buen precio, una estética atractiva o un consumo reducido. Por tanto, se trata de determinar el estado ideal de los distintos *cómos* que optimice el ajuste con los distintos *qués*.

Podemos encontrar diversas aplicaciones prácticas de la metodología, pero la mayoría de ellas incluyen seis pasos principales que implican completar distintos apartados de la figura 3.5. En primer lugar, habría que recopilar los *qués* (apartado A), es decir, las necesidades de los clientes o aspectos valorados por estos.

Podrían obtenerse del análisis de datos empresariales (ventas, reclamaciones...) o mediante técnicas de investigación comercial (encuestas, entrevistas...). A continuación, en el apartado B, se realiza una ponderación de los distintos *qués*. Dicha ponderación puede basarse en la importancia asignada por nuestros clientes, en la importancia atribuida por nuestro personal comercial o en la comparación (*benchmarking*) con los principales. La idea es llegar a una valoración, habitualmente numérica, de la relevancia de cada uno de los *qués*.

En el apartado C se recogen, en columnas, los *cómos*, es decir, las dimensiones o parámetros manejados por el departamento de diseño e ingeniería. Es frecuente realizar un análisis de correlaciones entre los distintos *cómos* para considerar el grado de complementariedad o suplementariedad entre ellos (apartado D). Por ejemplo, podría ocurrir que incorporar un sistema de blindaje en la puerta del vehículo impida la correcta colocación de airbags laterales, por lo que estos dos *cómos* presentarían una correlación negativa (avanzar en uno significa retroceder en el otro).

La parte central de la figura (apartado E) se dedicaría a determinar las relaciones entre los *qués* y los *cómos*, es decir, a determinar hasta qué punto un *cómo* puede afectar a cada uno los *qués*. En función de estas relaciones y de la relevancia de cada uno de los *qués* (apartado B), se llega a una valoración, a menudo numérica, de la importancia o relevancia de cada uno de los *cómos* (apartado F). Estas valoraciones, junto al análisis de las correlaciones (apartado D) y a otras posibles observaciones (por ejemplo, *benchmarking* técnico con productos competidores), permitiría llegar a conclusiones sobre los aspectos del diseño (los *cómos*) que deberían ser modificados en el producto para lograr un mejor ajuste con los deseos de los clientes.

Es importante tener en cuenta que la filosofía QFD trasciende mucho más allá que el diseño de los productos. Puede aplicarse para traducir los deseos de los clientes (*qués*) en especificaciones de diseño (*cómos*). Pero estas especificaciones de diseño pueden a su vez entenderse como los *qués* de un nuevo análisis que permitan determinar las características de los componentes (*cómos*). Estas características de los componentes podrían llevar a determinar los métodos de fabricación, y así sucesivamente, de forma que todas las decisiones tomadas en el sistema de operaciones queden condicionadas a los deseos de los clientes. Este ejercicio de despliegue puede considerarse, por tanto, una forma de articular a nivel operativo filosofías de gestión basadas en una mayor orientación al cliente.

También es habitual encontrar esta idea de despliegue secuencial, con tablas similares, en el ámbito de la planificación estratégica, de forma que, en un primer análisis, a partir de unos objetivos o líneas estratégicas generales (*qués*) se determinan los objetivos específicos (*cómos*). A partir de estos objetivos (*qués*) se determinan las acciones o iniciativas a llevar a cabo (*cómos*) en un segundo análisis. A partir de estas iniciativas (*qués*) se determinan los recursos humanos y técnicos necesarios (*cómos*) en un tercer análisis, y así sucesivamente se realiza un despliegue de la estrategia organizativa.

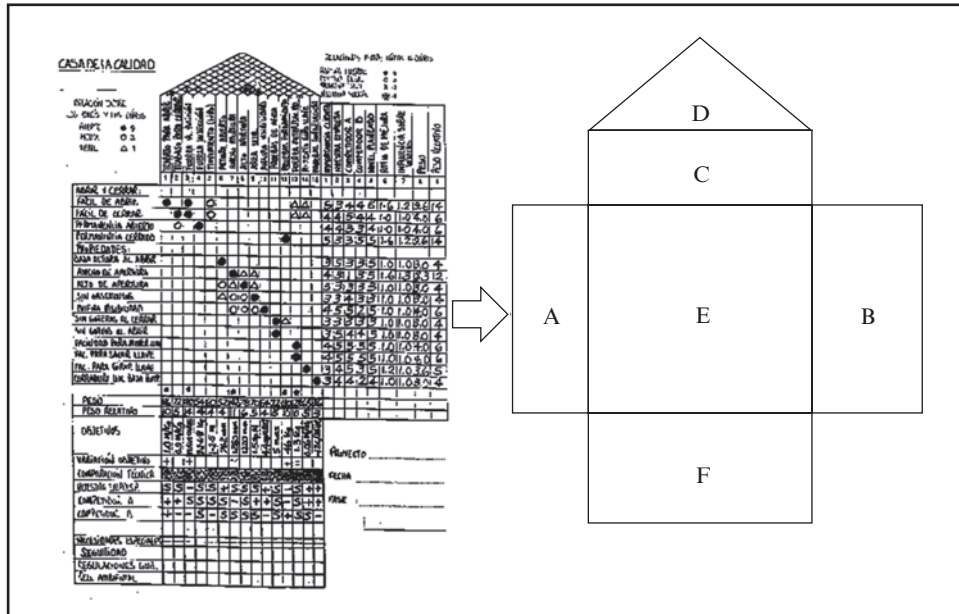


Figura 3.5. Aspecto del gráfico utilizado habitualmente para aplicar QFD.

Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)

El análisis modal de fallos y efectos (*Failure Mode and Effect Analysis*, FMEA) es una metodología que pretende identificar y eliminar de forma sistemática los posibles problemas potenciales asociados con el diseño y la fabricación de un producto. Puede aplicarse al diseño de los productos, con el fin de mejorarlo, o a los procesos de fabricación, con el fin de eliminar posibles defectos que tienen lugar en la fabricación de los productos. El procedimiento es similar en ambos casos, pero en el primero se parte de fallos potenciales de los diseños que tienen efectos directos sobre los consumidores y, en el segundo de fallos potenciales de los procesos que tienen efectos internos dentro de la instalación productiva.

Aplicar FMEA consiste básicamente en la construcción de un documento (véase figura 3.6) que, de forma sistemática, refleja los pensamientos generados por el personal directamente implicado en el diseño o el proceso estudiado sobre las consecuencias de determinados fallos. Este documento servirá para determinar qué fallos y qué causas de estos fallos deben ser atacadas con mayor prioridad, y además permite controlar los avances realizados al respecto.

Una vez descrito el producto o proceso que queremos analizar (apartado A de la figura 3.6) se identifican los posibles modos de fallo (apartado B). Por

Análisis modal de fallos y efectos (AMFE)															
Nombre del proceso o producto:				Realizado por:				Pág:		de					
Propietario del proceso:				Fecha del AMFE:				Rev:							
Producto / proceso	Modo de fallo (potencial)	Efecto del fallo (potencial)	SEV	Causas	OCU	Controles actuales	DET	RPN	Acciones recomendadas	Resp.	Acciones emprendidas	SEV	OCU	DET	RPN
¿Cuáles son los elementos a analizar?	¿De qué forma fallan?	¿Cuál es el impacto de dicho fallo, es decir, su efecto en nuestros clientes o requerimientos internos?	¿Cómo de severo es el fallo para los clientes?	¿Cuáles son las potenciales causas de este fallo?	¿Cuál es la frecuencia con la que ocurre?	¿Cuáles son los controles existentes que previenen los fallos?	¿Hasta qué punto somos capaces de detectar ese fallo o efecto?		¿Cuáles son las acciones a emprender para reducir el RPN?	¿Quién es el responsable de la acción?	Notas sobre la acción, incluyendo fechas.	Nueva SEV después de la acción.	Nueva OCU después de la acción.	Nueva DET después de la acción.	Nueva RPN después de la acción.
								0							0
								0							0
								0							0
A	B	C	D	E	F	G	H								

Figura 3.6. Aspecto de la tabla construida habitualmente para aplicar FMEA.

ejemplo, si analizamos una lata de bebida, un posible modo de fallo es que se rompa la anilla antes de que se abra la lata. A continuación especificaríamos el posible efecto de ese fallo, valorando numéricamente su severidad (S), por ejemplo de 1 a 10 (apartado C). A continuación deberíamos identificar las posibles causas de ese fallo, valorando la probabilidad de ocurrencia (O), por ejemplo también de 1 a 10 (apartado D). Una posible causa del modo de fallo antes comentado sería un incorrecto troquelado de la lata en la parte que se debe romper para abrirse. Por último, especificaríamos los controles actuales y valoraríamos la probabilidad de detección (D) del fallo antes de que alcance al cliente (apartado E). También podríamos diseñar y utilizar una escala de 1 a 10 en este caso.

Los tres aspectos valorados, severidad, ocurrencia y detección, permiten asignar a cada causa de cada modo de fallo un índice de prioridad (un *Risk Priority Number*, RPN), consistente en el producto de los tres parámetros (apartado F). Por tanto, $RPN = S \times O \times D$ y podría alcanzar un valor máximo de 1.000 con las escalas utilizadas. Después, para aquellas causas que presentan un RPN demasiado alto estableceríamos acciones de mejora, determinaríamos los responsables de su implantación y anotaríamos los cambios logrados (apartado G). Finalmente procederíamos a recalcular los valores S, O, D y RPN tras las acciones llevadas a cabo, midiendo así la mejora conseguida en el índice RPN (apartado H). En caso de que esto no se encuentre ya en niveles aceptables, volveríamos a plantear nuevas acciones.

Métodos de Taguchi para el diseño experimental

Los métodos de Taguchi son técnicas estadísticas para realizar experimentos que pretenden determinar las mejores combinaciones de variables de producto y proceso para fabricar un producto. Es frecuente que a la hora de diseñar un producto tengamos múltiples variables (factores) que deban ser tenidas en cuenta. Cada uno de estos factores puede tomar distintos valores (niveles) y es necesario elegir el más conveniente. Sin embargo, cuando el número de factores y de niveles es elevado, las combinaciones posibles son muchas y el número de experimentos a realizar sería muy grande.

Por ejemplo, supongamos que una empresa desea lanzar al mercado un aliño para ensaladas. Para ello dispone de 7 especias (7 factores) que pueden ser incluidas o no incluidas en el aliño (2 niveles: incluir o no incluir). El número de posibles aliños sería de 128 (27). La mejor forma de identificar el mejor aliño sería probar cada una de las 128 posibilidades. Si para probar cada aliño la empresa considera necesario realizar un proceso de cata con 1.000 personas, esto supondría realizar 128.000 pruebas. Supondría un coste muy grande y sería útil disponer de un método que permitiera identificar un buen aliño con mucho menos trabajo experimental.

El método que propone Taguchi se basa en la utilización de «matrices ortogonales». Estas matrices indican qué y cuántos experimentos deben realizarse para un número de factores y de niveles determinado. Para el ejemplo considerado habría que utilizar la matriz L8(27) que se muestra en la figura 3.7.

Cada columna corresponde a un factor (una posible especia a incorporar al aliño) y cada fila corresponde a uno de los ocho experimentos que se proponen. La matriz está llena de «unos» y «doses», representando respectivamente los dos posibles niveles posibles para cada factor (1 incluirlo y 2 no incluirlo). Por tanto, el experimento 1 representa el aliño obtenido de la inclusión de los siete ingredientes (todas las columnas tienen un 1 en esa fila). El experimento 2 representa el aliño obtenido introduciendo únicamente los tres primeros ingredientes, así hasta completar ocho aliños distintos.

Los métodos de Taguchi permiten identificar un buen aliño a partir de los datos recogidos al experimentar con estos ocho aliños. Supondría realizar solo 8.000 catas, lo que supone un ahorro importante en el proceso de experimentación.

Ingeniería del valor

La ingeniería del valor es la aplicación del análisis del valor a productos nuevos, es decir, es un análisis sistemático e interdisciplinar de los factores que afectan al coste de un producto o servicio, manteniendo sus especificaciones a un coste menor y conservando sus niveles de calidad y fiabilidad. Se trata de un conjunto de técnicas que persiguen optimizar tanto el diseño del producto o servicio como la forma en la que se fabrica o presta. Por un lado, tratará de mejorar el valor percibido por el cliente y, por otro, identificar y abatir los costes innecesarios del producto. Por tanto, el resultado final será suprimir aquellos

		Factores						
Experimentos		1	2	3	4	5	6	7
		A	B	C	D	E	F	G
	1	1	1	1	1	1	1	1
	2	1	1	1	2	2	2	2
	3	1	2	2	1	1	2	2
	4	1	2	2	2	2	1	1
	5	2	1	2	1	2	1	2
	6	2	1	2	2	1	2	1
	7	2	2	1	1	2	2	1
	8	2	2	1	2	1	1	2

Figura 3.7. Matriz ortogonal L8 (27) propuesta por Taguchi.

elementos que no aportan valor y/o añadir otros que sí lo aportan. La ingeniería de valor puede aplicarse a cualquier sector y está relacionada con la filosofía de mejora continua en las organizaciones.

Los principios en los que se basa la ingeniería del valor:

- Identificar todos los elementos de un producto.
- Analizar el valor de las funciones de estos elementos.
- Crear diseños alternativos para ejecutar estas funciones.
- Evaluar las alternativas que mantengan las especificaciones del producto.
- Asignar costes a cada una de las alternativas.
- Desarrollar recomendaciones para estas alternativas.

Esto se traduce en variaciones de los productos originales, por ejemplo mediante la *sustitución de materiales*. Algunos materiales que se usan en un producto pueden sustituirse a veces por materiales menos costosos. La empresa puede *mejorar la eficiencia del proceso*. A veces, los procesos de fabricación pueden rediseñarse para cumplir con las especificaciones del producto a un coste menor. También pueden buscarse *diseños modulares*, que se comparten entre diferentes productos. Esto puede reducir los costes de desarrollo y producción simplificando parte del proceso. Otro ejemplo es la mejora en *eficiencia energética*, tanto en la parte de fabricación o transporte del producto (reduciendo costes) como su consumo durante su vida útil (aumentado su valor).

Diseño para la fabricación

El diseño para la fabricación consiste en tener en cuenta desde la fase de diseño los requisitos del proceso productivo de la compañía. Es conocida por el acrónimo DFM «*design for manufacturing*». Esta técnica tiene por objetivo hacer que la fase de producción sea más fácil y económica.

Diseño para el ensamblaje

Conocida por las siglas DFA «*design for assembly*», se centra en simplificar el proceso de ensamblaje. Para ello pone especial énfasis en que se diseñen componentes que no generen problemas a la hora de ensamblarlos o que solo puedan ser ensamblados de una manera, evitando de esta forma los errores.

Los principios en los que se basa el diseño para la fabricación y el ensamblaje son los siguientes:

- Minimizar el número de partes y ensamblajes.
- Usar partes estándar siempre que sea posible.
- Diseñar partes para varios usos.

- Diseñar subensamblajes como módulos que se puedan utilizar de muchas maneras y en diferentes combinaciones.
- Usar procesos repetibles y bien entendidos.
- Diseñar para facilitar el ensamblaje con la manipulación mínima.
- Evitar el uso de herramientas.
- Diseñar productos que sean fáciles de testar y en los cuales sea fácil reemplazar las partes.

La aparición de estas técnicas ha llevado al desarrollo de *software* DFMA, «*design for manufacturability and assembly*». Este *software* es un potente instrumento para mejorar la calidad y disminuir los costes. Ayuda a identificar diseños más fáciles de construir centrándose en las implicaciones económicas de diseño. Esto es importante, ya que las decisiones tomadas durante el diseño representan entre el 80 y el 90% del coste de producción. La aplicación de estas técnicas ha conseguido resultados asombrosos; por ejemplo, IBM consiguió reducir tiempos de ensamblaje de treinta minutos a tres minutos. New York Air Brake Co. redujo el número de componentes y sus ensamblajes en un 30% y el coste de ensamblaje en un 50%.

El diseño para la fabricación y el ensamblaje son materializaciones de la ingeniería concurrente. Requiere de la participación de los ingenieros y técnicos de producción en la fase de diseño, para que estos puedan reportar sus necesidades y aportar ideas que, luego, cuando el producto llegue a la fase de manufactura, faciliten el trabajo.

Diseño para el servicio

Conocida como *design for service o serviceability*, tiene por objeto tener en cuenta durante el diseño del producto factores asociados a las prestaciones de servicios asociados al mismo. Por ejemplo, si una empresa ofrece un servicio de reparación gratuito por un período de tiempo, estará interesada en que dicha reparación se pueda llevar a cabo de la forma menos costosa y eficaz. Por ello procurará en el diseño del producto que las partes a reparar sean de fácil acceso y fáciles de desmontar.

Esta técnica resulta de gran utilidad si mi prioridad competitiva es la calidad, ya que me permite facilitar la calidad de servicio. Es decir, entregar al cliente no solo un producto que se ajuste a sus deseos, sino que este vaya acompañado del mejor servicio posible.

Servitization

Hoy en día el diseño para el servicio cada vez tiene más relevancia, ya que cada vez es más habitual desarrollar los servicios asociados a un producto. Estos servicios han pasado de considerarse un coste asociado al DNP que hay que soportar a una fuente de valor añadido. Y esto ha hecho que en algunos casos el

desarrollo de los servicios vinculados a un producto vaya tan lejos que se hable de *servitization*, es decir, de la transformación de un producto en un servicio. Este es el caso de los motores que Rolls-Royce fabrica para aviones. Tradicionalmente Rolls-Royce vendía dichos motores como un bien, pero en la actualidad en realidad vende un servicio, ya que incluye el mantenimiento y reparación de los mismos durante un largo período de tiempo, y garantiza que los motores no dejen de estar en funcionamiento durante dicho período de tiempo. Se trata de asegurar que el valor que el cliente obtiene del producto no se vea interrumpido.

Ahora bien, esto tiene una serie de implicaciones para el diseño y también para la organización de la producción. Así, respecto a las implicaciones para el diseño, la *servitization* de un bien requerirá el desarrollo de recursos y capacidades necesarias por parte de la compañía para diseñar servicios. En cuanto a las implicaciones para la organización, tal y como señalábamos en la introducción de este capítulo, el desarrollo de nuevos productos supone una pieza clave de la dirección de operaciones, ya que afecta a todo el proceso productivo; el paso de ser un proveedor de bienes a un proveedor de servicios implicará un cambio radical en la organización, que necesitará transformarse enormemente para adquirir los recursos y capacidades necesarios para ser un proveedor de servicios. En el caso de Rolls-Royce, tendrá que pensar cómo organizar operativamente la reparación de cualquiera de sus motores en cualquier lugar del mundo. Por ejemplo, deberá plantearse si tener trabajadores y talleres en cualquier aeropuerto del mundo o subcontratar servicios. Este proceso difiere bastante de la producción de motores en sus fábricas.

Diseño para el medio ambiente

Conocida como DFE, «*Design for environment*», esta técnica incluye tres posibles vías de actuación: diseño para la fabricación respetuosa con el medio ambiente, diseño para el envasado respetuoso con el medio ambiente y el diseño para el reciclaje. Esta técnica implica analizar todo el ciclo de vida del producto y reducir su impacto medioambiental durante todas las etapas del mismo (diseño, fabricación, transporte, utilización y reciclado).

La fabricación respetuosa con el medio ambiente implica:

- Utilizar procesos y materiales no tóxicos.
- Minimizar la utilización de energía.
- Minimizar las emisiones contaminantes.
- Minimizar el despilfarro y los desechos.

El diseño para un envasado respetuoso con el medio ambiente implica las siguientes consideraciones:

- Minimizar los materiales de *packaging*.
- Utilizar pallets y envasados reutilizables.

- Utilizar *packaging* reciclable.
- Utilizar *packaging* biodegradable.

El diseño para el reciclaje implica aspectos como:

- La reutilización de componentes.
- Seleccionar materiales reutilizables.
- Evitar la utilización de materiales como grafito y fibra de vidrio.
- Minimizar el número de materiales y sus colores para facilitar la separación de materiales y su reutilización.
- Identificar el material utilizado para facilitar su reutilización.
- Diseñar para facilitar que los materiales sean fácilmente separables.
- Diseñar para facilitar el desensamblado.
- Evitar el uso de adhesivos.

Un original proyecto de diseño de un producto sostenible serían las casas fabricadas con la tecnología Facit D-Process. Esta tecnología te permite diseñar tu propia casa imprimiendo sus partes gracias a la tecnología 3D y ensamblarlas como grandes piezas de Lego. Evitan los elevados gastos de logística eliminando el transporte de materiales y minimizan el desperdicio.

Como punto final a esta sección es importante subrayar, como se resume en la tabla 3.3, que los objetivos operativos o prioridades competitivas se pueden perseguir desde la fase de diseño de producto. Por ejemplo, se pueden conseguir menores costes y mayor flexibilidad utilizando técnicas de diseño modular, y conseguir asegurar la calidad utilizando el despliegue de la función de calidad, el análisis modal de fallos y efectos o los métodos de Taguchi. La ingeniería del valor permite reducir los costes de producción sin reducir la calidad. Una mayor agilidad en el desarrollo de nuevos productos puede conseguirse a través de diseño para el ensamblaje.

TABLA 3.3
Objetivos operativos y técnicas de desarrollo de nuevos productos

Calidad	QFD, Análisis modal de fallos y efectos, métodos de Taguchi, diseño para el servicio.
Rapidez	Diseño para la fabricación y el montaje, ingeniería concurrente.
Flexibilidad	Diseño modular.
Fiabilidad	Análisis modal de fallos y efectos, diseño para la fabricación.
Costes	Diseño modular, ingeniería del valor.
Sostenibilidad	Diseño para el medio ambiente.

3.4.3. Construcción y evaluación de prototipos

El objetivo de esta etapa es testar el producto en uso. Esta evaluación puede ser técnica o de mercado. Para la evaluación técnica se pueden utilizar maquetas, plantas piloto o evaluaciones virtuales. La tecnología CAE, «*Computer Aided Engineering*», permite modificar el diseño del producto y comprobar cómo, al hacerlo, cambian determinadas características técnicas del producto, como su resistencia o capacidad. Para la evaluación de mercado se puede lanzar el producto al mercado en una zona piloto o bien seleccionar un pequeño panel de consumidores que lo prueben y evalúen.

3.4.4. Producción

Para muchos autores el desarrollo de un nuevo producto abarca todas las etapas, desde la primera idea original hasta que el producto está disponible para el cliente en el punto de venta. Esto implica gestionar no solo la fase de generación de ideas, de diseño y testeo del prototipo, sino también la producción. Teniendo en cuenta que el resto del manual cubre aspectos relacionados con la organización del proceso productivo no vamos a profundizar en esta etapa. Pero sí nos gustaría subrayar que el diseño del producto, como se ha venido diciendo, condiciona el diseño del proceso productivo. Por tanto, ambos deberán considerarse en paralelo.

El diseño del proceso productivo incluirá tener en cuenta aspectos como la capacidad de las instalaciones, la localización de las mismas, el grado de integración vertical, la distribución física de los recursos productivos, el diseño de puestos de trabajo, la selección de la tecnología a emplear o el diseño e los procesos a tratar en próximos capítulos.

3.4.5. Comercialización

Tal y como hemos venido destacando a lo largo del manual del DNP, es un proceso transversal que implica a distintas áreas o departamentos de la empresa. En este manual nos estamos centrando en las actividades que tienen que realizar durante el mismo los profesionales del área de operaciones. Pero muchos aspectos del mismo están vinculados con otras áreas de especialización de la empresa. Tal es el caso de aspectos vinculados con la comercialización del producto, como determinar el precio que los clientes están dispuestos a pagar, o la comunicación, que implica el diseño de campañas publicitarias, su contenido y selección de medios. Estos aspectos son gestionados por especialistas del área comercial o de marketing, y por tanto no son objeto de este manual, pero es importante dejar

aquí plasmada la necesidad de coordinar las distintas áreas de especialización de la empresa, para tenerlos en cuenta durante los procesos DNP. La comercialización también implica la selección de canales de distribución, lo que tiene implicaciones tanto para el área comercial o de marketing como para el área operativa. Las implicaciones para el área operativa estarán vinculadas con la gestión logística de la distribución de nuevo producto. Esta gestión será tratada en profundidad en otros capítulos de este volumen.

Postponement

Es necesario destacar, sin embargo, en esta etapa de la comercialización que, debido al alto ratio de exigencia de los mercados actuales y la necesidad de adaptarse al máximo a sus demandas, se han desarrollado distintas técnicas que retrasan la finalización del diseño del producto hasta estar lo más cerca posible de la etapa de comercialización o venta del producto. Esto ha venido a denominarse *postponement* que como puede verse viene de la palabra posponer. Según las características del sector y de la tecnología empleada en el mismo se puede posponer lo máximo que sea posible: la compra de materiales, la fabricación de componentes, el ensamblaje de los mismos, el etiquetado o la logística. Cuando se pospone todo ello se habla de producción bajo pedido y también de *pure postponement*. Sería como llevar esta iniciativa al extremo. Algunas marcas de pintura permiten que el cliente elija el tono exacto de color que va a comprar en la propia tienda, y basándose en esa selección mezclan los colores necesarios para conseguirla. Este sería un ejemplo de posponer el ensamblado (mezcla) hasta el momento de la comercialización. Hoy en día la industria de la moda recurre habitualmente al *postponement*, se encarga a los proveedores que vayan tejiendo las telas, y se espera lo máximo que permitan los tiempos de producción y servicio para determinar el patrón o el colorido de las prendas. Esto permite ir analizando las ventas y acertar lo más posible en la selección.

RESUMEN

En este capítulo hemos definido en primer lugar en qué consiste este proceso de desarrollo de nuevos productos (DNP). Para ello especificamos sus principales etapas, comentamos las distintas funciones empresariales implicadas en este proceso, explicamos los distintos enfoques que pueden adoptarse en este proceso, secuencial o concurrente, y distinguimos entre nuevos productos que representan una innovación incremental *versus* aquellos que constituyen una innovación radical.

En segundo lugar, reflexionamos sobre el ciclo de vida de los productos y sus implicaciones para las especificaciones de producto y para las decisiones vinculadas a la dirección de operaciones.

En tercer lugar, comentamos los indicadores de éxito del DNP. Este puede medirse tanto a través de la consecución de objetivos comerciales o financieros, como a través de objetivos operativos tales como la calidad, el coste, la fiabilidad, la rapidez, la flexibilidad o la sostenibilidad. Se han detallado también los principales factores asociados a dicho éxito.

Por último, revisamos las distintas técnicas y prácticas que se pueden aplicar en cada etapa del DNP. De este modo, explicamos las posibles fuentes de ideas y los diferentes análisis que deben pasar dichas ideas. También explicamos técnicas como el despliegue de la función de calidad, los métodos de Taguchi, el análisis modal de fallos y efectos, el diseño modular, la ingeniería del valor, el diseño para la fabricación, el diseño para el montaje, el diseño para el servicio, el diseño para la sostenibilidad o el *postponement*. En cada caso se ha incluido una pequeña reflexión sobre la capacidad de cada una de estas técnicas para conseguir distintos objetivos operativos.

EJERCICIOS

1. Complete una casa de la calidad en la que los *qués* sean las preferencias de los consumidores y los *cómos* las especificaciones de producto para uno de los siguientes productos.
 - a) Campamento de día para niños.
 - b) Silla de ruedas eléctrica para tercera edad.
 - c) Bote de pelotas de pádel.
 - d) Televisor.
2. Indique en qué fase del ciclo de vida se encuentran los siguientes productos y qué tipo de modificaciones crees que tendría sentido hacerles:

- a) Drones.
- b) CD.
- c) Teléfonos móviles.
- d) Coches.
- e) Lápices.
- f) Impresoras 3D.

- 3. Realice un análisis modal de fallos y efectos para el diseño de una nueva lata de refrescos.

BIBLIOGRAFÍA

- Barnes, D. (2008). *Operations Management. An International Perspective*. Thomson.
- Miranda, F. J., Rubio, S., Chamorro, A. y Bañegil, T. M. (2005). *Manual de Dirección de Operaciones*. Thomson.
- Montoya-Weiss, M. M. y Calantone, R. (1994). Determinants of new product performance: A review and meta-analysis. *Journal of Product Innovation Management*, 11(5), 397-417.
- Pawar, K. S., Beltagui, A. y Riedel, J. C. (2009). The PSO triangle: Designing product, service and organisation to create value. *International Journal of Operations & Production Management*, 29(5), 468-493.
- Slack, N., Chambers, S., Harland, C., Harrison, A. y Johnston, R. (1998). *Operations Management* (2.^a ed.). Londres: Pitman Publishing.
- Urban, G. L. y Hauser, J. R. (1993). *Design and marketing of new products* (2.^a ed.). Englewood Cliffs. N. J.: Prentice-Hall.
- Vonderembse, M. A. y White, G. P. (1991). *Operations Management, Concepts, Methods, and Strategies*. West Publishing Company.
-

4

Gestión de la innovación y la tecnología

Antonio Padilla Meléndez
Ana Rosa del Águila Obra

INTRODUCCIÓN

De la capacidad de innovación de las empresas e instituciones de un país depende en buena medida la competitividad del mismo en relación con su entorno, siendo la innovación una fuente de ventajas competitivas (Porter, 1991). En la actualidad, la innovación no es una opción, ni desde una perspectiva macro ni desde una micro. De hecho, en particular la innovación tecnológica se ha convertido en un fenómeno transversal que está cambiando las reglas del juego en prácticamente todos los sectores de actividad. Además, otros fenómenos, como la innovación social, están irrumpiendo con fuerza y están generando oportunidades, en particular desde el emprendimiento, para nuevos proyectos.

Innovar consiste en la búsqueda de nuevos horizontes y testar nuevas ideas en el mercado. Innovar supone hoy en día una necesidad para las empresas, dado que los clientes exigen nuevos productos, con más prestaciones, la competencia imita cada vez mejor, con lo que se eliminan/reducen muy rápidamente las ventajas competitivas, las nuevas tecnologías crean oportunidades, y es la mejor forma o quizá la única de luchar por la continuidad con éxito de la empresa, habiéndose demostrado además que existe una relación directa entre innovación y mejores resultados financieros.

En cuanto a los efectos de la innovación y la tecnología, esta es un factor de contingencia que afecta a la evolución de la industria (creando nuevos sectores) y a la estructura competitiva de la misma (mayor intensidad de competencia actual, modificando las barreras de entrada, incrementando los productos sustitutivos y alternando el poder negociador de clientes y proveedores) (Guerras y Navas, 2015).

En este contexto, el objetivo de este capítulo es delimitar el concepto de innovación y sus distintas modalidades, así como los factores que influyen en el

comportamiento innovador de las empresas, para finalizar con algunas claves prácticas sobre cómo se debe afrontar hoy en día la gestión de la innovación y la tecnología.

4.1. CONCEPTO Y TIPOS DE INNOVACIÓN

Es posible referirse al nivel de innovación de un país, a las prácticas de innovación, a las empresas más innovadoras de un sector, a las capacidades de innovación de una empresa o a la orientación innovadora de una persona o de un grupo. Según a qué fenómeno se esté haciendo referencia, el concepto de innovación puede variar sensiblemente. La innovación es tanto un resultado, por ejemplo un nuevo medicamento como un proceso, es decir, la concepción, diseño, desarrollo, fabricación o producción y comercialización de un nuevo producto, servicio o proceso.

Sin embargo, la innovación es un fenómeno complejo, difícil de definir de forma clara y concisa. La definición más extendida y aceptada es la de Damanpour (1996), quien se refirió a la misma como un medio para cambiar la organización, transformando ideas en productos.

Se trata que la innovación sea nueva para la empresa, pero no necesariamente para su sector o mercado.

Más recientemente, Baregheh, Rowley y Sambrook (2009, p. 1334) han definido la innovación, desde una perspectiva multidisciplinar, como *el proceso multietapa mediante el cual las organizaciones transforman las ideas en productos, servicios o procesos nuevos/mejorados, para avanzar, competir y diferenciarse exitosamente en su mercado*.

De las definiciones anteriores se desprende la existencia de varios tipos de innovación, ya señaladas por Schumpeter (1934). La innovación en producto consiste en la introducción en el mercado de un nuevo producto, que puede basarse en emplear materias primas diferentes. La innovación en proceso implica un nuevo método de producción o de comercialización. La innovación de mercado implica abrir nuevos mercados.

Se puede hablar de varios tipos de innovación atendiendo a distintos criterios de clasificación, concretamente la innovación de producto y de proceso si nos referimos al objetivo de la innovación, e innovación incremental y radical respecto a su nivel de impacto o grado de novedad.

La innovación de producto consiste en la fabricación y/o comercialización de nuevos productos o mejores versiones de productos existentes, ya sea mediante tecnologías nuevas (por ejemplo, el *iPad* en el caso de *Apple*) o mediante nuevas utilizaciones de tecnologías existentes (Internet).

La innovación de proceso consiste en la instalación de nuevos procesos de producción para mejorar la productividad o racionalizar la fabricación, ya sea para la fabricación de productos nuevos o para la fabricación más eficiente de

productos existentes (por ejemplo, *Ford Motor Company* desarrolló la primera línea de montaje en movimiento).

La innovación incremental consiste en llevar a cabo pequeños cambios dirigidos a incrementar la funcionalidad y las prestaciones de los productos y/o procesos de la empresa o de los de la competencia. Por ejemplo, el lanzamiento de *Gmail* por *Google* se basó en el conocimiento anterior de la empresa.

La innovación radical o disruptiva persigue crear nuevos productos o procesos que no son una evolución natural de los ya existentes. Su éxito en el mercado depende de si responde a necesidades insatisfechas, como en su momento la refrigeración. Actualmente el Internet de las cosas o la impresión 3D son innovaciones radicales, aunque en estos casos su difusión está teniendo lugar más a largo plazo.

Por otra parte, según la naturaleza de la innovación, se clasifican los tipos de innovación en innovación tecnológica e innovación administrativa (véase figura 4.1).

La innovación tecnológica implica normalmente cambios en los medios de producción y conlleva mejoras en productos o procesos debidas a la introducción de cambios, a partir de la incorporación de una nueva tecnología en su momento (por ejemplo, teléfono, ordenadores, *Wi-Fi*, *Internet*, *Facebook* o nuevos medios de producción, entre otros).

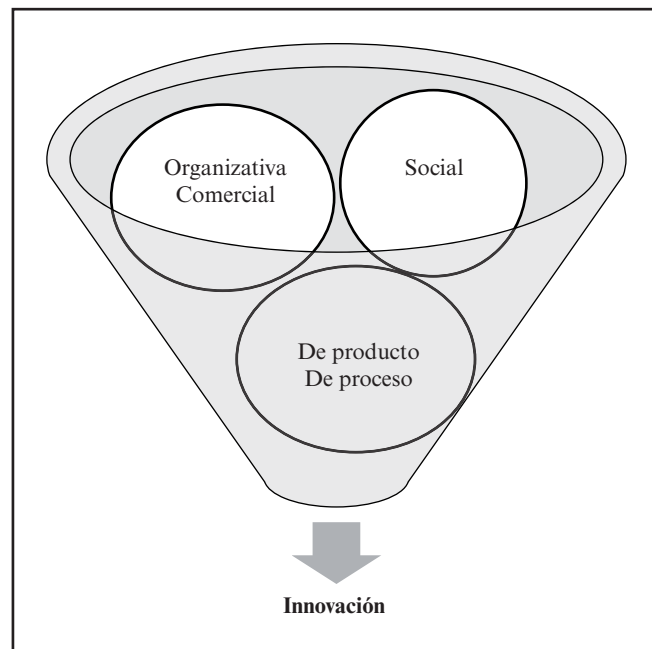


Figura 4.1. Tipos de innovación.

La innovación administrativa reúne aquellas innovaciones no encuadrables en las dos anteriores categorías, como las realizadas en las áreas comerciales, financieras u organizativas que acompañan, apoyan y potencian la corriente innovadora de la empresa (por ejemplo, comercializar productos a través de Internet (innovación digital) (Nambisan, Lyytinen, Majchrzak y Song, 2017), o implantar un sistema de gestión de la calidad). Engloba a su vez dos modalidades:

- Innovación organizativa o de gestión: en este caso el cambio ocurre en la dirección y organización bajo la cual se desarrolla la actividad productiva y comercial de la empresa. Entre las innovaciones organizativas de posible aplicación a la empresa pueden distinguirse:
 - Las que actúan externamente; por ejemplo, constitución de redes de empresas.
 - Las que actúan internamente; por ejemplo, aplicando normas de calidad.
- Innovación comercial: surge al cambiar alguna de las diversas variables del marketing. Entre ellas se encuentran:
 - Promoción de ventas con nuevos métodos.
 - Nuevas combinaciones estética-funcionalidad.
 - Novedosos sistemas de distribución.
 - Otras formas de venta de bienes y servicios.

Una innovación comercial consiste en la aplicación de modelos o métodos de venta nuevos o mejorados de manera significativa, destinados a aumentar el atractivo de sus bienes y servicios o a penetrar en nuevos mercados.

En la última década se está desarrollando otra forma de innovación, cuyo objeto es lograr alcanzar fines sociales y que persiguen el cambio social. Se persigue a través de la misma la creación de valor social, también denominado valor híbrido, y que está siendo impulsada por el sector público, privado, tercer sector y, sobre todo, por los emprendedores sociales.

La innovación social se define como una *solución novedosa a un problema social que sea más eficaz, eficiente, sostenible o justo que las soluciones existentes y para la cual el valor creado se destina principalmente a la sociedad en su conjunto más que a los particulares* (Phills, Deiglmeier y Miller, 2008).

Para las empresas, la innovación social supone una oportunidad en un momento en el que el mercado está cambiando y los consumidores demandan de las empresas un mayor compromiso social. A través de la innovación social, las empresas pueden adaptarse a esas nuevas demandas del entorno y al mismo tiempo convertirse en agentes de cambio social. Se encuentran ejemplos tales

como *La Fageda*, que desarrolla una labor de inserción laboral de personas desfavorecidas, desarrollando un amplio número de actividades en su centro especial de trabajo (fábrica de lácteos y de helados, obrador de mermeladas o jardinería, entre otros), o *Specialisterne*, empresa social que ofrece servicios de consultoría a empresas creando empleo para personas con trastornos del espectro del autismo y diagnósticos similares (COTEC, 2017).

En resumen, el cambio que representa una innovación puede tener lugar tanto en la estructura social como en la gestión pública, o en la elaboración de un producto o en la organización de una empresa, entre otros. Así, la innovación representa una forma de transformar el conocimiento en un proceso, un producto o un servicio, con nuevas opciones y ventajas para el mercado.

4.1.1. El comportamiento innovador de las empresas: factores internos

No todas las empresas innovan en la misma medida. Según Nieto y Navas (2015), las variaciones en la intensidad del esfuerzo innovador que realizan las empresas viene determinada por la influencia de múltiples factores que pueden agruparse a tres niveles de análisis:

1. Estructura de la industria.
2. Características de la empresa.
3. Entorno institucional.

Con objeto de simplificación se hará referencia a factores internos (individuales y organizativos) y externos. En cuanto a los factores internos u organizativos en la actitud innovadora de las organizaciones, estos se refieren a las características o políticas de la empresa, que a su vez se pueden clasificar en factores individuales (relacionados con el fundador/a de la empresa y los directivos/as) y organizativos (Padilla-Meléndez, Del Águila-Obra y Lockett, 2014).

En relación con los factores individuales, del fundador o la fundadora de la empresa, el nivel de formación se ha demostrado un factor explicativo del comportamiento innovador de las empresas, en particular en las pymes (Verhees y Meulenberg, 2004). Así, Marcati, Guido y Peluso (2008) señalaron la importancia del capital humano, nivel de formación y experiencia (habilidades, capacidades o conocimiento tanto técnico como de dirección).

En algunos casos también se ha podido demostrar que existe una relación positiva entre el grado de experiencia de los directivos y el desarrollo de actividades relacionadas con la innovación (Koellinger, 2008). Esta experiencia se relaciona con conocimiento del mercado o inteligencia competitiva (Verhees y

Meulenbergh, 2004) y de la industria, dado que ello afecta al reconocimiento de oportunidades que pueden ser desarrolladas a través de soluciones innovadoras desarrolladas por los emprendedores/as (Sambasivan, Abdul y Yusop, 2009). De hecho, se ha encontrado cómo una personalidad proactiva y una orientación de los directivos hacia una estrategia de prospección de oportunidades influye en la innovación (Kickul y Gundry, 2002).

En cuanto a los factores de carácter organizativo, se han considerado el sector de actividad, la actitud estratégica (reactiva o proactiva), el tamaño, la toma de decisiones centralizada, la formalización, la antigüedad de la empresa, el apoyo de la dirección a la innovación personal y su formación, y los efectos percibidos de la innovación.

El **sector de actividad** se relaciona con el tipo de innovación. Las empresas manufactureras innovan más en tecnología y las de servicios en innovaciones organizativas (Tether, 2005).

La **actitud estratégica** de la empresa (reactiva o proactiva) afecta a la innovación, siendo la actitud estratégica proactiva de la empresa la que conlleva ser la primera en adoptar innovaciones (nuevos productos, nuevos mercados, experimentos con la tecnología, etc.). La actitud reactiva únicamente introduce innovaciones cuando estas han sido ya probadas por otros (Teo, 2007). En este sentido, se puede hacer referencia a empresas proactivas o reactivas en relación con la innovación.

El **tamaño** de una organización normalmente se mide por el número de trabajadores activos o cifra de negocios de la empresa. Las empresas grandes pueden necesitar adoptar más innovaciones que una organización pequeña. Es destacable cómo algunas innovaciones, como las tecnológicas, están positivamente relacionadas con el tamaño, mientras que las de tipo administrativo lo están negativamente, aunque algunos investigadores señalan que esta necesidad de innovar es consecuencia de que la organización grande dispone de más recursos financieros, habilidades de marketing y capacidades para investigar. Sin embargo, otros señalan un efecto negativo de la innovación (más formalización y menor comportamiento innovador de los directivos en las empresas grandes) (Damanpour, 1996, 1992; Sciulli, 1998).

Sin embargo, las empresas grandes cuentan con más recursos, aunque suelen ser más lentas para adoptar innovaciones rápidamente (Damanpour, 1996).

En el estudio realizado por Damanpour (1992) se demuestra que la relación entre el tamaño y la innovación de la organización es muy estrecha, a pesar de la existencia de factores relacionados con el tamaño (la formalización, la estandarización, etc.), que pueden afectar a la fortaleza de esta relación.

Se puede concluir, por tanto, que el tamaño, como factor importante que afecta a la innovación en la organización, está relacionado positivamente e influenciado por otras variables, como por ejemplo el grado de la formalización, el sector industrial, la complejidad, el tipo de innovación, la etapa del ciclo vital por la que pasa la organización y el entorno que rodea a esta.

Se entiende por **centralización** el nivel jerárquico de autoridad y el grado de participación de los individuos en la toma de decisión dentro de la organización. En otras palabras, es el grado de concentración de poder y control en manos de relativamente pocos individuos en una organización. Para Damanpour (1991) y Rogers (1983), la centralización está relacionada negativamente con respecto al grado de innovación de una organización.

La **formalización** se refiere al grado de especificación de lo que se puede y no se puede hacer en una empresa, en términos de normas. A mayor formalización, normalmente, menor innovación (Damanpour, 1991). La flexibilidad favorece la innovación. Sin embargo, la formalización afecta positivamente a la hora de proponer e iniciar innovaciones (Rogers, 1983).

El **apoyo de la dirección** es fundamental para desarrollar proyectos de éxito, siendo el líder del proyecto clave (Rogers, 1983).

El **personal y su formación** también influye en la innovación, habiendo sido señalado el capital humano como un factor crucial en las actividades innovadoras (Mohnen y Röller, 2005).

En cuanto a los efectos de la innovación, tanto los positivos (beneficios) como los negativos (barreras), afectan al comportamiento innovador de las empresas (Iacovou, Benbasat y Dexter, 1995; Teo, Tan y Buk, 1997; Teo y Tan, 1998). Entre los efectos positivos están los directos (ahorros en costes, generación de ingresos) y los indirectos (potenciales oportunidades de negocio, marketing), siendo necesario que las empresas perciban los positivos antes de adoptar una innovación. Estos beneficios percibidos y barreras pueden ser también factores que afecten a los resultados que obtiene una empresa con la innovación.

4.2. EL ENTORNO Y LA INNOVACIÓN EMPRESARIAL

En relación a los **factores externos**, la innovación supone responder al entorno o adoptar acciones para influir en dicho entorno (Crossan y Apaydin, 2010).

El **entorno** incluye múltiples aspectos y dimensiones que afectan a las empresas, y su cambio puede impulsar la innovación, que en ocasiones viene determinado por la presión competitiva.

El entorno es relevante para explicar la innovación empresarial, ya que puede ser estable o inestable, afectando al tipo de organización (mecánica u orgánica) y, por tanto, a la innovación (Damanpour, 1991).

Los cambios introducidos en un sector por parte de algunas empresas conllevan el que otras empresas introduzcan también innovaciones, aumentando la hostilidad entre las mismas. Por tanto, las innovaciones que realice la competencia suponen una presión para el resto de las empresas para innovar (Iacovou, Benbasat y Dexter, 1995).

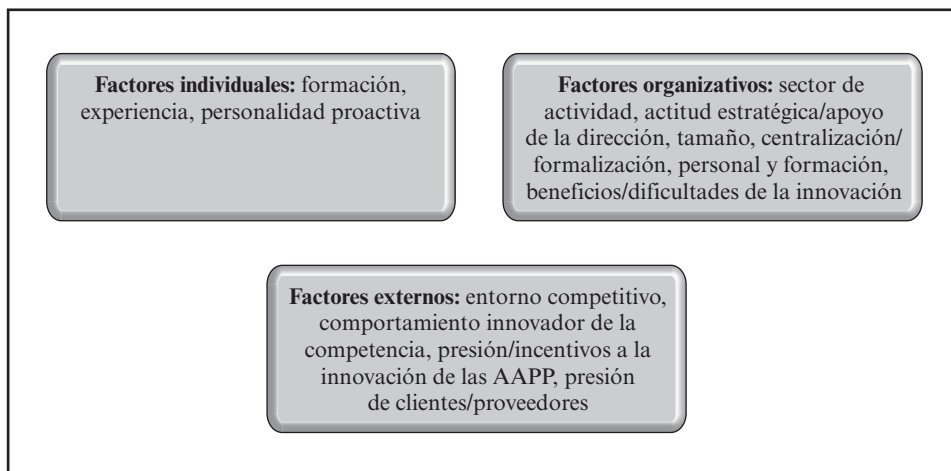


Figura 4.2. Factores que impactan en el comportamiento innovador de las empresas.

Es preciso, por último, mencionar las actuaciones de otros agentes. En ocasiones las Administraciones Públicas (AAPP) presionan/incentivan para innovar, promoviendo la innovación empresarial (Iacovou, Benbasat y Dexter, 1995; Rogers, 1983). Además, estas mismas instituciones afectan a las actividades innovadoras empresariales con la regulación (Lanjouw y Mody, 1996; Souitaris, 2001, 2002; Radas y Božić, 2009).

Finamente, es destacable la importancia de tener vínculos con centros de conocimiento (Becheikh, Landry y Amara, 2006; Keizer, Dijkstra y Halman, 2002), así como el acceso a financiación externa o ayudas públicas.

4.3. GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA

La innovación en términos generales, y la innovación tecnológica en particular, se ha convertido en un imperativo, no en una opción, para la supervivencia y el crecimiento de la empresa.

La innovación se ha definido como un proceso multietapa, que se puede agrupar en dos fases: generación y adopción de la innovación.

La **fase de generación** consiste en la generación de la idea y resolución de un problema respecto a un determinado producto, servicio y/o proceso nuevo.

La **fase de adopción** implica la adquisición de la innovación, e implica diversos niveles de adopción (iniciación e implementación) (Damanpour, 1991). La iniciación plantea la necesidad de la innovación, buscando información y recursos, y la implementación supone realizar los cambios necesarios.

En la primera etapa las empresas deben decidir si ser líderes o seguidores en términos de innovación, y deben responder a cuestiones tales como: ¿Desarrollamos I + D + i (Investigación + Desarrollo + innovación) internamente?, ¿la adquirimos del exterior? y ¿qué otras actividades pueden desarrollar nuestra empresa para innovar? Existen dos formas de desarrollar I + D + i: la generación interna o la adquisición del exterior (Guerras y Navas, 2015). La generación interna es más arriesgada, pero también supone independencia y diferenciación para la empresa.

Las actividades de I + D + i interna consisten en trabajos creativos para incrementar los conocimientos y concebir nuevas aplicaciones, productos y/o procesos. La fuente de información para desarrollarlas puede ser interna (personal y departamentos de la empresa), o bien a través de la obtención de información por medio de diversos canales, tales como ferias, congresos, publicaciones especializadas, universidades, consultores, proveedores o competidores, entre otros (INE, 2014). En este sentido, se considera que la capacidad de las empresas para absorber y asimilar nuevo conocimiento externo es crucial en el entorno actual, constituyendo la capacidad de absorción (Camisón y Forés, 2012).

La adquisición de I + D + i externamente tiene lugar a través de contratos y/o convenios con empresas, instituciones, universidades y centros de investigación, entre otros (INE, 2014).

También se consideran actividades relacionadas con la innovación las siguientes (INE, 2014; Navas, 1994):

- La adquisición de maquinaria *hardware* o *software* avanzado y de edificios destinados a la producción de productos o procesos nuevos o mejorados de manera significativa.
- La adquisición de otros conocimientos externos para la innovación, a través de la compra o uso bajo licencia de patentes o de invenciones no patentadas y conocimientos técnicos o de otro tipo realizados por otras empresas u organizaciones, para utilizar en las innovaciones de su empresa.
- La formación para actividades de innovación, interna o externa de su personal, destinada específicamente al desarrollo o introducción de productos o procesos nuevos o mejorados.
- La introducción de innovaciones en el mercado, a través de actividades realizadas por la empresa o externalizadas, para la introducción en el mercado de bienes o servicios nuevos o mejorados, incluyendo la prospección de mercado y la publicidad de lanzamiento.
- El diseño, otros preparativos para producción y/o distribución, y procedimientos técnicos para realizar productos o procesos nuevos o mejorados, incluyendo, por ejemplo, pruebas y estudios de viabilidad.

Es preciso indicar que, en los últimos años, en contraposición a la visión de la innovación como un proceso lineal, el paradigma de la innovación abierta ha

recibido una gran atención. La I + D + i se concibe como un sistema abierto, integrando competencias internas y externas (Chesbrough, 2003, 2004; Hui-zingh, 2011).

La innovación abierta contempla tanto el conocimiento entrante como saliente de la empresa, así como la colaboración entre los diferentes actores implicados, colaborando con otros actores en ecosistemas de innovación.

En definitiva, en el contexto actual la empresa debe: desarrollar capacidades dinámicas que le permitan tener habilidad para desarrollar nuevas soluciones; cultivar, adaptar y regenerar su conocimiento base, desarrollando y reteniendo las capacidades organizacionales que traducen este conocimiento en acciones útiles; estar orientada a crear nuevos productos y procesos, y responder a las condiciones cambiantes del mercado; tener habilidad para aprender de los errores; gestionar los nuevos activos productivos en mercados cambiantes; y diseñar e implementar modelos de negocio viables (Adler, Goldoftas y Levine, 1999; Barreto, 2010; Teece, 2007; Teece y Pisano, 1994).

RESUMEN

La innovación es una necesidad para las empresas, básicamente por las necesidades de los clientes, la competencia y por su efecto positivo en los resultados financieros. En concreto, la innovación es un proceso multietapa por el cual las empresas transforman las ideas en productos, servicios o procesos nuevos/mejorados, para avanzar, competir y diferenciarse exitosamente en su mercado. La tecnología es un factor de contingencia que afecta a la evolución de la industria y a la estructura competitiva de la misma. Existen diversos tipos de innovación: de producto/de proceso, incremental/radical, tecnológica/administrativa (organizativa, comercial) y social. Son relevantes los factores que afectan a la actitud innovadora de las organizaciones, tales como factores individuales (relacionados con el fundador/a de la empresa y los directivos/as), los organizativos (sector de actividad, actitud estratégica reactiva o proactiva, tamaño, toma de decisiones centralizada, formalización, antigüedad de la empresa, apoyo de la dirección a la innovación, personal y su formación, y efectos percibidos de la innovación) y los externos (relacionados con el entorno). La innovación y la tecnología se gestionan como un proceso multietapa, con dos fases: generación y adopción. Los conceptos y contenidos del capítulo se ilustran con dos actividades propuestas y cuatro casos prácticos de empresas reales.

EJERCICIOS

1. Actividad: Innovación en la práctica.

Existen múltiples fuentes de información para conocer el comportamiento innovador de las empresas, a través de estadísticas, tanto a nivel español como internacional, basándose principalmente en estas fuentes:

- <http://indiceinnovacion.altran.es/>.
- <http://informecotec.es/>.
- http://www.ine.es/dyngs/INEbase/es/operacion.htm?c=Estadistica_C&cid=1254736176755&menu=ultiDatos&idp=1254735576669.
- <http://www.innovaspain.com/>.
- <https://www.globalinnovationindex.org/>.

Elabore un breve informe, en formato PPT, de un máximo de cinco pantallas, sobre la situación a nivel español y europeo de los gastos en innovación tecnológica y las empresas innovadoras, citando, en cada caso, la procedencia de las estadísticas e incorporando un breve análisis/comentario de las mismas.

2. Actividad: ¿Cómo está respondiendo la empresa española al reto de la digitalización?

En las investigaciones que se realizaron hace 15 años sobre la economía digital en España se concluía que el coste de acceso a Internet frenaba su desarrollo, y que eran precisas políticas públicas orientadas al desarrollo del comercio electrónico y la universalización del servicio, tanto a nivel individual y empresarial como a nivel de sector público. La situación ha cambiado, si bien relativamente, tanto a nivel estatal como en el conjunto de Europa. En estos 15 años se ha realizado un gran esfuerzo en materia de infraestructura y se han producido cambios muy significativos tanto en la oferta como en la demanda. En esta última, es de destacar cómo el 79% de los hogares españoles tienen acceso a Internet, frente al 34% en 2004, según los datos de Eurostat de 2015. Es de subrayar además que el 42% de los usuarios individuales utilizan Internet para comprar bienes o servicios, siendo el 55% los que lo utilizan para consultar información relacionada con la compra. Lo anterior pone de manifiesto cómo los usuarios individuales están aprovechando las ventajas de la digitalización de la economía.

Por el lado de la oferta, la situación, en cambio, es dispar. Tanto las grandes empresas como las pymes han aprovechado las ventajas de la economía digital en la adquisición de bienes y servicios (proceso de compra), pasando por ejemplo del 3% las pymes que adquirían bienes y servicios a través de Internet en 2004 al 23% en 2015. Estas cifras denotan que aún existe un *gap* entre oferta y demanda y que la empresa española no está rediseñando sus procesos internos con tecnologías digitales. Sin embargo, se observan avances notables en materia de comercio electrónico, tanto en la compra como en la venta de bienes y servicios a través de Internet, en el período 2004-2015, pero no se observan los mismos avances en materia de digitalización de procesos. Solo el 17% de las empresas, tanto españolas como europeas, han digitalizado sus procesos empresariales con proveedores y/o clientes. Son destacables además las diferencias que existen entre las grandes empresas y las pymes, basándose principalmente en la siguiente fuente: <http://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

Elabore un breve informe, en formato PPT, de un máximo de cinco pantallas, tomando como base los últimos datos disponibles en Eurostat, sobre el uso individual de Internet y del comercio electrónico, y sobre las diferencias entre grandes empresas y pymes en cuanto al comercio electrónico y el *e-business*.

3. Caso Xtraice: Cuando la innovación tiene un impacto para el conjunto de la sociedad¹

Fundada en el año 2003, Xtraice ha cambiado los sectores del hielo y del ocio relacionado con él, con su innovación basada en hielo sintético. Es actualmente líder mundial en fabricación y distribución de hielo ecológico, con un modelo de negocio basado en la innovación permanente y desarrollado por un equipo humano versátil y con experiencia. Cuentan con un enfoque hacia el mercado, con un producto de calidad y respetuoso con el medio ambiente que ha sido reconocido por algunas de las marcas más prestigiosas del mundo. La historia de la empresa empieza en 2003, cuando Paco Ortiz (socio fundador de la empresa), en la feria del ocio *International Association of Amusement Parks and Attractions* (IAAPA) en Orlando (EEUU), descubrió una plancha de plástico tirada en el suelo sobre la que se podía patinar. ¡Genial para una ciudad como Sevilla!, pensó. Cerró la distribución del invento para España y Portugal con la empresa canadiense que la comercializaba, si bien las condiciones climatológicas de Sevilla, con cambios bruscos de temperatura entre el día y la noche, hicieron que el producto perdiera cualidades, y además el fabricante no le dio respuesta por el deterioro

¹ Referencias:

- ABC (2017). El hielo sintético sevillano conquista el mundo. [online] *ABC de Sevilla*. Disponible en http://sevilla.abc.es/sevilla/sevi-hielo-sintetico-sevillano-conquista-mundo-201702281933_noticia.html [Acceso 24 de febrero de 2017].
- Comunicación con Adrián Ortiz, CEO de Xtraice (10/03/2017).
- *Diario de Sevilla* (2016). Xtraice duplicará su plantilla para impulsar sus ventas en el exterior. [online] *Diario de Sevilla*. Disponible en http://www.diariodesevilla.es/economia/Xtraice-duplicara-plantilla-impulsar-exterior_0_1030397313.html [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *El Mundo* (2016). El español que vende pistas de hielo sin agua a Trump y Disney las hace interactivas. [online] *El Mundo*. Disponible en <http://www.elmundo.es/economia/2016/09/22/57e393d9ca47417c3a8b45f5.html> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *Empresa Exterior* (2016). Xtraice, la andaluza creadora y fabricante, en exclusiva, de pistas de hielo sintético. [online] *Empresa Exterior*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=GUKeY4aasY0> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *La Vanguardia* (2016). Andalucía Management premia a Aertec, Herogra y Xtraice por su contribución a la mejora de la sociedad. [online] *La Vanguardia*. Disponible en <http://www.lavanguardia.com/vida/20160923/41524679717/andalucia-management-premia-a-aertec-herogra-y-xtraice-por-su-contribucion-a-la-mejora-de-la-sociedad.html> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *La Vanguardia* (2016). Xtraice triplica los datos de 2015, pero lamenta que el Ayuntamiento no les convoque para hacer pistas de hielo. [online] *La Vanguardia*. Disponible en <http://www.lavanguardia.com/vida/20161214/412613665018/xtraice-triplica-los-datos-de-2015-pero-lamenta-que-el-ayuntamiento-no-les-convoque-para-hacer-pistas-de-hielo.html> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- Xtraice (2017). Xtraice. Disponible en <http://www.xtraice.com/> [Acceso 24 de febrero de 2017].

del producto. Fue aquí donde Ortiz vio una oportunidad, y de ese modo *Xtraice*, a través de un proceso de innovación abierta, en colaboración con la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Sevilla, el CSIC y varios centros tecnológicos, desarrolló un producto superior al canadiense.

Sus pistas alcanzan un grado de deslizamiento un 95% similar al del agua congelada, con cero gastos energéticos, pues no necesitan ni luz ni agua. Además, son cien por cien reciclables y ahorran miles de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera. Con estas ventajas, y este impacto además social, ya grandes complejos de ocio como *Disneyland París* trabajan con *Xtraice*. La empresa sevillana ha ido abriéndose paso en 80 países, desde los Emiratos Árabes a Groenlandia, habiendo producido e instalado más de 1.000 pistas. La clave de su tecnología es la composición, siendo plástico con millones de aditivos, desde filtros de radiación ultravioleta a lubricantes. Además, aplican la nanotecnología para que sus pistas no necesiten ningún producto extra para su mantenimiento. En 2015, *Xtraice* se embarcó en un proyecto de I + D con fondos del CDTI de 500.000 euros para mejorar las placas de hielo sintético y su deslizamiento. En los Premios *Andalucía Management* 2016, *Xtraice* obtuvo el galardón en la categoría de «Responsabilidad Social Empresarial». Además, es la única compañía del sector acreedora de los certificados de calidad y gestión medioambiental ISO 9001 y 14001. Al controlar cada paso del proceso de fabricación del hielo sintético, pueden ofrecer una amplia gama de formas, tamaños y colores hasta encontrar la combinación perfecta para cada proyecto. Desarrollan una estrategia de trabajo conjunto con los clientes para incorporar cualquier característica especial que puedan necesitar en sus pistas de hielo, desarrollando soluciones a medida.

En cuanto a productos, *Xtraice* se fundó para desarrollar el mejor hielo sintético del mundo. En un corto período de tiempo, desde 2003, *Xtraice* ha dedicado todos sus esfuerzos en I + D + i, reuniendo tanto a los mejores científicos en su campo como a profesionales del deporte para desarrollar este producto único. En la fabricación del hielo sintético utilizan materiales de la mejor calidad, con la mayor densidad molecular y siempre a la vanguardia de la tecnología. Con esta tecnología *Xtraice* fabrica, vende, alquila y distribuye a cualquier lugar del mundo dos tipos diferentes de hielo sintético para poder adaptarse mejor a los propósitos del cliente: *Xtraice Pro* y *Xtraice Lite*. Cada uno de sus paneles de hielo de *Xtraice* viene identificado con un número de serie único que certifica su origen y calidad. Todos sus productos se someten a los más estrictos controles de calidad.

Uno de los objetivos de la compañía en los últimos años es el reforzamiento del I + D + i mediante el desarrollo de una nueva línea de pro-

ductos, como las pistas de hielo interactivas, en las que se puede jugar al *curling* y que están pensadas para la celebración de *shows*. Así, en un esfuerzo por continuar a la vanguardia, *Xtraice* está desarrollando nuevas aplicaciones con otra empresa del grupo familiar Ortiz, *Famori*, con un *software* patentado para la proyección de imágenes. De esta forma pretenden aunar tecnologías para que los patinadores puedan ver dibujos y fotografías sobre la pista, además de interactuar con ellos. Se pueden crear, por ejemplo, estelas por donde pasen o que los niños jueguen con el suelo mientras se van moviendo, señala. Con las pistas de hielo interactivas se pretende dar un salto en calidad e innovación para seguir a la vanguardia en el sector. Este producto ya ha sido testado en el mercado con un importante éxito, de forma que la cadena internacional de restauración *O'Learys*, con un enfoque deportivo, ha instalado una pista interactiva *Xtraice*, consiguiendo un éxito económico y mediático que respalda la potencia del producto. Por otra parte, *Xtraice* ha creado un nuevo producto, denominado *Xtraice Home*, con el objetivo de introducir las pistas de hielo en las casas norteamericanas, donde el crecimiento de la afición al hockey y al patinaje artístico es exponencial. También han empezado a desarrollar patines. Hasta ahora, las cuchillas tenían que ser obligatoriamente de acero inoxidable para que no se estropearan con el contacto con el agua. Como sus pistas son de plástico, *Xtraice* ha utilizado materiales duros y resistentes. Si un patín tradicional tiene que afilarse cada dos o cinco horas, los suyos aguantan más de 200 horas.

Países como Francia, con más de 30 instalaciones; Italia, con más de 15 proyectos; o España, con una veintena de pistas a instalar, son algunos de los mercados más punteros para la compañía. Sin embargo, sus mercados alcanzan a otros países como Estados Unidos, Rumanía, Polonia, Alemania o Singapur, entre otros. Estos datos refrendan la tendencia ascendente que ha venido marcando *Xtraice* en los últimos años, con cada vez más proyectos, y aumentando así su facturación de manera progresiva. La empresa sevillana ha seguido apostando en I + D + i, lo que le ha permitido conseguir un producto *premium* cada vez más demandado y con un resultado final cada vez más satisfactorio. Además, las distintas localidades que han elegido a *Xtraice* como proveedor de sus pistas de hielo navideñas cada vez lo ven más como una iniciativa que coloca a sus municipios a la vanguardia en innovación, al apostar por un material cien por cien ecológico y una animación propia de la Navidad, ofreciendo así una actividad novedosa y diferente a los habitantes de la zona. *Disney* eligió las pistas de esta firma para su emblemático parque de atracciones de París en 2009; el equipo de hockey sobre hielo de Miami, *Florida Panthers*, también confió en *Xtraice* para sus pistas de entrenamiento; y presumen de haber instalado la pista más alta del mundo en el 360 Chicago y la más grande en Japón.

Xtraice cerró 2015 con una facturación de 4,2 millones de euros y un Ebdita cercano al millón de euros. Actualmente cuenta con más de 50 trabajadores. En su plan internacional, la firma, ya presente en más de 80 países, pretende reforzar mercados en los que ya opera, como es el caso de los países de la antigua URSS, además de Polonia, Italia o Estados Unidos.

Preguntas:

- ¿Qué modalidades de innovación lleva a cabo *Xtraice*? ¿Por qué?
- ¿En su opinión, cuáles son los factores que más han influido en el comportamiento innovador de *Xtraice*? ¿Por qué?
- ¿Qué actividades de innovación tecnológica está desarrollando la empresa?

4. Innovación digital y entorno hipercompetitivo: amenazas y oportunidades de la economía digital²

El entorno actual, dado el proceso de digitalización que rápidamente están experimentando la economía y la sociedad, se está redefiniendo. A partir del desarrollo de la tecnología móvil, la democratización de Internet y el desarrollo de las redes sociales, el cliente no distingue entre la economía real y la economía digital. Cada vez se producen más innovaciones disruptivas en distintos sectores, incluso en los tradicionalmente más analógicos, con más velocidad, adaptándose a las necesidades nuevas de los clientes, con empresas que irrumpen en sectores como el sector turístico (*Airbnb*), el financiero (tendencia *fintech*, con nuevos entrantes como *Apple Pay*), el del transporte (*Uber*) y el comercio detallista (*Amazon*), entre otros. En este contexto hay que destacar la amenaza de la aparición de nuevos competidores y la presión sobre precios y márgenes de beneficio. Y es que, con el desarrollo de la economía digital y la innovación que ha supuesto el desarrollo de Internet en térmi-

² Referencias:

- Del Águila-Obra, A. R. (2016). Economía digital: estrategia empresarial y modelos de negocio. *Gaceta sindical: reflexión y debate*, 27, 217-228.
- Del Águila-Obra, A. R., Padilla-Meléndez, A., y Serarols-Tarrés, C. (2007). Value creation and new intermediaries on Internet. An exploratory analysis of the online news industry and the web content aggregators. *International Journal of Information Management*, 27(3), 187-199.
- Del Águila-Obra, A. R., Padilla-Meléndez, A., Serarols, C., y Veciana, J. M. (2003). Digital economy and management in Spain. *Internet Research*, 13(1), 6-16.
- Hirt, M. y Willmott, P. (2014). Strategic principles for competing in the digital age. *McKinsey Quarterly*, 2, 93-108.
- Rigby, D. K. (2014). Digital-physical mashups. *Harvard Business Review*, 92(9), 84-92.

nos generales, se desdibujan los límites de los sectores de actividad y surgen nuevos competidores, que ofrecen nuevos productos y desarrollan nuevos procesos de forma inesperada. Así, la digitalización de la economía se está traduciendo en la aparición de nuevos competidores en sectores no tradicionales; se están reduciendo y eliminando barreras de entrada a las industrias, y al mismo tiempo se están creando nuevas oportunidades de negocio (véase tabla 4.1).

Las empresas nativas digitales están irrumpiendo en sectores tradicionales, reduciendo los costes de transacción y desarrollando efectos de red, lo que obliga a los operadores tradicionales a adaptarse a la nueva realidad. Así, empresas como *Skype* o *Spotify* han impactado claramente en los sectores tradicionales de la telefonía y de la distribución de música. Por otra parte, grandes empresas como *Amazon* o *Google* están diversificándose hacia sectores como el logístico o el financiero, convirtiéndose en nuevos operadores a escala global. Asimismo, pequeñas empresas y medianas empresas (pymes), o emprendedores y emprendedoras individuales, que carecían de recursos para afrontar una expansión del negocio, gracias a la digitalización de sus operaciones o una mejor adaptación al cliente que le permiten estas tecnologías, están compitiendo con operadores tradicionales en su nicho de mercado

TABLA 4.1

Operadores tradicionales versus nuevos entrantes por sector

Sector de actividad	Empresa referente en el sector	Nuevo entrante digital
Turístico	Sol Meliá	Airbnb
Financiero	Banco Santander	Gobank
Medios de comunicación	El Mundo	Kiosko y más
Música	Sony Music	Spotify
Telefonía	Telefónica	Skype
Editorial	Grupo Planeta	Slicebooks
Moda	Inditex	Eshop
Televisión	Antena 3	Netflix
<i>Fastfood</i>	Telepizza	Just Eat

(por ejemplo, negocios de proximidad, como el frutero de barrio, que usa *WhatsApp* o *Facebook* para la gestión de pedidos a domicilio). Se trata de que las empresas sepan identificar las oportunidades que les brinda la innovación digital, creando valor a través de estas tecnologías.

Preguntas:

- ¿Suponen los nuevos entrantes digitales una amenaza para los operadores tradicionales en los distintos sectores? ¿Por qué?
- ¿Cómo deben responder los operadores tradicionales desde un punto de vista estratégico?
- ¿Supone la innovación digital una oportunidad para las pymes, o solo para grandes empresas?

5. Epcos Electronic Components, S.A.U. (TDK Group): Cuando la fortaleza está en el interior³

La historia de *Epcos Electronic Components, S.A.U. (TDK Group)* en Málaga arrancó en 1955 (*Central Técnica Científica, CTC*), cuando seis técnicos empezaron a fabricar condensadores. El negocio creció, y en 1961 llegaron a un acuerdo con *Siemens AG* e *Industria Hispano Eléctrica*. En 1969 *Siemens* compró el 100% de las acciones y en 1974 se trasladaron a una nueva planta en la Avenida Ortega y Gasset. En 1989 *Siemens* firmó un acuerdo con la japonesa *Matsushita*, creando una *joint-venture*, y la compañía pasó a llamarse *Siemens Matsushita Components, S.A.*, nombre que se le dio a la fábrica malagueña. El 1 de octubre de 1999 pasó a denominarse *Epcos Electronic Components, S.A.U.*, debido a la reorganización que Siemens hace de su negocio de componentes elec-

³ Referencias:

- *EE World Online* (2016). TDK-EPCOS Aluminum Electrolytic Capacitors. [online] *EE World Online*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=Za24Ofq0B84> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *EPCOS* (2008). EPCOS Film Capacitor Division. Jornadas I + D + i Málaga, 4 de junio de 2008. [online] *Epcos*. Disponible en <https://www.slideshare.net/cmemalaga/epcos-jornadas-idi-471494> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *Málaga Hoy* (2011a). Epcos se trasladará en marzo al PTA y contratará a 40 personas. [online] *Málaga Hoy*. Disponible en http://www.malahoy.es/malaga/Epcos-trasladara-PTA.-contratara-personas_0_448755317.html [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *Málaga Hoy* (2011b). La multinacional TDK-Epcos inaugura una fábrica en el PTA. [online] *Málaga Hoy*. Disponible en http://www.malahoy.es/malaga/multinacional-TDK-Epcos-inaugura-fabrica-PTA._0_530647072.html [Acceso 24 de febrero de 2017].
- Visita el 8 de febrero de 2017 a las instalaciones de la empresa. Reuniones y comunicaciones con directivos.

trónicos, sacando la nueva empresa (*Epcos*) a Bolsa y reservándose una parte de las acciones. En 2006 *Siemens* y *Matsushita* vendieron todas sus acciones y *Epcos* pasó a cotizar en un 100% en la bolsa de Fráncfort, hasta que en el año 2008 comienzan los contactos con la multinacional japonesa TDK, inicialmente para integrarse dentro de la Corporación TDK-EPC, pasando finalmente (en el año 2010) a la integración dentro de la Corporación TDK. En marzo de 2011 la fábrica empezó su traslado al Parque Tecnológico de Andalucía, a una nueva planta de 6.000 metros cuadrados de producción y 1.500 metros para un laboratorio de I + D. En Málaga se ha reforzado la actividad de I + D + i, como una forma de apostar por el crecimiento y la continuidad de esta empresa. Para ello recibió el apoyo de las Administraciones; en concreto, la Junta de Andalucía le concedió un incentivo de 1,27 millones de euros para la puesta en marcha de esta fábrica. En estas instalaciones trabajan unas 350 personas en la actualidad y su facturación ronda los 50 millones de euros.

En cuanto a su estrategia de I + D + i, en la fábrica de Málaga se ubica la sede de la división de condensadores de cinta, con actividades de innovación y desarrollo de producto, desarrollo de proceso e investigación tecnológica básica. Este centro cuenta con 30 empleados de alta formación y perfil internacional, y es responsable de la gestión del I + D + i a nivel global de la división de condensadores de cinta. La estrategia de innovación de la compañía se basa en la investigación tecnológica básica (nuevos dieléctricos, materiales, metalizaciones, impregnantes, protecciones), nuevos productos (expansión en nuevas aplicaciones, aumento de cuota de mercado), reducción de costes (optimización de proceso y producto) y soporte técnico (apoyo a clientes, ventas y producción). Esta actividad de innovación ha conllevado numerosos nuevos productos, como por ejemplo las nuevas series de condensadores para filtros, la minituarización de condensadores en aplicación *CD-link* para inversores solares y energía eólica, así como componentes para aplicaciones de transmisión de energía. En los últimos años, los gastos en I + D + i han supuesto una media de un 5% cada año y alrededor del 12% del personal, situándose la venta de productos innovadores en torno al 30% del total de ventas.

Preguntas:

- ¿Qué modalidades de innovación lleva a cabo *Epcos* (*TDK Group*)? ¿Por qué?
- ¿Qué estrategia tecnológica está desarrollando la empresa? ¿Por qué?
- Analice, a partir de la web del Grupo TDK (http://www.global.tdk.com/about_tdk/our_business/), qué tipo de productos ofrece al mercado y en qué sectores y mercados desarrolla su actividad.

6. Ginebra Rosa: Innovación de producto por azar en una empresa centenaria⁴

Puerto de Indias es una ginebra *Premium* elaborada en Carmona (Sevilla), en una de las destilerías más antiguas y con mayor tradición de Andalucía (*Los Alcores de Carmona*). Su nombre está relacionado con el descubrimiento de América, época en la que Sevilla se convirtió en uno de los principales puertos de intercambio de mercancías entre España y el Nuevo Mundo. La destilería, productora del primer pacharán andaluz, desarrolla también una amplia gama de destilados, entre los que destaca la marca de anís «Los Hermanos», además de los licores «Triunfo». La historia de esta destilería comienza en 1880, cuando un emigrante vasco, apellidado Izaguirre, llega a Carmona huyendo de las guerras carlistas. Instalado en la finca donde se ubica la actual destilería, decide aprovechar la existencia de un manantial de aguas subterráneas de la época romana para poner en marcha la elaboración de una serie de destilados, en alambiques de cobre y mediante técnicas tradicionales. Aunque se trata de una de las destilerías más antiguas de Andalucía, los actuales propietarios se hicieron cargo de ella en 2001, salvándola del cierre. En estas instalaciones se elaboraba anís, y así se siguió haciendo cuando los hermanos Rodríguez y otros tres socios se hicieron cargo de ella.

Sin embargo, el anís se vendía cada vez menos, por lo que empezaron a preparar otros productos, como pacharán y licor de naranja o de limón. Este interés en la ampliación de su oferta les llevó a tratar de recuperar una vieja fórmula para macerar uvas en aguardiente, con la idea de

⁴ Referencias:

- *El Correo* (2015). Ginebra made in Carmona. [online] *El Correo de Andalucía*. Disponible en <http://elcorreoweb.es/historico/ginebra-made-in-carmona-HEEC756551> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *El Economista* (2016). El milagro económico de Puerto de Indias, la ginebra para paladares «infantiles». [online] *El Economista*. Disponible en <http://www.eleconomista.es/evasion/gourmet/noticias/7998725/12/16/El-milagro-de-economico-de-Puerto-de-Indias-la-ginebra-para-paladares-infantiles-.html> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *Emprendedores* (2016). La curiosa historia de la ginebra rosa. [online] *Emprendedores.es*. Disponible en <http://www.emprendedores.es/casos-de-exito/ginebra-rosa-los-alcores-de-carmona> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *Espacio Empresa* (2016). Puerto de Indias en Espacio Empresa. [online] *El Correo de Andalucía*. Disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=OQoqVPMBxG4> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *Expansión* (2015). El «milagro» de la ginebra rosa sevillana. [online] *Expansión*. Disponible en <http://www.expansion.com/pymes/2015/06/19/5584570c22601d34638b459b.html> [Acceso 24 de febrero de 2017].
- *Puerto de Indias* (2016). La ginebra Premium sevillana Puerto de Indias dobla su equipo de trabajo en menos de un año. [online] *Puerto de Indias*. Disponible en <http://ginpuertodeindias.com/la-ginebra-premium-sevillana-puerto-de-indias-dobla-su-equipo-de-trabajo-en-menos-de-un-ano/> [Acceso 24 de febrero de 2017].

venderlas en tarros. Entonces se les ocurrió replicar la fórmula pero con fresas. En 2013 pensaron en macerar fresas en alcohol para poner una fresa con un toque alcohólico en coctelería, pastelería, heladería, etc. Hicimos una pequeña cantidad. Mientras hizo frío, al principio de la temporada de fresa de Huelva, salió muy bien. Pero cuando se propusieron una producción mayor, vino el calor y la fresa quedó muy blanda, casi como una mermelada de fresa con alcohol. Justo en aquel momento la compañía había recuperado la fórmula de una ginebra que se elaboraba en la destilería en los años 40 del siglo pasado. Con esa fórmula de ginebra seca se utilizaba el alcohol en el que estaban macerando las fresas, al que ya no se le iba a dar utilidad, y lo destilaron con enebro. Así surgió la ginebra de fresa. Esa combinación de casualidad, imaginación y atrevimiento de sacar un producto innovador supuso todo un éxito.

Comenzó con una pequeña producción, apenas un palé con menos de 1.000 botellas, comercializada en Carmona, pueblo de la empresa, y luego se extendió a El Viso del Alcor, Mairena del Alcor, Sevilla..., y luego a Córdoba, Huelva, etc. Se puede decir que todo el que la probaba la quería. En 2013 tenían tres distribuidores y ahora son alrededor de 300. Y sin hacer publicidad. Muchos medios de comunicación se interesaron por el producto. Sin un cartel en la carretera ni publicidad en radio o periódicos, la ginebra está siendo demandada en toda España, e incluso fuera. El boca a boca es lo que ha funcionado. Tener el nombre Puerto de Indias y ser de Sevilla ha sido muy importante. El andaluz se ha identificado con el producto. Además, hablar de Sevilla a nivel nacional e internacional pone una sonrisa en la cara. Y la ciudad es la feria internacional. Cuando la gente va a la Feria de Abril o a la Semana Santa se crea la demanda en otros puntos, pues prueban la ginebra y la piden en su tierra.

En cuanto al I + D + i, fruto de un error en la preparación de un alcohol de fresas con destino al sector de la coctelería y la pastelería, la empresa dio con un producto de éxito, una ginebra rosa con sabor a fresa, bajo la marca Puerto de Indias. Fueron pioneros en lanzarla, abriendo un nicho de mercado que no existía, y otras grandes marcas después han seguido los mismos pasos. Desde entonces, las ventas están aumentando literalmente de forma exponencial. En 2013 la cifra de negocio apenas superaba los 130.000 euros con la venta de otros licores, mientras que en 2016 alcanzó los diez millones. Para seguir el crecimiento ordenado la compañía ha tenido que ir adaptándose. El embotellado en 2013 era manual, y tuvieron que invertir en maquinaria semiautomática para agilizar el proceso. La destilería ha multiplicado por diez su capacidad y ahora puede producir hasta 12.000 botellas diarias. Y también ha mejorado el etiquetado y taponado. Entre maquinaria, depósitos y alambiques invirtieron unos 400.000 euros.

Además de sus licores tradicionales, produce actualmente tres tipos de ginebra. Su popular *Gin Premium Puerto de Indias Strawberry*, de 37,5 grados, pionera en el sector de las ginebras con toques afrutados, que ha supuesto una auténtica revolución en el ámbito de la coctelería a nivel nacional. Con una apariencia color rosa claro translúcido, desprende un intenso aroma y sabor a fresa y enebro, así como una sutil nota cítrica. La *Gin Premium Puerto de Indias Classic*, también de 37,5 grados, posee un carácter corpulento y una apariencia transparente y cristalina, y cuenta con un sabor tradicional para los paladares más clásicos, marcado por un intenso gusto y aroma a enebro y suaves toques de cítricos. Y la ginebra *Pure Black Edition* es un producto de 40 grados de intensidad inspirado en la primavera de Andalucía y con un rotundo carácter determinado por el enebro. Su delicada elaboración incorpora una sinfonía de aromas florales, entre los que destacan un suave toque a azahar y cítricos que, junto a otras selectas materias primas como jazmín y vainilla, le otorgan un peculiar olor.

En cuanto a mercados, la empresa ha pasado de facturar unos 130.000 euros en 2013 a alcanzar los cinco millones en 2014. Asimismo, Puerto de Indias prevé cerrar 2016 con un aumento de la producción de un 350% respecto a 2015. Además de su presencia en todo el territorio español tras la firma de acuerdos con grandes superficies y grupos de distribución nacionales, la ginebra Puerto de Indias también se exporta ya a Reino Unido, Portugal y Holanda. Además, tiene contactos en Estados Unidos, México y algunos países de Sudamérica y Asia. Para ello ha tenido que conformar un equipo de exportación.

Preguntas:

- ¿Qué modalidades de innovación lleva a cabo Los Alcores de Carmona? ¿Por qué?
- ¿En su opinión, cuáles son los factores que más han influido en el comportamiento innovador de Los Alcores de Carmona? ¿Por qué?
- ¿Qué actividades de innovación tecnológica está desarrollando la empresa?

BIBLIOGRAFÍA

- Adler, P., Goldoftas, B. y Levine, D. (1999). Flexibility versus efficiency? A case study of model changeovers in the Toyota productions system. *Organization Science*, 10, 43-68.
- Baregheh, A., Rowley, J. y Sambrook, S. (2009). Towards a multidisciplinary definition of innovation. *Management Decision*, 47(8), 1323-1339.

- Barreto, I. (2010). Dynamic capabilities: A review of the past research and agenda for the future. *Journal of Management*, 36(1), 256-280.
- Becheikh, N., Landry, R. y Amara, N. (2006). Lessons from innovation empirical studies in the manufacturing sector: a systematic review of the literature from 1993-2003. *Technovation*, 26(5-6), 644-664.
- Camisón, C. y Forés, B. (2012). Capacidad de absorción: antecedentes y resultados. *Economía Industrial*, 391, 13-22.
- Chesbrough, H. (2003). The Era of Open Innovation. *MIT Sloan Management Review*, 44(3), 35-41.
- Chesbrough, H. (2004). Managing Open Innovation. *Research Technology Management*, 47(1), 23-26.
- COTEC (2017). Informe COTEC 2016. Obtenido en <http://informecotec.es/> (12/03/2016).
- Crossan, M. y Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: a systematic review of the literature. *Journal of Management Studies*, 47(6), 1154-1191.
- Damanpour, F. (1991). Organizational innovation: A meta-analysis of effects of determinants and moderators. *Academy of Management Journal*, 34(3), 555-590.
- Damanpour, F. (1992). Organizational size and innovation. *Organization Studies*, 13(3), 375-402.
- Damanpour, F. (1996). Organizational complexity and innovation: Developing and testing multiple contingency models. *Management Science*, 42(5), 693-716.
- Guerras, L. A. y Navas, J. E. (2015). *Dirección estratégica de la empresa. Teoría y aplicaciones* (5.ª ed.). Madrid: Civitas.
- Huizingh, E. K. R. E. (2011). Open innovation: State of the art and future perspectives. *Technovation*, 31(1), 2-9.
- Iacovou, C. L., Benbasat, I. y Dexter, A. S. (1995). Electronic Data Interchange and small Organizations: Adoption and Impact technology. *MIS Quarterly* (vol. diciembre), 465-485.
- INE (2014). *Encuesta sobre Innovación en las Empresas 2014*. [online] Instituto Nacional de Estadística. Obtenido en http://www.ine.es/daco/daco42/daco4221/ite_cues.htm (12/03/2016).
- Keizer, J., Dijkstra, L. y Halman, J. I. M. (2002). Explaining innovative efforts of SMEs. An exploratory survey among SMEs in the mechanical and electrical engineering sector in The Netherlands. *Technovation*, 22(1), 1-13.
- Kickul, J. y Gundry, L. (2002). Prospecting for strategic advantage: the proactive entrepreneurial personality and small firm innovation. *Journal of Small Business Management*, 44(2), 85-97.
- Koellinger, P. (2008). Why are some entrepreneurs more innovative than others? *Small Business Economics*, 31(1), 21-37.
- Lanjouw, J. O. y Mody, A. (1996). Innovation and the international diffusion of environmentally responsive technology. *Research Policy*, 25(4), 549-571.
- Marcati, A., Guido, G. y Peluso, A. M. (2008). The role of SME entrepreneurs' innovativeness and personality in the adoption of innovations. *Research Policy*, 37(9), 1579-1590.
- Mohnen, P. y Röller, L. H. (2005). Complementarities in innovation policy. *European Economic Review*, 49(6), 1431-1450.
- Nambisan, S., Lyytinen, K., Majchrzak, A. y Song, M. (2017). Digital innovation management: Reinventing innovation management research in a digital world. *MIS Quarterly*, 41(1), 223-238.

- Navas, J. E. (1994). *Organización de la empresa y nuevas tecnologías*. Madrid: Pirámide.
- Nieto, M. y Navas, J. E. (2015). Los determinantes del proceso de innovación y la dirección de la innovación en la empresa. En S. García Echevarría, J. J. Durán Herrera (eds.), *ACEDE XXV años de historia. Evolución de la investigación en economía y dirección de la empresa en España*, 199-210. Madrid: ACEDE.
- Padilla-Meléndez, A., Rosa Del Águila-Obra, A. y Lockett, N. (2014). All in the mind: Understanding the social economy enterprise innovation in Spain. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 20(5), 493-512.
- Phills, J. A., Deiglmeier, K. y Miller, D. T. (2008). Rediscovering social innovation. *Stanford Social Innovation Review*, 6(4), 34-43.
- Porter, M. E. (1991). Towards a Dynamic Theory of Strategy. *Strategic Management Journal*, 12, 95-117.
- Radas, S. y Božić, L. (2009). The antecedents of SME innovativeness in an emerging transition economy. *Technovation*, 29(6-7), 438-450.
- Rogers, E. (1983). *The diffusion of innovation*. The Free Press.
- Sambasivan, M., Abdul, M. y Yusop, Y. (2009). Impact of personal qualities and management skills of entrepreneurs on venture performance in Malaysia: opportunity recognition skills as a mediating factor. *Technovation*, 29(11), 798-805.
- Schumpeter, J. (1934). *The Theory of Economic Development*. Harvard: UP. USA.
- Sciulli, L. (1998). How organizational structure influences success in various types of innovation. *Journal of Retail Banking Services*, 20(1), 13-18.
- Souitaris, V. (2001). External communication determinants of innovation in the context of a newly industrialised country: A comparison of objective and perceptual results from Greece. *Technovation*, 21(2001), 25-34.
- Souitaris, V. (2002). Technological trajectories as moderators of firm-level determinants of innovation. *Research Policy*, 31(6), 877-898.
- Teece, D. J. (2007). Explicating dynamic capabilities: The nature and microfoundations of (sustainable) enterprise performance. *Strategic Management Journal*, 28(3), 1319-1350.
- Teece, D. J. y Pisano, G. (1994). The dynamic capabilities of firms: an introduction. *Industrial and Corporate Change*, 3(3), 537-556.
- Teo, S. H. (2007). Organizational characteristics, modes of internet adoption and their impact: A singapore perspective. *Journal of Global Information Management*, 15(2), 1-117.
- Teo, T. y Tan, M. (1998). An empirical study of adopters and non-adopters of the Internet in Singapore. *Information & Management*, 34(6), 339-345.
- Teo, T., Tan, M. y Buk, K. (1997). A contingency model of Internet adoption in Singapore. *International Journal of Electronic Commerce*, 2(2), 57-69.
- Tether, B. S. (2005). Do services innovate (differently)? Insights from the european innovometer survey. *Industry and Innovation*, 12(2), 153-184.
- Verhees, F. J. H. M. y Meulenbergh, M. T. G. (2004). Market orientation, innovativeness, product innovation, and performance in small companies. *Journal of Small Business Management*, 42(2), 134-154.
-

INTRODUCCIÓN

Una de las principales decisiones básicas de la dirección de operaciones es la relativa a la estrategia del proceso productivo. Esta conlleva la elección del tipo de proceso productivo necesario para la realización de los bienes y servicios que la empresa ofrecerá al mercado y supone una decisión de extrema importancia, puesto que compromete la inversión y el futuro de la empresa a medio y largo plazo y tiene un impacto directo y decisivo sobre los costes, calidad, productividad y valor añadido para los clientes.

A lo largo de este capítulo abordaremos en primer lugar las características de los distintos tipos de procesos productivos, utilizando las clasificaciones más utilizadas por los distintos autores. En ese apartado observaremos que uno de los principales condicionantes en la elección del proceso productivo proviene del tipo de producto que desea ofrecer la empresa. Por ello merece la pena reflexionar, en un segundo apartado, acerca de la íntima relación producto-proceso, con el fin de entender mejor la inevitable coordinación que es necesaria entre las decisiones del ámbito de operaciones. A continuación daremos paso a un tercer apartado, que reflexionará sobre la productividad como magnitud que nos permite diagnosticar hasta qué punto se cumplen los objetivos de optimización y competitividad del proceso productivo elegido por la empresa. Finalmente, en un cuarto apartado realizaremos un análisis de la especificidad de los procesos productivos en las operaciones de servicio, en las que el contacto mayor o menor con el cliente final supone una amenaza y una oportunidad para la gestión de las operaciones productivas.

5.1. ESTRATEGIAS DEL PROCESO PRODUCTIVO

La función de producción de la empresa consiste básicamente en la transformación de unos factores productivos en bienes y servicios. Los métodos, acciones, decisiones y actividades utilizadas para realizar tal transformación constituyen el proceso productivo de la empresa. De la eficiencia, competitividad, control de costes, tiempos y mejora de la calidad del proceso productivo dependen la rentabilidad, la supervivencia y el éxito de la empresa.

Existen dos grandes enfoques básicos, de los que se derivan a su vez las cinco estrategias del proceso productivo más habituales en la literatura sobre dirección de operaciones:

- *Enfoque de proceso.* También denominado funcional, puesto que las actividades y puestos de trabajo están diferenciados y agrupados por la función que desempeñan, sin relación con el producto que se va a fabricar. En esta orientación la distribución en planta se organiza en torno a «talleres», en cada uno de los cuales se concentra un conjunto de actividades o procesos específicos. Dentro de este enfoque de proceso veremos a continuación que podremos distinguir dos modalidades: producción en lotes (*batch* en terminología anglosajona) y talleres de trabajo (*job-shop* en terminología anglosajona).
- *Enfoque de producto.* Bajo este enfoque las actividades y puestos de trabajo están distribuidos de acuerdo a la secuencia de operaciones productivas necesarias para la realización del bien o servicio. Las necesidades tecnológicas intrínsecas a la naturaleza del producto condicionan fuertemente la distribución en planta de las actividades de operaciones. Dentro de este enfoque de producto se encuentran los procesos productivos continuos, la línea o cadena de ensamblaje y la producción bajo proyecto.

En la tabla 5.1 podemos observar un resumen de las principales características de los distintos tipos de procesos productivos, los cuales desarrollaremos a continuación.

5.1.1. Enfoque de proceso (producción en lotes y talleres de trabajo)

¿Qué pueden tener en común un hospital y un restaurante? A pesar de ofrecer bienes y servicios no comparables entre sí, comparten el mismo tipo de proceso productivo: un enfoque de proceso. Dentro de este enfoque, la distribución del proceso atiende a un carácter funcional, ubicando de manera separada y diferenciada distintos centros de trabajo. Cada uno de estos centros de trabajo

TABLA 5.1
Características de los distintos tipos de procesos productivos

	Enfoque de proceso	Enfoque de producto		
	Funcional (lote y talleres de trabajo)	Cadena de ensamblaje	Continuo	Proyecto
Variedad del producto	Alta	Media	Baja	Muy alta
Volumen del producto	Bajo	Alto	Muy alto	Único
Flujo del producto	Discontinuo	Secuencial	Secuencial	Ninguno
Ciclo de producción	Largo (esperas y colas)	Corto	Corto	Largo (único)
Ventajas	Flexibilidad	Coste bajo	Coste bajo	Máximo ajuste al cliente
	Ajuste al cliente	Mano de obra no cualificada	Mano de obra no cualificada	Creación de rutinas organizativas
		Combina volumen y variedad	Programación a CP fácil	Desarrollo de capacidades competitivas
		Reparación modular	Inventarios bajos	
Inconvenientes	Coste elevado	Inflexibilidad	Inflexibilidad	Coste elevado
	Mano de obra cualificada	Alienación trabajadores	Variedad escasa	Escasa automatización
	Programación a CP difícil	Elevada plantilla	Barreras de salida	Programación difícil
	Inventarios elevados	Elevada inversión inicial	Elevada inversión inicial	

FUENTE: adaptado de Schroeder (2011) y Cuatrecasas (2000).

es un «taller», en el que se realizan las funciones propias de cada grupo de actividades operativas. Pensemos por ejemplo en un hospital, y cómo cada una de las especialidades médicas puede ser considerada un «taller», que agrupa el colectivo médico, instalaciones y equipamiento específico de dicha especialidad.

El principal objetivo de este enfoque es ser capaces de producir la mayor variedad posible de bienes y servicios, ofreciendo a los clientes un producto adaptado específicamente a sus necesidades. Esta adaptación a las necesidades del cliente provoca que el volumen de productos terminados sea bajo. Cada uno de los productos requiere una transformación productiva distinta, esto es, pasan por diferentes recorridos y están sometidos a operaciones distintas, por lo que habitualmente a este enfoque también se le denomina de procesos intermitentes o de flujo discontinuo. Siguiendo con el ejemplo del hospital, cada paciente acude con una enfermedad y una sintomatología distinta, lo que implica un tratamiento médico personalizado en diferentes áreas médicas, que será distinto del tratamiento realizado a los enfermos anteriores y posteriores.

Dentro del enfoque de proceso, la modalidad más habitual es el flujo en lotes (*batch*). Se realizan lotes o paquetes que viajan de un taller o centro de trabajo a otro siguiendo un flujo discontinuo o intermitente, que dependerá del tipo de producto a realizar. Como caso especial del flujo en lotes nos encontramos con los talleres de trabajo (*job-shop*), donde los lotes tienen un menor tamaño y las especificaciones del cliente son mayores. Se pretende, en definitiva, una menor estandarización del producto, que generará un descenso en el volumen del producto al seguir un mayor número de indicaciones del cliente.

La ventaja más importante y evidente del enfoque de proceso o funcional es su flexibilidad. Al no tener ningún puesto de trabajo, máquina o equipo dedicado a algún producto en concreto, el proceso productivo es capaz de adaptarse a los cambios en las especificaciones del cliente. Pensemos en un restaurante tradicional, en el que la carta que nos presenta el camarero no deja de ser una guía de posibles productos finales que pueden ser absolutamente personalizados, de acuerdo a los gustos del comensal. Asimismo, y como ventaja adicional, podemos comentar la posibilidad de realizar pequeños volúmenes y lotes de producto, extremo impensable en las cadenas de montaje o en los procesos productivos continuos.

A pesar de esta gran flexibilidad productiva, son numerosas las desventajas que presenta este tipo de proceso productivo. La más importante es la relativa a los elevados costes de funcionamiento. Los equipamientos, además de ser costosos y especializados, tienen un porcentaje de utilización muy bajo, llegando en algunos casos y equipos a no superar el 5%. A ello se le suma una mano de obra experta y cualificada, que puede ser escasa en el mercado laboral y que obliga a unos salarios mayores que el personal de otros tipos de enfoque productivo. Pero no solo los costes son elevados, también lo es el tiempo de procesamiento necesario para elaborar una unidad. Los tiempos de espera de las unidades en cada puesto de trabajo pueden ser muy altos, especialmente cuando se recurre a lotes. Consideremos el siguiente ejemplo: una unidad de producto

requiere un tiempo de proceso de 5 minutos en un puesto de trabajo; por tanto, un pequeño lote de 20 unidades requerirá un tiempo de procesamiento de 100 minutos, pero la primera unidad procesada tendrá un tiempo de espera de 95 minutos (hasta que se termine todo el lote) antes de pasar al siguiente taller. Finalmente, y como ya mencionábamos anteriormente, este tipo de proceso productivo presenta una difícil programación de operaciones a corto plazo, generando una necesidad mayor de inventarios para atender a una demanda que puede fluctuar sensiblemente en muy poco tiempo.

5.1.2. Producción continua

La producción continua o procesos continuos supone adentrarnos en el primero de los tres procesos productivos enfocados al producto. Dentro de este bloque, la naturaleza y actividades necesarias para fabricar el producto marcan la distribución física del proceso productivo.

La producción continua presenta unas características diametralmente opuestas a la producción en lote y talleres de trabajo. Si el enfoque de proceso buscaba variedad y flexibilidad productiva, el objetivo de la producción continua es el volumen de producción. Se producen cantidades ingentes de producto con muy baja variedad, esto es, con una elevada estandarización. Todos los productos a realizar pasan en el mismo orden por las mismas operaciones, por lo que es habitual que la distribución en planta de estas empresas sea invariable a lo largo de décadas. Los equipos productivos son el elemento clave, al tratarse de una producción altamente automatizada, con unos porcentajes elevadísimos de utilización de la capacidad y unos inventarios bajos.

Los productos obtenidos pueden ser unidades continuas que se miden bien por litros, metros o toneladas, como por ejemplo en las refinerías de azúcar, combustibles, cemento, reciclado de papel, o bien en unidades discretas, distintas y separadas, como bombillas, tornillos o latas de refresco.

La principal ventaja de la producción continua es su capacidad de producir grandes cantidades a bajo coste. A pesar de necesitar equipos productivos que requieren una elevada inversión de capital, esto es, el coste fijo de la inversión es alto, los costes variables del producto son muy bajos. La mano de obra necesaria no es muy numerosa, además de no requerir una cualificación muy elevada, lo que permite contener los costes salariales. Los ciclos de producción son cortos y, al contrario del enfoque de proceso, no existen esperas ni colas de los productos semiterminados. Asimismo, la programación a corto plazo es sencilla, al estar comprometida la producción a medio plazo con los clientes, lo que genera unos niveles de inventario reducidos.

El inconveniente más reseñable de la producción continua es la inflexibilidad de las operaciones productivas. Las instalaciones se diseñan en torno al producto y se trabaja de forma automática y continua, sacrificando la posibilidad de

obtener muchas variedades del producto terminado. Asimismo, el coste inicial de la inversión es tan alto y los equipos productivos son tan específicos que ello genera enormes barreras de salida de estos negocios. Es habitual observar cómo empresas que se dedican a la producción continua y que desean abandonar el negocio, por no tener una rentabilidad positiva, poseen equipos muy especializados para los que no encuentran comprador ni competidor que desee adquirir el conjunto de la empresa.

5.1.3. Línea o cadena de ensamblaje

Las líneas o cadenas de ensamblaje son el segundo tipo de proceso productivo enfocado al producto. Se denomina línea o cadena, puesto que el producto sigue (y siempre de la misma forma) una secuencia lineal de operaciones. Se le añade el calificativo de ensamblaje porque, a medida que el producto se desplaza por la línea o cadena, los operarios van incorporando o ensamblando módulos hasta que se termina el producto al final de la secuencia. Los módulos son componentes o conjuntos de componentes que han sido realizados por la propia empresa o provienen de proveedores especializados. A este tipo de proceso también se le denomina enfoque repetitivo, puesto que los operarios repiten una y otra vez las mismas operaciones de ensamblaje a medida que avanza por la cadena un nuevo producto.

Dentro de este enfoque productivo tenemos ejemplos tan dispares como la fabricación de automóviles o los restaurantes de comida rápida. Aunque un vehículo y una hamburguesa sean productos tremendamente distintos desde un punto de vista tecnológico, comparten el hecho de que son elaborados en una línea de montaje en la que los trabajadores van incorporando módulos (puertas, salpicaderos, motores..., en el caso de los automóviles, y pan, carne, lechuga, bacon..., en el caso de las hamburguesas).

Al igual que en el enfoque anterior, la producción continua, estamos ante un tipo de proceso productivo muy eficiente. Es capaz de realizar un gran volumen de producción a unos costes contenidos (alta inversión inicial y bajos costes variables). Asimismo, comparte con la producción continua un alto grado de inflexibilidad. Las cadenas de montaje son difíciles y costosas de rediseñar, de modo que los cambios en el producto a fabricar o en el volumen de producción requieren una planificación con mucho tiempo de antelación; por ejemplo, aumentar o disminuir el número de vehículos producidos diariamente en una planta de ensamblaje o cambiar el modelo de coche necesita de varias semanas o meses de preparación.

No obstante, y esta es una gran ventaja respecto a la producción continua, la inflexibilidad de las operaciones no merma la capacidad de este enfoque de alcanzar una variedad media de productos terminados. La clave está en la utilización de módulos. El cambio en los módulos incorporados a cada unidad de

producto permite una personalización del mismo acorde a las necesidades especificadas por los clientes. El mismo modelo de coche puede tener miles de terminaciones distintas, de acuerdo a las distintas configuraciones de los módulos a disposición del cliente: tipo de motor, color, tres o cinco puertas, accesorios, elementos de seguridad, etc. Asimismo, la utilización de módulos facilita el mantenimiento y la reparación de los productos. En las reparaciones tradicionales se utilizaban pequeños componentes, en muchos casos realizados de forma artesanal y con un consumo elevado de tiempo. En la actualidad la reparación de un producto defectuoso puede consistir en la simple sustitución de un módulo, lo que permite utilizar mano de obra menos cualificada o incluso ser realizada por el propio usuario en algunos casos.

Dentro de los inconvenientes o desventajas de la línea de montaje podemos señalar los ya mencionados de la necesidad de un fuerte volumen de inversión inicial y la inflexibilidad y especificidad del proceso productivo. Adicionalmente, y esta es una característica que genera no pocos quebraderos de cabeza a los directivos de estas empresas, se encuentra la gestión de los recursos humanos. En las cadenas de montaje se necesita un número sensiblemente mayor de trabajadores que en la producción continua. Al no necesitar estos trabajadores un gran nivel de cualificación (como sí ocurría en el enfoque de proceso), no es difícil encontrar una fuente de mano de obra rápida en el mercado laboral. No obstante, el problema surge a la hora de entender el tipo de trabajo que realizan diariamente. Es un trabajo altamente repetitivo y rutinario, que provoca un elevado grado de alienación y desmotivación en la plantilla. De ahí que la tendencia creciente consista en el reemplazo de los trabajadores por una mayor automatización y el uso de robots.

La producción modular o utilización de módulos que se van montando paulatinamente, característica básica de las líneas o cadenas de ensamblaje, es el elemento definitorio para avanzar hacia un tipo de proceso productivo mucho más flexible. Hasta ahora los enfoques productivos eran dicotómicos, obligando a elegir entre volumen y variedad de producto. O bien se lograba un gran volumen de producto a costa de una estandarización obligada (escasa variedad), o por el contrario la variedad que permite satisfacer más al cliente no permitía grandes cantidades de producto. En la personalización en masa estas fronteras se difuminan, siendo posible fabricar productos en una gran cantidad y de manera personalizada a los gustos del cliente. Para ello, las empresas utilizan un sistema de ensamblado a la orden por medio de módulos. La combinación de módulos es la que permite la variedad y el ensamblado a la orden, con una fabricación ajustada a los pedidos realizados por los clientes.

5.1.4. Producción bajo proyecto

La producción bajo proyecto o dirección de proyecto es el último de los enfoques productivos orientados al producto. De hecho, podemos afirmar que es

la máxima expresión de la adaptación a las características particulares de un producto, ya que se aplica a la elaboración de productos únicos. Ejemplos habituales de la producción bajo proyecto serían la construcción y la fabricación de aeronaves. No existen dos edificios exactamente iguales, al ser diferente la ubicación, la orografía del terreno, las especificaciones del cliente, etc.

En este tipo de proceso productivo no existe un flujo de producción, pues el producto se encuentra en una distribución en planta fija, y son los factores productivos los que se desplazan hasta él. Los operarios, apoyados por los equipos productivos, desplazan hasta el producto los materiales y realizan las operaciones necesarias en las distintas fases de producción. Las empresas que se dedican a este tipo de producción suelen tener diferentes proyectos en marcha al mismo tiempo. Para gestionarlos, crean unidades internas o grupos de proyecto asignados a la realización de cada uno de ellos, que suelen disolverse cuando terminan.

El principal inconveniente de la producción bajo proyecto es su elevado coste. Existen diferentes motivos que provocan no solo el aumento de los costes, sino, sobre todo, que sea especialmente difícil anticipar cuál será el coste final del proyecto. Uno de los motivos es la dificultad de la programación de operaciones, motivada por la incertidumbre de tener que enfrentarse a retos nuevos o parcialmente nuevos en cada proyecto. Esto, unido a la escasa posibilidad de automatización del proceso productivo, la alta inversión inicial en equipamiento y la necesidad de mano de obra cualificada, dispara a menudo los costes por encima del presupuesto inicial. Una de las formas de anticipar la evolución de los costes del proyecto proviene de su comparación con otros proyectos realizados anteriormente por la empresa. Si existe algún tipo de similitud con proyectos anteriores, la desviación respecto del coste inicial proyectado será baja. Por el contrario, para proyectos radicalmente nuevos se requerirán altas dosis de creatividad, innovación y contratiempos, que encarecerán a buen seguro el coste final.

Si bien los inconvenientes de este proceso productivo son importantes, es evidente que es la única alternativa de producción en determinados entornos. La gran ventaja es que permitirá una adaptación muy elevada a los requerimientos y necesidades de los clientes. Adicionalmente, y desde el punto de vista organizativo y estratégico, la resolución de proyectos complejos de manera satisfactoria para el cliente permite crear un conjunto de rutinas organizativas y capacidades que se convertirán en ventajas competitivas de especial valor en el mercado.

5.2. LA RELACIÓN PRODUCTO-PROCESO

Una vez detalladas las distintas estrategias del proceso productivo, cabe reflexionar acerca de cuáles son los factores que pueden influir en la elección entre cada uno de ellos. Schroeder (2011, p. 71) nos indica que cuatro son las características que parecen afectar a dicha decisión: las necesidades del mercado, el mayor o menor requerimiento de capital, la disponibilidad y coste de la mano

de obra y el estado de la tecnología tanto para los procesos como para los productos. La combinación de todos estos factores influirá en la elección del proceso productivo por parte de la empresa.

Sin menospreciar la importancia de estos factores, creemos que el elemento más decisivo a la hora de la elección del proceso productivo es el producto que desea ofrecer la empresa. Dicho de otra forma, las decisiones acerca del proceso productivo están íntimamente relacionadas con las relativas al producto y viceversa. En este sentido, el trabajo de Hayes y Wheelwright (1979) nos muestra la relación que puede existir entre los ciclos de vida del producto y del proceso. Al igual que un producto y el mercado pasan por una serie de etapas, de la misma forma lo hace el proceso de producción de ese producto. A grandes rasgos, los orígenes de los procesos productivos están ligados a actividades operativas muy flexibles, pero que son poco eficientes en costes. A medida que el proceso productivo evoluciona, se transforma en otro mucho más eficiente e intensivo en capital, gracias a la estandarización, mecanización y automatización.

La figura 5.1 nos muestra una forma de representación de la citada interacción entre las etapas del ciclo de vida de los productos y del ciclo de vida de los procesos productivos. En esta matriz producto-proceso, en las filas nos encontramos con las principales etapas de un proceso productivo, dando lugar a los distintos enfoques productivos, que van desde el proceso funcional de lotes y talleres de trabajo hasta la cadena de ensamblaje y los procesos de producción continua. En las columnas se representan las fases del ciclo de vida del producto, que abarcan desde la amplia variedad y bajo volumen asociados a productos de nueva creación a productos en masa altamente estandarizados.

Dentro de esta matriz, la diagonal muestra las posiciones o relaciones «lógicas» entre los ciclos vida del producto y del proceso, que son las opciones estratégicas más deseables para las empresas en las dimensiones de producto y proceso. Hayes y Wheelwright (1979) nos proponen cuatro ejemplos de posiciones adecuadas en la diagonal de la matriz: los servicios de impresión, la fabricación de equipo pesado, el ensamblaje de automóviles y la refinería de azúcar. Asimismo, nos indican que las decisiones relativas al binomio producto-proceso no son estáticas, sino dinámicas, y evolucionan a lo largo del tiempo, fundamentalmente a lo largo de la citada diagonal. Por ejemplo, la fabricación de los primeros electrodomésticos se realizaba en un enfoque funcional de talleres de trabajo, de manera altamente artesanal, para ir evolucionando en la actualidad hacia una mayor estandarización y automatización en las líneas de ensamblaje.

Los ejemplos citados hasta ahora provenientes de la diagonal de la matriz son los «naturales o lógicos», es decir, las combinaciones habituales de producto-proceso. No obstante, debemos hacer dos apreciaciones muy interesantes que explican una realidad empresarial mucho más compleja. En primer lugar, algunas empresas realizan movimientos horizontales y verticales fuera de la diagonal, con el fin de lograr una ventaja competitiva. Por ejemplo, un movimiento horizontal hacia la derecha de la diagonal puede perseguir un aumento tanto en

FUENTE: adaptado de Hayes y Wheelwright (1979) y Cuatrecasas (2000).

el volumen como en la estandarización del producto, con el fin de reducir los costes de producción o, por el contrario, un movimiento horizontal hacia la izquierda de la diagonal que consiga obtener una alta variedad del producto con pequeños lotes de producción. En este caso estaríamos ante un sistema de producción Justo a Tiempo (*just in time* en terminología anglosajona), que se caracteriza por una gran flexibilidad que le permite lograr de manera simultánea los objetivos de calidad, coste e innovación. Estos movimientos fuera de la diagonal no se suelen producir simultáneamente de forma horizontal y vertical. La generación de un comportamiento muy diferente al de los competidores les hace más vulnerables a los ataques del mercado.

EJEMPLO 5.1. La fabricación artesanal de Rolls-Royce Motor Cars

© Ediciones Pirámide

de los fabricantes de vehículos, incluyendo el de su empresa propietaria, la alemana BMW. Los fabricantes generalistas de vehículos utilizan una cadena de montaje en la que el producto sigue un flujo que permite a los operarios ir ensamblando distintos componentes hasta que se finaliza. Por el contrario, los coches Rolls-Royce son fabricados de manera artesanal de acuerdo a un enfoque funcional. El vehículo, en lugar de moverse a lo largo de una línea, sigue una distribución en planta fija, y son los operarios los que acuden con los distintos componentes y maquinaria para ir dando forma al coche.

El proceso productivo comienza en una de las tres fábricas de Rolls-Royce (dos en Alemania y una en Inglaterra) con la fabricación del chasis del coche. En lugar de realizarse por medio de robots, se diseña y se suelda a mano. A partir de ahí, si el chasis no ha sido fabricado en Inglaterra se envía allí para ensamblar el resto del coche. Lo primero que se realiza a continuación es el pintado a mano del chasis. El cliente puede elegir entre una de las 44.000 combinaciones de colores. Al mismo tiempo, y en cada uno de los talleres, los trabajadores elaboran de manera artesanal cada una de las piezas del vehículo. Los trabajadores están tan cualificados y tan sujetos al secreto de las actividades realizadas, que es muy habitual encontrar familias en las que los puestos de trabajo van siendo heredados de padres a hijos.

La siguiente operación de ensamblado consiste en la unión entre el motor y el sistema de transmisión del vehículo. Este ensamblaje no se realiza directamente sobre el coche, sino sobre una plataforma de metal. Una vez que la parte mecánica del vehículo está confeccionada, la plataforma de metal se desplaza hasta el lugar en el que se encuentra el chasis del vehículo. Se produce lo que la empresa denomina el «matrimonio», el momento en el que se eleva la plataforma y se introduce el motor y la transmisión en la cavidad inferior del chasis.

A continuación, sobre esta estructura se incorpora el resto de componentes: salpicadero, puertas, cristales... Cada uno de los componentes está firmado a mano por el artesano que lo realizó, facilitando así su posterior mantenimiento o sustitución en caso de ser necesario. Las cifras alrededor de los componentes para cada uno de estos lujosos vehículos explican el elevado precio de los mismos. Cada coche lleva más de 40 piezas de madera, procedente de los bosques de California, y requiere un mes de ejecución de los artesanos. El cliente puede elegir la madera que desee, y en caso de no mostrar preferencia el material utilizado es el nogal. El número de elementos de cuero se eleva a 450 piezas por vehículo y requiere la piel de 18 animales. Los animales proceden del norte de Escandinavia, lugar donde los animales sufren menos picaduras de mosquito y tienen menos cicatrices y cortes por los alambres del cercado. Aun así se selecciona solo una de cada 500 pieles y el departamento de peletería necesita 17 días para elaborar el revestimiento de cuero de un vehículo.

Una vez realizadas todas las tareas de ensamblaje solo queda entregar al propietario su flamante vehículo. El tiempo de espera medio del cliente habrá sido de seis meses desde la petición del producto. Rolls-Royce Motor Cars

solo fabrica cinco vehículos al día y tarda varias semanas en producir una unidad, frente a los más de 1.000 vehículos diarios producidos en una fábrica de tamaño medio y un tiempo de uno o dos días por unidad en las marcas de coches generalistas.

FUENTE: Elaboración propia a partir de www.rolls-roycemotorcars.com (consultado el 27 de febrero de 2017).

5.3. LA PRODUCTIVIDAD

Independientemente del tipo de proceso productivo elegido por una empresa, todos ellos tienen en común como objetivo primordial la obtención de un volumen de producción de acuerdo a un criterio económico: la optimización de los recursos utilizados y de su competitividad. Por ello se hace imprescindible que nos acerquemos ahora a la magnitud que nos permite medir los resultados obtenidos por el enfoque productivo elegido desde un punto de vista económico.

Producción y productividad son dos conceptos que, en ocasiones, pueden llevarnos a error. El montante total de bienes y servicios generados recibe la denominación de producción. Hablamos de número de clientes atendidos, número de coches fabricados, kilos de tomates obtenidos... Como puede apreciarse, se trata de un valor absoluto. Por su parte, la productividad es un concepto de carácter relativo basado en relacionar la producción obtenida con aquellos factores productivos que han sido utilizados para obtener esos bienes y servicios. Compararíamos ahora el número de clientes atendidos respecto al número de horas trabajadas, número de coches fabricados con el número de días de trabajo o kilos de tomates obtenidos en función de los kilos de materia prima utilizada. De manera operativa, la productividad, como medida de eficiencia de un proceso, se concibe como un cociente que relaciona los resultados obtenidos con las entradas necesarias para generar dichos resultados.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Factores productivos}}$$

Aunque la productividad nos proporciona un punto de referencia sobre su nivel de eficiencia, existen diversos problemas que pueden distorsionar esta información. Podemos centrarnos principalmente en dos. En primer lugar, se aprecia que la mejora en la relación entre la cantidad producida y los recursos necesarios no alude en ningún momento a la calidad de los bienes y servicios obtenidos. Una persona puede ser menos productiva en términos matemáticos, pero generar una mayor satisfacción al cliente. Asimismo, este problema queda

también patente cuando la carencia de calidad afecta negativamente a otras áreas de la empresa. En este sentido, la productividad se muestra como un indicador que debe necesariamente ser complementado por otro tipo de análisis y consideración que dote de una mayor base y consistencia a las conclusiones obtenidas.

Por otra parte, la configuración del denominador permite un importante margen de maniobra para el cálculo de la productividad. La utilización de factores productivos sobre los cuales tenemos capacidad de modificación puede ser una opción más objetiva que la incorporación de otras variables que, si bien pueden afectar a la eficiencia, no reflejan el esfuerzo real de mejora del proceso analizado. Aspectos tales como horas de trabajo y su remuneración, cantidad de material utilizado, maquinaria o gestión interna de trabajo son claros ejemplos del primer caso; existe la posibilidad de modificarlos por iniciativa propia. Sin embargo, caídas de tensión de la electricidad, conexión de Internet lenta o suministros energéticos deficientes y caros afectan al cálculo numérico de la eficiencia real del proceso, siendo factores que vienen dados y, por tanto, independientes de las actuaciones de mejora interna.

5.3.1. Productividad monofactorial

La cantidad de bienes y servicios generados, puesta en relación con la medida de un solo factor productivo, se denomina productividad monofactorial.

$$\text{Productividad} = \frac{\text{Cantidad producida}}{\text{Factor productivo}}$$

A continuación se muestra un sencillo ejemplo a partir del cual analizar la productividad con relación a un solo factor, es decir, de modo monofactorial. Supongamos el caso de una directora hotelera. Dentro de los distintos procesos que se desarrollan en su hotel, decide analizar el servicio de habitaciones. El personal del período analizado (1) llevó a cabo la limpieza de 4.500 habitaciones, haciendo uso de 3.750 horas de mano de obra. El cálculo de la productividad sería:

$$\text{Productividad período 1} = \frac{4.500 \text{ habitaciones}}{3.750 \text{ horas}} = 1,2 \text{ habitaciones/hora}$$

Son 4.500 las habitaciones que se han limpiado (cantidad producida), alcanzando su productividad un valor de 1,2 habitaciones por hora. De este modo, por cada hora de trabajo se limpian, de media, 1,2 habitaciones.

Estos resultados no suponen por sí mismos una aportación real a la directora hotelera si no se ponen en relación con otros datos de referencia: productividad en períodos anteriores, productividad de otros equipos de trabajo dentro de la misma empresa, productividad estándar del mercado... Así, dado un número total de habitaciones limpiadas a lo largo del período 2 de 5.000, con un volumen de horas de trabajo de su personal de 4.000, se procedería a calcular el nuevo valor de productividad.

$$\text{Productividad período 2} = \frac{5.000 \text{ habitaciones}}{4.000 \text{ horas}} = 1,25 \text{ habitaciones/hora}$$

$$\text{Variación absoluta} = \text{Productividad período 2} - \text{Productividad período 1}$$

$$\begin{aligned} \text{Variación absoluta} \\ \text{de la productividad} &= 1,25 - 1,2 = 0,05 \text{ habitaciones/hora} \\ &\text{entre períodos} \end{aligned}$$

$$\text{Variación relativa} = \frac{\text{Productividad período 2} - \text{Productividad período 1}}{\text{Productividad período 1}} \times 100$$

$$\begin{aligned} \text{Variación relativa} \\ \text{de la productividad} &= \frac{1,25 - 1,2}{1,2} \times 100 \cong 4,17\% \\ &\text{entre períodos} \end{aligned}$$

Supuesta la misma calidad final del servicio resultante, el valor ha mejorado con relación a los datos sobre productividad obtenidos en el período anterior; la variación alcanzada ha sido positiva. En concreto, por cada hora de trabajo la cantidad de habitaciones limpiadas ha ascendido en 0,05, hasta alcanzar las 1,25 habitaciones, lo que supone una mejora en la eficiencia del personal del 4,17%.

Un análisis monofactorial permite aplicar una doble perspectiva: unidades físicas y unidades monetarias. Los datos anteriores muestran la productividad del personal medido en horas (unidades físicas), reflejando la eficiencia en el trabajo. Sin embargo, el coste económico (unidades monetarias) que supone la hora trabajada puede bien corroborar o bien poner en evidencia los datos anteriores. Dado un coste del personal del período 1 de 10 € por hora, y supuesta una subida salarial del 5% a lo largo del período 2, la productividad en términos monetarios sería:

$$\begin{aligned} \text{Productividad período 1} &= \frac{4.500 \text{ habitaciones}}{(3.750 \text{ horas} \times 10 \text{ €/hora})} = \frac{4.500 \text{ habitaciones}}{37.500 \text{ €}} \cong \\ &\cong 0,12 \text{ habitaciones/€} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad período 2} &= \frac{5.000 \text{ habitaciones}}{(4.000 \text{ horas} \times 10,5 \text{ €/hora})} = \frac{5.000 \text{ habitaciones}}{42.000 \text{ €}} \equiv \\ &\equiv 0,119 \text{ habitaciones/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación absoluta} \\ \text{de la productividad} &= 0,119 - 0,12 = -0,001 \text{ habitaciones/€} \\ \text{entre períodos}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación relativa} \\ \text{de la productividad} &= \frac{0,119 - 0,12}{0,12} \times 100 \equiv -0,83\% \\ \text{entre períodos}\end{aligned}$$

Como puede apreciarse, una mejora en la eficiencia del trabajo realizado no ha supuesto, en este caso, una mejora en la productividad real desde un punto de vista económico. Por cada euro invertido se limpian 0,12 habitaciones de media durante el período 1; esta cantidad se reduce hasta 0,119 habitaciones en el período 2. Un análisis en unidades monetarias nos señala que la mejora en la productividad calculada sobre las horas de trabajo se torna en ligeros valores negativos cuando ponemos en relación la producción obtenida con el coste económico de los recursos utilizados (en este caso, las horas de trabajo).

5.3.2. Productividad multifactorial

Los factores que influyen en la generación de bienes y servicios son numerosos y muy variados. Medir la productividad bajo la perspectiva no solo de un factor productivo, sino de un conjunto de ellos, reporta una información más cercana a la realidad. Esto no implica ignorar la eficiencia en el uso de cada factor, sino más bien al contrario, pues ambas medidas son complementarias y permiten llevar a cabo un estudio comparativo.

Operar con varios factores distintos exige transformar con carácter previo sus unidades de medida en términos homogéneos. Parece razonable considerar las unidades monetarias como elemento común a todos ellos. Por consiguiente, los resultados finales no podrán ser obtenidos en unidades físicas (como sí se planteaba en el cálculo monofactorial), generando una medida de productividad total de los factores en unidades monetarias.

Recuperamos el caso de la directora hotelera visto anteriormente. Una vez conocida la productividad de la mano de obra en la limpieza del hotel, su directora considera necesario realizar un análisis más amplio de la productividad, incorporando un factor adicional que considera altamente significativo: la cantidad de producto de limpieza utilizado en el proceso.

El personal de su hotel recibía una retribución de 10 € por cada hora de trabajo durante el período 1, siendo su coste en el período 2 de 10,5 € por hora. Los productos de limpieza consumidos a lo largo del primer y segundo período alcanzaron un valor monetario de 12.000 € y 12.100 €, respectivamente.

$$\begin{aligned}\text{Productividad período 1} &= \frac{4.500 \text{ habitaciones}}{(3.750 \text{ horas} \times 10 \text{ €/hora}) + 12.000 \text{ €}} = \\ &= \frac{4.500 \text{ habitaciones}}{37.500 \text{ €} + 12.000 \text{ €}} \cong 0,0909 \text{ habitaciones/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad período 2} &= \frac{5.000 \text{ habitaciones}}{(4.000 \text{ horas} \times 10,5 \text{ €/hora}) + 12.100 \text{ €}} = \\ &= \frac{5.000 \text{ habitaciones}}{42.000 \text{ €} + 12.100 \text{ €}} \cong 0,0924 \text{ habitaciones/€}\end{aligned}$$

Variación absoluta
de la productividad = $0,0924 - 0,0909 = 0,0015$ habitaciones/€
entre períodos

Variación relativa
de la productividad = $\frac{0,0924 - 0,0909}{0,0909} \times 100 \cong 1,65\%$
entre períodos

La productividad conjunta entre ambos períodos ha mejorado, pasando de 0,0909 a 0,0924 las habitaciones limpiadas por cada euro invertido en los dos factores. El hotel ha visto aumentado tanto el número total de habitaciones preparadas como la eficiencia en el uso de sus recursos económicos en un 1,65%, siempre bajo el supuesto de una calidad similar en los resultados del servicio de limpieza.

La incorporación de más factores en el denominador sigue las mismas pautas. Dos son los aspectos a cuidar: utilizar unidades de medida comunes (unidades monetarias) y fijar un horizonte temporal también común para todos ellos. Veamos esto con otro ejemplo. Imaginemos un negocio de venta e impresión de camisetas donde su responsable desea analizar la variación mensual de su productividad. En el primer período fueron impresas 2.000 camisetas cada mes, para lo cual se utilizaron los siguientes recursos: dos personas dedicaron 120 horas mensuales cada una, a un coste de 8 € por hora; 200 € al mes se destinaron a comprar materia prima, y en maquinaria se pagaron cada año 2.400 €. A lo largo del período 2 se imprimieron 2.500 camisetas. Una de las empleadas

cogió un permiso de maternidad del 100% y en su lugar se contrató de manera adicional a dos personas para realizar el 70% de las horas cada una con una reducción del coste por hora del 10%. El resto de factores permanecieron invariables.

NOTA: Debe ponerse especial cuidado en reflejar todos los valores bajo una misma unidad temporal: años, meses, días, horas...

$$\begin{aligned}\text{Productividad período 1} &= \frac{2.000 \text{ camisetas}}{(2 \text{ personas} \times 120 \text{ horas} \times 8 \text{ €/hora}) + 200 \text{ €} + \frac{2.400 \text{ €/año}}{12 \text{ meses/año}}} = \\ &= \frac{2.000 \text{ camisetas}}{1.920 \text{ €} + 200 \text{ €} + 200 \text{ €}} \cong 0,8621 \text{ camisetas/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad período 2} &= \frac{2.500 \text{ camisetas}}{(1 \text{ persona} \times 120 \text{ horas} \times 8 \text{ €/hora}) + \\ &+ [2 \text{ personas} \times (120 \text{ horas} \times 0,7) \times (8 \text{ horas} \times 0,9)] + \\ &+ 200 \text{ €} + \frac{2.400 \text{ €/año}}{12 \text{ meses/año}}} = \\ &= \frac{2.500 \text{ camisetas}}{960 \text{ €} + 1.209,2 \text{ €} + 200 \text{ €} + 200 \text{ €}} \cong 0,9729 \text{ camisetas/€}\end{aligned}$$

Variación absoluta
de la productividad = $0,9729 - 0,8621 = 0,1108$ camisetas/€
entre períodos

Variación relativa
de la productividad = $\frac{0,9729 - 0,8621}{0,8621} \times 100 \cong 12,85\%$
entre períodos

Entre los períodos 1 y 2 se ha producido un incremento de la producción en 500 camisetas, equivalente a un aumento relativo del 25%. Sin embargo, esto no implica una mejora similar en términos de eficiencia global. La productividad multifactorial alcanzada durante el primer período ascendió a 0,8621 camisetas generadas por cada euro invertido en factores productivos, logrando situarla en 0,9729 camisetas por euro en el segundo período. Ciertamente se confirma una mejora en el uso de los factores, si bien inferior en términos relativos al aumento de la producción. La productividad ha mejorado en un 12,85%, no llegando al 25% obtenido en la elaboración de camisetas.

5.4. DISEÑO DEL PROCESO DE SERVICIO

La dirección de operaciones es una disciplina que tradicionalmente ha estado enfocada al análisis de las actividades de la producción industrial. Aun cuando la definición de producto engloba tanto bienes como servicios, es habitual que en los manuales de operaciones se dé preeminencia al estudio de la actividad industrial. No obstante, el desarrollo cada vez más intenso de las economías de servicio y la gestión participativa del cliente en el proceso de producción hacen que cada vez se preste más atención a las características idiosincráticas de los procesos de servicio.

Definir qué son los servicios es una tarea bastante más difícil de lo que puede parecer *a priori*. Normalmente se recurre a la intangibilidad de los mismos frente a la tangibilidad (o mayor percepción por parte de nuestros sentidos) de los bienes. La realidad es que todo producto es una combinación de bienes y servicios, de una parte tangible y otra más intangible. En definitiva, un producto es un paquete bien-servicio. A medida que para un cliente la parte del bien empieza a ser menos importante y más el beneficio intangible o psicológico, a ese producto tenderemos a llamarle servicio. Asimismo, y aun cuando no es una regla matemática, quizá la principal característica que distingue a los bienes y servicios puros sea la falta de la capacidad de almacenamiento de los servicios. La existencia de una producción y consumo simultáneos implica que el servicio deba realizarse en el momento que el cliente lo solicite y lo más cercano posible físicamente.

Al igual que analizamos con anterioridad en este capítulo la estrecha relación existente entre producto y proceso, podemos abordar la relación existente entre servicio (que no deja ser un producto con un alto contenido intangible) y el proceso productivo elegido por la empresa, de tal manera que la matriz producto-proceso de Hayes y Wheelwright (1979) puede ser transformada en una matriz servicio-proceso, como observamos en la figura 5.2, adaptada de Cuatrecasas (2000, p. 449).

De nuevo podemos observar que en las filas de la matriz aparecen los distintos tipos de procesos productivos englobados en los dos grandes enfoques: proceso (enfoque funcional) y producto (línea o cadena de ensamblaje y continuo). En columnas aparecen las características del servicio, esto es, el volumen realizado y su mayor o menor estandarización (representada por la menor o mayor variedad, respectivamente). En la diagonal de la matriz nos encontramos con algunos ejemplos de combinaciones servicio-proceso más «naturales» o lógicas. En la esquina superior izquierda un diagnóstico médico a un paciente representa un enfoque funcional, caracterizado por su adaptación total a las necesidades del cliente. Un aumento en el volumen de producto nos lleva a un proceso funcional por lotes, como podría ser un viaje en autocar para 50 personas. Si continuamos la diagonal aparecen dos ejemplos del enfoque repetitivo o línea de ensamblaje. La diferencia entre los dos ejemplos proviene de un ciclo

			Variedad: muy elevada	Bastante elevada	Elevada	Media	Baja o muy baja
			Volumen: muy bajo	Bajo	Medio	Elevado	Muy elevado
Enfoque de proceso	Ciclo controlado por operario	Funcional (taller de trabajo)	A medida: diagnóstico médico Funcional por lotes: viaje en autocar para 50 pasajeros Línea-flujo manual: restaurante-autoservicio Línea-flujo automática: máquinas expendedoras bebida Flujo continuo: pintar una valla por metros				
		Funcional (lote)					
Enfoque de producto	Ciclo automa- tizado	Línea o cadena					
		Continuo					

FUENTE: adaptado de Cuatrecasas (2000, p. 449).

Figura 5.2. Matriz servicio-proceso.

productivo controlado por operarios (como ocurre en un restaurante autoservicio, en el que las distintas estanterías son repuestas manualmente por los empleados) o un ciclo productivo automatizado (donde las máquinas expendedoras de bebidas entregan el pedido al cliente y automáticamente colocan una nueva unidad en el lugar de la anterior). Finalmente, el pintado de una valla por metros ilustra un flujo continuo.

A pesar de que una de las variables de la matriz servicio-proceso es el volumen de unidades producidas, creemos que no es una de las características más determinantes en el proceso productivo elegido por la empresa. Dicho de otra manera, el diseño del proceso de servicio no está fuertemente influido por el volumen de productos realizados, ya que en muchos casos la personalización y adaptación al cliente ha de ser la misma tanto si la empresa comercializa una unidad como mil. En un restaurante de comida rápida la posibilidad de los clientes de personalizar y adaptar la hamburguesa solicitada a sus gustos es independiente del número de hamburguesas que el establecimiento elabore a lo largo del día.

Por el contrario, a nuestro juicio existen otras dos características que mueven a las empresas de servicio a lo largo de la diagonal de la matriz: la automatización del servicio y la gestión del contacto con el cliente. La posibilidad de

una mayor o menor automatización del servicio es una consideración clave en el diseño del proceso. No solo redundaría en una mayor estandarización del servicio (valor muy apreciado por los clientes, que al repetir su consumo saben exactamente lo que van a recibir), sino en la posibilidad de incrementar el volumen de unidades producidas. Esta automatización del proceso de servicio suele ir acompañada en muchos casos del autoservicio de los clientes. Como veremos con posterioridad, el autoservicio es una técnica que permite mejorar la productividad de un servicio al hacer al cliente partícipe del mismo, como por ejemplo cada vez que utilizamos un cajero automático para retirar fondos en vez de acudir a la caja de la sucursal bancaria.

Un segundo elemento definitorio del diseño del proceso de servicio está relacionado con la gestión del grado de contacto con el cliente. Todos los servicios requieren de un contacto con el cliente, pero la clave está en si se desea que ese contacto sea mayor o menor. Cuanto mayor sea el contacto con el cliente, mayor será la variabilidad y la incertidumbre asociada a distintos aspectos del proceso productivo. Siguiendo a Frei (2006), de acuerdo a la teoría de la dirección de operaciones la variabilidad debe ser eliminada o reducida al afectar directamente a los niveles de calidad del servicio. Este autor nos muestra los cinco tipos de variabilidad que puede introducir el cliente:

1. *Variabilidad de llegada.* Los clientes no quieren el servicio todos al mismo tiempo o en el momento que es conveniente para la empresa. Una forma de solucionarlo, aunque no siempre es posible para muchos servicios, es a través de un sistema de reservas.
2. *Variabilidad en la solicitud.* Las empresas preparan paquetes estándar de servicio para reducir algo que es habitual: que los clientes requieren servicios que muchas veces son absolutamente específicos a sus necesidades. Piensen por ejemplo cada vez que los compañeros de trabajo hacen una pausa para tomar un café y se darán cuenta de que es difícil encontrar a dos de ellos que lo quieran exactamente de la misma forma.
3. *Variabilidad en la capacidad de los clientes.* Los clientes difieren en sus capacidades: conocimiento, habilidades físicas, recursos... Estas diferentes capacidades afectan de manera muy importante en aquellos servicios en los que el cliente participa en la realización del mismo. Por ejemplo, aunque el sector bancario realice multitud de esfuerzos hacia la banca a distancia, se sigue encontrando con personas mayores que, por sus menores conocimientos informáticos, se ven excluidos de tales servicios bancarios.
4. *Variabilidad en el esfuerzo.* Los clientes pueden tener capacidades para poder participar en la interacción de servicio, pero evitarán y penalizarán aquellos servicios que le requieran un gran esfuerzo. Por ejemplo, una mala ubicación de los carritos de compra en un supermercado pue-

de suponer un motivo de queja de los clientes, que tendrán hacer largos recorridos en su utilización y posterior devolución.

5. *Variabilidad en las preferencias subjetivas.* Las preferencias personales del cliente pueden ser muy variadas. Ello provoca que la misma situación, en una interacción de servicio, pueda ser vista con ojos muy distintos. Por ejemplo, la cálida atención de un camarero puede ser apreciada por un cliente, pero al mismo tiempo penalizada por otro que desea una mayor intimidad a lo largo de su comida.

La gestión del contacto con el cliente, y en definitiva el control de la variabilidad, lleva a la empresa a elegir alguna combinación entre los dos siguientes extremos. En uno de ellos nos encontramos con sistemas de bajo contacto, en los que se puede reducir mucho las variabilidades antes mencionadas (y la incertidumbre asociada en el proceso de servicio), pero que tienen como contrapartida la pérdida de atención al cliente. Por un lado, el cliente puede sentir que la empresa no le cuida todo lo que debería, y al mismo tiempo se pierde el potencial ofrecimiento de otros productos de la empresa que podrían generar unos ingresos extraordinarios y no previstos. Esta situación ocurre cuando se compara un sistema de bajo contacto, como puede ser la retirada de dinero de un cajero automático, frente al mismo servicio ofrecido en la caja de la entidad bancaria.

En el otro extremo de la gestión del contacto con el cliente nos encontraríamos con la gestión personalizada, en la que se busca ofrecer un servicio a medida del cliente y en el que la medición de la eficiencia se basa en una atención directa, personal y exclusiva. En esta situación las variabilidades introducidas por el cliente pueden ser enormes, pero el nivel de fidelización es muy alto por la personalización del servicio. Los servicios profesionales se encuentran dentro de esta categoría (abogacía, peluqueros, médicos, etc.).

Las empresas, en la gestión del contacto con el cliente, deberán decidir hacia qué extremo quieren que se oriente el diseño de sus procesos de servicio. De manera adicional, e independientemente de tal orientación, se debe tomar una decisión adicional: el grado de participación que se desea que los clientes tengan en la producción del servicio. En una gestión participativa no solo existe un contacto con el cliente en la prestación del servicio, sino que él mismo participa en la elaboración del servicio. Es una tendencia creciente, gracias al desarrollo de las tecnologías de la información, transporte y comunicaciones. Cada vez más el cliente es partícipe en todo tipo de procesos de servicio: banca, comunicaciones, contratación de productos, mobiliario, gasolineras e incluso en los servicios recibidos por las administraciones públicas. Para que esta participación sea efectiva, el cliente debe recibir, de manera explícita, una compensación por ser parte del proceso productivo (ahorro en el precio, tiempo, molestias, etc.), pues de otra forma considerará que está siendo «explotado». Un ejemplo de esta participación lo veremos un poco más adelante en el ejemplo 5.2: «IKEA y la mejora de la productividad del servicio».

Finalmente, nos gustaría mencionar dos aspectos de especial importancia en el diseño y la gestión de los procesos de servicio: uno de ellos es la creciente utilización de todo tipo de técnicas para mejorar la productividad, y el segundo es la importancia de los empleados en la satisfacción y calidad percibida por los clientes.

En la tabla 5.2 aparece un resumen de las distintas técnicas más habituales con el fin de mejorar la productividad de un servicio. Sin menospreciar la importancia, utilidad y uso de todas ellas, algunas se muestran más relevantes en la actualidad: la automatización, el autoservicio, la modularización y la distan-

TABLA 5.2
Técnicas para mejorar la productividad del servicio

Estrategia	Técnica	Ejemplo
Disposición u organización espacial (<i>layout</i>)	Estructurar físicamente el servicio separando actividades.	Los clientes de una sucursal bancaria deben dirigirse a diferentes lugares en función de la operación a realizar.
Autoservicio	Los clientes examinan, evalúan y compran a su propio ritmo.	Supermercados, grandes almacenes, compras por Internet.
Aplazamiento	Personalización en la entrega mejor que en la producción.	Grabado por láser en los productos de Apple.
Enfoque	Restricción de ofertas.	Restaurantes de menú limitado.
Módulos	Producción o selección modular del servicio.	Preempaquetado de módulos de comida en los restaurantes.
Automatización	Separar los servicios que pueden ser automatizados.	Cajeros automáticos.
Programación	Programar solo el personal estrictamente necesario.	Reducción del número de empleados para la facturación en líneas aéreas de bajo coste.
Formación	Explicar las opciones de servicio.	Empleados de McDonald's explican las nuevas pantallas de pedido a los clientes.
Distancia	Aplicar TI para ofrecer servicios a distancia que antes eran presenciales.	Asistencia médica por videoconferencia.

FUENTE: adaptado de Heizer y Render (2015, p. 368).

cia. Los clientes nos encontramos con servicios que cada vez son más dependientes de la tecnología, tanto en la posibilidad de automatizarlo (aumentando así la estandarización y la estabilidad de la calidad ofrecida) como en la de ofrecer dicho servicio a distancia. Por ejemplo, servicios como el diagnóstico médico, que hasta hace muy poco tiempo se suponía eminentemente presencial, se está convirtiendo gradualmente en un servicio de telemedicina. Empezó como un apoyo entre equipos médicos, lo que les permitía compartir resultados médicos y consultas internas sin desplazamientos. Ahora se está extendiendo a la relación entre el médico y el paciente, en la que se produce una primera diagnosis a través de videoconferencia para enfermedades simples de diagnosticar. Ello produce una mejora en la productividad del servicio, y el cliente percibe una sensación de calidad al eliminar los desplazamientos y tiempos de espera en los centros médicos. Asimismo, esta combinación de tecnologías de la información e Internet es la que está ampliando el uso de otras dos técnicas que permiten mejorar la productividad de los servicios. Nos referimos al autoservicio y la modularidad. Cada vez más los clientes preferimos la comodidad de nuestras casas para servirnos por nosotros mismos del servicio que deseamos. Además, podemos elegir entre los distintos módulos, creando así un producto completamente adaptado a nuestras necesidades.

EJEMPLO 5.2. IKEA y la mejora de la productividad del servicio

IKEA representa un ejemplo a escala mundial de cómo lograr el éxito empresarial con el diseño de un proceso productivo radicalmente diferente al resto de sus competidores. Desde su fundación en 1943 por el sueco Ingvar Kamprad, el concepto de IKEA se ha basado en el ofrecimiento de productos de decoración para el hogar a un precio asequible. Si el precio es la primera característica que atrae a los clientes, el éxito no se podría haber logrado si no se combinara con funcionalidad, calidad, diseño, valor y sostenibilidad medioambiental.

A grandes rasgos, el proceso productivo de IKEA se basa en tres pilares fundamentales: el equipo de diseño, la relación con los proveedores y la gestión participativa de los clientes. Las nuevas ideas surgen a partir de las necesidades de los clientes, que se traducen en un diseño de mobiliario de estilo escandinavo y funcional. El diseño no solo incluye el mobiliario decorativo que luego disfrutará el cliente, sino también su despiece, de tal forma que las distintas partes del mueble se puedan colocar en un embalaje plano que permita reducir el volumen y la cantidad de aire que se transporta. Sin ese empaquetado plano y con la dimensión mínima posible el cliente de IKEA no podría beneficiarse de esos precios bajos.

A partir de ahí, los desarrolladores de producto y proveedores trabajan de forma conjunta con diversos equipos de técnicos, fabricantes y especialistas generalmente a pie de fábrica. De esta forma, el grupo IKEA se coordina con

más de 20.000 colaboradores que producen muebles y tableros basados en madera en 36 ciudades de 11 países. La colaboración es tan estrecha que más del 50 % de los productos vendidos por IKEA son entregados directamente desde los proveedores a las tiendas. El tercer elemento, clave del éxito de IKEA, es la gestión participativa de los clientes, que se convierte en una parte vital de su proceso productivo. De acuerdo a sus propias palabras: «Los clientes de IKEA desempeñan un papel fundamental en lo que llamamos proceso de diseño democrático: Nosotros hacemos nuestra parte, tú haces la tuya y juntos ahorramos dinero».

Nada más entrar en la tienda los clientes se encuentran con una disposición u organización espacial (*layout*) creada para mejorar la productividad del servicio. La primera planta presenta, a través de un recorrido cuidadosamente diseñado, los distintos espacios de un hogar y cómo pueden ser decorados con los productos de IKEA. Una vez terminado el recorrido el cliente baja a la planta inferior, donde se encuentra el almacén de productos. El almacén, gestionado y repuesto cuando la tienda está cerrada, se convierte en un espacio abierto a disposición del cliente, que mediante el autoservicio elige y carga en su carrito los productos de su elección. A continuación el cliente realiza el pago en una línea de cajas cada vez más automatizada (el autopago se ha convertido en una tendencia habitual en las líneas de cajas de los establecimientos). La automatización no termina ahí. Tras pasar la línea de cajas, IKEA dispone de dispensadores automáticos de todo tipo de tornillería para aquellos clientes que hayan perdido algún elemento en el ensamblaje del producto. Finalmente, el cliente carga los distintos paquetes en su vehículo, y una vez en su domicilio ensambla el producto de acuerdo a las instrucciones gráficas del mismo.

Estas tres últimas técnicas para mejorar la productividad del servicio pueden ser evitadas por el cliente. El autoservicio y transporte pueden ser eludidos mediante la compra directa en la página web de IKEA. Sin recurrir a la compra por Internet, el cliente puede contratar en la propia tienda los servicios de transporte y ensamblaje. IKEA ofrece estos servicios de manera adicional, con el fin de satisfacer y llegar hasta el último de los clientes. No obstante, al ir en contra de su proceso de diseño democrático, el precio de estos servicios es lo suficientemente disuasorio como para animar a que los clientes continúen participando activamente en el proceso productivo.

FUENTE: elaboración propia a partir de http://www.ikea.com/ms/es_ES/this-is-ikea/the-ikea-concept/index.html (consultado el 27 de febrero de 2017).

Si los recursos humanos son el factor productivo más valorado por los directivos de empresa, en el caso de los servicios los empleados se convierten en el elemento clave que explica el éxito o fracaso empresarial, al afectar directamente a la satisfacción y calidad percibida por los clientes. Sin menospreciar la relevancia de los empleados que desarrollan las condiciones del servicio (*back-office* en terminología anglosajona), es de resaltar la contribución de los traba-

jadores al frente de los clientes (*front-office* en terminología anglosajona). En muchos casos, son estos últimos los que añaden un mayor valor al servicio y permiten aumentar la satisfacción del cliente. Y no olvidemos que la satisfacción es el ingrediente primordial para la lealtad de los consumidores, que redundará para la empresa en una relación a largo plazo que aumenta los ingresos y la rentabilidad.

La calidad interna del servicio y la satisfacción percibida del mismo dependerá pues de la cuidadosa gestión de los recursos humanos en contacto con los clientes. Las distintas políticas tradicionales de recursos humanos se convierten en elementos estratégicos que pueden otorgar una ventaja competitiva: el proceso de reclutamiento y selección del *front-office*, el diseño de puestos y del lugar de trabajo, los presos formativos recibidos, la política retributiva de la empresa...

EJEMPLO 5.3. McDonald's: la mejora de la productividad del servicio

En 1954, y a la edad de 52 años, Ray Kroc, un vendedor de máquinas para elaborar batidos *Multimixer*, visita a uno de sus clientes en San Bernardino, California. Allí se encontró con un pequeño pero exitoso restaurante gestionado por los hermanos Dick y Mac McDonald. Ray Kroc se sorprendió por la efectividad de sus operaciones. Al contrario de los restaurantes tradicionales, producían un menú limitado a unos pocos productos (hamburguesas, bebidas y patatas fritas), lo que les permitía concentrarse en la calidad y sobre todo en un servicio rápido. Inmediatamente se dio cuenta de que ese modelo de negocio podía tener un futuro mucho mayor que seguir siendo un pequeño restaurante californiano. Llegó a un acuerdo con los hermanos McDonald y durante siete años se dedicó a franquiciar el restaurante por todo Estados Unidos. No obstante, los propietarios y su socio tenían una visión distinta de la expansión del negocio y eran frecuentes los desencuentros. Finalmente, en 1961 Ray Kroc compra el negocio a los hermanos McDonald por 2,7 millones de dólares y funda McDonald's Corporation. Había nacido un gigante de la comida rápida.

Frente a los restaurantes tradicionales, que llevan a cabo un enfoque de proceso en talleres de trabajo, los hermanos McDonald diseñaron un sistema productivo enfocado al producto. En concreto, un proceso productivo de ensamblado a la orden. Los clientes seguían un proceso de autoservicio en el que pedían directamente a los cocineros la combinación de hamburguesas, refrescos y patatas fritas que deseaban. A partir de ahí, los productos se fabricaban en línea a partir de la combinación de unos pocos módulos y obtenían sus pedidos en un tiempo récord.

Si bien los dos pilares del negocio siguen siendo la calidad y la rapidez, el proceso productivo de McDonald's ha cambiado sensiblemente desde sus orígenes. El negocio de la comida rápida se sigue basando en un proceso productivo de ensamblado a la orden, pero todos los cambios durante más de 50

años han ido encaminados a la mejora de la productividad del servicio. Se siguen manteniendo las tradicionales técnicas de enfoque (restricción a un conjunto limitado de ofertas de comida) y modularidad (número pequeño de ingredientes necesarios para elaborar distintos productos). Por el contrario, se ha apostado fuertemente por el rediseño y medición de tiempos y la participación del cliente en la prestación del servicio.

El rediseño del proceso es un proceso de mejora continua que los ingenieros de McDonald's hacen de la cocina, de los puestos de trabajo y de todas y cada una de las actividades a realizar para elaborar una hamburguesa. Nada dentro del restaurante se deja al azar. La colocación de los ingredientes, hornos, mesas de trabajo... está optimizada para reducir y mecanizar al máximo los movimientos de los trabajadores, tratando de lograr esa rapidez que los usuarios buscan en las empresas de comida rápida.

La gestión participativa del cliente es, por otro lado, la mayor diferencia respecto del modelo de negocio original. La búsqueda en la atención y satisfacción al cliente es mucho mayor en el modelo de negocio presente. Basta mencionar que en el restaurante de los hermanos McDonald en San Bernardino incluso no había asientos dentro del local, con el fin de aumentar la rapidez del proceso y la rotación de los clientes. En esta línea, y de manera reciente, se ha producido uno de los mayores cambios en el proceso productivo de McDonald's, que curiosamente no ha sido en la cocina del restaurante. McDonald's ha eliminado la línea de cajas en las que los clientes hacían sus pedidos a los empleados. En medio del restaurante se ha ubicado una línea de «quiosco» (denominados así por la empresa) consistente en pantallas donde los clientes realizan y pagan sus pedidos. El cliente participa mucho más en la prestación del servicio, al involucrarse activamente en la primera parte del proceso, la elaboración del pedido. Incluso podríamos decir que McDonald's vuelve a sus orígenes, al eliminar los empleados que actuaban de intermediarios entre los clientes y la cocina. Ahora, el cliente realiza directamente el pedido a la cocina.

Las ventajas e inconvenientes de este cambio en el proceso productivo son evidentes para la empresa. Por un lado, reduce el personal necesario en la línea de cajas y permite que esos trabajadores se incorporen a la cocina, mejorando la productividad y rapidez del servicio. Por otro lado, el principal inconveniente radica en la potencial exclusión que provoca en las personas que no deseen o les parezca difícil realizar la elaboración de un pedido por sí mismas. Para evitar este inconveniente, McDonald's ha formado a sus trabajadores para que constantemente ayuden a las personas que puedan tener alguna dificultad.

¿Y para los clientes este nuevo sistema aporta alguna ventaja? No tendría sentido aumentar la participación en el proceso productivo si a cambio los usuarios no reciben algún tipo de contraprestación. Con el nuevo modelo, los clientes ya no hacen largas colas frente a un mostrador para realizar su pedido. El número de quioscos, muy superior en cantidad a las cajas con empleado (es habitual duplicar en número), permite evitar esta incómoda circunstan-

cia. Asimismo, y una vez que el cliente realiza el pedido, recoge un localizador que se lleva a la mesa, donde un empleado de McDonald's le lleva la comida una vez que esta ha sido elaborada. De esta forma, las antiguas colas en este restaurante de comida rápida han desaparecido y los clientes esperan sentados a ser servidos.

FUENTE: elaboración propia a partir de <https://www.mcdonalds.com/us/en-us/about-us/our-history.html> (consultado el 9 de marzo de 2017).

RESUMEN

Una de las principales decisiones básicas de la dirección de operaciones es la relativa a la estrategia del proceso productivo, es decir, la elección del tipo de proceso necesario para la realización de los bienes y servicios que la empresa ofrecerá al mercado. De la eficiencia, competitividad, control de costes, tiempos y mejora de la calidad del proceso productivo depende la rentabilidad, supervivencia y éxito de la empresa.

Existen dos grandes enfoques básicos en las estrategias del proceso productivo. En el enfoque de proceso las actividades y puestos de trabajo están diferenciados y agrupados por la función que desempeñan, sin relación con el producto que se va a fabricar. Dentro de este enfoque de proceso se encuentran las modalidades de la producción en lotes y los talleres de trabajo. En el enfoque de producto las actividades y puestos de trabajo están distribuidos de acuerdo a la secuencia de operaciones productivas necesarias para la realización del bien o servicio. Dentro de este enfoque de producto se encuentran los procesos productivos continuos, la línea o cadena de ensamblaje y la producción bajo proyecto.

El elemento más decisivo a la hora de la elección del proceso productivo es el producto que desea ofrecer la empresa, esto es, las decisiones acerca del proceso productivo están íntimamente relacionadas con las relativas al producto y viceversa.

Hayes y Wheelwright (1979) desarrollan una matriz producto-proceso que relaciona los ciclos de vida del producto y del proceso. La diagonal de esta matriz muestra las posiciones o relaciones «naturales» o lógicas entre ambos ciclos de vida, es decir, las opciones estratégicas más deseables para las empresas en las dimensiones de producto y proceso.

Independientemente del tipo de proceso productivo elegido, el objetivo común a todos ellos es la obtención de un volumen de producción de acuerdo a un criterio económico: la optimización de los recursos utilizados y de su competitividad. La productividad es la magnitud que nos permite medir los resultados obtenidos por el enfoque productivo elegido.

La productividad relaciona la producción obtenida con aquellos factores productivos necesarios para obtener esos bienes y servicios. La productividad monofactorial es aquella que mide la eficiencia de un proceso atendiendo a un solo factor productivo, tanto en unidades físicas como monetarias. La productividad multifactorial, más cercana a la realidad y expresada exclusivamente en unidades monetarias, incluye un conjunto de factores productivos en la medición de la eficiencia económica. Los dos tipos de productividad, monofactorial y multifactorial, no son medidas excluyentes; más bien al contrario, permiten un estudio complementario y comparativo.

El desarrollo cada vez más intenso de las economías de servicio y la gestión participativa del cliente en el proceso de producción hacen que cada vez se preste más atención a las características de los procesos de servicio. De manera similar a la matriz producto-proceso se puede desarrollar una matriz servicio-proceso, cuya diagonal presenta las combinaciones servicio-proceso más habituales.

La automatización del servicio es una consideración relevante en el diseño del proceso productivo, pues aumenta tanto la estandarización del servicio como el volumen de unidades producidas.

La gestión del grado de contacto con el cliente, y su mayor o menor participación en el proceso productivo, es una decisión clave. Cuanto mayor sea el contacto con el cliente, mayores serán las posibilidades de satisfacerle, pero al mismo tiempo aumentará la variabilidad y la incertidumbre asociadas a distintos aspectos del proceso productivo.

Entre las técnicas más relevantes en la actualidad para mejorar la productividad de los servicios nos encontramos con la automatización, el autoservicio, la modularización y la distancia.

En el diseño de los procesos de servicio, los empleados se convierten en un elemento vital que afecta directamente a la satisfacción y calidad percibida por los clientes. La contribución de los trabajadores al frente de los clientes (*front-office*) al valor del servicio aumentará la fidelización y redundará en una relación duradera, a largo plazo, entre empresa y cliente.

EJERCICIOS

Preguntas sobre el ejemplo 5.3:

- a) Analice la evolución del proceso productivo de McDonald's. ¿Se ha seguido el modelo producto-proceso propuesto por Hayes y Wheelwright (1979)?
- b) De las técnicas mencionadas para mejorar la productividad del servicio, ¿cuál le parece más relevante de cara al éxito final del McDonald's?
- c) Indique algún ejemplo de empresas de otros sectores industriales que hayan podido imitar el comportamiento o las técnicas usadas por McDonald's.

d) Reflexione acerca de cuál puede ser la tendencia o evolución futura del negocio de McDonald's en relación con la utilización de las nuevas tecnologías de la información.

1. Ana quiere analizar la productividad de su personal entre dos de sus bases operativas a lo largo del presente período. En la sección A se produjeron 100.000 unidades, contando con ocho personas que trabajaron 1.800 horas cada una a lo largo de todo el año a un coste de 8 €/hora. Por su parte, la sección B generó la misma cantidad de unidades, pero con diez empleados, si bien con distinto tipo de contrato: ocho eran fijos, de los cuales seis trabajaron cada uno las mismas horas anuales y al mismo precio que en la sección A, y los otros dos dedicaron cada uno el 70% de las horas al año de sus compañeros, también a 8 €/hora; el resto (otros dos trabajadores) son becarios y trabajaron cada uno 200 horas al año a un coste por hora un 50% inferior al de los demás.

¿Cuál es la variación de la productividad de la mano de obra? Dado que de los diez empleados de la fábrica B los fijos elaboraron 98.500 unidades anuales y los becarios 1.500 unidades, ¿qué trabajadores han sido más productivos?

NOTA: debe ponerse especial cuidado en reflejar las horas reales trabajadas, ya que no todos los trabajadores realizan el mismo número de horas.

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección A} &= \frac{100.000 \text{ unidades}}{(8 \text{ personas} \times 1.800 \text{ horas})} = \frac{100.000 \text{ unidades}}{14.400 \text{ horas}} \cong \\ &\cong 6,9444 \text{ unidades/hora}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección B} &= \frac{100.000 \text{ unidades}}{(6 \text{ personas} \times 1.800 \text{ horas}) + \\ &+ [2 \text{ personas} \times (1.800 \text{ horas} \times 0,7)] + \\ &+ (2 \text{ personas} \times 200 \text{ horas})} = \\ &= \frac{100.000 \text{ unidades}}{10.800 \text{ horas} + 2.520 \text{ horas} + 400 \text{ horas}} \cong \\ &\cong 7,2886 \text{ unidades/hora}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación absoluta} \\ \text{de la productividad} &= 7,2886 - 6,9444 = 0,345 \text{ unidades/€} \\ &\text{entre secciones}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación relativa} \\ \text{de la productividad} &= \frac{7,2886 - 6,9444}{6,9444} \times 100 \cong 4,96\% \\ &\text{entre secciones}\end{aligned}$$

Los resultados obtenidos muestran una diferencia de productividad entre ambas secciones. Si bien la cuantía producida ha sido la misma (100.000 unidades), el número de horas necesarias para generarla ha sido inferior en la sección B, pasando de 14.400 horas en la sección A hasta las 13.720 horas de la B. En términos relativos, la productividad ha mejorado un 4,96 %. Sin embargo, debemos complementar este análisis de eficiencia con sus valores monetarios.

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección A} &= \frac{100.000 \text{ unidades}}{(8 \text{ personas} \times 1.800 \text{ horas} \times 8 \text{ €/hora})} = \\ &= \frac{100.000 \text{ unidades}}{115.200 \text{ €}} \cong 0,8681 \text{ unidades/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección B} &= \frac{100.000 \text{ unidades}}{(6 \text{ personas} \times 1.800 \text{ horas} \times 8 \text{ €/hora}) + \\ &\quad + (2 \text{ personas} \times 1.260 \text{ horas} \times 8 \text{ €/hora}) + \\ &\quad + (2 \text{ personas} \times 200 \text{ horas} \times 4 \text{ €/hora})} = \\ &= \frac{100.000 \text{ unidades}}{86.400 \text{ €} + 20.160 \text{ €} + 1.600 \text{ €}} \cong \\ &\cong 0,9246 \text{ unidades/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación absoluta} \\ \text{de la productividad} &= 0,9246 - 0,8681 = 0,0565 \text{ unidades/€} \\ &\text{entre secciones}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación relativa} \\ \text{de la productividad} &= \frac{0,9246 - 0,8681}{0,8681} \times 100 \cong 6,51\% \\ &\text{entre secciones}\end{aligned}$$

Las cuantías económicas derivadas de los factores productivos corroboran el análisis anterior, pasando de los 115.200 € a los 108.160 €. Es más, el dato relativo del 6,51 % asienta aún más la mejora en la productividad. No solo se han dedicado menos horas, sino que, adicionalmente, se ha reducido su coste global.

En segundo lugar, se plantea la posible diferencia entre los dos grupos de trabajadores que realizan su actividad en la segunda sección. A tal fin se aplica la fórmula inicial de la productividad para ambos colectivos de manera diferenciada, y posteriormente se compararán sus resultados. Para cada grupo, se indican en el numerador las unidades

que han sido generadas por ellos, y en el denominador las horas necesarias para producirlas, tanto en tiempo dedicado (horas) como en coste final de las horas (euros).

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección B} &= \frac{98.500 \text{ unidades}}{(6 \text{ personas} \times 1.800 \text{ horas}) +} \\ \text{trabajadores fijos} &\quad + (2 \text{ personas} \times 1.260 \text{ horas}) \\ &= \frac{98.500 \text{ unidades}}{10.800 \text{ horas} + 2.520 \text{ horas}} \cong \\ &\cong 7,3949 \text{ unidades/hora}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección B} &= \frac{1.500 \text{ unidades}}{(2 \text{ personas} \times 200 \text{ horas})} = \\ \text{trabajadores becarios} &= \frac{1.500 \text{ unidades}}{400 \text{ horas}} \cong 3,75 \text{ unidades/hora}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación absoluta} &= 3,75 - 7,3949 = -3,6449 \text{ unidades/hora} \\ \text{de la productividad} & \\ \text{entre grupos de trabajadores}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación relativa} &= \frac{3,75 - 7,3949}{7,3949} \times 100 \cong -49,23\% \\ \text{de la productividad} & \\ \text{entre grupos de trabajadores}\end{aligned}$$

Una valoración inicial de los datos nos muestra, sin entrar en cuestiones justificativas, un mayor aprovechamiento de las horas de trabajo del colectivo de trabajadores fijos sobre el de los becarios, además con una clara diferencia del 49,2%. La cuestión ahora es contrastar este dato con la medida de la productividad en términos monetarios. Al ser inferior el sueldo del grupo de becarios, podría existir un efecto compensatorio.

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección B} &= \frac{98.500 \text{ unidades}}{(6 \text{ personas} \times 1.800 \text{ horas} \times 8 \text{ €/hora}) +} \\ \text{trabajadores fijos} &\quad + (2 \text{ personas} \times 1.260 \text{ horas} \times 8 \text{ €/hora}) \\ &= \frac{98.500 \text{ unidades}}{86.400 \text{ €} + 20.160 \text{ €}} \cong 0,9244 \text{ unidades/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad sección B} \\ \text{trabajadores becarios} &= \frac{1.500 \text{ unidades}}{(2 \text{ personas} \times 200 \text{ horas} \times 4 \text{ €/hora})} = \\ &= \frac{1.500 \text{ unidades}}{1.600 \text{ €}} \cong 0,9375 \text{ unidades/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación absoluta} \\ \text{de la productividad} \\ \text{entre grupos de trabajadores} &= 0,9375 - 0,9244 = 0,0131 \text{ unidades/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación relativa} \\ \text{de la productividad} \\ \text{entre grupos de trabajadores} &= \frac{0,9375 - 0,9244}{0,9375} \times 100 \cong 1,4\%\end{aligned}$$

Se observa que, en términos monetarios, no solo se ha producido una compensación en relación con la eficiencia de las horas utilizadas, sino que, de hecho, se produce una mejora de la productividad de los trabajadores becarios del 1,4% sobre los trabajadores fijos. Nuevamente se muestra la necesidad de realizar los cálculos de eficiencia en unidades tanto físicas como monetarias.

2. Sara tiene una empresa de producción de tomates. Ha realizado un proyecto piloto, consistente en introducir nuevas técnicas de producción. Desea comparar la productividad mensual obtenida en este proyecto piloto con la alcanzada con los métodos tradicionales. Con este último método, el volumen de tomates producidos alcanzó la cifra de 20.000 kg al mes. Como factores productivos, se empleó a 5 personas que trabajaron 1.800 horas anuales, cada una a un coste de 10 €/hora, 12.000 € anuales en material de abono, alquiler de maquinaria mensual por un valor de 1.000 € y 1.000 € bimestrales en suministros.

Fruto del proyecto piloto se obtuvieron los resultados que se comentan a continuación: aumentó un 50% el número de unidades obtenidas al mes, el alquiler ascendió hasta 2.000 € mensuales y se triplicaron los gastos en suministros. El resto de factores permanecieron invariables.

¿Cuál es la productividad monofactorial mensual de la mano de obra y del material utilizado en este proceso productivo tradicional?
¿Cuál es la variación de la productividad total mensual de los factores?

$$\begin{aligned}\text{Productividad mano} \\ \text{de obra período 1} &= \frac{20.000 \text{ tomates}}{(9.000 \text{ horas} : 12 \text{ meses/año})} = \\ &= \frac{20.000 \text{ tomates}}{750 \text{ horas}} = 26,67 \text{ tomates/hora}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad mano de obra período 1} &= \frac{20.000 \text{ tomates}}{[(9.000 \text{ horas} \times 10 \text{ €/hora}) : 12 \text{ meses/año}]} = \\ &= \frac{20.000 \text{ tomates}}{7.500 \text{ €}} = 2,667 \text{ tomates/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad material período 1} &= \frac{20.000 \text{ tomates}}{(12.000 \text{ €} : 12 \text{ meses/año})} = \frac{20.000 \text{ tomates}}{1.000 \text{ €}} = \\ &= 20 \text{ tomates/€}\end{aligned}$$

Por término medio, la hora de trabajo del personal equivale a una producción de 26,67 tomates. Valorado el tiempo de trabajo en términos monetarios, por cada euro que la empresa invierte en su personal se obtienen 2,667 kg de tomates. En el caso del material utilizado, tan solo se puede calcular la productividad por euro, que alcanza un volumen de 20 kg de tomates. Como puede apreciarse, estos datos reflejan el grado de eficiencia en el uso de factores; sin embargo, al no tener un punto de comparación, no podemos conocer si esa productividad alcanza unos niveles adecuados.

$$\begin{aligned}\text{Productividad total período 1} &= \frac{20.000 \text{ tomates}}{[(9.000 \text{ horas} : 12 \text{ meses/año}) \times 9.000 \text{ horas}] + \\ &\quad (12.000 \text{ €} : 12 \text{ meses/año}) + 1.000 \text{ €} + \\ &\quad + (1.000 \text{ €/bimestre} : 2 \text{ meses/bimestre})} = \\ &= \frac{20.000 \text{ tomates}}{7.500 \text{ €} + 1.000 \text{ €} + 1.000 \text{ €} + 500 \text{ €}} \cong \\ &\cong 2 \text{ tomates/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Productividad total período 2} &= \frac{30.000 \text{ tomates}}{[(9.000 \text{ horas} : 12 \text{ meses/año}) \times 9.000 \text{ horas}] + \\ &\quad (12.000 \text{ €} : 12 \text{ meses/año}) + 1.000 \text{ €} + \\ &\quad + (3.000 \text{ €/bimestre} : 2 \text{ meses/bimestre})} = \\ &= \frac{30.000 \text{ tomates}}{7.500 \text{ €} + 1.000 \text{ €} + 2.000 \text{ €} + 1.500 \text{ €}} \cong \\ &\cong 2,5 \text{ tomates/€}\end{aligned}$$

Variación absoluta
de la productividad = $2,5 - 2 = 0,5$ tomates/€
entre períodos

Variación relativa
de la productividad = $\frac{2,5 - 2}{2} \times 100 = 25\%$
entre períodos

Los resultados del proyecto piloto evidencian una mejora clara en el volumen de producción, pasando de 20.000 kg al mes hasta los 30.000 kg, lo que supone un 50% adicional. Este dato exige incorporar un análisis de productividad que permita conocer la mejora que esas nuevas técnicas de producción generan sobre la eficiencia en el uso de los factores productivos utilizados en el proceso. Bajo una perspectiva multifactorial, se observa un incremento notable de productividad; esta mejora alcanzada se cuantifica en un 25%, equivalente a un aumento de 0,5 kg de tomates por cada unidad monetaria utilizada en pagar los factores productivos.

3. María es directora de una empresa que fabrica cuerdas para tirolinas. Produce 1.000 cuerdas al mes con los siguientes recursos: 400 horas al mes de mano de obra a 12,5 €/hora, 20.000 kg al mes de material a 0,5 €/kg, 5.000 € bimestral de energía y 12.000 € de alquiler al año.

¿Cuál es la productividad monofactorial mensual de cada uno de los factores productivos empleados en este proceso productivo? ¿Cuál es la productividad multifactorial mensual de los factores? ¿Cuál es la variación porcentual de productividad total si puede reducir su factura energética en 2.000 € bimestral a costa de necesitar 50 horas más al mes de mano de obra?

La productividad monofactorial de cada factor se muestra a continuación. Aquellos factores dados en euros tan solo exigen el cálculo en unidades monetarias.

Solución

$$\text{Productividad mano de obra período 1} = \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{400 \text{ horas}} = 2,5 \text{ cuerdas/hora}$$

$$\begin{aligned} \text{Productividad mano de obra período 1} &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{(400 \text{ horas} \times 12,5 \text{ €/hora})} = \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{5.000 \text{ €}} = \\ &= 0,2 \text{ cuerdas/€} \end{aligned}$$

$$\text{Productividad material período 1} = \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{20.000 \text{ kg}} = 0,05 \text{ cuerdas/kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Productividad material período 1} &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{(20.000 \text{ kg} \times 0,5 \text{ €/kg})} = \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{10.000 \text{ €}} = \\ &= 0,1 \text{ cuerdas/€} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Productividad energía período 1} &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{(5.000 \text{ €/bimestre} : 2 \text{ meses/bimestre})} = \\ &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{2.500 \text{ €}} = 0,4 \text{ cuerdas/€} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Productividad alquiler período 1} &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{(12.000 \text{ €/año} : 12 \text{ meses/año})} = \\ &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{1.000 \text{ €}} = 1 \text{ cuerda/€} \end{aligned}$$

En el caso de la productividad multifactorial debe considerarse el conjunto de factores reflejados en términos homogéneos: unidades monetarias y carácter mensual (horizonte temporal que se pide en el ejercicio).

$$\begin{aligned} \text{Productividad total período 1} &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{(400 \text{ horas} \times 12,5 \text{ €/hora}) + \\ &\quad + (20.000 \text{ kg} \times 0,5 \text{ €/kg}) + \\ &\quad + (5.000 \text{ €/bimestre} : 2 \text{ meses/bimestre}) + \\ &\quad + (12.000 \text{ €/año} : 12 \text{ meses/año})} = \\ &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{5.000 \text{ €} + 10.000 \text{ €} + 2.500 \text{ €} + 1.000 \text{ €}} \equiv \\ &\equiv 0,05405 \text{ cuerdas/€} \end{aligned}$$

Finalmente, la medida de la productividad no aporta mucha información si no se pone en consonancia con otros valores de referencia. En este caso, dos son los factores productivos que se van a ver alterados. En primer lugar se calcula la nueva productividad, para posteriormente realizar los cálculos comparativos.

$$\begin{aligned}\text{Productividad total} &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{\text{período 2}} = \\ &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{(450 \text{ horas} \times 12,5 \text{ €/hora}) + \\ &\quad + (20.000 \text{ kg} \times 0,5 \text{ €/kg}) + \\ &\quad + (3.000 \text{ €/bimestre} : 2 \text{ meses/bimestre}) + \\ &\quad + (12.000 \text{ €/año} : 12 \text{ meses/año})} \\ &= \frac{1.000 \text{ cuerdas}}{5.625 \text{ €} + 10.000 \text{ €} + 1.500 \text{ €} + 1.000 \text{ €}} \equiv \\ &\equiv 0,05517 \text{ cuerdas/€}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación absoluta} \\ \text{de la productividad} &= 0,5517 - 0,05405 = 0,00112 \text{ cuerdas/€} \\ \text{entre períodos}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Variación relativa} \\ \text{de la productividad} &= \frac{0,5517 - 0,05405}{0,05405} \times 100 \equiv 2,07\% \\ \text{entre períodos}\end{aligned}$$

La producción es constante entre ambos períodos, 1.000 cuerdas cada mes. La modificación en el uso de dos factores muestra un resultado ligeramente positivo en términos de eficiencia. Una reducción de la factura energética, aun a costa de incrementar en 50 el número de horas de trabajo, permite mejorar la productividad un 2,07%.

BIBLIOGRAFÍA

- Chase, R. B. y Jacobs, F. R. (2013). *Administración de operaciones* (13.^a ed.). México: McGraw-Hill.
- Cuatrecasas Arbós, L. (2000). *Organización de la producción y dirección de operaciones*. Madrid: Centro de Estudios Ramón Areces.
- Frei, F. (2006). Breaking the Trade-off between Efficiency and Service. *Harvard Business Review*, 84(11), 92-101.
- Hayes, R. H. y Wheelwright, S. C. (1979). Line manufacturing process and product life cycles. *Harvard Business Review*, 133-140, enero-febrero.
- Heizer, J. y Render, B. (2015). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas* (11.^a ed.). Madrid: Pearson.
- Schroeder, R. G., Goldstein, S. M. y Rungtusanatham, M. J. (2011). *Administración de operaciones* (5.^a ed.). Madrid: McGraw-Hill.

Fuentes electrónicas

http://www.ikea.com/ms/es_ES/this-is-ikea/the-ikea-concept/index.html (consultado el 27 de febrero de 2017).

<https://www.mcdonalds.com/us/en-us/about-us/our-history.html> (consultado el 9 de marzo de 2017).

<https://www.rolls-roycemotorcars.com/en-GB/home.html> (consultado el 27 de febrero de 2017).

6

Decisión de capacidad a largo plazo

Daniel Arias Aranda, Carmen Haro Domínguez,
Teresa Ortega Egea, Leopoldo Gutiérrez Gutiérrez,
Matilde Ruiz Arroyo, M.^a Nieves Pérez Aróstegui,
Óscar F. Bustinza Sánchez, Valentín Molina Moreno,
Francisco Sánchez-Montesinos García y Esther Chávez Miranda

INTRODUCCIÓN

La capacidad productiva de la empresa establece sus límites competitivos. La demanda de productos y servicios está sujeta a fluctuaciones, que necesitan ser absorbidas por la empresa de la mejor manera posible. Las previsiones de la demanda a corto, medio y largo plazo, planificadas y programadas por la empresa, deben ser atendidas satisfactoriamente en tiempo, cantidad y calidad. Solo un correcto dimensionado de la capacidad productiva permitirá servir los pedidos según lo convenido con el cliente.

Para una adecuada comprensión de la capacidad productiva es necesario distinguir entre la capacidad que teóricamente se tiene y la que realmente se utiliza. Emplear al máximo la capacidad teórica es muy difícil de conseguir, viéndose normalmente reducida, ya que el desarrollo de cualquier actividad en la empresa está sujeta a una serie de ineficiencias que dan lugar a tiempos no productivos. Por esta razón, la programación de cualquier tarea en la empresa se debe hacer atendiendo a la capacidad real o disponible, y no a la proyectada o teórica, pues de lo contrario se estarían fijando plazos de entrega imposibles de alcanzar.

La planificación, programación y control de la capacidad tienen como fin la continua adecuación de la capacidad disponible a las necesidades existentes. En este contexto, los dos posibles escenarios en los que puede encontrarse una empresa son dos: un proceso de expansión o, todo lo contrario, un proceso de contracción. Tanto en uno como en otro se necesitan tomar decisiones sobre medidas que permitan la adaptación de la capacidad productiva a las nuevas exigencias del mercado. En este proceso de decisiones se debe tener en cuenta el período de planificación que se contempla, puesto que la estrategia de la empresa dependerá de si las decisiones son a largo, medio o corto plazo.

La estrategia de capacidad persigue dotar a la empresa de la flexibilidad necesaria para alcanzar la capacidad productiva necesaria en distintos momentos del tiempo. La definición de esta estrategia dependerá de la actitud adoptada por la empresa, con tendencia más proactiva o más conservadora.

El proceso de planificación de las necesidades de capacidad a largo plazo culminará con un proceso de evaluación de alternativas. Entre las técnicas utilizadas para este fin proponemos el análisis del umbral de rentabilidad o punto de equilibrio o punto muerto, árboles de decisión y el análisis del VAN y la TIR.

Finalizaremos el tema haciendo una pequeña referencia a la planificación y gestión de la capacidad en las empresas de servicios y a la filosofía de gestión *Revenue Management*.

6.1. CONCEPTO DE CAPACIDAD Y SUS REPERCUSIONES EN LA EMPRESA

La capacidad productiva de una empresa se define como la máxima cantidad de bienes o servicios que pueden caber, recibirse, almacenarse o producirse en una unidad productiva en condiciones normales de funcionamiento en un período de tiempo determinado (Heizer y Render, 2015). La unidad de medida utilizada dependerá del tipo de configuración productiva de cada empresa. En empresas con procesos repetitivos, la unidad de medida utilizada vendrá expresada en unidades de *output*, tales como coches/año o pacientes/día, pudiéndose por tanto utilizar unidades de medida agregadas. Sin embargo, en aquellas empresas con procesos no repetitivos resulta difícil encontrar una medida común claramente representativa, optándose entonces por una unidad de medida expresada en unidades de *input*, como horas/máquina/día u horas/persona/día (Domínguez Machuca et al., 1995).

La determinación del tamaño de la planta productiva es una decisión muy importante para cualquier empresa. La capacidad de respuesta de la empresa, su estructura de costes, sus políticas de inventario, así como el número de trabajadores necesarios y las características de su fuerza de trabajo, dependerán del nivel de capacidad productiva de la empresa.

En todo momento la empresa necesita adaptar su capacidad productiva a la capacidad necesaria para poder atender la demanda prevista. La falta de adecuación, tanto por exceso como por defecto de capacidad, provoca en la empresa una serie de costes que todo directivo/gestor desearía evitar. Un exceso de capacidad productiva supondría para la empresa unos costes fijos innecesarios, mantener equipos y personal ociosos, o generar excesos de inventarios entre otras consecuencias. Por otro lado, un defecto de capacidad productiva implicaría no poder atender la demanda existente, lo que provocaría una pérdida de

competitividad y de cuota de mercado, e incluso una posible pérdida de calidad si se trabaja a ritmos forzados.

Las medidas correctivas adoptadas por la empresa en el proceso de adaptación de la capacidad disponible a la necesaria, dependerán del horizonte temporal disponible. De esta manera, podemos hablar de decisiones de carácter estratégico, táctico y operativo.

Las decisiones de carácter estratégico o a largo plazo (más de 18 meses) tienen carácter estructural. En este escenario, las empresas disponen de información recogida durante un período de tiempo lo suficientemente largo como para confirmar la tendencia de la demanda, tanto si es al alza como a la baja, y por tanto la empresa también dispone de más tiempo para poner en marcha las correspondientes medidas correctivas. En caso de estrategia de expansión, la empresa necesitaría ampliar sus instalaciones; se trataría de inversiones de gran importancia, tanto si se trata de ampliación de las instalaciones existentes como de la construcción de nuevas instalaciones. Por el contrario, en caso de contracción las decisiones se centrarían en el cierre de plantas, o la habilitación de esos espacios para otras actividades.

Las decisiones de carácter táctico y operativo, a medio y corto plazo (desde días hasta 18 meses), son de carácter coyuntural. En este escenario, la empresa también necesita tomar medidas correctivas adaptadas al tiempo y a la información que posee. En caso de estrategia de expansión, las medidas utilizadas para ampliar la capacidad productiva podrían consistir en horas extra, contratación temporal de personal, subcontratación y adquisición de máquinas y/o herramientas. En caso de estrategia de contracción, las decisiones consistirían en la reubicación, reducción de jornadas y/o despido de personal.

EJEMPLO 6.1. Qué es el *overbooking* y qué debes hacer si pasa en tu vuelo

El *overbooking* o denegación de embarque se produce cuando la aerolínea vende más plazas de las que dispone el avión. Es una práctica comercial legal, que está permitida en la Unión Europea y regulada por el Reglamento CE núm. 261/2004. Concretamente, lo que hacen las aerolíneas es detectar que existe una mínima parte de los viajeros que no se presentan en el embarque o que cancelan sus vuelos, y por eso emiten un número de billetes ligeramente superior al de los asientos disponibles en sus aeronaves. Cuando se produce una sobreventa, puede ocurrir que la compañía aérea deniegue el embarque a los pasajeros de un vuelo. Sin embargo, aunque la sobreventa de asientos sea una práctica comercial legal en la Unión Europea, los pasajeros tienen una serie de derechos que las compañías aéreas deben cumplir, según recuerda la empresa *online*.

En primer lugar, cuando una compañía aérea prevea que tendrá que denegar el embarque en un vuelo, debe comunicar a los viajeros las normas en materia de compensación y asistencia. Además, hay una serie de condicionantes que derivan en una serie de derechos u otros. Si el pasajero acepta de forma voluntaria renunciar a su plaza, la aerolínea debe reembolsar el billete, ofrecer transporte alternativo y otros beneficios (cheques o bonos de viajes, dinero en metálico, asiento en *business*). Esta acción impide reclamar más adelante.

En el caso de no ser voluntario, la aerolínea debe reembolsar el billete, ofrecer transporte alternativo y compensación económica. La aerolínea buscará pasajeros con los que llegar a un acuerdo para que renuncien voluntariamente a su plaza, a cambio de determinados beneficios. En el caso de que la compañía aérea pida que se presenten voluntarios para renunciar a sus reservas, deberá ofrecerles las siguientes opciones, sabiendo que serán los viajeros quienes elijan entre estas:

- Reembolso en siete días del coste del billete correspondiente a la parte del viaje no realizada, junto con un vuelo de vuelta al primer punto de partida lo más rápidamente posible, cuando proceda.
- Reembolso en siete días del precio íntegro del billete cuando se compró, correspondiente incluso a la parte o partes del viaje efectuadas, si el vuelo ya no tiene sentido respecto al plan de viaje inicial del pasajero, y, cuando proceda, un vuelo de vuelta al primer punto de partida lo más rápidamente posible.
- Traslado al destino final lo antes posible en condiciones de transporte comparables.
- Traslado al destino en condiciones comparables en otra fecha que convenga al pasajero.

Si se opta ser voluntario para no embarcar, la aerolínea tiene que brindar determinados beneficios, cheques de viajes, dinero en metálico o asiento en primera clase. El pasajero también tiene derecho a que la compañía aérea cubra los gastos que genere el traslado de un aeropuerto a otro, cuando finalmente vuele desde o hasta un aeródromo distinto para el que se efectuó la reserva, en aquellas localidades en que existan dos aeropuertos.

No obstante, aceptar ser voluntario impide reclamar una compensación suplementaria, y solo se podrá reclamar cuando la aerolínea no cumpla sus obligaciones legales o con lo pactado. En el único caso en que el número de personas voluntarias sea insuficiente, la aerolínea tendrá la posibilidad de denegar el embarque a los pasajeros contra la voluntad de estos, debiendo proponerles una compensación inmediata y prestarles asistencia, así como ofrecerles el reembolso del eventual billete o transporte que vayan a utilizar.

Para demostrar la no voluntariedad y que se pueda reclamar, debe quedar por escrito lo sucedido, incluida la fecha del incidente. Para ello, el usuario

puede acudir al mostrador de la compañía aérea en el aeropuerto, o en su defecto a los *stands* de las autoridades aéreas para pedir un documento que acredite el *overbooking*.

Tras esto, el viajero tiene derecho de asistencia y a compensación. Con referencia al primero, la compañía aérea deberá ofrecer gratuitamente manutención suficiente en función del tiempo de espera, así como dos llamadas telefónicas o mensajes de fax o correo electrónico. Además, en los casos en los que la salida del transporte alternativo se produjera al día siguiente o días más tarde, el brindar alojamiento y transporte entre este y el aeropuerto es una obligación.

En cuanto al derecho a compensación, las cuantías van de los 250 € a los 600 €: 250 € para los vuelos inferiores a 1.500 kilómetros; 400 € para los vuelos entre 1.500 y 3.500 kilómetros, y 600 € para los vuelos superiores a 3.500 kilómetros. También existe la posibilidad de reclamar daños y perjuicios para cualquiera de los tres casos anteriores.

FUENTE: 20 Minutos. EP. 15 de abril de 2017.

6.2. MEDIDAS DE CAPACIDAD PRODUCTIVA

La capacidad productiva no permanece constante a lo largo del tiempo, ya que existen diversos factores técnicos, humanos y de gestión que hacen que la capacidad inicialmente instalada no sea la que realmente se utiliza. Por ejemplo, las máquinas y equipos sufren las consecuencias del tiempo y del uso. Así, aparecen averías y los equipos obsoletos ralentizan el proceso. Por su parte, los directivos saben que no se consigue mayor eficiencia si se trabaja a un ritmo forzado, y por tanto se suele trabajar a un ritmo inferior al permitido por la capacidad máxima de las instalaciones. Por último, y en lo que respecta al personal, se producen paradas por desayuno, por ir al baño, por enfermedad, por huelgas, etc.

En relación al factor humano, no solo hay que tener en cuenta paradas en el trabajo, sino también que cada uno de los trabajadores de la empresa tendrá un nivel de rendimiento diferente, pues cada persona tiene habilidades muy distintas. La capacidad de aprendizaje también difiere de unos a otros. Incluso a lo largo de la jornada de trabajo el rendimiento de cada uno de los trabajadores variará, ya que el cansancio se hace presente. Todo esto da como resultado que distintas personas puedan desarrollar una misma labor empleando diferentes tiempos productivos, es decir, con distinta eficiencia.

La gestión también afectará al nivel de eficiencia con el que se desarrollen las tareas y, por tanto, decisiones como el nivel de aprovechamiento de los recursos disponibles en la empresa, la planificación y programación de las tareas,

la determinación de la calidad de los recursos o la elección de los proveedores son cruciales en la eficiencia del proceso de fabricación.

Las ineficiencias relativas al uso y utilización de los equipos y maquinaria, de carácter más técnico, vienen recogidas en un índice que llamamos factor de utilización (U), que representa el porcentaje de utilización de la capacidad teórica o proyectada.

Las ineficiencias más relacionadas con el factor humano y su rendimiento se recogen en un índice que llamamos factor de eficiencia (E), que representa el porcentaje de aprovechamiento de la capacidad teórica o proyectada teniendo en cuenta las limitaciones laborales y de gestión.

Tanto el factor de utilización como el de eficiencia serán obtenidos por expertos a través de la observación del desarrollo de procesos productivos, quienes identificarán las distintas ineficiencias que suelen aparecer a lo largo de la jornada de trabajo y, tras la observación y monitorización durante un período de tiempo determinado, establecerán el valor de ambos factores (U , E).

El estudio de la capacidad productiva permite a la empresa analizar el grado de uso y aprovechamiento de cada uno de los recursos productivos, y así poder optimizarlos. Atendiendo a todas estas eventualidades que hacen que la capacidad productiva varíe de la inicialmente propuesta, podemos distinguir distintos tipos de capacidad:

- **Capacidad proyectada o teórica:** se refiere al volumen de producción que una empresa sería capaz de conseguir utilizando todos sus recursos en condiciones ideales durante un cierto período de tiempo.
- **Capacidad real o disponible:** se refiere al volumen de producción que realmente se consigue teniendo en cuenta todas aquellas ineficiencias que pueden ocurrir durante una jornada de trabajo.

Los factores de utilización (U) y eficiencia (E) tendrán un carácter acumulativo y su función será corregir la capacidad productiva proyectada o teórica.

$$\text{Capacidad real o disponible} = \text{Capacidad proyectada o teórica} \times U \times E$$

Si medimos la capacidad productiva en términos de *inputs*, en concreto horas de trabajo, la capacidad proyectada o teórica se medirá mediante el número total de horas productivas teóricas disponibles en la empresa (NHT) (Domínguez Machuca et al., 1995). Estas horas productivas teóricas deberán ser corregidas por los factores de utilización (U) y eficiencia (E), para obtener así el número de horas productivas reales o disponibles (NHR) en la empresa, lo que nos determinará la capacidad productiva real o disponible.

$$NHR = NHT \times U \times E$$

EJEMPLO 6.2. Cálculo de la capacidad productiva real. Importancia en el establecimiento de los plazos de entrega

En una planta de montaje de electroválvulas se trabaja 8 horas al día los 365 días del año. La fabricación y montaje de la electroválvula requiere un total de 30 minutos. El 5 de marzo se ha recibido un pedido de 560 electroválvulas. El responsable de ventas consulta con su homólogo de producción si el pedido puede ser servido al cliente el 12 de abril. Haga los cálculos necesarios y elabore con ellos un informe para que el responsable de producción pueda dar una respuesta a su compañero de ventas, teniendo en cuenta que el factor de utilización de la planta es del 96 %, mientras el de eficiencia es del 94 %.

Solución:

- Número de horas teóricas (*NHT*): 8 horas/día.
- Tiempo de fabricación de una electroválvula: 0,5 horas.
- Capacidad productiva proyectada o teórica: $8/0,5 = 16$ electroválvulas al día.
- Teóricamente necesitaría 35 días para poder servir el pedido: $560/16 = 35$ días.

Por tanto, sí podríamos entregar el pedido para el 12 de abril. Sin embargo, sería un error comprometernos con el cliente en esa fecha, puesto que hemos realizado los cálculos en base a datos teóricos, no reales. Debemos calcular la capacidad productiva real aplicando los factores de utilización y eficiencia. De esta forma obtendríamos los siguientes resultados:

- Número de horas reales (*NHR*):

$$NHT \times U \times E = 8 \times 0,96 \times 0,94 = 7,22 \text{ horas/día}$$

- Capacidad productiva real = $7,22/0,5 = 14$ unidades al día (redondeamos por defecto).
- ¿Cuántos días necesitaremos para poder servir el pedido? $560/14 = 40$ días. Por tanto, no podemos comprometernos en servir el pedido el 12 de abril, puesto que no estaría disponible hasta el 15 de abril.

FUENTE: elaboración propia.

6.3. PLANIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA

6.3.1. Conceptos que influyen en la planificación de la capacidad productiva

A la hora de planificar la capacidad productiva necesaria para un determinado horizonte temporal, la empresa debe considerar determinados hechos que afectan a dicha capacidad. Aspectos como disponer de un determinado tamaño en las instalaciones, la experiencia de los trabajadores o las capacidades concretas de los distintos centros de trabajo condicionan la capacidad del sistema en su conjunto y tienen consecuencias económicas para la organización en cuestión.

Economías de escala y deseconomías de escala

El tamaño de las instalaciones influye en los costes unitarios de producción. Relacionado con ello aparece el concepto de economías de escala, el cual hace referencia a que, a medida que se incrementa el volumen de producción, el coste medio por unidad disminuye. Entre las razones que llevan a la aparición de economías de escala podemos señalar que, al incrementarse el volumen de producción, los costes fijos se reparten entre un mayor número de unidades. Además, surge la posibilidad de obtener descuentos por volumen de compras, o también que mayores volúmenes permiten utilizar procesos productivos automatizados que pueden ser más eficientes y de calidad superior (Domínguez Machuca et al., 1995).

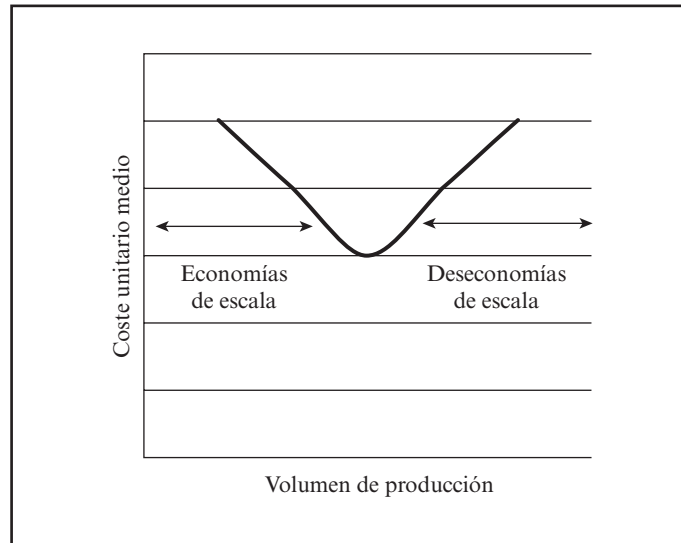
Muchas empresas amplían su capacidad productiva por encima de la demanda, en busca de obtener estas economías de escala. Sin embargo, incrementar en exceso la capacidad puede llevar a la empresa a incurrir en costes adicionales que generan deseconomías de escala, es decir, el coste unitario medio se incrementa al aumentar el volumen de producción (véase figura 6.1). A veces, problemas de coordinación, supervisión y pérdida de flexibilidad pueden hacer inviable el incremento de capacidad en una determinada planta. Un tamaño excesivo puede traer consigo una mayor complejidad, una pérdida de enfoque e ineficiencias, que elevan el coste unitario medio de un producto o servicio (Krajewski y Ritzman, 2000).

EJEMPLO 6.3. Fusiones bancarias y economías de escala

Las dos principales razones que pueden motivar un proceso de fusión o absorción, con la complejidad y riesgos que conlleva, son la consecución de

un mayor tamaño o la detección de entidades cuya gestión puede ser mejorada. Ello puede sintetizarse en las denominadas sinergias operativas por economías de escala o de alcance, en una mayor eficiencia o en una mayor cuota de mercado, reduciendo exceso de capacidad y eliminando duplicidades.

FUENTE: Arderiu, A. (2016). Fusiones bancarias y economías de escala. *Cinco Días*, 20 de enero de 2016.



FUENTE: elaboración propia.

Figura 6.1. Economías de escala y deseconomías de escala.

Economías de alcance y flexibilidad de la capacidad

Además, las empresas pueden beneficiarse de las llamadas economías de alcance, que surgen cuando múltiples productos se pueden producir a un coste más bajo si se hacen de forma combinada que por separado (Chase et al., 2009). Es decir, resulta más barato producir los diversos productos en una misma fábrica que hacerlo en fábricas separadas, al compartir algunos activos en su proceso de fabricación. Las economías de alcance se generan, por tanto, cuando es posible ofrecer mayor variedad de productos en una planta flexible a menor coste que si se hiciesen en varias plantas separadas (Domínguez Machuca et al., 1995).

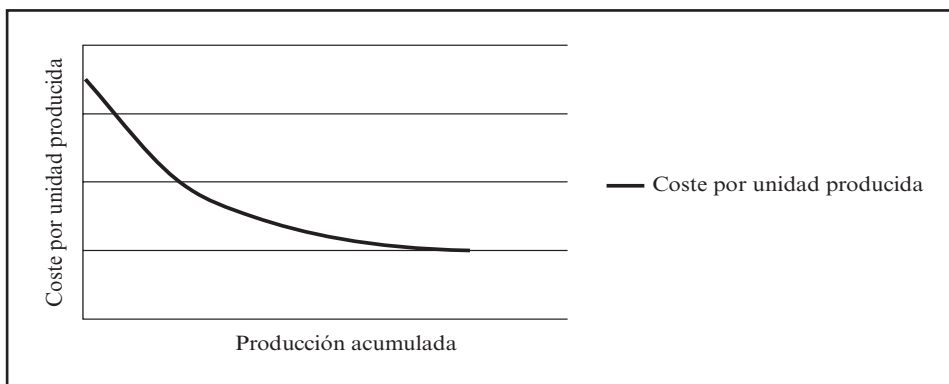
En relación con las economías de alcance, nos podemos referir a la flexibilidad de la capacidad. Según Chase et al. (2009), la flexibilidad de la capacidad

se refiere bien a la capacidad para incrementar o disminuir los niveles de producción con rapidez, o bien a la habilidad para pasar la capacidad de producción de un producto a otro, lo cual se puede conseguir con plantas, procesos y trabajadores flexibles, así como con estrategias de subcontratación.

Curva de aprendizaje y efecto experiencia

Otro concepto que influye en la determinación de la capacidad productiva es la curva de aprendizaje y el efecto experiencia que se produce. Es lógico pensar que, a medida que las empresas llevan más tiempo produciendo, deben haber aprendido y adquirido experiencia en sus métodos de producción, por lo que cabe esperar una disminución de los costes de producción basándose en la adquisición de destrezas, el perfeccionamiento en las tareas y, con ello, la disminución en los tiempos de fabricación (véase figura 6.2).

Siguiendo a Chase et al. (2009), las curvas de aprendizaje se pueden aplicar a personas o a organizaciones. El aprendizaje individual es la mejora que se obtiene cuando las personas repiten un proceso y adquieren habilidad o mejoras en eficiencia por su experiencia, mientras que el aprendizaje organizacional proviene de cambios en la administración, el equipamiento y el diseño del producto. Ambos se producen al mismo tiempo y se acumulan en la curva de aprendizaje.



FUENTE: elaboración propia.

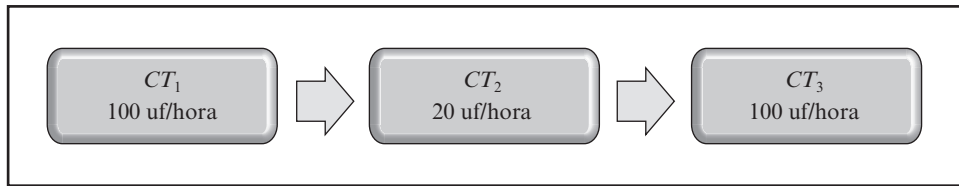
Figura 6.2. Curva de aprendizaje y efecto experiencia.

Cuellos de botella

Puede ocurrir que las capacidades de los distintos centros de trabajo no estén adecuadamente equilibradas y se produzca el fenómeno llamado «cuello de

botella». El cuello de botella surge cuando uno de los centros de trabajo tiene una capacidad real o disponible inferior a los demás, limitando la salida de productos del sistema. Si se identifican problemas de capacidad que provienen de cuellos de botella en un centro de trabajo concreto que no permite dar salida al trabajo que llega de otros centros, la inversión no debe dirigirse al total de las instalaciones, sino solo al centro de trabajo que genera problemas, con lo que se recupera la capacidad ociosa del resto de centros (véase tabla 6.1).

En la figura 6.3 se puede visualizar la existencia de un cuello de botella (CT2) que limita la capacidad del sistema.



FUENTE: elaboración propia.

Figura 6.3. Cuello de botella.

TABLA 6.1

Las leyes de los cuellos de botella

La productividad mejora en la medida en que los flujos de producción se mantienen consistentes a lo largo de todo el proceso de producción. Así, Schmenner y Swink (1998) establecieron las siguientes reglas al respecto:

- Los flujos de producción vienen determinados por la capacidad de los cuellos de botella.
- El equilibrado de los flujos de materiales es más importante que tratar de mantener todos los recursos ocupados.
- Los inventarios se acumulan en los cuellos de botella.
- Cualquier disminución en el *output* de un cuello de botella generará una disminución en el *output* de todo el sistema.
- Cualquier incremento de *outputs* sin cuellos de botella no necesariamente incrementará el *output* de todo el sistema.

FUENTE: Schmenner y Swink (1998).

6.3.2. Planificación y control de la capacidad productiva: fases

El objetivo de la planificación y control de la capacidad es adecuar la capacidad existente a las necesidades derivadas de la demanda de la forma más eficiente y económica posible (Domínguez Machuca et al., 1995). Para acometer

el proceso de planificación de la capacidad a largo plazo se deben seguir unas fases determinadas, como en cualquier proceso de planificación empresarial.

Según Domínguez Machuca et al. (1995), las fases a seguir en el proceso de planificación y control son las siguientes:

1. Cálculo de la capacidad disponible a largo plazo.
2. Determinación de las necesidades de capacidad.
3. Alternativas para adecuar a largo plazo la capacidad disponible a la necesaria.
4. Evaluación de alternativas.

6.3.2.1. *Cálculo de la capacidad disponible a largo plazo*

Para saber cuál es la capacidad disponible en un determinado horizonte temporal debemos emplear una medida correcta de la capacidad actual, bien en términos de *output* o bien en términos de *input*, atendiendo a lo comentado en el epígrafe 6.2. A continuación podemos proyectar dicha capacidad hacia el futuro, de acuerdo con el horizonte temporal elegido. Para ello debemos considerar que la capacidad no permanecerá constante a lo largo del tiempo, por varios motivos, tales como la reducción provocada por el envejecimiento de las instalaciones o el incremento producido por el efecto aprendizaje (Domínguez Machuca et al., 1995).

6.3.2.2. *La determinación de las necesidades de capacidad*

Para realizar una correcta planificación de la capacidad productiva a largo plazo necesitamos saber cómo se va a comportar la demanda en el futuro, por lo que resulta fundamental realizar una buena previsión de la demanda, que servirá de punto de referencia para determinar la capacidad necesaria. Este hecho dificulta contemplar un horizonte temporal a largo plazo, ya que a medida que nos alejamos en el tiempo las previsiones son menos fiables.

Según Domínguez Machuca et al. (1995), en la previsión de la demanda a largo plazo no han de tenerse en cuenta los factores de estacionalidad y las variables aleatorias, que serán consideradas más en el medio y corto plazo. A largo plazo nos interesa conocer fundamentalmente las tendencias de crecimiento, estabilidad o declive, así como los ciclos. Además, hay otros factores que condicionan la demanda a largo y, por tanto, la capacidad (Domínguez Machuca et al., 1995). Estos factores pueden ser los cambios demográficos fu-

turos, que afectarán a las tendencias de distribución y ventas, o los cambios tecnológicos. Por último, estos autores consideran que la previsión de la demanda a largo plazo no solo sirve para determinar las necesidades de capacidad de los productos actuales, sino también para prever la necesidad de introducir nuevos productos o modificar los existentes para propiciar un cambio de tendencia.

En este punto cabe señalar que, una vez tengamos la demanda estimada, esta no tiene por qué coincidir con la capacidad necesaria a largo plazo. Así, puede ocurrir que no existan recursos suficientes para satisfacer tal demanda, y que por tanto se renuncie a parte de ella, o bien, suponiendo que hay recursos suficientes, la empresa puede decidir mantener un cierto colchón de capacidad por encima de la demanda estimada para, por ejemplo, tener capacidad extra cuando la demanda supere a la esperada (Domínguez Machuca et al., 1995).

6.3.2.3. *Alternativas para adecuar a largo plazo la capacidad disponible a la necesaria*

La planificación de la capacidad se complica a largo plazo, pues las previsiones de la demanda se hacen más difíciles. Elegir la alternativa adecuada para eliminar la divergencia entre capacidad disponible y necesaria a largo plazo no es fácil, por los cambios rápidos que se suceden en los sistemas económicos.

Dos alternativas se plantean en las decisiones sobre capacidad, bien expansión de las instalaciones o bien contracción de las mismas, teniendo en cuenta las condiciones actuales y previstas.

Antes de iniciar una estrategia de expansión se debe comprobar que la capacidad actual se está utilizando de la mejor forma posible, analizando si nos encontramos ante una falta de capacidad instalada o bien ante una defectuosa utilización de la misma. Hay factores que inciden en el mayor o menor aprovechamiento de la capacidad, tales como la similitud o diversidad de los productos, la complejidad del proceso, aspectos de localización, de distribución en planta, etc. (Domínguez Machuca et al., 1995).

En caso de expansión tenemos las siguientes opciones para adecuar los cambios de capacidad a largo plazo (Gaither y Frazier, 2000):

1. Subcontratar a otras empresas para que se conviertan en proveedores de componentes o de productos completos de la empresa en expansión.
2. Adquirir otras empresas, instalaciones o recursos.
3. Construir edificios o adquirir equipos.
4. Expandir, actualizar o modificar instalaciones existentes.
5. Reactivar instalaciones que están en estado de reserva.

EJEMPLO 6.4. En tres años abriremos 120 KFC en España, la mitad será en formato chalé

La marca de restauración KFC ha diseñado un plan estratégico por el que prevé doblar en tres años su peso en nuestro país y pasar de los 93 locales actuales a más de 200. En concreto, la compañía calcula poder inaugurar 120 establecimientos antes del fin de 2020, haciendo especial hincapié en las zonas donde ahora tiene menos presencia, como Andalucía, Canarias o Castilla y León. De lograrlo, todos esos nuevos restaurantes operarían bajo el paraguas de la franquicia, cuyo coste ronda el millón de euros, y al menos la mitad funcionaría en el formato chalé.

FUENTE: Boiza, G. (2017). En tres años abriremos 120 KFC en España, la mitad será en formato chalé. *El Economista*, 22 de febrero de 2017.

Por otro lado, y como último recurso, puede que tenga que implementarse una estrategia de contracción, que normalmente supone el cierre de plantas y el despido de personal. Por ello, cuando la demanda de un producto cae, se intenta sustituir ese producto por otro nuevo al que se le transfieren los recursos utilizados. El departamento comercial, junto con el de operaciones, debe planificar cuidadosamente esta actuación, determinando cómo la capacidad existente puede ser utilizada y adaptada para satisfacer las nuevas demandas (Domínguez Machuca et al., 1995).

La estrategia de contracción de la capacidad productiva plantea las siguientes alternativas (Gaither y Frazier, 2000):

1. Vender instalaciones, vender inventarios y despedir o transferir empleados.
2. Guardar las instalaciones y colocarlas en un estado de reserva, vender inventarios y despedir o transferir empleados.
3. Desarrollar e introducir nuevos productos conforme se eliminan otros.

EJEMPLO 6.5. La empresa dueña de Martini traspasa el almacenaje de sus bebidas al Grupo Luís Simões y pone a la venta sus instalaciones del Vallès

Nueva vuelta de tuerca al ajuste que inició en 2016 el Grupo Bacardí en el mercado español. Tras anunciar hace un año el cierre de la planta embotelladora que poseía en Mollet del Vallès, la multinacional acaba de comunicar a su plantilla la externalización de todas sus actividades logísticas al operador Luís Simões y el traslado de la sede central del grupo en España de Mollet a

Barcelona. El objetivo de la empresa fabricante de Martini y del ron Bacardí es poner a la venta sus históricas instalaciones de Mollet, donde ocupa una superficie de más de 55.000 m². La idea es buscar unas nuevas oficinas corporativas en el área de Barcelona, a las que trasladará a unos 160 trabajadores.

La decisión responde al hecho de que ahora, tras el cierre de la planta y la externalización de la logística, en Mollet ya solo quedarán las oficinas, por lo que ya no tiene sentido seguir ocupando esas extensas instalaciones, de las que puede obtener un buen rendimiento poniéndolas a la venta. La fase para encontrar a un comprador ya se ha iniciado.

FUENTE: Saborit, S. (2017). La empresa dueña de Martini traspasa el almacenaje de sus bebidas al Grupo Luís Simões y pone a la venta sus instalaciones del Vallès. *Expansión*, 24 de enero de 2017.

6.3.2.4. Evaluación de alternativas

La toma de decisiones puede apoyarse en distintos criterios y métodos para la valoración de las distintas alternativas. Se pueden utilizar criterios económico-financieros, los cuales reflejarán la conveniencia de la decisión de inversión en capacidad considerando variables de carácter económico-financiero. Por otro lado, métodos como las gráficas del punto muerto, el valor capital (VAN) o la tasa interna de rendimiento (TIR) también pueden ser útiles, considerándose los costes, ingresos y gastos ocasionados por cada alternativa. Estos datos no se conocen con total certeza en un horizonte a largo plazo, por lo que se debe introducir la aleatoriedad en la evaluación, resultando los árboles de decisión también un método útil para la evaluación de alternativas.

Para tomar la decisión de capacidad, además de la consideración de variables cuantitativas, debemos tener en cuenta variables de carácter cualitativo, como por ejemplo el grado de compatibilidad con el personal existente, el grado de reacción de la competencia, el riesgo de obsolescencia tecnológica, etc. Para ello, las técnicas multicriterio permiten considerar simultáneamente criterios cualitativos y cuantitativos, facilitando la elección final del decisor, como por ejemplo el método de los factores ponderados.

6.4. ESTRATEGIAS DE GESTIÓN DE LA CAPACIDAD PRODUCTIVA

Como hemos dicho anteriormente, para hacer una adecuada planificación de la capacidad productiva a largo plazo, esto es, de uno a tres años, debemos disponer de una buena previsión de la demanda. Sin embargo, pueden aparecer desajustes entre la demanda real existente y la capacidad disponible, lo cual im-

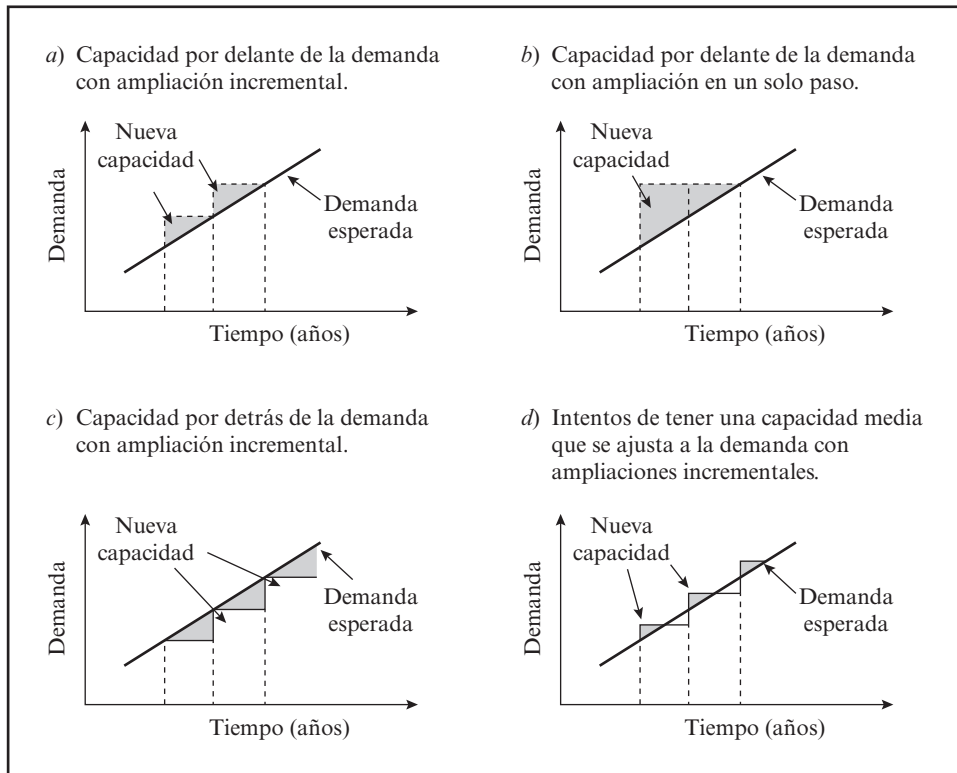
plica que la demanda sea mayor que la capacidad, o que la capacidad sea mayor que la demanda. En ambos casos las empresas tienen distintas opciones (Heizer y Render, 2015):

- Cuando la demanda es mayor que la capacidad, la empresa puede ajustar la demanda con un incremento de precios, programar largos plazos de entrega (que pueden ser inevitables), o bien disminuir las actividades menos rentables. En todo caso, unas instalaciones inadecuadas reducen los potenciales ingresos, por lo que la solución a largo plazo suele consistir en aumentar la capacidad.
- Cuando la capacidad es mayor que la demanda, la empresa puede intentar estimular la demanda con reducciones de precios, con un marketing agresivo, o bien puede adaptarse al mercado introduciendo cambios en sus productos.
- Como tercera opción, se puede realizar un ajuste a las demandas estacionales. Si la demanda presenta un patrón cíclico o estacional, la dirección puede ofrecer productos con patrones de demanda complementarios, es decir, se ofrecen distintos productos que presentan demandas que se complementan, de forma que cuando un producto tiene una demanda elevada, el otro presenta un bajo nivel de demanda, y al contrario (por ejemplo, en Sierra Nevada se ofertan actividades deportivas diferentes según la estación del año, esquí en invierno y senderismo en primavera y verano).

A la hora de ajustar el comportamiento de la demanda con la planificación de la capacidad productiva, debemos considerar que el crecimiento de la demanda suele producirse de forma gradual, mientras que los incrementos de capacidad se suelen hacer en momentos determinados.

En la planificación de la nueva capacidad productiva, Heizer y Render (2015) presentan cuatro modelos de ajuste entre capacidad y demanda (véase figura 6.4):

- a) *Capacidad por delante de la demanda con ampliación incremental.* Se adquiere la nueva capacidad al inicio del primer año. Esta capacidad será suficiente hasta el principio del segundo año. Al principio del segundo año se adquiere nueva capacidad, que permite a la organización afrontar la demanda hasta el principio del tercer año, y así sucesivamente. Este modelo implica, pues, que la nueva capacidad se adquiere progresivamente.
- b) *Capacidad por delante de la demanda con ampliación en un solo paso.* Puede producirse un gran aumento de la capacidad al comienzo del primer año, con el fin de satisfacer la demanda estimada hasta el principio del tercer año.



FUENTE: Heizer y Render (2015).

Figura 6.4. Estrategias de capacidad.

En ambas alternativas la capacidad va por delante, pues se adquiere capacidad para permanecer por delante de la demanda durante varios años.

- c) *Capacidad por detrás de la demanda con ampliación incremental.* La capacidad va por detrás de la demanda, por lo que se ha de recurrir a horas extra o subcontratación para compensar el exceso de demanda.
- d) *Estrategia intermedia.* Se intenta tener una capacidad media, que se ajusta a la demanda con ampliaciones incrementales, de forma que la capacidad media algunas veces va por detrás de la demanda y otras por delante.

De los modelos anteriores deducimos que las empresas pueden adoptar una estrategia de carácter expansionista, en la cual los incrementos de capacidad se producen antes que los aumentos en la demanda. Entre los factores que pueden influir en adoptar una estrategia de este tipo está tener que hacer frente a una

demanda variable, soportar unos altos costes de insatisfacción de la demanda, que se produzcan cambios frecuentes en el mix de producto, o bien un bajo coste por capacidad ociosa, entre otros (Domínguez Machuca et al., 1995).

Por otro lado, se puede adoptar una estrategia de carácter más conservador, en la que los incrementos de capacidad se producen una vez que la demanda haya aumentado. Entre los factores que llevan a elegir este tipo de estrategia se encuentran el tener que afrontar una alta inversión inicial, un incremento de los costes fijos o que haya poca fiabilidad de la previsión de demanda (Domínguez Machuca et al., 1995).

6.5. TÉCNICAS DE EVALUACIÓN

Para proceder a la evaluación de distintas alternativas de estrategia de capacidad necesitamos determinar una unidad de medida para el índice de valoración de las inversiones realizadas en la empresa. La unidad de medida elegida deberá reflejar la contribución de la inversión al objetivo empresarial (Durbán Oliva, 1994).

6.5.1. Criterio del valor capital y de la tasa Interna de rendimiento

La unidad de medida utilizada en este método es la rentabilidad de la inversión. Para el cálculo de dicha rentabilidad debemos tener en cuenta, por un lado, los flujos netos de caja (Q_i) que se generarán anualmente y, por otro lado, la inversión inicial realizada (A).

Los flujos netos de caja vendrán dados por la diferencia entre el flujo de tesorería generado por las ventas y el flujo de tesorería proveniente de los pagos por explotación en concepto de materia prima, mano de obra y gastos generales.

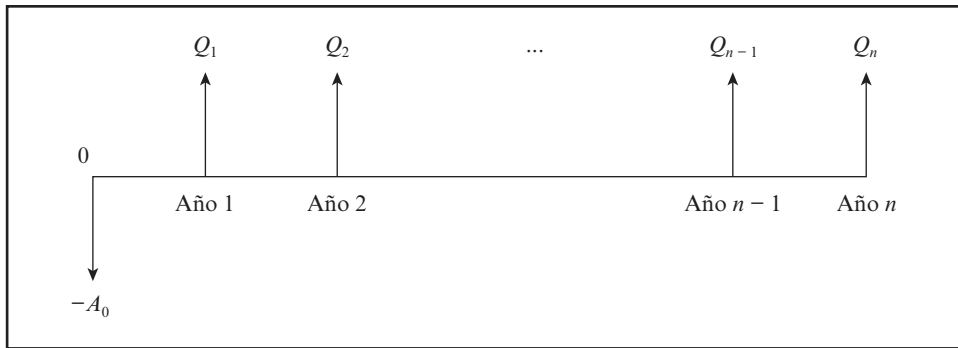
La inversión inicial realizada (A) podrá estar financiada tanto por capital propio como por capital ajeno y se encontrará materializada en los activos necesarios.

Por tanto, para calcular la rentabilidad de una inversión deberíamos tener en cuenta la rentabilidad generada anualmente por la actividad de explotación, dato que nos vendrá dado por los flujos netos de caja. De esta forma obtendríamos una rentabilidad total bruta de la inversión. Si a esta rentabilidad le restamos la inversión inicial, obtendríamos la rentabilidad total neta, también llamada valor capital de la inversión o valor actual neto.

Teniendo en cuenta que el valor del dinero cambia a lo largo del tiempo, actualizaremos los flujos netos de caja al momento actual, obteniendo la siguiente expresión para calcular el VAN:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{(1+K)} + \frac{Q_2}{(1+K)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+K)^n}$$

El valor actual neto (VAN) o valor capital de un proyecto de inversión determina la rentabilidad total neta, expresada en valor absoluto, actualizada al momento inicial. Decimos rentabilidad neta porque se han pagado los gastos de explotación (Q_i) y se ha amortizado financieramente el pasivo que posibilitó la inversión ($-A$).



Si $VAN > 0$, la inversión resulta rentable y, por tanto, puede aceptarse.

Si $VAN < 0$, la inversión produciría pérdidas, y en consecuencia debería rechazarse.

Si $VAN = 0$, la inversión no agrega valor monetario por encima de la rentabilidad exigida (r), por lo que resultaría indiferente realizar o no la inversión, y entonces la decisión debería basarse en otros criterios (sociales, políticos, estratégicos, etc.).

Otro indicador de la rentabilidad del proyecto es la tasa interna de rentabilidad o de retorno (TIR), que se obtiene igualando el VAN a 0. Para saber si un proyecto es aceptable será necesario comparar la TIR obtenida con el nivel de exigencia mínima de rentabilidad que el decisor otorga a los proyectos de inversión (k).

$$VAN = 0 = -A_0 + \frac{Q_1}{(1+r)} + \frac{Q_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{Q_n}{(1+r)^n}$$

La TIR nos proporciona una rentabilidad relativa del capital que permanece invertido. Se calcula con una calculadora científica o mediante la función TIR en la hoja de cálculo Excel.

EJEMPLO 6.6. Valoración de alternativas según el criterio del valor actual neto (VAN)

La empresa de catering Cucharon, S. A., desea ampliar sus instalaciones, y para ello pretende construir una nueva planta para la elaboración de menús dirigidos a personas con ciertas intolerancias. Prevé una inversión de 800.000 €, y los siguientes cobros y pagos estimados para un horizonte de planificación de cinco años.

Años	Cobros	Pagos	Flujos netos de caja
1	150.000	80.000	70.000
2	230.000	100.000	130.000
3	300.000	120.000	180.000
4	350.000	130.000	220.000
5	350.000	130.000	220.000

Se pide:

Determinar si es conveniente realizar la inversión propuesta según el criterio del valor actual neto, supuesta una rentabilidad requerida o tipo de descuento del 8%.

Siendo:

A = Desembolso inicial.

Q_i = Flujo neto de caja del año i .

K = Tipo de actualización o descuento.

$$VAN = -800.000 + \frac{70.000}{(1 + 0,08)} + \frac{130.000}{(1 + 0,08)^2} + \frac{180.000}{(1 + 0,08)^3} + \frac{220.000}{(1 + 0,08)^4} + \frac{220.000}{(1 + 0,08)^5} = -169.406,46 \text{ €}$$

Según este método, y atendiendo al resultado obtenido, no sería aconsejable realizar esta inversión, pues su valor capital no es positivo.

EJEMPLO 6.7. Valoración de alternativas aplicando los métodos VAN y TIR

Una empresa de fabricación de automóviles española está estudiando si construir otra planta en territorio nacional o iniciar su expansión internacional

en Francia. El desembolso inicial que tendría que llevar a cabo es de 75 y 68 millones de euros, respectivamente. Las previsiones de flujos netos de caja que baraja (en miles de euros) se recogen en la tabla incluida a continuación. El coste de capital que debe soportar tanto en España como en Francia es del 8 % según el primer banco con el que ha consultado en cada país, pudiendo variar este coste de capital si acudiese a negociarlo con otras entidades.

Este último punto es determinante, ya que, en función del coste de capital (k) en cada país, la empresa se plantearía elegir entre una inversión u otra. Esta disyuntiva de inversión se resuelve calculando el VAN y la TIR para cada una de las situaciones.

	España			Francia		
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 1	Año 2	Año 3
Ingresos	20.000	30.000	85.000	20.000	35.000	60.000
(-) Costes	10.500	11.600	20.000	8.300	12.000	15.000
Q_i	9.500	18.400	65.000	11.700	23.000	45.000

Si calculamos el VAN para ambas inversiones al coste de capital fijado (8 % para ambos países), obtendremos:

$$VAN_{\text{España}} = -75.000 + \frac{9.500}{(1,08)} + \frac{18.400}{(1,08)^2} + \frac{65.000}{(1,08)^3} = -1.083,73 \text{ €}$$

$$VAN_{\text{Francia}} = -68.000 + \frac{11.700}{(1,08)} + \frac{23.000}{(1,08)^2} + \frac{45.000}{(1,08)^3} = -1.597,61 \text{ €}$$

En cuyo caso elegiríamos la inversión con un VAN mayor, es decir, la planta de fabricación en España. Si el criterio de selección de inversiones fuese la TIR, tendríamos que calcularla igualando el VAN a 0:

$$VAN_{\text{España}} = 0 = -75.000 + \frac{9.500}{(1 + r_{\text{España}})} + \frac{18.400}{(1 + r_{\text{España}})^2} + \frac{65.000}{(1 + r_{\text{España}})^3}$$

lo que me da $TIR_{\text{España}} = 9\%$.

$$VAN_{\text{Francia}} = 0 = -68.000 + \frac{11.700}{(1 + r_{\text{Francia}})} + \frac{23.000}{(1 + r_{\text{Francia}})^2} + \frac{45.000}{(1 + r_{\text{Francia}})^3}$$

lo que me da $TIR_{\text{Francia}} = 7\%$.

Los resultados obtenidos nos demuestran que la TIR de Francia no alcanza el 8%, por lo que podemos decir que la inversión no cubriría el coste de capital, y por ello no sería aconsejable invertir en Francia. En cambio en España la TIR obtenida es del 9%, alcanzando la exigencia mínima del proyecto (cubrir los costes de capital).

6.5.2. Análisis coste-volumen-beneficio: gráficas del punto muerto

Otra técnica que se utiliza en la toma de decisiones sobre capacidad productiva es el análisis del punto muerto o de equilibrio, o análisis coste-volumen-beneficio. En este análisis se relacionan los costes, ingresos y beneficios con el volumen de producción. Esta técnica no es la ideal para el largo plazo, pues asume implícitamente la hipótesis de que permanecen constantes los costes fijos, los costes variables y el precio, cuando en realidad todo es susceptible de variación a largo plazo. No obstante, resulta un análisis sencillo y muy intuitivo que nos permite hacer una aproximación a la elección de niveles de capacidad en la empresa considerando variables económicas o de explotación.

El punto muerto o umbral de rentabilidad es un punto de equilibrio económico que representa el volumen de ventas necesario para que el beneficio económico sea igual a cero. Es importante resaltar que se trata de un análisis al margen de la estructura financiera de la empresa, pues no se consideran los costes financieros.

Para hallar su expresión matemática, se va a definir el beneficio económico (BE) entendido como el beneficio de la explotación. El BE será el rendimiento generado por los activos de la empresa en un período de tiempo determinado. Se obtiene de la siguiente forma:

— Ingresos:

$$I = P \times X$$

— Coste total:

$$CT = CF + C_v \times X$$

$$BE = \text{Ingresos totales (IT)} - \text{Costes totales (CT)} = P \times X - CF - C_v \times X$$

donde:

X = Número de unidades físicas producidas y vendidas en un período de tiempo de referencia.

CF = Costes fijos de la explotación en el período de referencia. Son costes que asume la empresa con independencia del volumen de producción. Estos costes se producen aunque el volumen de producción sea de cero unidades físicas.

C_v = Coste variable unitario de la explotación por unidad de producto producido y vendido.

P = Precio de venta por unidad de producto.

Atendiendo a la definición de umbral de rentabilidad, se iguala a cero la expresión obtenida para el cálculo del BE, obteniéndose tras operar la siguiente expresión matemática que permite calcular el punto muerto o umbral de rentabilidad (X_0):

$$X_0 = \frac{CF}{(P - C_v)}$$

A la expresión que aparece en el denominador de la fórmula del punto muerto se le denomina «margen bruto unitario» (m), e indica el beneficio de la explotación que se obtiene con cada unidad de producto o servicio producida y vendida, sin considerar los costes fijos de la explotación.

Por tanto, podemos considerar que el punto muerto determina el volumen de unidades producidas y vendidas necesario para que el «margen bruto total» (M), entendido como el producto de margen bruto unitario y número de unidades vendidas ($M = m \times X_0$), cubra exactamente los costes fijos de la explotación.

El punto muerto lo podemos expresar en unidades físicas, definiéndolo de la siguiente manera:

- Es un punto de equilibrio económico, al margen de la estructura financiera de la empresa, que representa el volumen de ventas, en unidades físicas, que hace el beneficio económico igual a cero.
- Es aquel volumen de ventas en unidades físicas en el cual el margen bruto total correspondiente a dicho volumen de ventas permite cubrir los costes fijos.
- Es aquel punto de equilibrio económico que viene representado por un volumen de ventas tal que permite cubrir todos los costes fijos de explotación del período más los costes variables correspondientes a dicho volumen de ventas, y a partir del cual el beneficio económico de la empresa empieza a ser positivo.

$$X_0 = \frac{CF}{(P - C_v)} \text{ en unidades físicas}$$

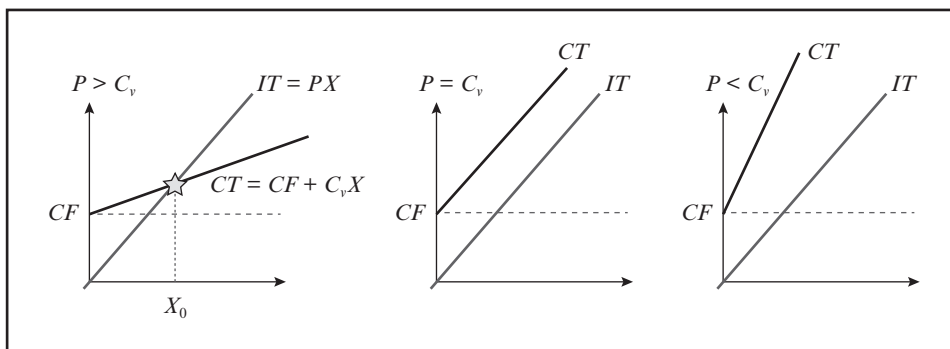
El punto muerto puede expresarse también en unidades monetarias. Sería la cifra de ventas, expresadas en unidades monetarias, que permite cubrir los costes fijos y hace el beneficio económico igual a 0.

$$X_0 \text{ (u.m.)} = X_0 \times P$$

Por último, podemos obtener el punto muerto en unidades de tiempo. Este indica el momento del tiempo, dentro del período de referencia, en el que la empresa ha cubierto sus costes fijos, y a partir del cual empezará a generar beneficio con las ventas que se produzcan.

Para que exista punto muerto en la empresa deben darse las siguientes condiciones:

- Que el margen bruto unitario ($P - C_v$) sea positivo, es decir, que exista excedente para cubrir los costes fijos.
- Esto obliga a que el precio sea superior al coste variable unitario, es decir, que la pendiente de la función de ingresos sea superior a la pendiente de la función de costes totales.



Finalmente, podemos identificar las siguientes limitaciones en el análisis coste-volumen-beneficio:

- El precio de venta del producto, los costes variables unitarios y los costes fijos del período deben permanecer constantes.
- Este análisis solo tiene sentido a corto plazo, porque a largo plazo todo es modificable.
- Se supone que los costes y los ingresos aumentan linealmente.

EJEMPLO 6.8. Valoración de alternativas. Análisis del punto muerto

Un estudio de arquitectura se plantea ampliar sus instalaciones para atender una nueva línea de proyectos relacionados con energías renovables. Los

costes fijos de esta ampliación ascenderán a 240.000 €, siendo el coste variable unitario 350 €. Se estima que la demanda puede alcanzar los 25 proyectos al año, con un precio aproximado de 3.550 € por proyecto.

Se desea saber el punto muerto expresado en unidades físicas y monetarias.

Punto muerto en unidades físicas (X_0), tal que Ingresos – Costes = 0:

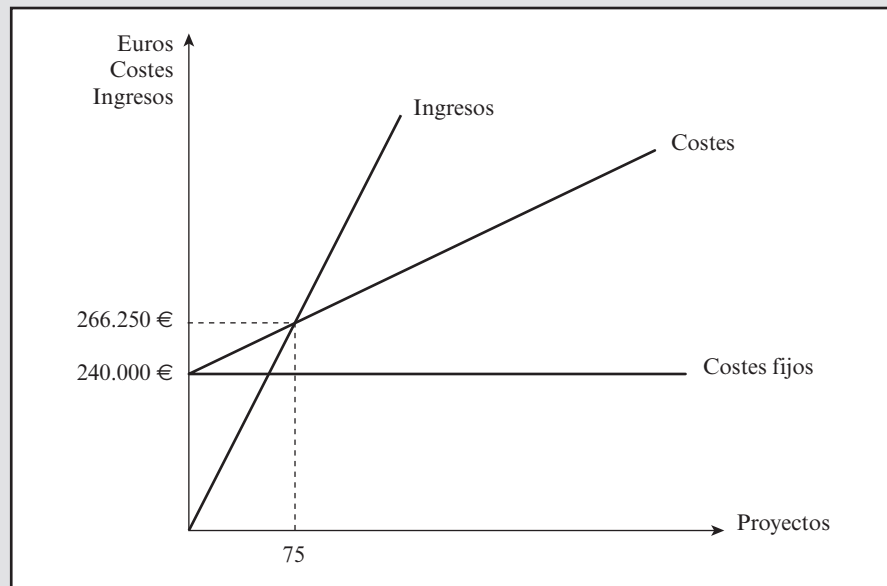
$$(P \times X_0) - [CF + (C_v \times X_0)] = 0$$

Despejamos:

$$X_0 = \frac{CF}{(P - C_v)} = \frac{240.00}{(3.550 - 350)} = 75 \text{ proyectos}$$

Punto muerto en unidades monetarias:

$$75 \times 3.550 = 266.250 \text{ €}$$



EJEMPLO 6.9. Valoración de alternativas. Análisis del punto muerto

MobileConver, S. L., está gestionando el lanzamiento de un nuevo producto. Una vez que tenga el diseño definitivo y decidido el proceso productivo a

emplear, se requiere la creación de una nueva planta productiva, pues la que tiene actualmente está funcionando al límite. Para ello se están analizando dos posibles opciones (planta A y planta B, cuyos datos se reflejan en la tabla siguiente). El precio unitario del nuevo producto para las dos opciones sería de 60 €/u.f. Según los datos anteriores, se pide:

Analizar la situación utilizando la gráfica del análisis del punto muerto o coste-volumen-beneficio, indicando cuál sería la mejor alternativa si se espera una demanda de 600 unidades.

Alternativas	Costes fijos	Costes variables unitarios	Capacidad máxima
Planta A	8.000 €	20 €/u.f.	700 u.f. anuales
Planta B	15.000 €	10 €/u.f.	1.000 u.f. anuales

Calcularemos los puntos muertos de las dos alternativas:

$$(P \times X_0) - [CF + (C_v \times X_0)] = 0$$

Alternativa A:

$$(60 \times X_{0A}) - [8.000 + (20 \times X_{0A})] = 0$$

Despejamos:

$$X_{0A} = \frac{8.000}{(60 - 20)} = 200 \text{ unidades}$$

Para un nivel de producción igual a 0, el beneficio sería de -8.000 €.

Si el nivel de producción alcanzara la capacidad máxima de producción de la planta, el beneficio máximo que se podría obtener con la alternativa A sería de:

$$\text{Beneficio } A_{(\text{cap. máx.})} = (60 \times 700) - [8.000 + (20 \times 700)] = 18.000 \text{ €}$$

Alternativa B:

$$(60 \times X_{0B}) - [15.000 + (10 \times X_{0B})] = 0$$

Despejamos:

$$X_{0B} = \frac{15.000}{(60 - 10)} = 300 \text{ unidades}$$

Para un nivel de producción igual a cero, el beneficio sería de -15.000 €. Si el nivel de producción alcanzara la capacidad máxima de producción de la planta, el beneficio máximo que se podría obtener con la alternativa B sería de:

$$\text{Beneficio } B_{(\text{cap. máx})} = (1.000 \times 60) - [15.000 + (1.000 \times 10)] = 35.000 \text{ €}$$

Necesitamos comparar las dos alternativas para saber para qué volumen de producción puede interesar una más que otra. Para ello calculamos el volumen de producción para el cual ambas alternativas obtendrán los mismos beneficios:

$$\text{Beneficio A} = \text{Beneficio B}$$

$$(P \times X) - [CF_A + (C_{vA} \times X)] = (P \times X) - [CF_B + (C_{vB} \times X)]$$

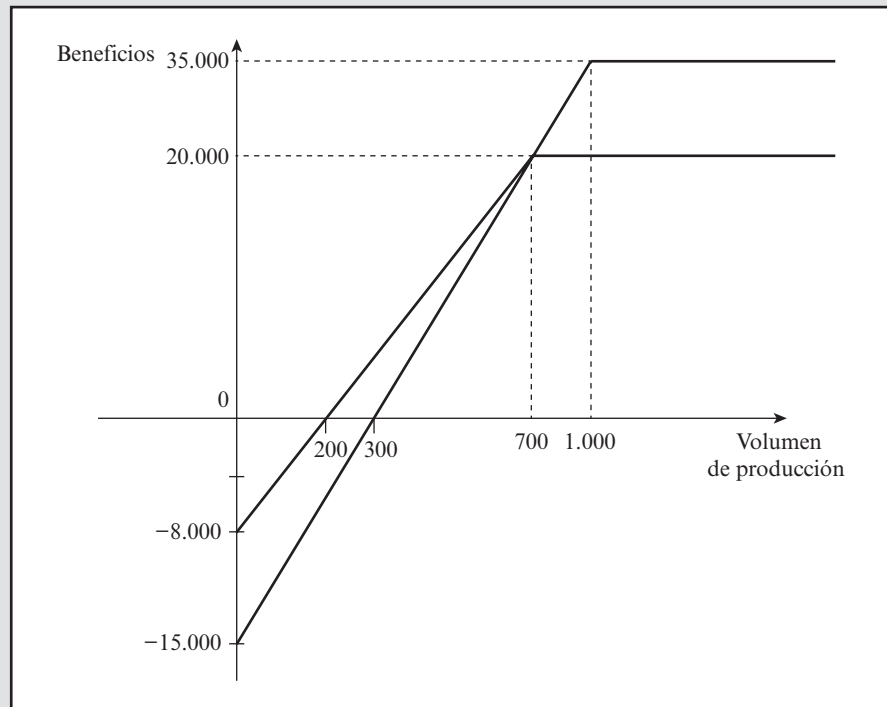
$$(60 \times X) - [8.000 + (20 \times X)] = (60 \times X) - [15.000 + (10 \times X)]$$

Despejamos, y operando obtenemos:

$$X = 700 \text{ unidades}$$

El beneficio sería de 20.000 €.

Representamos gráficamente:



Si el nivel de producción no supera las 200 unidades, la inversión generaría pérdidas, y por tanto no sería recomendable ninguna opción.

Si el nivel de producción se encuentra entre 201 y 699 unidades la alternativa que generaría mayor beneficio sería la planta A.

La planta B interesaría si el nivel de producción superara las 700 unidades, sabiendo que la producción máxima que se puede obtener con ella es de 1.000 unidades.

Si el nivel de demanda estuviera en 700 unidades, daría igual una planta que otra, dado que en ambas obtendríamos el mismo beneficio (20.000 €).

6.5.3. Árboles de decisión

En el contexto de la determinación de la capacidad productiva, es habitual que nos encontremos con decisiones secuenciales, de forma que una determinada decisión condiciona a las siguientes. Las distintas secuencias e interdependencias entre decisiones pueden hacer más compleja la comprensión y resolución del problema planteado, siendo los árboles de decisión un sistema de representación que permite visualizar un proceso de toma de decisión para la elección entre alternativas.

Un árbol de decisión es un esquema que expresa de forma gráfica las secuencias de decisiones a tomar en un problema y las consecuencias o acontecimientos que pueden afectar a cada una de ellas. Se debe tener en cuenta que una secuencia de decisiones implica que existen decisiones posteriores dependientes de una decisión inicial.

Cuando un sujeto tiene información completa, puede tomar decisiones en condiciones de certidumbre y elegir la que más le conviene. Sin embargo, lo más habitual es que la información con la que cuentan los sujetos decisores en una empresa sea incompleta. Hablamos de una situación de riesgo cuando se ignora cuáles van a ser las circunstancias o estados de la naturaleza que se pueden presentar pero es posible conocer la probabilidad de ocurrencia de los mismos. Es decir, los resultados de cada decisión se ven afectados por acontecimientos del entorno que escapan del control del sujeto decisor, pero a los que se les puede asociar, una probabilidad de ocurrencia. Es en ambientes de riesgo donde la técnica del árbol de decisión puede ser aplicada para la elección entre distintas alternativas.

El árbol de decisión es una herramienta válida para evaluar la decisión de invertir en capacidad en la empresa, existiendo actualmente múltiples soluciones de *software* para construir y analizar estos diagramas.

En la elaboración de un árbol de decisión podemos identificar los siguientes elementos fundamentales:

1. *Nodos de decisión.* Se representan mediante un cuadrado ($\square$) y muestran las distintas opciones a adoptar por el sujeto decisor.
2. *Nodos de acontecimientos o aleatorios.* Se representan mediante un círculo ($\circ$) y muestran los sucesos inciertos o estados de la naturaleza que corresponden a distintos fenómenos que pueden suceder cuando se ha tomado una decisión, y que están fuera del control del decisor.
3. *Ramas.* Representan las diferentes opciones o situaciones que tiene la persona que toma la decisión si salen de nodos de decisión ($\square$), o bien los posibles hechos fortuitos sujetos a probabilidad de ocurrencia, si salen de nodos de acontecimiento ($\circ$).
4. *Resultados esperados.* Al final de cada secuencia de ramas se expresa el beneficio o coste esperado de cada secuencia de decisiones.

La resolución de un problema mediante la técnica del árbol de decisión tiene una metodología muy sencilla. Una vez identificado el conjunto de decisiones, los acontecimientos o estados de la naturaleza posibles y sus probabilidades, así como la secuencia entre ellos, se representa de forma gráfica el árbol, empleando los elementos definidos anteriormente. Una vez planteado el diagrama o grafo, al final de cada secuencia de decisiones se determina el resultado final (expresado en términos de beneficios o costes). Para resolver el grafo se procede de derecha a izquierda, calculando el valor de los nodos decisionales y aleatorios.

El cálculo del valor de los nodos depende del tipo de nodo que estemos analizando. Los nodos de decisión se resuelven de acuerdo al valor máximo (si se trabaja en términos de beneficio) o mínimo (si se trabaja en términos de costes) de las distintas alternativas que surgen de dicho nodo.

Los nodos de acontecimientos o aleatorios se resuelven calculando el valor medio esperado (VME), que se define como el sumatorio de la multiplicación del resultado de cada rama de acontecimientos por su probabilidad de ocurrencia.

$$VME_i = \sum P_j R_{ij}$$

VME_i = Valor monetario medio esperado de la alternativa i .

P_j = Probabilidad de ocurrencia del estado de la naturaleza j .

R_{ij} = Resultado correspondiente a la alternativa i , presentándose el estado de la naturaleza j .

Este proceso prosigue hasta el primer nodo de decisión o punto de partida del árbol, quedando el problema de decisión resuelto. Es importante considerar el distinto valor del dinero a lo largo del tiempo, y emplear resultados homogéneos si nuestro problema de decisión de invertir en capacidad hace referencia a un largo plazo.

Evidentemente, la técnica del árbol de decisión también presenta ciertas limitaciones, por las hipótesis implícitas que asume:

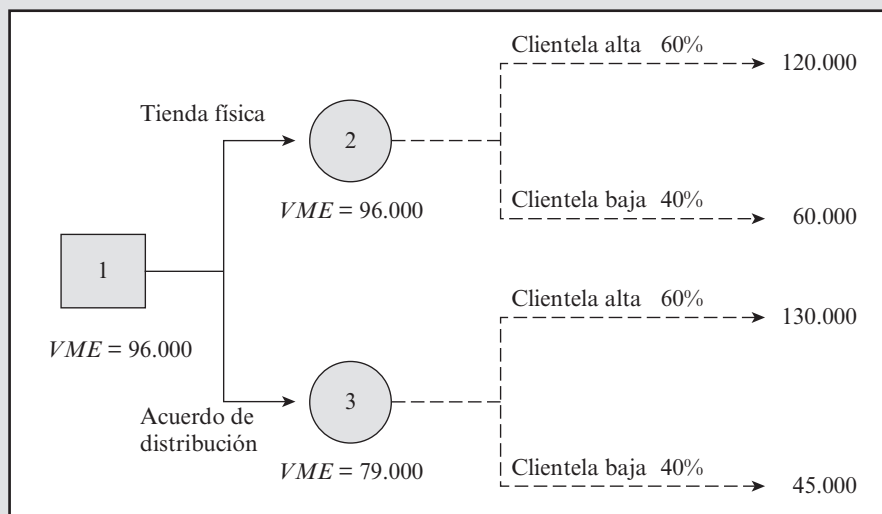
- Se acepta como único criterio de decisión el valor monetario esperado máximo.
- Este método exige que el decisor pueda soportar el riesgo de ruina del resultado más desfavorable.
- Si los resultados no fuesen temporalmente homogéneos, por ser obtenidos en diferentes momentos del tiempo, deberían ser actualizados a un mismo momento para poder comparar.

EJEMPLO 6.10. Valoración de alternativas. Árboles de decisión

El crecimiento de ventas de productos veganos ha crecido sustancialmente en los últimos años, por lo que VegaFood, S. A., empresa dedicada a la fabricación y distribución de productos alimentarios de origen no animal, ha decidido invertir sus beneficios en mejorar la capacidad de la empresa. En primer lugar se plantea establecer una tienda física de venta directa al público final, cuyos beneficios dependerían de la clientela que fidelizara. Si la previsión de clientela es alta (con una probabilidad del 60%), los beneficios que obtendría serían de 120.000 €. En cambio, si la previsión de clientela es baja (con una probabilidad del 40%), los beneficios serían de 60.000 €.

En segundo lugar, puede establecer un acuerdo para distribuir sus productos en una gran superficie comercial localmente. Si el producto tiene una buena acogida (probabilidad del 40%) los beneficios esperados serían de 130.000 €. En cambio, si la acogida es mala los beneficios tan solo ascenderían a 45.000 €.

Empleando la técnica del árbol de decisión, determine la decisión más conveniente para la empresa.



EJEMPLO 6.11. Valoración de alternativas. Árboles de decisión

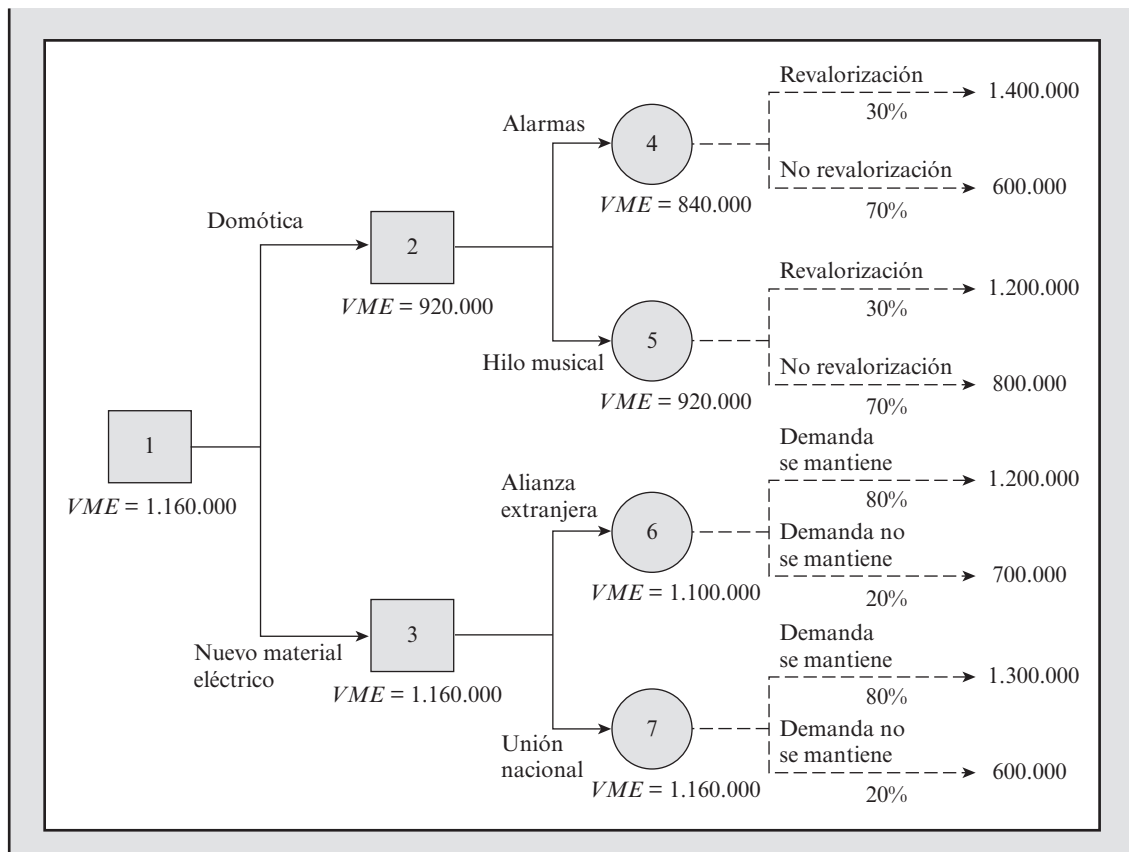
Inverter, S. L., es una empresa dedicada a la fabricación de material eléctrico y de domótica. Cuenta con dos plantas de producción, con una superficie construida superior a los 12.000 m² y dotada de las más modernas tecnologías. El año pasado, gracias al repunte de las ventas, consiguió un beneficio extraordinario de un millón de euros que quiere asignar a una inversión destinada a un incremento de la capacidad instalada.

Después de analizar las distintas alternativas, se plantean varias posibilidades. En primer lugar, es factible abrir una nueva planta para la producción de nuevos productos de domótica. Si se destina a sistemas de alarmas, existe un 30 % de probabilidad de que se revalorice ese mercado, por lo que a corto plazo podría obtenerse un resultado igual a la recuperación de la inversión más un 40 % de la misma. No obstante, si no se revaloriza el mercado, podría llegar a perder un 40 % del capital invertido. Asimismo, podría optar por sistemas de hilo musical. Si la demanda es alta (30 % de probabilidad), recuperaría la inversión y obtendría unos beneficios extraordinarios del 20 %. Pero si esta es baja, podría perder un 20 % de lo invertido.

Por otro lado, la producción de nuevos productos de material eléctrico podría ser realizada en colaboración con otra empresa, para minimizar los riesgos. Ha estado informándose sobre distintos candidatos, y finalmente debe decidir entre hacer una alianza estratégica con un socio extranjero o bien subcontratar a una empresa nacional. Si opta por la alianza, lo invertido podría revalorizarse en un 20 % si la demanda se mantiene (80 %), mientras que en caso contrario podría llegar a perder un 30 % de lo invertido. En el caso de la unión con la empresa nacional, si la demanda se mantiene (80 %) los beneficios podrían alcanzar el valor de la inversión más un 30 %, asumiendo unas pérdidas del 40 % sobre lo invertido en el caso contrario.

Se pide:

Represente y resuelva el problema planteado mediante un árbol de decisión.



6.6. LA PLANIFICACIÓN Y GESTIÓN DE LA CAPACIDAD EN LAS EMPRESAS DE SERVICIOS

La planificación y gestión estratégica de la capacidad es diferente en la prestación de servicios (comercio minorista, servicios profesionales, servicios personales, etc.) respecto de las actividades de fabricación de bienes tangibles. Siguiendo a Chase et al. (2009), las principales diferencias derivan de los siguientes factores:

- *Tiempo.* La intangibilidad de los servicios imposibilita que puedan almacenarse, pero, al igual que los bienes, han de estar disponibles en el momento en el que el cliente los requiera. Esto confiere al proceso de prestación del servicio el requisito de la inmediatez, lo cual dificulta la planificación de la capacidad de dicho proceso.

- *Ubicación.* La necesaria interacción entre el cliente y el proveedor del servicio hace que generalmente los lugares para la prestación del servicio se localicen cerca de los clientes, al no ser posible la distribución a larga distancia como en el caso de los productos tangibles. No obstante, cabe señalar que las nuevas tecnologías, y en especial Internet, han posibilitado la prestación de determinados servicios a distancia.
- *Variabilidad de la demanda.* Es mayor en los servicios que en los bienes, por razones como la personalización del servicio para cada cliente (el cliente interviene en el proceso de prestación e impone requisitos propios, generándose así una demanda muy variable), o la influencia de factores relativos al comportamiento del consumidor que no suelen afectar a la demanda de bienes (como el estado del tiempo atmosférico).

La necesaria adaptación personalizada del proceso de prestación del servicio lleva a que la duración del ciclo necesario para completar las tareas pueda variar significativamente entre clientes, mucho más que en una operación manufacturera (Anderson et al., 2013). Esta variabilidad en el tiempo requerido para prestar el servicio contribuye, junto a los factores anteriores, a hacer más compleja la planificación de la capacidad en los servicios, en comparación con las manufacturas.

Las particularidades de los servicios implican también que el ajuste necesario entre demanda real y capacidad disponible se gestione de forma diferente. Mientras que en procesos industriales y fabriles la demanda puede ajustarse a la capacidad alterando los precios o modificando la programación de los plazos de entrega (entre otras opciones, como hemos visto en secciones anteriores de este capítulo), en el sector servicios la gestión de la demanda consiste en una *programación de clientes* adecuada. En este tipo de procesos, por otra parte, la gestión de la capacidad tiene su base principalmente en la *programación del personal* (Heizer y Render, 2015).

Así, una parte importante de la gestión de la capacidad en los servicios consiste en el ajuste entre la programación de clientes y la programación del personal. Una gestión inadecuada de este ajuste puede causar tiempos de espera para los clientes, lo cual incide directa y negativamente sobre el valor percibido y la satisfacción con el servicio prestado (Anderson et al., 2013).

En primer lugar, la *programación de clientes* en los servicios puede gestionarse mediante un sistema de citas (por ejemplo, en la consulta de un dentista), reservas (restaurantes) o por orden de llegada (denominado como FIFO por sus siglas en inglés, *First In First Out*, sistema que se da tradicionalmente en tiendas, cafeterías u oficinas de correos). En la programación de clientes, los descuentos (por reserva anticipada, por ejemplo) son herramientas para estimular la demanda y forzar el ajuste en los períodos en los que el sistema adolece de exceso de capacidad (Heizer y Render, 2015).

En segundo lugar, la *programación del personal* en los servicios permite el ajuste entre demanda y capacidad por el lado de la oferta. Así, la planificación

de la capacidad desde este punto de vista consiste en determinar cuánto personal es necesario en determinados momentos (Anderson et al., 2013). Por ejemplo, en un restaurante el personal asignado en las horas de almuerzo y cena es mayor que en el resto del día, porque la demanda esperada en esas horas es mayor. Similar es el caso de una tienda o una gran superficie en los días previos al *Día de la Madre*, cuando se asigna más personal a las secciones de ropa, complementos y joyería femenina, para poder atender el esperado incremento en la demanda. En situaciones de exceso de capacidad se puede recurrir a medidas como los cambios de personal de tiempo completo a tiempo parcial, o adoptar soluciones basadas en contratación temporal como estrategias válidas para el medio plazo (Heizer y Render, 2015).

Por último, en el sector servicios la programación de la producción aparejada a la capacidad planificada se desarrolla con metodologías diferentes. De esta forma, en lugar de emplearse sistemas de planificación de requerimientos de materiales (MRP) como los que se aplican en actividades manufactureras, los directores de operaciones podrán apoyarse en programas de optimización de turnos y horarios para una programación de personal más eficiente.

Para completar la visión sobre la gestión de la capacidad en empresas de servicios, pasamos a continuación a exponer la filosofía de gestión llamada *revenue management*, cuyos ejes principales permiten entender la planificación de la capacidad en actividades terciarias en la actualidad, en el marco de una gestión integral de demanda, precios, capacidad, información y clientes.

EJEMPLO 6.12. Gestión de la capacidad hostelera y opiniones online

Las redes sociales han cambiado completamente la manera en que los turistas toman sus decisiones a la hora de elegir un destino turístico. Hace una década, los folletos turísticos o los consejos de las agencias de viaje determinaban en gran manera la demanda de determinados establecimientos en función de precios, oferta o, simplemente, promociones. En la actualidad, el marketing clásico cada vez tiene menos peso, en favor de las aplicaciones informáticas que permiten a los usuarios puntuar su experiencia. De este modo, los viajeros consultan las diferentes opciones hoteleras y eligen a los mejor valorados. Aplicaciones como Booking o Tripadvisor, entre muchas otras, que permiten o no la reserva directa en el establecimiento, están determinando en la actualidad cómo se gestiona la capacidad hotelera. De hecho, una mala opinión suele ser inmediatamente contestada por el establecimiento, si cuenta con un buen gestor de redes sociales (*community manager*), con el objeto de minimizar el impacto sobre la demanda.

El uso de las estrellas como valoración de la calidad de un establecimiento hotelero ha cambiado. En el pasado, el número de estrellas con que contaba un hotel, localizadas en un cartel de color azul cercano a la puerta, era la única referencia de la calidad esperada. Las estrellas como símbolo de cali-

dad se mantienen, pero no con este significado. Las nuevas estrellas no se quedan fijas en un cartel, sino que cambian en función de la valoración de los usuarios. La diferencia entre contar con una valoración cercana al máximo (cinco estrellas) frente a bajar a cuatro estrellas y media (4,5) de valoración en estas aplicaciones genera un impacto brutal de disminución en la demanda de un establecimiento. Por poner un ejemplo bastante clarificador, el uso de asistentes virtuales como *Siri* o *Google Now* en dispositivos Apple y/o Android determina muchas de las elecciones de hoteles o restaurantes en ciudades, *a priori*, desconocidas. Así, simplemente diciéndole a *Siri* «tengo hambre», este asistente buscará de forma inmediata aquellos restaurantes cercanos con mayor puntuación, al igual que «búscame un hotel» genera resultados para establecimientos hoteleros con la misma dinámica. En estos casos, estar en, al menos, las tres primeras posiciones es crucial para atraer demanda. De hecho, la demanda baja exponencialmente de la primera posición a la segunda y a la tercera. A partir de la cuarta posición para abajo, el impacto sobre la demanda y, por ende, sobre la capacidad del establecimiento, es mínimo.

De este modo, es fundamental optimizar la valoración del establecimiento en relación con la competencia de la zona. No se trata de ser el mejor de la ciudad, sino de ser el más valorado en un radio de unos 5 a no más de 10 km, que es lo que el usuario de estas aplicaciones suele estar dispuesto a desplazarse para buscar la experiencia óptima que le indica su asistente virtual o su aplicación móvil.

FUENTE: <http://danielariasaranda.com/hoteles-restaurantes-y-opiniones-online/>.

6.7. ¿QUÉ ES REVENUE MANAGEMENT?

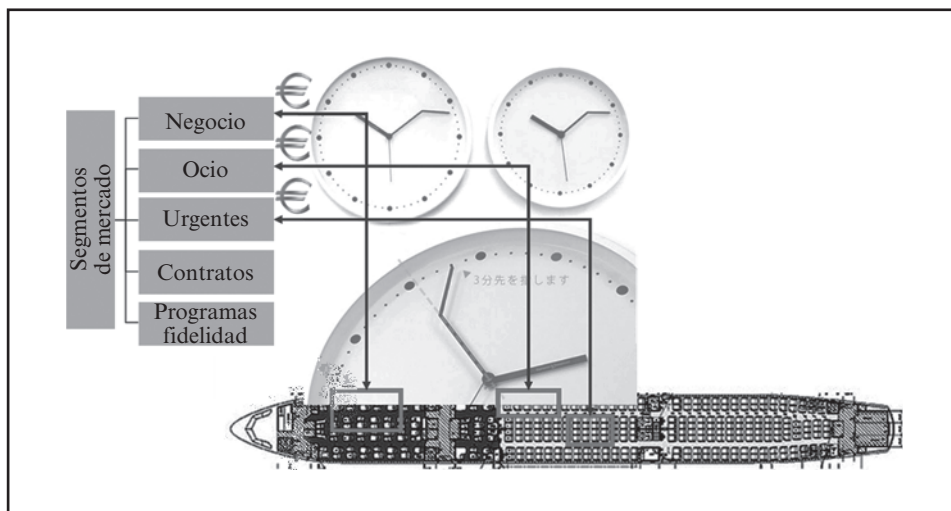
Revenue management es considerado hoy en día como una filosofía de gestión (Talón, González y Pérez, 2012) que persigue la obtención del máximo beneficio y/o ingreso posible a largo plazo de los recursos perecederos de la empresa. Sobre todo es conocido porque supone la base de todos los sistemas de reserva creados de forma generalizada por las aerolíneas, y hoy día utilizados por multitud de empresas (hoteles, empresas de alquiler de coches o transporte ferroviario de pasajeros, entre muchas otras). En España goza de gran extensión en el sector hotelero (Chávez Miranda y Ruiz Jiménez, 2005a).

En sus orígenes se define como la venta de la unidad correcta de capacidad (asiento de un vuelo en una ruta y horario concretos, o habitación de hotel por noche) al cliente correcto en el momento oportuno, y a la tarifa que permita conseguir maximizar los ingresos. Por tanto, esta estrategia responde simultáneamente a los principales interrogantes relacionados con la capacidad:

- ¿Cuánto vender/producir?
- ¿A qué segmentos de clientes?
- ¿En qué momento?
- ¿A qué precios?

Para una mejor comprensión de su significado podemos apoyarnos en la figura 6.5, que nos mostraría el proceso seguido por una aerolínea para la gestión de la capacidad y la demanda bajo esta filosofía de gestión. La compañía debe decidir acerca del número de unidades de su capacidad (número de asientos en el avión o disponibilidades) que deben asignar a cada segmento de cliente (a la izquierda de la figura). La relación entre unos y otros se establece determinando la tarifa que permita proporcionar a la organización los máximos ingresos y/o beneficios posibles.

En todo caso, aunque pudiera parecer sencillo, ha de tenerse en cuenta que se trata de un proceso dinámico, que se fundamenta en el hecho de que los asientos más caros se demandan cuanto más cerca esté la salida del vuelo (con menor antelación), mientras que los más económicos se demandan antes, y de ahí la necesidad de reservar asientos para venderlos más tarde, persiguiendo el objetivo global de incrementar los ingresos. Los clientes de aerolíneas pueden reservar con una antelación de hasta diez u once meses, y las tarifas pueden modificarse tanto a lo largo del día como durante todo ese período.



FUENTE: elaboración propia.

Figura 6.5. Representación gráfica de la definición de *revenue management* en aerolíneas.

Con el tiempo esta forma de gestión ha ido ganando en complejidad. Aun así, la definición aportada nos permite tener una idea clara acerca de sus fundamentos.

Son varios los aspectos que la hacen diferir de otras alternativas o filosofías de gestión:

- Supone una gestión conjunta de demanda, capacidad y precios. Tradicionalmente, las decisiones acerca de estas materias se adoptaban por distintos departamentos de la empresa (producción y marketing, principalmente). En *revenue management* la interrelación entre las decisiones a adoptar hace necesario que todos estos apartados se gestionen de forma integrada. Otras alternativas, por ejemplo, plantean como objetivo la maximización de la ocupación (visión tradicional ya obsoleta en gestión hotelera) o de la utilización de las instalaciones (en empresas fabricantes de bienes).
- Requiere de un proceso de registro adicional de información, dependiendo de la antelación con que se reserve/venda el producto. Para optimizar el proceso es frecuente el análisis de evolución del comportamiento de las peticiones antes de prestar el servicio o entregar el producto. En ocasiones no se dispone de esta información, por lo que será necesario establecer procesos de registro que permitan analizar y comparar su evolución.
- Exige un proceso de adopción de decisiones apoyado en el análisis de datos, la aplicación de técnicas de optimización y la realización de pronósticos (*forecasting*).
- Se apoya en las nuevas tecnologías de la información y las comunicaciones. Aunque no es imprescindible, su evolución ha estado relacionada con el desarrollo de *software* de apoyo, con vistas a facilitar el proceso de adopción de decisiones; son los denominados *revenue management systems* (RMS).

Por último, en relación con la definición aportada al inicio de este apartado, hemos de aclarar que en la actualidad:

- *Revenue management* persigue el objetivo de obtener el mayor beneficio posible a largo plazo, frente al originario de maximizar los ingresos. Tanto en sus orígenes como en las etapas iniciales de su extensión a otros sectores, su aplicación se daba en empresas con elevados costes fijos. De ahí el interés por incrementar u optimizar los ingresos. Con el tiempo se ha ido otorgando una mayor importancia a la consideración de costes, y este hecho ha impulsado la sustitución de este objetivo (mayores ingresos) por el de maximización de los beneficios a largo plazo.
- Se ha ampliado el concepto de gestión de la capacidad al de gestión de recursos perecederos. De los asientos de la aerolínea o de las habitaciones

en un hotel, su dimensión se ha ido extendiendo al concepto más amplio de optimización de rentabilidad de los recursos de la empresa. Así, por ejemplo, en el caso de una compañía hotelera estaríamos hablando tanto de las habitaciones que pueden ser ofertadas por noche (o con frecuencia inferior, como las *day-use* y las habitaciones cápsula en Japón, que se demandan por horas), como de las sesiones de spa, los asientos disponibles por hora en el restaurante e incluso los espacios (medidos en m²) que se pueden alquilar para diferentes usos en la recepción del hotel.

Por tanto, podemos definir *revenue management* como filosofía de gestión, que combina la gestión de demanda, capacidad y precios, persiguiendo la maximización de los ingresos y/o beneficios a largo plazo que se pueden obtener del inventario o recursos perecederos de la organización, aplicando criterios de optimización y adoptando decisiones con fundamentos analíticos que se apoyan, con frecuencia, en las tecnologías y los sistemas de información.

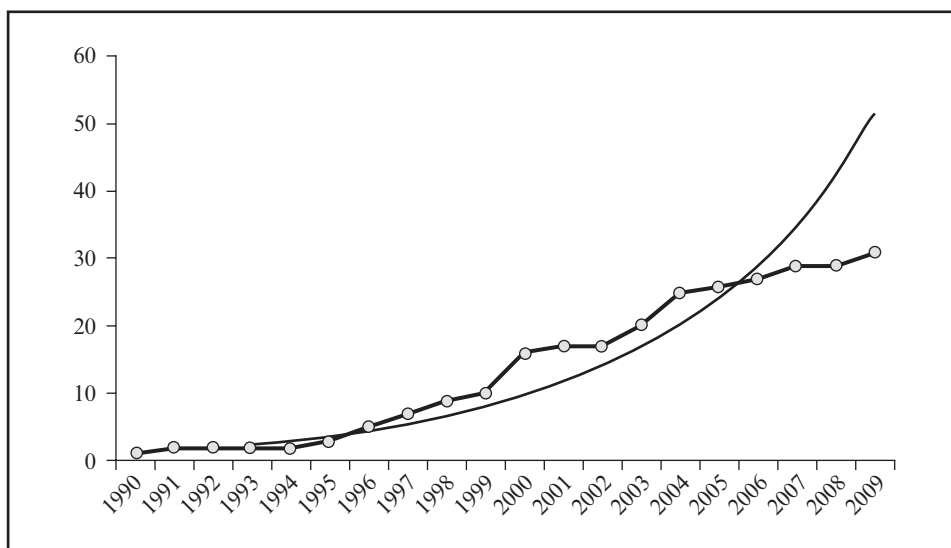
La complejidad y variedad de actividades que requiere la aplicación de *revenue management* ha llevado a la creación de un puesto de trabajo directivo, denominado *revenue manager*, dedicado exclusivamente a esta gestión, junto con equipos de apoyo para su aplicación y desarrollo.

6.7.1. Características clásicas de aplicación de *revenue management*

A pesar de que las aerolíneas fueran las primeras en desarrollar el por entonces conocido como *yield management*, posteriormente se ha podido constatar su extensión a más de 30 sectores distintos en un período de estudio de 20 años, según los artículos publicados en revistas científicas (véase figura 6.6), entre los que se incluyen las empresas de manufactura (Defregger, 2009; Cheraghi, Dashedzadeh y Venkitachalam, 2010).

Los sectores pioneros en su aplicación coincidían en una serie de características, que en conjunto se conocen como **requisitos para la aplicación de *revenue management*** (Kimes, 1989; Chávez Miranda y Ruiz Jiménez, 2005b):

- *Capacidad relativamente fija.* Resulta común a aquellas empresas que tienen una capacidad relativamente fija a corto plazo, de lo cual deriva la necesidad de rentabilizar sus instalaciones, por resultar la capacidad solo modificable a largo plazo, así como por los requerimientos de importantes inversiones de capital.
- *Posibilidad de segmentar el mercado.* Con el propósito de maximizar los ingresos, *revenue management* se apoya en la teoría de diferenciación de precios, que demuestra que la aplicación de varias tarifas permite conseguir mayores ingresos que en el caso de aplicar una única tarifa. Para su



FUENTE: elaboración propia.

Figura 6.6. Número de artículos que analizan la aplicación de *revenue management* en un sector nuevo (1971-2006).

gestión requiere de la segmentación de demanda, identificando aquellos segmentos con mayor o menor sensibilidad a variaciones de precios y que presentan comportamientos diferenciados respecto a los niveles a aplicar. Las aerolíneas, por ejemplo, segmentan su demanda en varias clases (turista, preferente, primera clase, etc.) y aplican distintas tarifas a cada uno de ellos a lo largo del tiempo, dependiendo de la antelación con que se realice la reserva u otros parámetros que sirven para clasificar al cliente en uno u otro grupo.

- *Inventario perecedero.* Es un aspecto común a todo tipo de organizaciones. Hace referencia a que si el inventario no es consumido durante un determinado período de tiempo, se pierde toda posibilidad de obtener un beneficio o ingreso del mismo. Como ya se ha referido, actualmente se ha ampliado el ámbito de su aplicación al concepto más amplio de recurso perecedero, que considera la necesidad de gestionar cualquier producto de la empresa que ofrezca la posibilidad de generar ingresos.
- *El producto se puede vender anticipadamente.* Sin lugar a dudas, la posibilidad de realizar reservas es uno de los aspectos a resaltar a la hora de diferenciar la aplicación de *revenue management* respecto a otras formas de gestión. Las reservas permiten a las empresas conocer de forma anticipada la capacidad que será necesaria en el futuro y, por tanto, permitirá mejorar las actividades de planificación y programación de otros

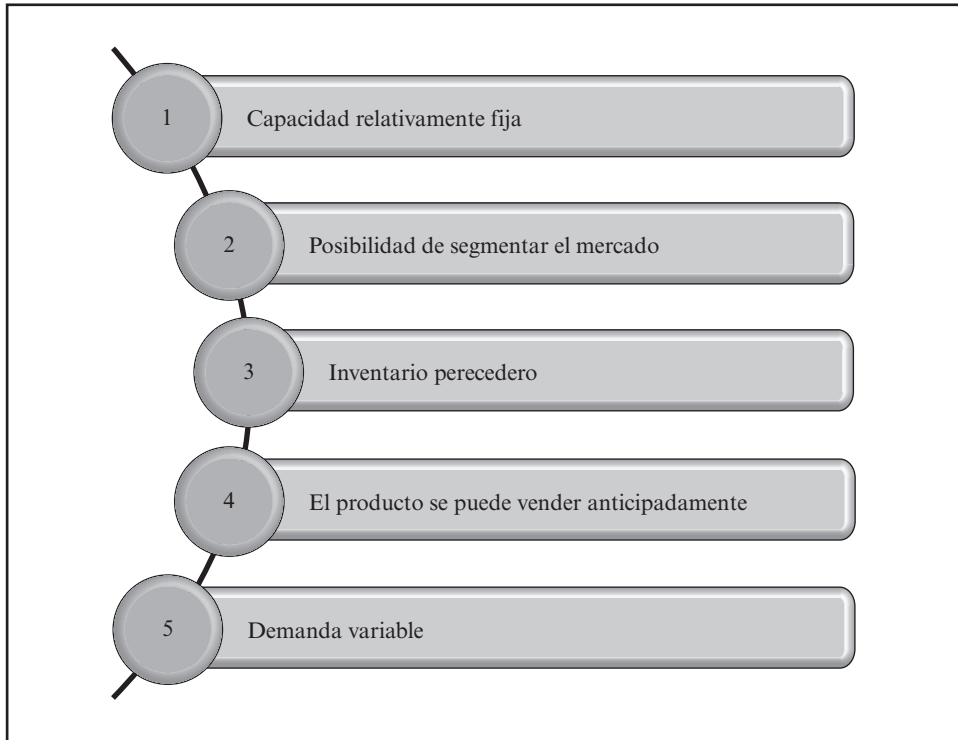
recursos y actividades. Pero esta no es su única ventaja. Los sistemas de reservas también son reflejo del comportamiento de los distintos segmentos de clientes a las tarifas a lo largo del tiempo. Por ejemplo, para una antelación de tres meses los clientes que reservan antes son los que demandan tarifas más económicas (son más sensibles al precio), y conforme nos acercamos a la fecha contratada los clientes están dispuestos a pagar precios más altos. Es decir, los precios presentan, en general, una evolución creciente conforme disminuye la antelación en la reserva. Es por ello que en *revenue management* debe limitarse el número de reservas disponibles a lo largo de todo el período considerado, con vistas a contar con disponibilidades para aquellos que reservan más tarde y conseguir así alcanzar su propósito de maximizar los ingresos obtenidos.

Por tanto, en los sectores en los que se ha aplicado *revenue management* gran parte de las decisiones se apoyan en el estudio de la evolución que presentan las reservas de los distintos segmentos de clientes antes de la fecha contratada para la prestación del servicio.

- *Demanda variable.* La mayoría de las empresas se ven afectadas por comportamientos dispares de su demanda tanto a largo, medio, corto y muy corto plazo, pudiendo variar por estaciones del año, por día del mes, día de la semana e incluso a diferentes horas de un mismo día. En el sector hotelero, por ejemplo, también se identifican otros factores influyentes, como la celebración de eventos, fiestas (locales, regionales, nacionales e internacionales) e incluso las condiciones climatológicas. En materia de *revenue management* se hace indispensable la disponibilidad y análisis de datos acerca de la demanda, históricos, previsionales y actuales, que permitan a los decisores, en su operativa normal, establecer variaciones de precios y gestión de disponibilidades (inventario).

Tradicionalmente, los anteriormente nombrados como requisitos se identificaron a partir de la comparación entre los sectores en los que se aplicaba *revenue management* y que, mayoritariamente, se clasificaban dentro del sector servicios. Sin embargo, con el tiempo y su extensión a nuevos sectores se ha constatado que muchos de ellos son comunes a cualquier tipo de sector, como la capacidad relativamente fija y el inventario perecedero. De esta forma, la posibilidad de segmentar el mercado, la venta anticipada del producto y la predicción de la demanda (demanda variable) pueden considerarse como aspectos de gestión, y deberán tenerse en cuenta necesariamente para la aplicación de *revenue management*.

Estas características también han sido utilizadas con frecuencia y con gran utilidad para el estudio de la aplicación de *revenue management* en nuevos sectores, en tanto que permiten identificar los aspectos más relevantes y las adaptaciones a realizar. Las coincidencias con su aplicación en sectores previos facilitarán su extensión en el nuevo contexto, en tanto que las diferencias exigirán mayores dosis de creatividad e impulsarán el desarrollo de nuevos planteamientos.



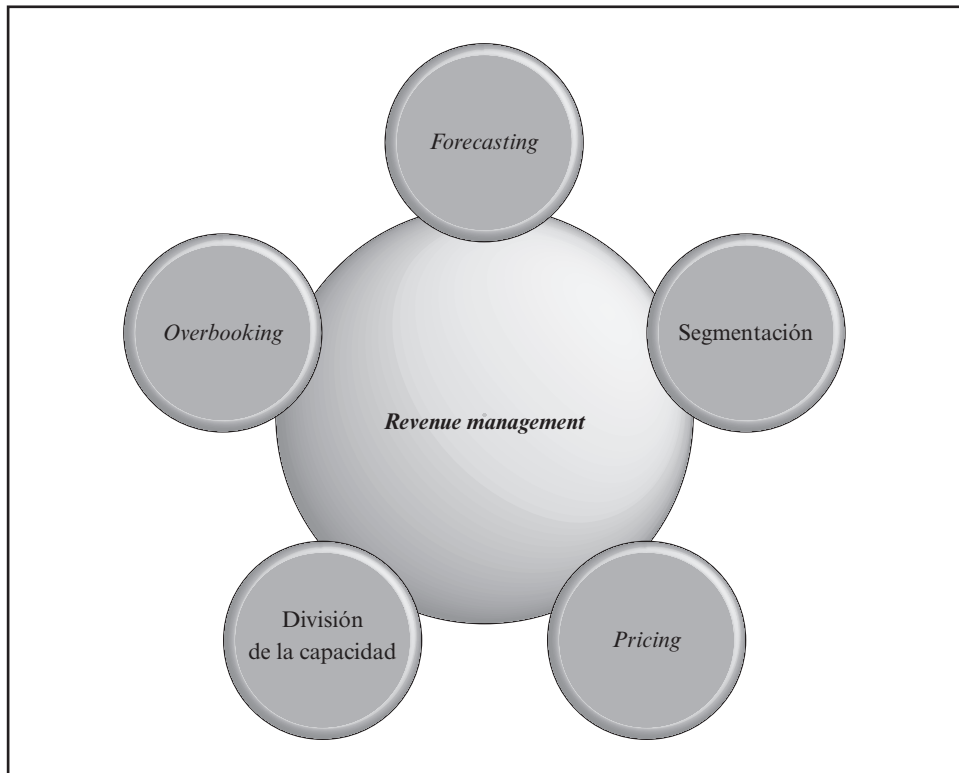
FUENTE: a partir de Kimes (1989).

Figura 6.7. Características para la aplicación de *revenue management*.

6.7.2. Elementos de *revenue management* e importancia de la gestión de capacidad en *revenue management*

Podemos dividir la materia de *revenue management*, a efectos didácticos, en cinco elementos básicos: segmentación, gestión de precios (*pricing*), *overbooking*, división de la capacidad y *forecasting* (previsiones) (Talluri y van Ryzin, 2006). De estos, los tres últimos, como se aclarará más adelante, están muy relacionados con la gestión de capacidad.

- La **segmentación** constituye un paso previo para la aplicación de tarifas distintas. Trata de identificar y diferenciar a los clientes en grupos, dependiendo de su perfil de comportamiento. Por ejemplo, los clientes de negocio en hoteles reservan con poca antelación, no pernoctan en fines de semana, realizan reservas individuales y se muestran poco sensibles a las



FUENTE: elaboración propia.

Figura 6.8. Elementos para la aplicación de *revenue management*.

variaciones en precios. Los turistas, sin embargo, adelantan sus reservas con objeto de adquirir el producto con mayor antelación, son sensibles a variaciones en precios y pernoctan en fin de semana. Este comportamiento permite a las compañías hoteleras utilizar sistemas automatizados de identificación del tipo de cliente mediante la formulación de reglas o restricciones (*rules*), de forma que se le asigne la tarifa correcta en función del momento en que se realice la reserva.

- La **gestión de precios** o *pricing* está relacionada con la determinación de las estrategias y tácticas de precios dependiendo del tipo de cliente, temporada, competencia, eventos u otros factores determinantes, así como de su evolución a corto y muy corto plazo (Medina-Molina y Chávez-Miranda, 2017). Cuando se utilizan sistemas, normalmente automatizados, en los que el demandante puede jugar un papel activo en la determinación de precios, hablaríamos de subastas (*auctions*) (Phillips, 2005).

- El **overbooking** viene siendo utilizado en la gestión de compañías aéreas desde los años sesenta del siglo XX. Se define como el número de reservas que se realizan por encima de la capacidad disponible, con objeto de hacer frente a las plazas que podrían quedarse vacías si un cliente no avisa cuando no va a presentarse en la fecha contratada (los conocidos como *no-shows*) o cuando cancelan su reserva. En dichas situaciones la compañía pierde la posibilidad de obtener ingresos, pese a la contratación previa del servicio, generando además ociosidad en los recursos disponibles. Para la determinación del nivel a aplicar se utilizan técnicas de optimización que pretenden reducir la pérdida de naturaleza económica que provoca este comportamiento de los consumidores. Por tanto, no se pretende, en ningún caso, incurrir en situaciones de *overbooking* real con pasajeros o clientes para los que no se dispone de asiento (o habitación, en el caso de establecimientos hoteleros). En el extremo contrario, es decir, de no aplicación de *overbooking*, las empresas pueden definir penalizaciones que, en caso de cancelar el contrato de suministro por parte del cliente, exigen el pago parcial o de la totalidad del servicio contratado.
- La **división de la capacidad** hace referencia a la determinación del número máximo de unidades de inventario a comercializar (*booking limits*) para cada segmento de mercado, su análisis y su evolución a lo largo del tiempo. Se trata de una decisión compleja que tendrá en cuenta la evolución de la demanda por segmentos de mercado, su comparación con los históricos y previsiones, aplicándose técnicas de optimización a la hora de su determinación (Sánchez-Lozano y Chávez-Miranda, 2015).
- Por último, **forecasting** constituye el elemento de *revenue management* encargado de la realización de pronósticos acerca del comportamiento de la demanda (en general, y de las reservas en particular), de la utilización de la capacidad, de los precios y de los ingresos. A este respecto ha de tenerse en cuenta que las reservas se pueden realizar con varios meses de antelación, por lo que las previsiones exigen el seguimiento de la variación de las mismas durante este tiempo. La variación en el número de reservas entre dos fechas determinadas es lo que se conoce como *pick up*. En función del ritmo que presenten se preverá el número final de reservas para una determinada fecha.

Esta actividad resulta de gran complejidad, puesto que, aunque para la realización de estimaciones se utilizan los datos históricos disponibles, con frecuencia se requiere de la consideración de elementos adicionales, como la existencia de fiestas (locales, autonómicas, nacionales e internacionales), eventos o factores meteorológicos, que afectarán sobre las variables principales consideradas.

Para finalizar este apartado, resulta conveniente aclarar que la aplicación de *revenue management* también va a afectar a la consideración tradicional del con-

cepto de producto vinculado a un artículo físico. En hoteles, por ejemplo, el producto comercializado supone la consideración tanto del tipo de habitación de que se trate como de los elementos que acompañan la reserva, como por ejemplo el tiempo de antelación con que se contrata y la política de cancelación, entre otros.

EJEMPLO 6.13. El ejemplo del pionero: American Airlines

La compañía American Airlines constituye un ejemplo ideal que nos ayudará a conocer cómo surgió *revenue management*. El entorno legal y normativo existente antes y durante su desarrollo, las condiciones del mercado, las características propias del sector que lo acunó, el perfil tecnológico imperante en estas fechas y los pasos acometidos por la empresa constituyen un referente para entender cómo y por qué se llegó a este modelo de gestión.

El origen de *revenue management* suele datarse con frecuencia a finales de 1970 como respuesta a la liberalización de tarifas aplicables por las aerolíneas en Estados Unidos (Fitzsimmons y Fitzsimmons, 2008). Sin embargo, comenzaremos el repaso evolutivo de sus orígenes adelantándonos un poco más en el tiempo, haciéndolo coincidir con el planteamiento de uno de los elementos anteriormente comentado, el *overbooking*, que surgió como resultado de la preocupación de las aerolíneas por aprovechar y optimizar el uso de su capacidad, y de la aplicación en general, en el contexto de empresas de servicios, de la gestión de inventarios.



- 1966 AA implanta sistema de reservas informatizado (SABRE, *Semi-Automatic Business Research Environment*).
- 1977 Introducción de las tarifas con descuentos superahorro.
- 1978 Desregulación del sector de la aviación comercial. AA lanza las tarifas superdescuento (*American Super-Saver Fares*).
- 1985 Implantación de DINAMO (*Dynamic Inventory Allocation and Maintenance Optimizer System*) en AA (comenzó a desarrollarse a mediados de los años setenta).
- 1986 People Express quiebra.



FUENTE: elaboración propia.

Figura 6.9. Principales hitos en el desarrollo de *revenue management* en American Airlines.

- **1966.** American Airlines (AA) desarrolla el sistema SABRE (*Semi-Automatic Business Research Environment*). Este *software* permite centralizar toda la información acerca de las reservas, directas o a través de agencias de viajes, registradas o canceladas. Por tanto, permiten que el inventario de asientos se actualice automáticamente para cada vuelo.
- **1968.** Una vez centralizados en la misma base de datos los registros anteriores, American Airlines podía prever con antelación el número de asientos que quedarían vacíos en un determinado vuelo. En este momento implanta un sistema para la predicción de la carga (asientos ocupados) en un vuelo determinado (*flight load predictor*). En función de la previsión de asientos vacíos se realizan cálculos automatizados de los niveles de *overbooking* a aplicar en cada caso.
- **1976.** Se reemplaza el sistema anterior (*flight load predictor*) por RLPACS (sistema de planificación y control de reservas de inventario: *Reservations Inventory Planning and Control System*), que permite incorporar la información acerca de los costes generados y los beneficios esperados a la hora de calcular el nivel de *overbooking*.
- **1977.** El conocimiento con antelación a la salida del vuelo del número de asientos que quedarían vacíos le hace pensar a la compañía que ofrecer estos a precios más bajos que los demás asientos les permitiría conseguir ingresos adicionales a los esperados. Por ello decide lanzar las tarifas superahorro. No obstante, la normativa aplicable en esos momentos exigía la comunicación de los cambios tarifarios a la autoridad competente y recibir la autorización previa a su aplicación, por lo que se producían retardos entre la decisión y la aplicación del descuento.
- **1978.** Se hace coincidir este momento con la aparición del entonces conocido como *yield management*. Se produce la desregulación del tráfico aéreo en Estados Unidos, que incrementa notablemente el número de empresas competidoras. También se permite, a partir de este momento, la aplicación de tarifas distintas sin necesidad de comunicación y aprobación previa. Surgen en el mercado aerolíneas de bajo coste (como People Express), que comercializan sus asientos a precios muy económicos.

American Airlines comienza el proceso de división de la capacidad (*allocating reservation*), es decir, empieza a limitar el número de unidades a la venta a precios con descuentos, dependiendo del grupo al que pertenecía el cliente que hacía la petición. Reconoce que existen comportamientos diferenciados entre los distintos segmentos, lo que posibilita incrementar los ingresos. Ni que decir tiene que en esta fecha disponía, como se ha referido, de una base de datos con información actualizada acerca de su inventario de asientos por vuelo en tiempo real. Unos años después incrementa notablemente la complejidad del mercado, debido a dos aspectos:

1. Vuelos conectados (*hub and spoke*, redes neuronales).
2. Muchas tarifas que cambian rápidamente.

Se cuentan hasta 50.000 cambios de tarifa diarios. Ya se estaba aplicando *revenue management* en American Airlines y se intentan adaptar los sistemas a esta mayor complejidad. Se desarrollan técnicas de optimización que tratan de mejorar los ingresos considerando el caso de vuelos conectados (frente a la consideración de un vuelo origen-destino). Es lo que se conoce como gestión de recursos múltiples, que reconoce la problemática de que los vuelos con escala permitan que se bajen y suban los clientes a lo largo de la ruta, lo que hace más compleja la gestión del inventario.

- **1982.** Decision Technologies (el departamento de investigación de American Airlines) desarrolla un modelo de optimización para determinar el número de reservas a asignar a cada tipo de tarifa. El tratarse de un modelo de optimización implica que se obtiene la mejor solución posible con los datos que se están considerando.
- **1985.** Termina de implantarse el DINAMO (*Dynamic Inventory Allocation and Maintenance Optimizer System*), que había empezado a desarrollarse aproximadamente unos 10 años antes. Al tratarse de un sistema dinámico, supone que la información se va actualizando conforme se van incorporando nuevas peticiones de reservas. Para la división de la capacidad se aplican técnicas de optimización con el objetivo de maximizar los ingresos.
- **1986.** La compañía de bajo coste People Express quiebra. Los directivos de esta empresa atribuyen el éxito de American Airlines a la aplicación de *yield management*. En un primer momento no entendían cómo los triunfadores eran capaces de ofertar los pasajes a precios con mayores descuentos que ellos. Con posterioridad aprendieron que American Airlines no vendía todos sus asientos al mismo precio, sino que sus decisiones se basaban en el estudio del comportamiento de los clientes divididos en segmentos, la determinación del número de asientos que venderían a cada uno de estos segmentos y el precio a aplicar con el propósito de maximizar sus ingresos por vuelo o considerando las redes que constituían sus rutas.

Para una mayor comprensión del éxito de esta empresa, adicionalmente ha de tenerse en cuenta que American Airlines disponía de un departamento de investigación propio donde se desarrollaron todos estos sistemas, lo cual no es un aspecto habitual en otros sectores. Además, el paralelo desarrollo de las tecnologías de información y comunicaciones ha constituido una pieza fundamental en el desarrollo de *revenue management*, tanto en sus orígenes como previsiblemente en el futuro.

Hoy en día, *revenue management* ha extendido su aplicación a numerosos sectores. No obstante, llama la atención que aún sigue en continua evolución el desarrollo de investigaciones centradas en las aerolíneas.

RESUMEN

En este tema hemos puesto de manifiesto la importancia estratégica para la empresa de las decisiones sobre capacidad productiva. La identificación de los distintos conceptos de capacidad productiva resulta imprescindible para poder planificar correctamente la capacidad necesaria para atender las necesidades de producción. La estrategia de capacidad definirá todas aquellas actuaciones que deberá desarrollar la empresa para alcanzar la flexibilidad productiva requerida por el mercado, y de esta forma satisfacer el nivel de demanda generado. La elección de alternativas para conseguir la capacidad requerida se hará atendiendo a una serie de técnicas de valoración que nos permitirán determinar la alternativa más ventajosa en cada momento para la empresa. El estudio de la capacidad productiva en las empresas de servicios requiere un tratamiento especial, debido a las características propias del sector servicios. Técnicas de gestión de la capacidad como el *revenue management* contribuyen a optimizar los recursos y mejorar los niveles de productividad de estas empresas.

EJERCICIOS

Preguntas sobre el ejemplo 6.1:

- ¿Por qué las líneas aéreas realizan *overbooking*? ¿Cómo gestionan la capacidad del servicio realizando esta práctica? ¿Cómo influye esta práctica en las expectativas de los clientes? ¿Cómo influye esta práctica en la imagen de las líneas aéreas?

Preguntas sobre el ejemplo 6.12:

- ¿Cómo se podría calcular el impacto de las valoraciones en redes sociales sobre la demanda? ¿Y sobre la capacidad requerida? ¿Qué factores crees que son más relevantes a la hora de obtener valoraciones positivas por parte de los usuarios?
- *Actividad sugerida.* Valora los bares y/o restaurantes más cercanos a tu lugar de residencia y compara tu valoración con la media de Tripadvisor o aplicaciones similares. ¿Coincide? ¿Por qué? Observa si los establecimientos más valorados tienen capacidad suficiente para satisfacer su demanda, especialmente en fin de semana. Comprueba si los establecimientos con menos demanda están peor valorados. Por supuesto, mientras realizas estas actividades, disfruta del buen comer y del buen beber de tu zona.

1. La empresa Chocolatín, con distintas plantas de producción, desea dedicar una de ellas a la fabricación de sus tabletas de chocolate Premium 100% Cacao de primera calidad. Dos de estas plantas reúnen los requisitos adecuados para la producción. Dada la tendencia creciente de las ventas, con una estimación para el próximo año de 200.000 tabletas, solo la opción de la planta A sería válida, ya que es la única que aporta la capacidad necesaria, permitiendo obtener un beneficio de 11.180.000 €. Pero ante la posibilidad de que no se cumplan las estimaciones de demanda, también se valora la opción de la planta B. Ambas plantas están preparadas para la fabricación de este producto estrella; sin embargo, su capacidad, sus costes y tiempos de realización de los trabajos diferencian una de otra.

La planta A, con una capacidad productiva máxima de 350.000 tabletas al año, genera un margen bruto total, cuando la empresa alcanza el nivel de producción del punto muerto, de 2.420.000 €, con unos costes variables unitarios de 32 €.

La planta B soporta unos costes fijos de 1.080.000 €, obteniendo un margen bruto total si trabaja al máximo de su capacidad de 3.600.000 €, siendo esta capacidad máxima de 100.000 tabletas.

La política de la empresa es obtener el máximo beneficio. Teniendo en cuenta que el precio de la tableta será el mismo con independencia de la planta elegida, elabore un informe de acuerdo al método gráfico del punto muerto sobre cuándo convendría producir en una u otra planta, indicando el beneficio máximo que se podría alcanzar en cada una de ellas.

Solución

Planta 1:

Demanda: 200.000 tabletas.

Beneficios estimados: 11.180.000 €.

$$CF = ? \text{ €}$$

$$Cv = 32 \text{ €}$$

Capacidad máxima = 350.000 tabletas

$$M_{Qpm} = 2.420.000$$

$$B_{Qpm} = (P - Cv)Qpm - CF = 0$$

Para ello,

$$M_{Qpm} = CF$$

$$2.420.000 - CF = 0$$

$$CF = 2.420.000 \text{ €}$$

Calculados los CF , podemos calcular el precio partiendo de la fórmula del beneficio:

$$(P - Cv)200.000 - 2.420.000 = 11.180.000$$

$$P = 100 \text{ €}$$

$$Qpm = \frac{2.420.000}{(100 - 32)} = 35.588,23 \text{ tabletas}$$

$$\begin{aligned} \text{Beneficio máximo} &= [350.000 \times (100 - 32)] - 2.420.000 = \\ &= 21.380.000 \text{ €} \end{aligned}$$

Planta 2:

$$CF = 1.080.000$$

$$M(q = 100.000) = 3.600.000$$

$$(P - Cv)Q = 3.600.000$$

Podemos calcular los Cv :

$$(100 - Cv)100.000 = 3.600.000$$

Despejamos $Cv = 64 \text{ €}$.

$$Qpm = \frac{1.080.000}{(100 - 64)} = 30.000 \text{ tabletas}$$

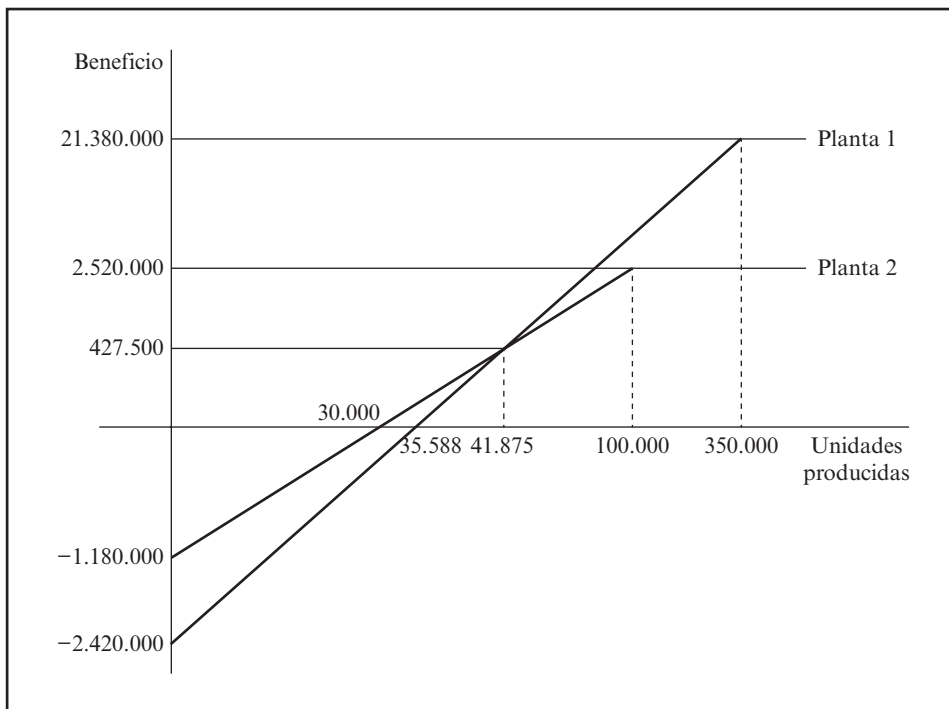
$$\text{Beneficio máximo} = [100.000 \times (100 - 64)] - 1.080.000 = 2.520.000 \text{ €}$$

Comparamos alternativas:

$$(100 - 32)Q - 2.420.000 = (100 - 64)Q - 1.080.000$$

$$Q = 41.875 \text{ tabletas}$$

- Para $Q < 30.000$ no interesa ninguna alternativa.
- Para $30.000 < Q < 41.875$ interesa asignar la producción a la planta 2 hasta una capacidad máxima de 100.000 tabletas.
- Si la demanda obedece a $41.875 < Q < 350.000$ interesaría la planta 1.



2. La empresa BeachTennis, dedicada a la fabricación de raquetas de tenis playa, cuenta con 25 empleados en plantilla con un turno de fabricación de 8 horas. Se sabe que esta empresa desarrolla su jornada sujeta a un porcentaje de utilización del 85% con un nivel de eficiencia del 90%. El período productivo de la empresa son 250 días. La demanda anual estimada para el próximo año es de 171.000 raquetas, siendo el tiempo de fabricación de cada raqueta 15 minutos. ¿Tendría BeachTennis capacidad suficiente para atender el 100% de la demanda prevista? Razone su respuesta. En caso negativo, ¿cuál debería ser el factor de utilización que permitiera alcanzar la demanda anual prevista?

Solución

Período productivo = 250 días al año.
Demanda anual = 171.000 raquetas.

Tiempo de fabricación por raqueta = 15 minutos = 0,25 horas.

$$U = 85\%$$

$$E = 90\%$$

$$\begin{aligned}\text{Capacidad proyectada} &= \left(\frac{25 \text{ empleados} \times 8 \text{ horas/día}}{0,25} \right) \times 250 \text{ días} = \\ \text{o teórica} &= 200.000 \text{ raquetas/año}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Capacidad real} &= \text{Capacidad proyectada} \times U \times E = \\ &= 200.000 \times 0,85 \times 0,90 = 153.000 \text{ raquetas/año}\end{aligned}$$

Por tanto, no tendría capacidad suficiente para atender la demanda de 171.000 raquetas.

Para conseguir dicho nivel de producción, actuaríamos sobre el factor de utilización:

$$171.000 = 200.000 \times U \times 0,90$$

$$U = 0,95$$

Aumentando el nivel de utilización de los equipos hasta alcanzar el 95% la capacidad productiva real sería de 171.000 raquetas, consiguiendo de esta manera satisfacer la demanda prevista.

3. BeachTennis tiene planes de expandirse a otros países y ha decidido localizarse en Grecia, si bien tiene que tomar la decisión de cómo ampliar su capacidad productiva. Tras recopilar diferente información, se plantea dos posibilidades: abrir una planta productiva (A) con una capacidad de 1.500 unidades físicas (u.f.) o bien una planta productiva (B) con una capacidad de 1.000 u.f., de tal forma que el coste unitario de fabricación de la planta A será de 50 u.m./u.f y el de la planta B de 35 u.m./u.f.

BeachTennis va a incurrir en diferentes costes, según la evolución de la demanda y el volumen de producción que alcance finalmente. Si la demanda supera a la capacidad productiva, BeachTennis se plantea subcontratar el déficit de producción con dos proveedores alternativos: el proveedor A le suministraría el producto con un coste de 70 u.m./u.f., mientras que el proveedor B facilita a BeachTennis dos precios alternativos en la subcontratación de los productos, 65 u.m./u.f. si llegan a un acuerdo de colaboración para otros componentes relacionados, lo cual

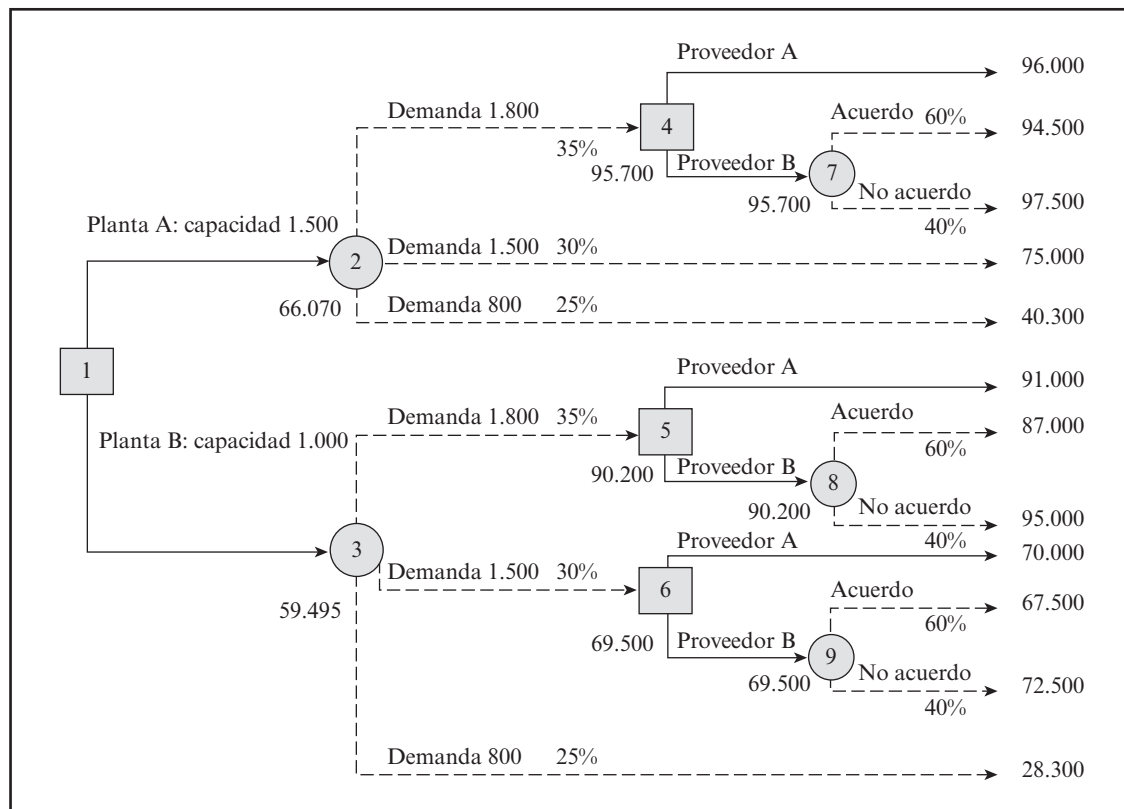
puede ocurrir con un 60% de probabilidad, o bien de 75 u.m./u.f. si no llegan a tal acuerdo.

Se ha estimado también que el coste de tener la capacidad productiva infrautilizada en ambas plantas es de 300 u.m. anuales.

El estudio de mercado ha proporcionado información sobre la evolución de la demanda, de forma que ha concluido que la probabilidad de que la demanda sea de 1.800 u.f es de un 35%, que la demanda sea de 1.500 u.f es de un 30%, y que sea de 800 u.f. es de un 25%.

Con toda esta información, y mediante la técnica del árbol de decisión, ayude a BeachTennis a elegir la planta productiva para ampliar su capacidad, sabiendo que quiere minimizar los costes soportados.

Solución



- Reverse Mentoring, S. L., es una empresa consultora ubicada en Granada que presta servicios de asesoramiento de recursos humanos. Se ha planteado incrementar su volumen de negocio y atender a nuevos merca-

dos ampliando su capacidad productiva con una nueva oficina, para lo cual ha recopilado información sobre distintas posibilidades respecto a la inversión inicial, los ingresos y costes que tendría y que le permitirían atender distinto volumen de clientes a lo largo de varios años. Finalmente, ha seleccionado dos opciones en las que ha realizado las siguientes previsiones (tabla adjunta). Considere que todas las operaciones se realizan al contado y que las amortizaciones de los equipos utilizados (concepto incluido en los costes fijos) son de 200 € anuales para la oficina A y de 300 € anuales para la oficina B. Con todos estos datos, determine qué oficina elegiría según el criterio del valor actual neto (VAN).

Conceptos	Oficina A		
Desembolso inicial	5.000		
	Año 1	Año 2	Año 3
Costes fijos oficina en euros	3.200	4.600	6.500
Coste por servicio prestado (€/servicio)	90		
Precio por servicio prestado (€/servicio)	150		
Previsión de servicios	100	140	180

Conceptos	Oficina B		
Desembolso inicial	10.000		
	Año 1	Año 2	Año 3
Costes fijos oficina en euros	5.500	5.700	6.100
Coste por servicio prestado (€/servicio)	80		
Precio por servicio prestado (€/servicio)	150		
Previsión de servicios	160	140	170

Solución

	A_0	Q_1	Q_2	Q_3	
Proyecto 1	-5.000	3.000	4.000	4.500	$VAN = 4.413,97 \text{ €}$
Proyecto 2	-10.000	6.000	4.400	6.100	$VAN = 3.674 \text{ €}$

5. XPLANE, S. L., se dedica a la producción de impresoras 3D. Ante la buena acogida del mercado se está planteando ampliar su capacidad productiva, para lo cual está pensando en invertir en un proyecto que le exige realizar un desembolso inicial de 90.000 €. Este proyecto le permitirá obtener unos ingresos por la venta de las impresoras en los próximos tres años por importe de 40.000 €, 65.100 € y 88.000 € respectivamente. Los costes que prevé asumir son de 19.200 €, 25.500 € y 32.000 € para cada uno de los tres años. Determine la rentabilidad relativa bruta del proyecto a considerar.

A_0	Q_1	Q_2	Q_3	
	40.000	65.100	88.000	
	19.200	25.500	32.000	
-90.000	20.800	39.600	56.000	12%

Solución

12%.

- Como responsable de operaciones, debe calcular los plazos de entrega de los pedidos a los clientes. Desde el punto de vista de la capacidad productiva, comente sobre qué tipo de capacidad debería basar sus cálculos y por qué.
- ¿Cómo repercutiría en la capacidad productiva de una empresa la incorporación de nuevos equipos productivos más eficientes? Razone su respuesta.
- Una determinada empresa sufre desde hace varios años problemas de capacidad productiva, pues el nivel de producción alcanzada no es suficiente para atender el volumen de demanda generada. El área de operaciones decide llevar a cabo un análisis de la situación antes de tomar una decisión. ¿Cómo estructuraría el análisis que debe realizar el área de operaciones? Razone su respuesta.
- Tras obtener el diagnóstico de la situación de la anterior empresa, ¿qué abanico de posibilidades tenemos para solucionar el problema?
- ¿Cómo definiría una estrategia de contracción de la capacidad productiva? ¿Qué decisiones tomaría?
- ¿Qué entiende por óptimo de explotación? Si sobrepasamos el óptimo de explotación, ¿qué consecuencias podría tener para la empresa?
- En un contexto de capacidad productiva, ¿para qué utilizaría el análisis del punto muerto? ¿Qué información aportaría a la empresa este análisis?

13. Se plantean distintas alternativas para ampliar la capacidad productiva de una empresa, y decidimos optar por las técnicas del VAN y la TIR para analizar y comparar dichas alternativas. Explique en qué consisten estas técnicas y en qué parámetros basan sus cálculos.
14. Explique en qué consiste *revenue management*.
15. Comente las características o requisitos que deben reunir los sectores para la aplicación de *revenue management*.

BIBLIOGRAFÍA

- Anderson, M. A., Anderson, E. J. y Parker, G. (2013). *Operations management for dummies*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Chase, R., Aquilano, N. y Jacobs, F. R. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros*. México: McGraw-Hill.
- Chávez Miranda, E. y Ruiz Jiménez, A. (2005a). *Yield management en hotelería. Estudio de su aplicación en Sevilla*. Ayuntamiento de Sevilla.
- Chávez Miranda, E. y Ruiz Jiménez, A. (2005b). Marco conceptual del *yield management* como técnica de gestión de la capacidad y la demanda en organizaciones de servicios. *Investigaciones Europeas de Dirección y Economía de la Empresa*, 11(1), 143-163.
- Cheraghi, S. H., Dadashzadeh, M. y Venkitachalam, P. (2010). Revenue management in manufacturing: A research landscape. *Journal of Business & Economics Research*, 8(2), 63.
- Defregger, F. (2009). *Revenue management for manufacturing companies*. Kölner Wissenschaftsverlag.
- Domínguez Machuca, J. A., Álvarez Gil, M. J., Domínguez Machuca, M. A., García González, S. y Ruiz Jiménez, A. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Durbán Oliva, S. (1994). *Introducción a las finanzas empresariales*. Sevilla: Universidad de Sevilla.
- Fitzsimmons, J. A. y Fitzsimmons, M. J. (2008). *Service management: Operations, strategy, and information technology* (6.^a ed.). Nueva York: McGraw-Hill.
- Gaither, N. y Frazier, G. (2000). *Administración de producción y de operaciones*. Madrid: International Thomson.
- Heizer, J. y Render, B. (2015). *Dirección de la producción y de operaciones: decisiones estratégicas*. Madrid: Pearson Educación.
- Kimes, S. E. (1989). The basics of yield management. *The Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly*, 30(3), 14-19.
- Krajewski, L. J. y Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones: estrategia y análisis*. México: McGraw-Hill.
- Medina-Molina, C. y Chávez-Miranda, E. (2017). Precios turísticos, métodos de fijación y revenue management. En *Marketing turístico: fundamentos y dirección* (pp. 53-84). Madrid: Pirámide.
- Phillips, R. L. (2005). *Pricing and revenue optimization*. Stanford University Press.

- Sánchez-Lozano, G. y Chávez-Miranda, E. (2015). Tratamiento de *capacity management* e *inventory management* en manuales de *revenue management*. *International Journal of World of Tourism*, 2(4), 9-16.
- Talluri, K. T. y Van Ryzin, G. J. (2006). *The theory and practice of revenue management* (vol. 68). Springer Science & Business Media.
- Talón, P., González, L. y Pérez, M. S. (2012). *Yield revenue management en el sector hotelero: estrategias e implantación*. Delta.
-

Sergio Rubio Lacoba
F. Javier Miranda González
Antonio Chamorro Mera

INTRODUCCIÓN

En el ámbito de la dirección de operaciones, la decisión de localización se refiere fundamentalmente a la elección del lugar donde ubicar las instalaciones de la empresa, y por tanto en el que emplazar o situar los distintos factores de producción, tanto humanos como materiales.

En la mayoría de los casos una empresa dispone solo de una localización, en la que están tanto las instalaciones productivas como las administrativas y que, generalmente, coincide con su sede social. Sin embargo, hay empresas que deben decidir distintas localizaciones, por disponer de múltiples instalaciones: fábricas, almacenes, plataformas logísticas, puntos de venta u oficinas. Además, al hablar de localización empresarial nos referimos generalmente a un lugar geográfico donde estarán las instalaciones físicas, pero en el caso de las empresas virtuales también debe referirse al lugar ocupado en Internet (dominio y servidor), tal y como se comentará más adelante.

La decisión de localización forma parte del proceso de planificación estratégica de la empresa, al tratarse de una decisión con efectos a largo plazo y difícilmente modificable. El objetivo de esta decisión es elegir el lugar donde se ubicarán las instalaciones de una empresa, de manera que, de acuerdo con unos factores de decisión, se minimice el coste de la misma, contribuyendo así a maximizar el beneficio empresarial y la satisfacción de los clientes.

La importancia de la decisión de localización se justifica, en primer lugar, por la elevada inversión asociada a la misma, ya que las instalaciones son generalmente costosas (tanto si se compran como si se construyen expresamente), y una vez realizada la inversión esta es difícilmente recuperable en el corto y medio plazo. Solo en algunas ocasiones las organizaciones pueden optar por un alquiler de instalaciones, en cuyo caso esta decisión de localización adquiere un

carácter mucho más flexible, pudiendo corregirse con mayor facilidad una decisión inicial de localización poco acertada.

En segundo lugar, son decisiones que afectan a la capacidad competitiva global de la empresa. Todas las áreas de la empresa, en mayor o menor medida, suelen verse afectadas por la decisión de localización. Por una parte, esta decisión afecta a la estructura de costes de la organización a través del coste del terreno, del transporte de las materias primas, de los salarios a pagar por la normativa laboral vigente en el lugar, del transporte para el envío de los productos a los clientes o de los impuestos y tasas públicas a pagar a las administraciones del lugar. Por otra parte también afecta a aspectos comerciales, pues la localización tiene una relación directa con el tiempo de entrega del producto al cliente, con la accesibilidad y visibilidad del punto de venta y, para algunos productos, con la percepción de calidad que el cliente tiene del producto según el origen del que procede.

7.1. SITUACIONES QUE DETERMINAN LA DECISIÓN DE LOCALIZACIÓN

Esta decisión se toma siempre en el momento de la creación de la empresa, pero puede tenerse que adoptar de nuevo en otros momentos posteriores, bien para sustituir la localización inicial o bien para complementarla con nuevas instalaciones. La frecuencia con la que puede surgir esta decisión varía según el tipo de instalaciones de que se trate, siendo más habitual tomar decisiones de localización de puntos de venta que decisiones de localización de fábricas. Además, esta frecuencia también está muy vinculada al ritmo de crecimiento del negocio de la empresa y a sus decisiones de expansión hacia nuevos mercados geográficos.

Entre las razones que llevan a plantearse nuevas localizaciones podemos señalar las siguientes:

- **Insuficiente capacidad productiva**, que conlleva la necesidad de ampliar la instalación actual o construir una nueva, en cuyo caso habría que elegir una nueva localización.
- **Obsolescencia de la instalación actual** por el transcurso del tiempo o por la aparición de nuevas tecnologías, que puede conducir a una modernización de la planta existente o a la apertura de una nueva planta en otra ubicación.
- **Cambios en los inputs**. El coste o la disponibilidad de la mano de obra y materias primas puede variar, haciendo necesario un cambio de localización para poder seguir siendo competitivos. Se produce en estos casos un proceso conocido como deslocalización, consistente en abandonar un

país o región para desplazar la producción a países o regiones donde los costes de producción son más bajos. *Esta es la razón por la que en las décadas de los años setenta y ochenta del siglo xx se produjo un boom de aperturas de fábricas en España por parte de empresas multinacionales, y por la que esas mismas empresas y otras muchas, a finales de 1990 y principios de este siglo, trasladaron sus fábricas de Europa a los países del sudeste asiático.*

- **Cambios en las condiciones políticas o económicas.** Las medidas proteccionistas de determinados gobiernos, el incremento de la presión fiscal, las políticas de privatizaciones o las fuertes oscilaciones en el tipo de cambio pueden llevar a determinadas organizaciones a decidir cerrar sus instalaciones en determinados países y trasladarlas a otros con condiciones más ventajosas. *Así, por ejemplo, la decisión del Reino Unido de abandonar la Unión Europea (UE), en el proceso conocido como Brexit, ha originado que bastantes grandes empresas allí ubicadas se replanteen trasladarla a otros Estados miembros de la Unión, con el objetivo de seguir manteniendo los beneficios derivados de la libre circulación de mercancías y personas, así como de unas condiciones legales más homogéneas. Por ejemplo, la aerolínea británica EasyJet se ha planteado cambiar su sede de Luton (Londres) a otro aeropuerto de la UE, para poder seguir operando dentro de la Zona Europea Común de Aviación.*
- **Presión de la competencia.** El incremento en la intensidad competitiva puede llevar a la relocalización de las instalaciones para prestar un mejor servicio o para huir de esa creciente rivalidad. *Por ejemplo, el aumento de la competencia localizada en un mismo lugar puede hacer que el precio de los alquileres de oficinas o de locales comerciales se encarezca bastante, y a la empresa le compense trasladar sus instalaciones a otra zona más barata.*
- **Desplazamiento geográfico de la demanda.** Los mercados cambian de lugar, ocasionando un traslado de las instalaciones. *Así, por ejemplo, muchos fabricantes de marcas de lujo están abriendo puntos de venta en China como consecuencia del incremento en el consumo que este país está experimentando en los últimos años, con un progresivo crecimiento de la clase alta y medio-alta. Estos consumidores sienten mucha curiosidad por los productos extranjeros y les gusta hacer ostentación de productos de marca. De hecho, forman el mayor mercado para las marcas internacionales de lujo, con más del 45% de las ventas mundiales.*
- **Fusiones o adquisiciones de empresas,** que puede provocar que algunas resulten redundantes o se encuentren mal ubicadas en relación con las demás. *Por ejemplo, las fusiones entre entidades financieras producidas en España durante la crisis financiera han dado lugar al cierre de muchas sucursales bancarias, pero también a la reubicación de algunas de ellas dentro de una misma ciudad.*

7.2. EL PROCESO DE DECISIÓN: NIVELES Y FASES

El carácter poco habitual de la decisión de localización hace que buena parte de los directivos no estén habituados a tomarla y puedan no seguir el proceso más adecuado. El proceso de decisión para elegir una determinada localización debe estar basado en el uso de unos criterios lo más objetivos posible, pero no siempre se consigue. En ocasiones se decide localizar la nueva instalación en aquella zona donde ya están ubicadas otras empresas similares, sin evaluar otros aspectos. «Si el lugar elegido fue el mejor para las empresas ya instaladas, también lo será para mí». Este razonamiento pierde, sin embargo, su validez, si se han producido cambios en las condiciones del entorno que motivaron en su momento esa decisión.

En otras ocasiones aparece el denominado factor preferencial, que provoca que la decisión se base exclusivamente en los intereses personales del propietario de la empresa. Esta es la razón por la que suele ser frecuente que las empresas estén localizadas en el lugar donde residía su fundador, sin haberse efectuado ningún análisis sobre la conveniencia o no de dicha localización.

Además, la decisión de la localización de las instalaciones de una empresa se ha complicado aún más en los últimos años con la denominada globalización de los mercados, al ampliarse de forma notable el número de opciones a analizar.

Así, una vez determinada y justificada la necesidad de iniciar un estudio de localización, el primer paso será crear un equipo multifuncional encargado de realizar el estudio; en él tendrán cabida representantes de las principales áreas de la empresa, ya que todas ellas se verán afectadas por la decisión, como se explicó anteriormente. A partir de este momento se inicia un proceso para la selección de la localización, que supone, en la mayor parte de ocasiones, una secuencia de decisiones en cuatro niveles: selección del país de localización, de la región, de la población y de la ubicación concreta dentro de la población.

- a) **Nivel país:** Para algunas empresas, la primera decisión se refiere a si localizar la nueva instalación en nuestro país de origen o en el extranjero. La creciente globalización e internacionalización de los mercados está llevando a que muchas empresas localicen sus nuevas instalaciones en distintos países. *Así, por ejemplo, el grupo Inditex inauguró durante 2016 tiendas en cinco nuevos mercados: Vietnam, Nueva Zelanda, Paraguay, Aruba y Nicaragua.*
- b) **Nivel región.** Una vez elegido el país en el que localizar una instalación, el siguiente paso es elegir en qué región del país situarla. Para ello se analizarán las ventajas e inconvenientes políticos, comerciales e, incluso, climatológicos que cada una de las regiones ofrece.
- c) **Nivel población.** El tercer paso sería seleccionar el término municipal concreto donde localizar la instalación. Para ello se tendrán en cuenta factores como los impuestos existentes, los incentivos a la instalación de nuevas empresas, el impacto ambiental de la instalación, los servicios existentes en cada población, etc.

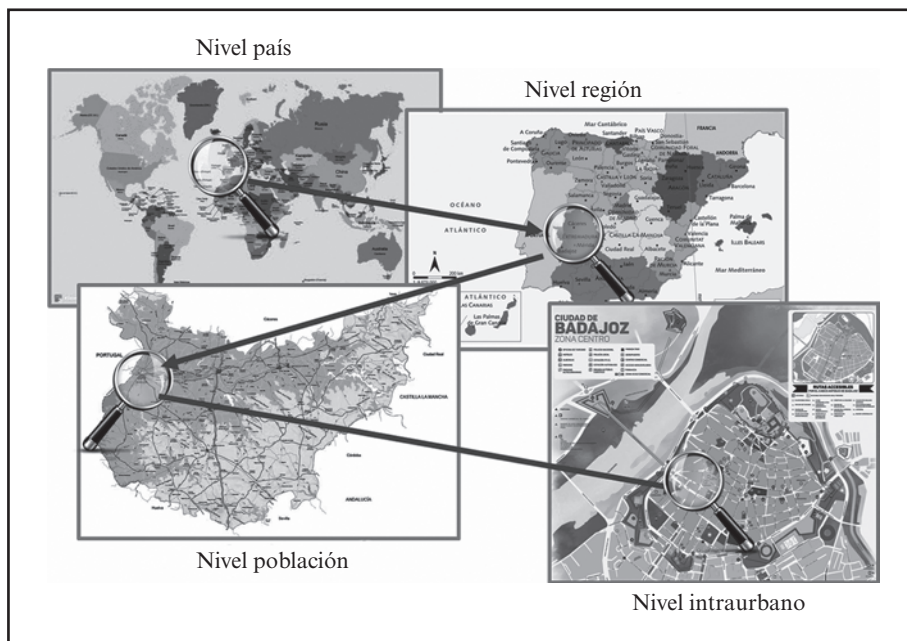


Figura 7.1. Niveles de la decisión de localización.

- d) **Nivel intraurbano.** Finalmente, habrá que elegir dentro de la población el emplazamiento más adecuado para nuestra instalación, teniendo en cuenta factores como el coste del suelo, la proximidad a los medios de transporte y a las empresas que prestan servicios auxiliares, la disponibilidad de suministros, la normativa local respecto a localización industrial y comercial, etc.

En cualquiera de los niveles mencionados el proceso de decisión de la localización más adecuada suele realizarse siguiendo las siguientes fases:

- **Análisis preliminar.** El equipo de decisión realiza un análisis de los objetivos y políticas de las diferentes áreas de la organización, tratando de traducirlas en requisitos para la localización de la nueva instalación. Es el momento de determinar qué factores son los que deben considerarse como más relevantes para decidir la localización, tratando de ponderar la importancia relativa de cada uno de ellos. Los factores que habitualmente tienen una mayor influencia en la localización de las empresas se describen más adelante. *Por ejemplo, para la localización de un centro comercial son factores relevantes a evaluar, en el nivel población, el tamaño de dicha población, la atracción comercial que el municipio ejerce sobre la*

población de otros municipios cercanos, el precio del suelo, los incentivos municipales y el nivel de competencia actual.

- **Alternativas de localización.** El equipo seleccionará un conjunto de localizaciones que merecen un análisis más detallado, descartando aquellas otras que claramente no cumplan los factores más importantes según la selección hecha en la primera fase.
- **Evaluación de alternativas.** En esta fase se recoge toda la información necesaria sobre cada localización preseleccionada, para poder valorarla según los factores considerados como relevantes. Para realizar esta evaluación es necesario recopilar una gran cantidad de información sobre los distintos aspectos a valorar. Gran parte de esta información se obtendrá a través de fuentes de información secundaria, como publicaciones especializadas, agencias gubernamentales, cámaras de comercio, entidades financieras, consultores, agencias de transportes, etc. En otras ocasiones también será necesario realizar visitas físicas a los posibles lugares de emplazamiento, pues la observación directa permite apreciar elementos subjetivos que pueden ser importantes en la decisión final.
- **Selección de la localización.** Utilizando distintas técnicas de análisis cuantitativo y/o cualitativo (véase apartado 7.5) se selecciona entre las distintas alternativas.

En el caso de la elección de la localización dentro de una población concreta, hay que mencionar que la decisión puede tener en cuenta además otro elemento característico: localización independiente o localización en zonas de agrupamiento empresarial, es decir, espacios físicos para la ubicación de varias empresas, que disponen de una gestión común de algunos servicios. Ejemplos de estas zonas de agrupamiento empresarial son los polígonos industriales, los parques tecnológicos, los semilleros de empresas y los locales de *co-working* (o de *cotrabajo*). Un **parque o polígono industrial** es un área debidamente acondicionada y dotada de construcciones industriales, en las que conviven diversos tipos de industrias atraídas por las políticas estatales y municipales, para lograr cierto orden y equilibrio territorial. Por su parte, un **parque tecnológico** es una zona en la que se ubican empresas altamente innovadoras o de un elevado componente tecnológico, facilitando la instalación de las mismas, y fomentando los contactos con universidades y centros de investigación y de desarrollo tecnológico.

Los **viveros o semilleros** de empresas son un lugar de acogida colectiva y temporal para jóvenes empresas, que ofrecen servicios adaptados a las necesidades de este tipo de empresas. Entre los servicios ofrecidos por el semillero se encuentran el acceso a parcelas en condiciones ventajosas, programas integrados de apoyo a la creación de empresas y asesoramiento especializado de profesionales. Generalmente, la ubicación de nuevas empresas en estos semilleros se limita a unos pocos años (1-3), y a partir de entonces se supone que la empresa tendrá suficiente madurez en el mercado como para disponer de una localización propia, fuera del semillero.

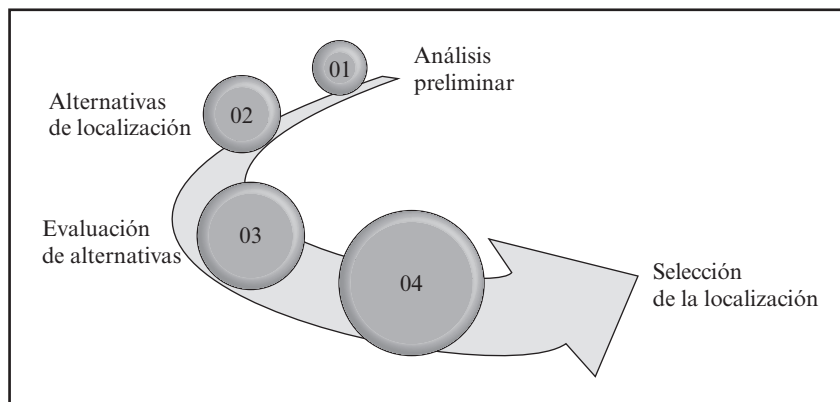


Figura 7.2. Fases de la decisión de localización.

En el caso de pequeñas empresas que necesitan simplemente el uso de unas oficinas desde donde desarrollar su negocio, una opción cada vez más extendida es su ubicación en **edificios de oficinas compartidas** y **centros de negocios** (promovidos generalmente por una empresa inmobiliaria) y **los espacios de co-working**. En los tres casos el objetivo es ofrecer a las empresas unas instalaciones, equipamiento y servicios comunes a un precio más competitivo que el que se obtendría con una ubicación independiente. Además, en el caso de los espacios de *co-working* se pretende crear un entorno de trabajo colaborativo que fomente la creatividad e innovación a través del contacto social entre los empresarios allí ubicados.

Esta secuencia de trabajo se repetirá en cada uno de los niveles anteriormente comentados, variando en cada caso los factores a considerar en cada decisión, de forma que la alternativa seleccionada en cada nivel servirá de punto de partida para el siguiente nivel de análisis.

7.3. FACTORES DE LOCALIZACIÓN

Como se ha mencionado anteriormente, para elegir aquella localización que permita soportar los menores costes y atender correctamente a los clientes, el equipo responsable de la decisión debe valorar diferentes factores que influyen en ambos aspectos. A continuación se detallan dichos factores, aunque la selección de los mismos y la importancia relativa que se debe conceder a cada uno varía según el tipo de negocio del que hablemos y del tipo de establecimiento que se requiera. No son los mismos factores clave los que deben considerarse para una industria agroalimentaria que para una industria automovilística, y tampoco es el mismo escenario cuando la decisión se refiere a la instalación de una fábrica o a la apertura de un establecimiento comercial. En unos casos de-

berá valorarse un conjunto de múltiples factores, mientras que en otros la decisión puede venir determinada por un único factor.

A. Recursos humanos

- **Disponibilidad.** Se trata de evaluar si en las localizaciones seleccionadas existe suficiente mano de obra para desarrollar nuestra actividad. En caso contrario el personal a contratar debería desplazarse diariamente al lugar de trabajo o cambiar su lugar de residencia habitual. Ambas situaciones pueden dificultar el interés por los puestos de trabajo que se ofrecen e, incluso, encarecer su coste.
- **Cualificación.** Algunas organizaciones requieren personal con una determinada cualificación (formación, conocimientos, habilidades) que suele concentrarse en las proximidades de las grandes urbes de países desarrollados. Si no hay disponibilidad de mano de obra cualificada, la empresa deberá adaptar su proceso productivo para que pueda funcionar sin este personal especializado, con el coste que ello supone, o bien invertir en la formación y capacitación de su personal.
- **Costes laborales.** El coste de la mano de obra es uno de los factores más relevantes a la hora de elegir la ubicación de una instalación. El coste laboral no solo incluye el sueldo base pagado al trabajador, sino las cargas sociales que lo acompañan (cuotas a la Seguridad Social, impuestos, etc.). Así, podemos observar cómo ciertas empresas, fundamentalmente aquellas con procesos productivos intensivos en mano de obra, están trasladando sus actividades a países en vías de desarrollo, donde los niveles salariales son inferiores a los existentes en los países desarrollados, con objeto de obtener una ventaja competitiva a través de este factor.

En el ranking publicado por el Instituto de Investigaciones Económicas Alemán (DIW, 2016) se observan también diferencias apreciables dentro de la Unión Europea (véase figura 7.3). Dentro de España también se observan diferencias entre comunidades autónomas; así, el coste laboral medio por trabajador y mes en Extremadura es de 2.151 euros, mientras que en Madrid se eleva a 3.036 euros (INE, 2016).

- **Productividad de la mano de obra.** Junto a disponibilidad y coste de la mano de obra, otro factor a tener en cuenta es la productividad. Por ello, trabajadores mal instruidos o con malos hábitos de trabajo pueden no ser una buena selección, a pesar de que su coste sea inferior, siendo preferible pagar un poco más por trabajadores con mayores niveles de productividad. La productividad de los trabajadores va ligada en gran medida al entorno del que proceden, por lo que los aspectos culturales que puedan afectar al ámbito laboral deben ser considerados al valorar un país o región.

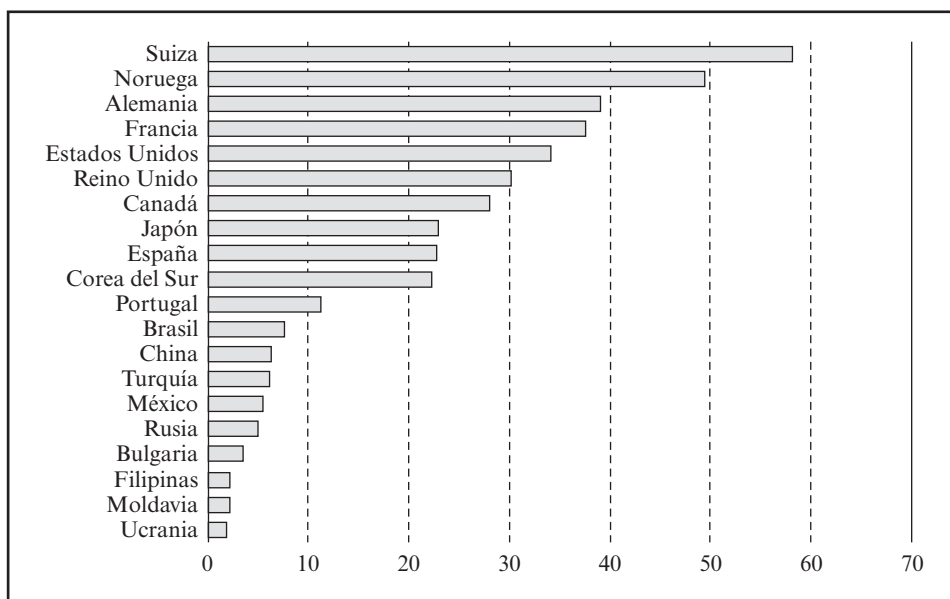


Figura 7.3. Coste laboral por hora trabajada (en euros) (DIW, 2016).

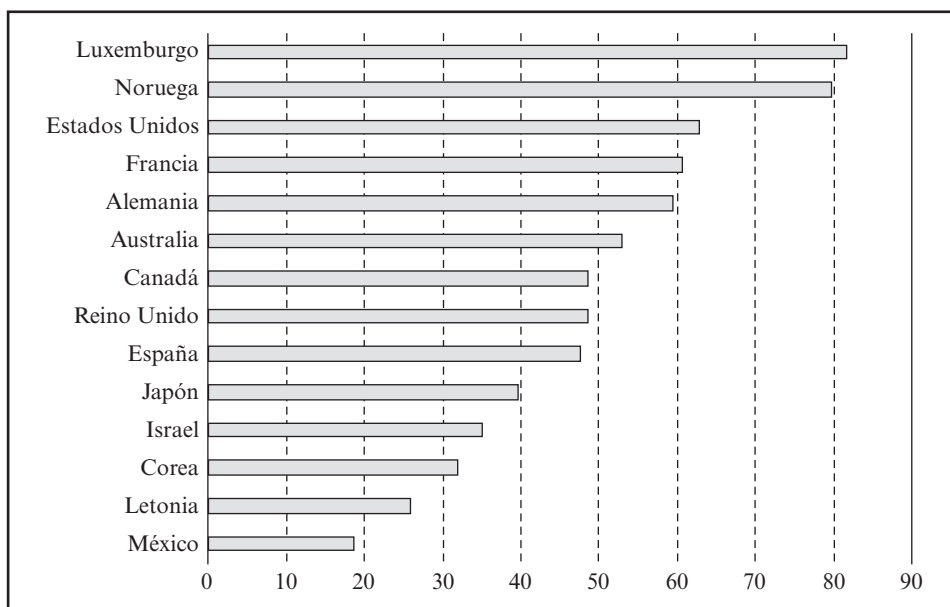


Figura 7.4. Ranking de productividad laboral (PIB en euros / hora trabajada) (OCDE, 2016).

- **Legislación laboral.** Hace referencia al conjunto de normativas que regula la actividad laboral de los trabajadores, sus derechos y deberes, la flexibilidad del mercado para contratar y despedir trabajadores, las cargas sociales, la jornada laboral, las horas extra, las vacaciones, la movilidad funcional y geográfica, etc. La legislación más permisiva de determinados países les puede hacer más atractivos para la localización de nuevas instalaciones.

EJEMPLO 7.1. Deslocalización y relocalización a principios del siglo xxi

Durante las dos últimas décadas del siglo xx se intensificaron los denominados procesos de deslocalización, en los que empresas ubicadas social y productivamente en los países que conforman la llamada Tríada Económica (EEUU y Canadá, Europa y Japón y Australia) decidieron trasladar sus centros productivos hacia las áreas emergentes de Latinoamérica (México, Brasil y Argentina, principalmente), África (Sudáfrica o Nigeria), India y sudoeste asiático (China y los denominados tigres asiáticos: Corea del Sur, Taiwán, Hong-Kong y Singapur). Primero fueron grandes multinacionales de sectores como el textil y el automovilístico, pero después también empresas de menor tamaño de casi todos los sectores industriales.

Sin embargo, en la segunda década de este siglo asistimos a un doble proceso en sentido contrario. Por un lado, se está produciendo una segunda fase de la deslocalización industrial, que conlleva una recolocación de las fábricas de producción poco cualificadas, de montaje o simple confección desde los países más desarrollados del sudoeste asiático a países más pobres de su entorno, como Filipinas, Pakistán, Malasia, Tailandia, Indonesia o Bangladesh. Las causas que motivan esta segunda deslocalización son el crecimiento económico de una parte de su población y la progresiva cualificación de la mano de obra en los países que inicialmente acogieron estas plantas productivas.

En algunos casos la localización en estos países más pobres es realizada directamente por empresas occidentales, y en otros es realizada por empresas chinas y coreanas que han conseguido convertirse en multinacionales y penetrar también en los mercados occidentales. En ciertas ocasiones la situación es mucho más curiosa, pues parte de la empresa está localizada en algún país occidental (la sede social, los servicios administrativos centrales o algunas tareas de alto contenido estratégico, como puede ser el diseño), otra parte está localizada en países asiáticos en crecimiento (generalmente las fábricas con mayor contenido tecnológico) y el resto está localizada en los países pobres del entorno asiático (las fábricas de tareas no cualificadas o intensivas en mano de obra).

Pero junto con esta segunda fase de deslocalización también se está produciendo un fenómeno calificado como relocalización industrial. Se trata de empresas que en su momento acometieron un proceso de deslocalización de su producción hacia países emergentes o en vías de desarrollo, pero que ahora vuelven a localizarlas en sus países de origen o en su entorno más próximo. Un caso de relocalización es la empresa juguetera Injusa. En los años 80 llevaron a México y a China parte de su producción, pero en 2010 decidieron trasladar toda su actividad productiva de nuevo a España.

Detrás de esta decisión está el aumento progresivo de los costes laborales en dichos países, pero también el hecho de que se puede garantizar en mayor medida una producción de calidad, y porque existe un segmento creciente de clientes que comienza a valorar el atributo «origen» en sus decisiones de compra como consecuencia de haberse observado prácticas algo dudosas en términos éticos y legales en algunos procesos de deslocalización.

- **Grado de conflictividad laboral.** El mayor o menor nivel de conflictividad laboral también suele ser tenido en cuenta en la decisión de localización. La ausencia de presión sindical en determinados países, unido a una legislación laboral muy permisiva, ha ocasionado el fenómeno conocido como «*dumping social*», consistente en conseguir rebajar los costes laborales de producción por medio de la explotación laboral de la mano de obra. *Un claro ejemplo es el caso de Bangladés, donde un trabajador de la industria textil suele ganar unos 30 euros mensuales, con jornadas laborales de más de 10 horas al día.*

B. Recursos materiales y financieros

- **Disponibilidad y proximidad a las fuentes de suministro.** El coste de la materia prima puede variar en función de la localización elegida, por lo que una adecuada localización de las instalaciones tiene un impacto directo sobre el coste final del producto y, por tanto, sobre el precio de venta. Además, la localización cerca de las fuentes de obtención de las materias primas no solo evita costes adicionales derivados de su transporte, sino también problemas logísticos y de retrasos en la entrega. Así, por ejemplo, las refinerías de petróleo se localizan habitualmente en puertos o cerca de la costa con objeto de minimizar la distancia entre los barcos petroleros y la planta de transformación, y, de esta manera, disminuir el coste de construcción de los oleoductos necesarios para el transporte de estos productos.

Además, existen determinadas materias primas cuyo carácter perecedero hace difícil su transporte a grandes distancias (como, por ejemplo, ciertos productos agroalimentarios), y otras que al experimentar una notable reducción de volumen durante su producción deben localizar el proceso productivo próximo a su fuente de origen (por ejemplo, en el sector de la piedra natural los fabricantes se localizan cerca de las canteras de donde se extrae la piedra).

Por su parte, localizarse cerca de los proveedores puede ayudar a reducir los tiempos de entrega y los costes de transporte, así como facilitar la coordinación entre las empresas y mejorar la flexibilidad.

- **Disponibilidad y coste del terreno.** Las condiciones del terreno suponen tradicionalmente uno de los factores de localización más relevantes, especialmente en el caso de actividades industriales más intensivas en el uso de este recurso productivo. El coste del terreno variará en función del país elegido, de la región y de la localidad (e incluso de la zona de la localidad elegida) (véase figura 7.5).

Además, habrá que tener en cuenta posibles incentivos que concedan las autoridades nacionales, regionales y locales a la instalación de empresas, que pueden abaratar de forma notable este coste. Ciertas empresas, a la hora de abrir oficinas en nuevos países, optan por localidades próximas a la capital, huyendo de los elevados costes de alquiler de sus centros urbanos.

Finalmente, habrá que observar las normativas locales que a menudo se establecen para polígonos industriales o semilleros de empresas, donde pueden situarse las empresas que deseen abrir nuevas instalaciones.

- **Disponibilidad de recursos financieros.** La libre circulación de capitales entre países de la Unión Europea ha hecho que el coste financiero tienda a igualarse entre distintas zonas geográficas, perdiendo importancia este aspecto como factor de localización. Sin embargo, para determinadas actividades empresariales que implican un alto grado de riesgo, la disponibilidad y las condiciones (plazos y coste) de dicha financiación especializada tienen un importante efecto sobre la decisión de localización. Por ejemplo, existen países y regiones donde las sociedades de capital riesgo o los *business angels* están muy implantados como forma de hacer frente a este mayor riesgo financiero.
- **Subvenciones, ayudas e incentivos fiscales.** Las administraciones públicas de cada territorio intentan atraer a todas aquellas organizaciones que puedan ser fuente de riqueza y empleo, lo que se traduce, con frecuencia, en facilidades para la financiación, subvenciones, incentivos fiscales, disponibilidad de terrenos y otras infraestructuras, etc.

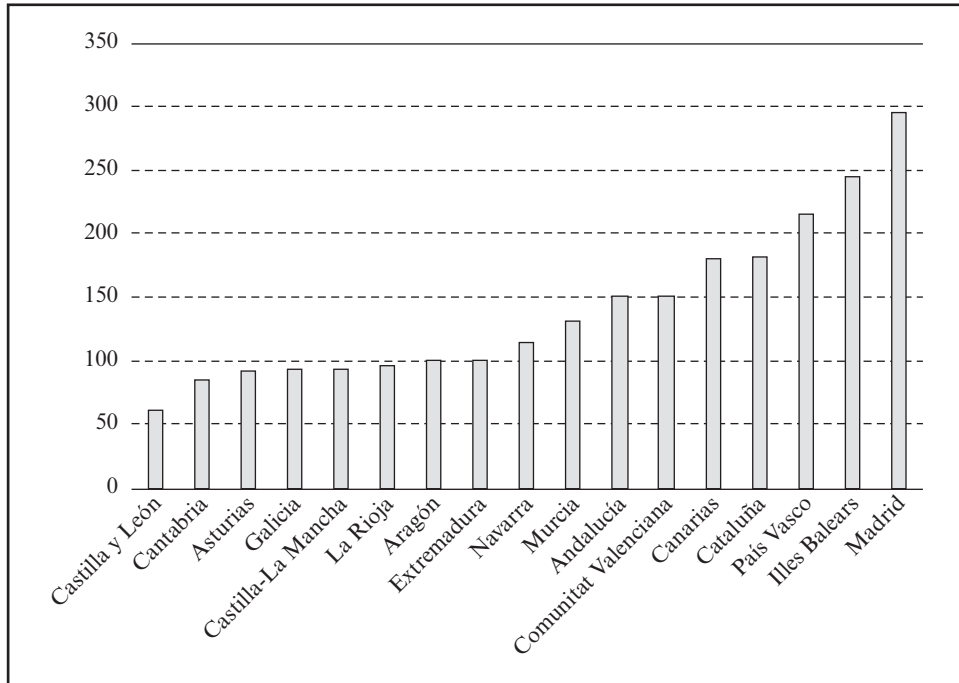


Figura 7.5. Precio medio del suelo urbano (euros/m²) (Ministerio de Fomento, 2016).

C. Factores comerciales

- **Proximidad al mercado potencial.** En muchas ocasiones este es el único factor a considerar, especialmente en el caso de empresas de servicios (restaurantes, comercios minoristas, hospitales, etc.). La proximidad al mercado también es vital para empresas industriales, cuando los costes de transporte del producto acabado son importantes (productos pesados o voluminosos), cuando tienen implantados sistemas de suministro JIT o cuando se trata de productos perecederos o frágiles. En otros casos la proximidad a los clientes es clave para ofrecer un correcto servicio, pues influye tanto en el tiempo de entrega como en el contacto directo que debe existir con los clientes para conocer sus necesidades.
- **Intensidad de la competencia.** En condiciones normales las empresas buscarán ubicaciones donde el número de competidores no sea muy elevado, con objeto de tener mejores condiciones de acceso a los clientes de esa zona geográfica e, incluso, para obtener ventaja en las condiciones establecidas por las administraciones públicas en el caso de subvenciones, cesión de terrenos o concesión de licencias. Por ejemplo, para la apertura

de grandes superficies comerciales se requiere una doble licencia de la administración regional y de la local, la cual depende de la saturación que exista de grandes superficies, con el objetivo de proteger al pequeño comercio.

Sin embargo, en algunos sectores, como el de la restauración o el del comercio minorista, puede resultar muy beneficioso situarse en las proximidades de otros competidores para conseguir lo que se conoce como **economías de localización o de aglomeración**, definidas como los beneficios que se derivan de la concentración en un mismo lugar o zona geográfica de numerosas empresas pertenecientes a un mismo sector, industria o rama de actividad. Esta es la razón por la que en Silicon Valley (California) se concentran empresas tecnológicas, en Murcia empresas del sector agroalimentario o en Jijona (Alicante) fabricantes de turrón. Las ventajas que conllevan estas economías de localización son, entre otras, la facilidad de encontrar mano de obra especializada, la posibilidad de crear centros conjuntos de I + D o la búsqueda conjunta de nuevos mercados.

- **Efecto lugar de origen.** En algunas categorías de producto, por ejemplo en el ámbito agroalimentario, el origen del producto es un criterio que influye significativamente en las decisiones de compra de los clientes. En tal caso, las empresas deben tenerlo en cuenta en la decisión de localización. El lugar de procedencia determina la percepción de calidad del producto e, incluso, la intención de compra o la preferencia de unas marcas frente a otras. Así, por ejemplo, está generalizada la imagen positiva de los vinos de La Rioja o la imagen de calidad negativa asociada a ciertos productos procedentes de China.

En la decisión de localización es necesario analizar si los clientes a los que se dirige la empresa tienen una buena imagen del país o región donde se pretende ubicar o, si, por el contrario, tienen cierta animosidad hacia él (sentimiento de rechazo o confrontación). Por ejemplo, los clientes de ciertos países tienden a rechazar los productos que proceden de países con los que han tenido conflictos bélicos o políticos. Por ejemplo, a pesar de que la Guerra de las Islas Malvinas tuvo lugar en 1982, todavía en la actualidad hay campañas de boicot (incluso oficiales) en Argentina hacia los productos británicos.

D. Entorno local

- **Condiciones climatológicas.** Unas condiciones climatológicas adversas pueden suponer costes adicionales e incluso impedir la actividad de algunas organizaciones. Para algunos tipos de negocios, las condiciones

climatológicas del lugar donde se ubique la empresa pueden influir en sus costes o, incluso, impedir la realización de su actividad. El clima está determinado por la temperatura media y sus variaciones a lo largo del año, por el volumen y la concentración de las precipitaciones y por la fuerza del viento. Estas condiciones son claves para la decisión de localización de plantaciones e industrias agroalimentarias, pero también son relevantes para otra gran diversidad de negocios, como para ciertas empresas turísticas o para empresas de energías renovables. Además, el clima también influye en la facilidad para reclutar personal cuando en la zona no está disponible, pues las personas tienden a preferir vivir en lugares con un clima acogedor.

- **Disponibilidad de viviendas.** La organización deberá analizar si existen viviendas suficientes para alojar a los empleados, especialmente en aquellos casos en los que la localización elegida se encuentre alejada de núcleos urbanos, ya que en caso contrario será necesario construirlas.
- **Calidad de vida.** Es un factor cada vez más considerado por las organizaciones en la localización de sus instalaciones, pues influye en la capacidad de atraer y retener a los trabajadores (especialmente a los mejor cualificados), adquiriendo una especial relevancia en el caso de las empresas de alta tecnología o dedicadas a la investigación. En el nivel de calidad de vida de una determinada zona influirán aspectos como la existencia de centros educativos y sanitarios de prestigio, el coste de la vida, las ofertas culturales y de ocio, el índice de criminalidad, las infraestructuras de transporte, etc.
- **Legislación medioambiental.** El endurecimiento de las legislaciones medioambientales en los países desarrollados está provocando que muchas empresas trasladen sus actividades más contaminantes a otros países, buscando legislaciones más permisivas que, al final, hacen soportar menores costes. Es un proceso conocido como «*dumping* medioambiental».

En los países desarrollados, las empresas que generen grandes volúmenes de residuos tóxicos y peligrosos de los que debe hacerse responsable por ley, tratarán de localizarse en las cercanías de vertederos o plantas de tratamiento, para minimizar el coste de su transporte.

Por otro lado, aquellas empresas dedicadas a ciertas actividades productivas con significativo impacto medioambiental, como son las energéticas o las químicas, así como aquellas que desean ubicarse en ciertos parajes naturales, deben tener presente la exigencia de una Evaluación de Impacto Ambiental por parte de la autoridad pública competente. Esta evaluación puede impedir la localización en aquellas ubicaciones más idóneas, según otros factores analizados, o puede exigir la modificación del tamaño o del diseño de las instalaciones que se quieran construir.

- **Cultura.** Todo país o región tiene costumbres, hábitos y formas de vida propias, y en ocasiones puede resultar difícil adaptarse a las mismas, lo que puede condicionar el funcionamiento de las empresas extranjeras que decidan localizarse allí. Por ejemplo, algunos empleados de empresas occidentales ubicadas en ciertos países árabes suelen tener problemas para adaptarse a ciertas costumbres locales, especialmente en el caso de las mujeres.
- **Idiomas.** Aunque el inglés es el idioma más utilizado en los negocios, en muchos países es necesario emplear otros idiomas, no necesariamente el local, para poder tener éxito. Así, por ejemplo, uno de los problemas de la apertura de filiales en los países del Este de Europa está en la necesidad de que el personal cualificado domine otros idiomas, como el alemán o el ruso.
- **Barreras comerciales.** Si bien en la actualidad, gracias a los acuerdos firmados en el seno de la Organización Mundial del Comercio, las barreras comerciales tienden a desaparecer, estas todavía dificultan el comercio de determinados productos en ciertos mercados. Por ello, la mejor forma para introducirse en esos mercados protegidos es localizando una instalación productiva en dicho país. En España, la Secretaría de Estado para el Comercio pone a disposición de los interesados un análisis de las principales barreras comerciales existentes en cada país (<http://www.barrerascomerciales.es>).
- **Estabilidad política.** Algunas regiones presentan un elevado riesgo para las empresas que deciden localizar sus instalaciones en ellas, por la fragilidad de sus gobiernos, los enormes desequilibrios sociales o la hostilidad de sus habitantes respecto a empresas extranjeras. En este sentido, según el Banco de España, el riesgo-país es la probabilidad de que se produzca una pérdida financiera por circunstancias macroeconómicas, políticas o sociales, o por desastres naturales, en un país determinado, existiendo diferentes organizaciones que facilitan indicadores del riesgo-país en el mundo (S&P, Moody's, etc.).
- **Estabilidad del tipo de cambio.** Las oscilaciones de los tipos de cambio repercuten de forma notable sobre la rentabilidad financiera de las empresas, al afectar al coste de las materias primas, salarios, inversiones necesarias, etc. Con la entrada en circulación del euro la estabilidad cambiaria de la Unión Europea se vio reforzada notablemente, lo que incrementó el atractivo de los Estados miembro como alternativas de localización para las grandes multinacionales. Por el contrario, efectos de la inestabilidad cambiaria pueden encontrarse en muchas de las economías latinoamericanas, cuyas monedas sufrieron fuertes caídas entre 2014 y 2016, generando una gran incertidumbre sobre la rentabilidad de las empresas multinacionales que operan en dicho mercado.

E. Infraestructuras

- **Infraestructuras de comunicación.** En un entorno empresarial donde el acceso a la información se convierte en un elemento clave para el éxito, la calidad de las líneas de comunicación (telefónicas, redes informáticas, sistemas de videoconferencia, etc.) es uno de los aspectos a considerar a la hora de elegir la mejor localización para una nueva instalación.
- **Infraestructuras de transporte.** Estas infraestructuras son vitales para el desarrollo empresarial, pues disponer de un acceso fácil a diversos medios de transporte (ferroviario, por carretera, marítimo o aéreo) contribuye a abaratar costes y a dar una rápida respuesta tanto al movimiento de personal como al de mercancías (materias primas y productos terminados). En caso de que la red de transportes no sea fiable, será necesario ampliar la capacidad de almacenamiento para prevenir posibles fallos en el suministro de materias primas, así como ampliar los plazos de entrega a los clientes.

Por ejemplo, una localización próxima a un gran aeropuerto será preferible en caso de que su personal necesite desplazarse con frecuencia, mientras que en el caso de empresas que destinan parte de su producción a la exportación pueden preferir localizarse en las proximidades de un puerto o de una plataforma logística. En el caso de centros comerciales será importante contar con aparcamientos en las proximidades para aquellos clientes que acuden en sus vehículos particulares al mismo.

F. Factores relativos al proceso

- **Proximidad a las fuentes de energía.** El desarrollo tecnológico de los sistemas de transporte de energía (redes eléctricas, gasoductos, oleoductos, etc.) y la diversificación de las fuentes de suministro (termosolares, fotovoltaicas, eólicas, etc.) han contribuido a una menor importancia de este factor como factor de localización en los países desarrollados. Sin embargo, en otros países las empresas considerarán prioritaria su localización en las proximidades de las fuentes de suministro energético, para evitar interrupciones en el suministro y disminuir el coste de transporte, lo que no resulta siempre sencillo en algunos países en vías de desarrollo.
- **Tecnologías de la información y servicios de consultoría.** La localización de la empresa en países poco desarrollados o en zonas alejadas de núcleos urbanos puede dificultar el acceso a este tipo de servicios, por lo que su coste puede incrementarse. En este sentido, el acceso a la información necesaria para la optimización de los procesos y la toma de decisiones se puede ver también comprometido por la localización de la empresa. Obviamente, la importancia de este factor es hoy en día menor,

debido a la expansión de Internet y a su uso generalizado y cotidiano por parte de empresas y consumidores, aunque para ello debe disponerse del acceso a la infraestructura tecnológica necesaria para obtener este servicio.

- **Investigación, desarrollo tecnológico e innovación.** Las actividades de I + D + i concentradas en un determinado espacio geográfico pueden suponer un factor relevante para la decisión de localización de determinadas empresas. Los polos tecnológicos, parques científicos, clústeres innovadores, etc., constituyen focos de atracción de empresas, al favorecer el desarrollo de este tipo de actividades. Los resultados derivados de la investigación y del desarrollo tecnológico serán más fácilmente accesibles en este tipo de entornos, lo que hace de este aspecto un factor de localización de primer orden. Asimismo, el acceso a las mejores tecnologías disponibles contribuirá a incrementos en la productividad y, por ende, a mejoras en la competitividad de las empresas.
- **Servicios logísticos y de mantenimiento.** En muchas ocasiones, las empresas requieren para el adecuado desarrollo de sus procesos productivos de una determinada capacidad de almacenamiento, tanto de materias pri-

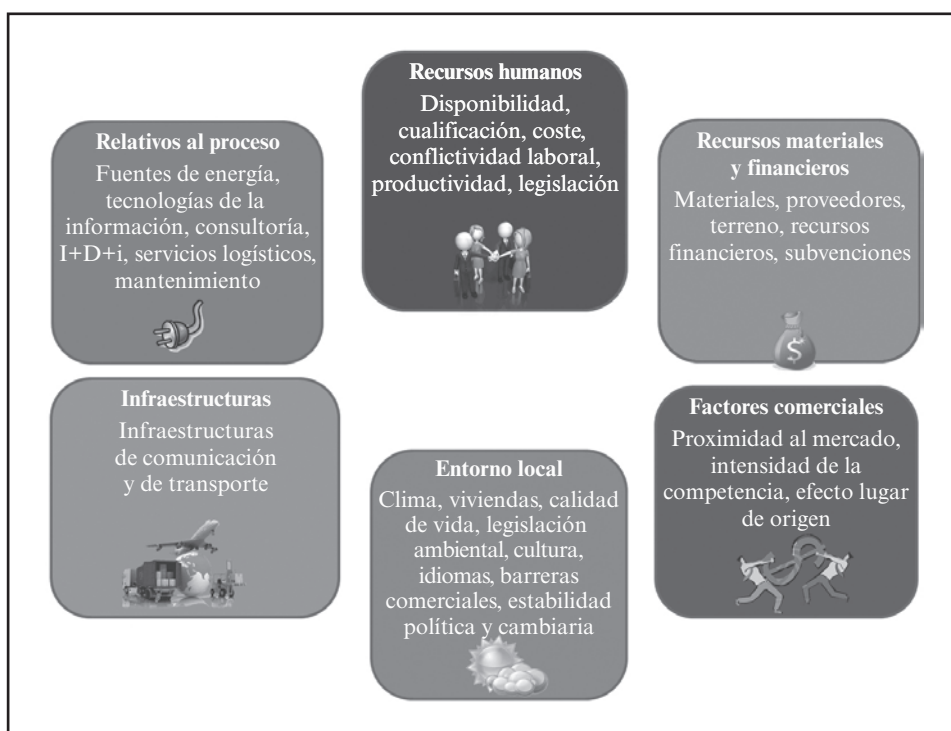


Figura 7.6. Factores de localización.

mas como de productos en curso y productos terminados, por lo que considerará como un factor de localización importante poder disponer en su entorno más próximo de los espacios necesarios en los que disponer de esta capacidad de almacenamiento. De igual forma, el acceso a servicios de mantenimiento especializados puede resultar muy complejo en determinadas zonas geográficas, por lo que es otro factor a tener muy en cuenta, sobre todo en el caso de instalaciones o procesos productivos que requieran servicios de mantenimiento muy específicos, por especializados o infrecuentes.

7.4. LOCALIZACIÓN EN EMPRESAS VIRTUALES

El espectacular desarrollo de las nuevas tecnologías de la información, especialmente de Internet, ha conllevado que en la decisión de localización dejen de tener importancia algunos de los factores tradicionales y que las economías de aglomeración pierdan parte de su importancia. Así, una empresa virtual que no requiera servicios de logística externa (como por ejemplo las dedicadas a la venta de *software*, prestación de servicios *online*, agencias de viajes, etc.) puede localizarse en cualquier lugar que tenga un acceso adecuado a Internet, sin necesidad de que existan empresas similares en la zona.

Las decisiones de localización de una empresa virtual se deben adoptar en cuatro niveles diferentes:

- a) **La localización en Internet.** Cualquier equipo conectado a Internet se identifica por su dirección IP (*Internet Protocol*), sucesión de cuatro números separados por puntos, y por su dirección DNS (*Domain Name System*), que es lo que se conoce como dominio. La empresa que desee hacer negocios en Internet deberá contar con un nombre de dominio que sea significativo y fácilmente reconocible, para que sea localizada de modo sencillo por los usuarios en Internet. Una vez seleccionado el nombre a utilizar, debe acudir a los organismos autorizados para registrar su nombre de dominio (en España, *red.es* es la entidad encargada de ello).

El problema al que se enfrentan muchas empresas es que, cuando van a dar de alta su dominio, este se encuentre ya registrado. En estos casos la empresa tiene varias opciones: elegir otro nombre diferente no registrado, recurrir a los tribunales o sistemas de arbitraje si considera que su nombre está siendo utilizado de forma ilícita, o negociar con el propietario del dominio su posible adquisición.

- b) **La localización del servidor.** La empresa debe decidir si utilizar un servidor propio o alquilar los servicios de un proveedor de Internet. En la mayoría de ocasiones, las pequeñas y medianas empresas optan por alquilar espacio en un servidor de un proveedor de Internet, debido al

elevado coste que supondría la adquisición y mantenimiento de un servidor propio. En caso de optar por un servidor externo, los principales factores a considerar a la hora de seleccionar el proveedor más adecuado son: la capacidad del proveedor para facilitar posibles ampliaciones, la capacidad de tráfico de su servidor, la existencia de un servicio de asistencia técnica 24 horas y el nivel de seguridad del proveedor.

En el caso de que se opte por tener un servidor propio, la empresa debe decidir su ubicación física. Es importante que esté lo más cerca posible de los usuarios a los que se dirige, dado que la distancia al servidor hará que la velocidad de carga de la página varíe, lo que afecta no solo a la calidad del servicio al usuario, sino también al posicionamiento de la web en los principales buscadores.

Otro aspecto a tener en cuenta en la localización de un servidor propio es el coste de su funcionamiento, especialmente en lo relativo al consumo energético. En este sentido, muchas multinacionales (Microsoft, Google o Facebook) están trasladando sus servidores a regiones frías del planeta, buscando un menor consumo energético a la hora de refrigerar los mismos.

- c) **La localización de la sede social de la empresa**, que resulta relevante para conocer dónde se ubicarán físicamente los empleados y los servicios administrativos que deben tener este tipo de empresas. Es una decisión importante también porque influye en la presión fiscal que va a soportar la empresa, en qué país pagará sus impuestos y, si no se establece lo contrario en los contratos con los clientes, determina el lugar donde los clientes deben acudir para realizar reclamaciones judiciales contra la empresa. Así, por ejemplo, en 2015 la Unión Europea aprobó una nueva normativa del impuesto de valor añadido (IVA) que se conoce coloquialmente como tasa Amazon. Hasta entonces, las empresas de comercio electrónico aplicaban el IVA (o impuesto similar) del país donde tuvieran su sede. En el caso de Amazon-Europa era Luxemburgo, por lo que las ventas realizadas a clientes españoles llevaban un impuesto del 3% frente al 21% que deben cobrar las tiendas físicas de nuestro país. A partir de la nueva norma se obliga a todas las tiendas *online* a facturar este impuesto en el país de origen del comprador y no en el que se encuentre la sede del vendedor.
- d) **La localización de los almacenes físicos**, especialmente relevante para las empresas dedicadas al comercio *online*. Así, por ejemplo, Amazon, el gigante del comercio *online*, lanzó en 2012 su portal de ventas en español y, al mismo tiempo, decidió construir su centro logístico en la población madrileña de San Fernando de Henares. Desde este centro se distribuyen los pedidos a todos los clientes españoles. Su ubicación en el centro de la península permite una entrega rápida y fiable. Tras el éxito de su portal de ventas, la empresa fundada por Jeff Bezos ha

optado no solo por ampliar las instalaciones de Madrid de 32.000 a 77.000 m², sino también por abrir otro centro logístico en la península ibérica, situado en El Prat (Barcelona). Además de atender a parte de los clientes españoles, la ubicación de este centro ha sido determinada, según representantes de la empresa, porque permite atender a gran parte del sur de Europa y por el acceso a un excelente capital humano.

7.5. MÉTODOS CUANTITATIVOS PARA LAS DECISIONES DE LOCALIZACIÓN

La localización de instalaciones es, como se ha indicado anteriormente, una decisión de carácter estratégico con un profundo impacto en diferentes áreas de la organización. Con el fin de mejorar el proceso de toma de decisiones en este aspecto, se presentan a continuación un conjunto de herramientas o técnicas cuantitativas que, de una forma sencilla, complementan los aspectos cualitativos relativos a la decisión de localización de instalaciones examinados anteriormente.

Las decisiones de localización aparecen en contextos muy diversos, pudiéndose encontrar aplicaciones en la agricultura, la sanidad, la industria, la logística o la prestación de servicios públicos, entre otros (Kuo, 2010). En nuestro caso, centramos el problema en el ámbito de la Dirección de operaciones, presentando un conjunto de herramientas útiles en el proceso de toma de decisiones sobre localización de instalaciones.

Estudiaremos en primer lugar algunos métodos de localización para el problema de decisión consistente en determinar la localización de una única instalación (una fábrica, un almacén, una tienda, etc.), y posteriormente presentaremos otros métodos de decisión para la localización de múltiples instalaciones, como sucede, por ejemplo, cuando trabajamos en el ámbito de las cadenas de suministro.

Método de los factores ponderados

Se trata de un método muy sencillo que puede servir como punto de partida para el proceso de toma de decisiones de localización, y que puede incluir como criterios o factores de decisión consideraciones tanto cuantitativas como cualitativas. El método pondera cada uno de estos factores de acuerdo con la importancia que el decisor les otorgue, obteniendo así una clasificación de las alternativas de localización consideradas. Veamos cómo funciona.

Supongamos un conjunto A de n posibles alternativas de localización.

$$A = \{A_1, A_2, \dots, A_n\}$$

El decisor elegirá la localización considerando distintos factores de localización, que podemos agrupar en el conjunto F :

$$F = \{F_1, F_2, \dots, F_m\}$$

Cada alternativa de localización deberá poder ser evaluada para cada uno de estos criterios, obteniendo una puntuación en una escala de valoración determinada, común a todos los factores de localización:

P_{ij} : Puntuación de A_i para el factor F_j

Cada factor de localización recibe una ponderación por parte del decisor en función de su importancia en la decisión de localización (w_j), de manera que cada alternativa obtiene una calificación final a partir de la puntuación conseguida en cada criterio, ponderada de acuerdo a la importancia del factor en el proceso de decisión:

$$C_i = \sum_{j=1}^m P_{ij}w_j; \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

A partir de las calificaciones obtenidas podemos ordenar las alternativas de localización y tomar la decisión más adecuada.

EJEMPLO 7.2.

El auge del turismo rural ofrece nuevas oportunidades de negocio, siendo muy importante identificar correctamente qué localidades son las más adecuadas para establecer, por ejemplo, un alojamiento rural. Suponga que se le plantean cuatro opciones de localización, para las que considera como fundamentales los siguientes factores de localización: los incentivos que ofrecen las diferentes administraciones públicas, la inversión necesaria para la rehabilitación del edificio, el entorno paisajístico, la facilidad de acceso y comunicación, y por último la oferta cultural y gastronómica. Para cada uno de estos factores, se otorga una puntuación a cada alternativa en una escala directa de 0 a 10, de acuerdo con la siguiente tabla:

Factor de localización	Ponderación (w_j)	Puntuaciones (P_{ij})			
		<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
F_1 : Incentivos públicos	20%	8	3	8	6
F_2 : Inversión	40%	4	5	3	2
F_3 : Entorno paisajístico	15%	7	9	7	1
F_4 : Acceso y comunicaciones	10%	3	8	6	6
F_5 : Cultura y gastronomía	10%	6	6	5	4

Utilizando el método de los factores ponderados, calculamos la calificación obtenida por cada alternativa.

$$C_A = \sum_{j=1}^5 P_{ij} w_j = 8 \times 0,2 + 4 \times 0,4 + 7 \times 0,15 + 3 \times 0,1 + 6 \times 0,1 = 5,15$$

$$C_B = \sum_{j=1}^5 P_{ij} w_j = 3 \times 0,2 + 5 \times 0,4 + 9 \times 0,15 + 8 \times 0,1 + 6 \times 0,1 = 5,35$$

$$C_C = \sum_{j=1}^5 P_{ij} w_j = 8 \times 0,2 + 3 \times 0,4 + 7 \times 0,15 + 6 \times 0,1 + 5 \times 0,1 = 4,95$$

$$C_D = \sum_{j=1}^5 P_{ij} w_j = 6 \times 0,2 + 2 \times 0,4 + 1 \times 0,15 + 6 \times 0,1 + 4 \times 0,1 = 3,15$$

La localidad *B* obtiene la calificación más alta, por lo que sería la opción preferida.

No obstante, observamos que las alternativas *A* y *C* obtienen una calificación no muy alejada de C_B , inferiores a 0,5 puntos en todo caso, lo que representa menos del 5% de la amplitud de la escala utilizada para puntuar las alternativas. Otro aspecto interesante en el análisis del resultado sería estudiar cómo afectaría a la decisión un cambio en la ponderación de los factores.

Este método intuitivo y sencillo puede considerarse como una primera aproximación a las denominadas técnicas multicriterio, como los métodos de preferencia jerárquica o las diferentes técnicas Electra, resultando más riguroso y permitiendo solventar algunos inconvenientes.

Método del punto muerto: análisis coste-volumen

El análisis coste-volumen permite comparar distintas alternativas de localización a partir de una estimación de los costes, fijos y variables, que se originan para un volumen de producción determinado. Habitualmente, suele utilizarse una representación gráfica en la que se representa la estructura de costes de cada alternativa, facilitando la toma de decisiones. El procedimiento a seguir es muy sencillo:

- Estimar los costes fijos (CF_i) y variables (CV_i) para cada alternativa A_i .
- Representar en un diagrama la función de costes de cada localización en el eje de ordenadas y el volumen de producción en el de abscisas.
- Seleccionar como localización más adecuada aquella que proporcione un menor coste total para el volumen de producción considerado.

EJEMPLO 7.3.

Los productos electrónicos que los consumidores ya no utilizan, catalogados como productos fuera de uso, pueden recuperarse para su refabricación en una actividad que se engloba en lo que se conoce como Economía Circular. Uno de los aspectos clave para el éxito de estas actividades de recuperación es la localización de las instalaciones de recogida de estos productos fuera de uso. La tabla adjunta muestra los costes fijos y variables estimados para tres alternativas de localización en Europa de una planta de recogida de este tipo de productos fuera de uso.

Localización	Costes fijos	Costes variables
Zaragoza	15.000.000 €	2,3 €/ud
Cracovia	22.000.000 €	1,2 €/ud
Zagreb	17.500.000 €	1,8 €/ud

Representamos a continuación la estructura de costes de cada localización:

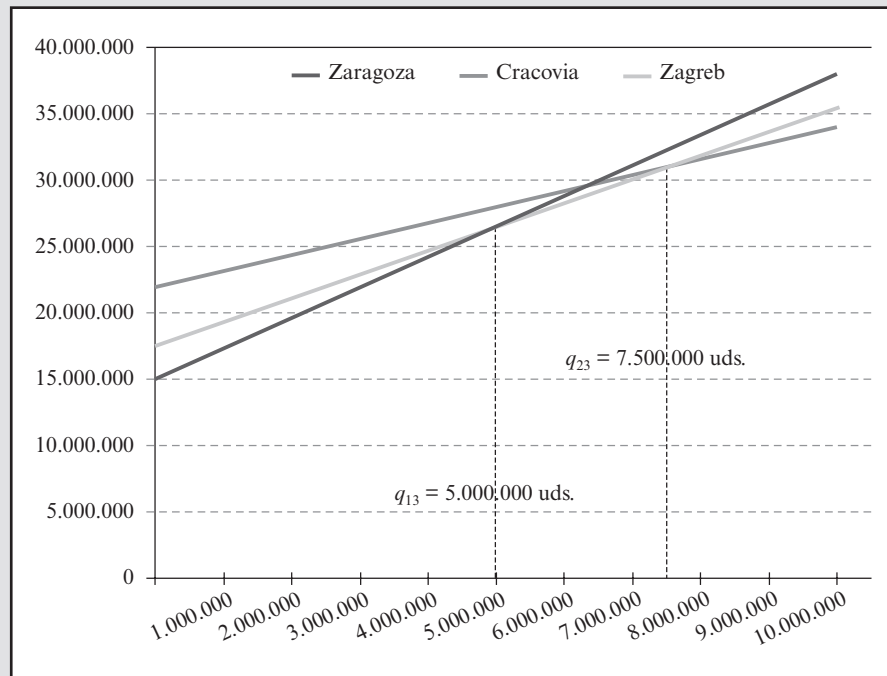
$$CT_i = CF_i + CV_i(q)$$

Donde q es el volumen de producción.

$$CT_1 = CF_1 + CV_1(q) = 15.000.000 + 2,3q$$

$$CT_2 = CF_2 + CV_2(q) = 22.000.000 + 1,2q$$

$$CT_3 = CF_3 + CV_3(q) = 17.500.000 + 1,8q$$



A partir del gráfico, observamos que para volúmenes de recogida de productos inferiores a 5.000.000 de unidades la alternativa de mínimo coste sería Zaragoza, debiendo localizarse allí este centro de recogida. Para cantidades entre 5.000.000 y 7.500.000 Zagreb representa la opción de mínimo coste. Cuando la estimación de recogida de productos supere la cifra de 7.500.000 unidades, Cracovia se considera la localización de mínimo coste.

Método del centro de gravedad

Se trata de una técnica sencilla cuyo caso general puede representarse como el problema consistente en determinar la localización de una instalación desde la que se distribuirán los productos a determinados destinos o clientes, de manera que se minimice el coste total de transporte, teniendo en cuenta la localización de los potenciales destinos, el coste unitario de transporte y las cantidades a transportar.

Existen diferentes formas de calcular la distancia entre dos puntos en un plano, pero las más habituales son la distancia rectangular, la distancia euclídea y la distancia euclídea cuadrada. El método del centro de gravedad permite obtener la solución óptima cuando se utilizan distancias euclídeas cuadradas, y

resulta una aproximación más que aceptable en caso de que se utilicen distancias euclídeas o rectangulares (Kuo y White, 2004).

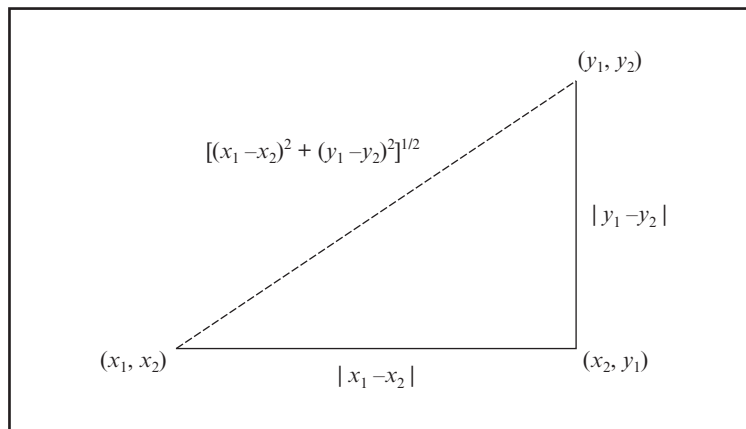


Figura 7.7. Distancias entre puntos en un plano (adaptado de Kuo y White, 2004).

Distancia rectangular: $|x_1 - x_2| + |y_1 - y_2|$

Distancia euclídea: $[(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2]^{1/2}$

Distancia euclídea cuadrada: $(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2$

El método del centro de gravedad permite determinar las coordenadas (x_c, y_c) de la localización óptima mediante las siguientes expresiones:

$$x_c = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i}$$

$$y_c = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i}$$

Donde:

d_{ix} es la coordenada en x de la localización del cliente i .

d_{iy} es la coordenada en y de la localización del cliente i .

Q_i son las unidades que deben transportarse hasta el cliente i .

EJEMPLO 7.4.

Suponga que se está planificando la instalación de un centro de distribución regional para abastecer a los principales clientes de esa región. Los datos más relevantes para la toma de esta decisión aparecen en la siguiente tabla:

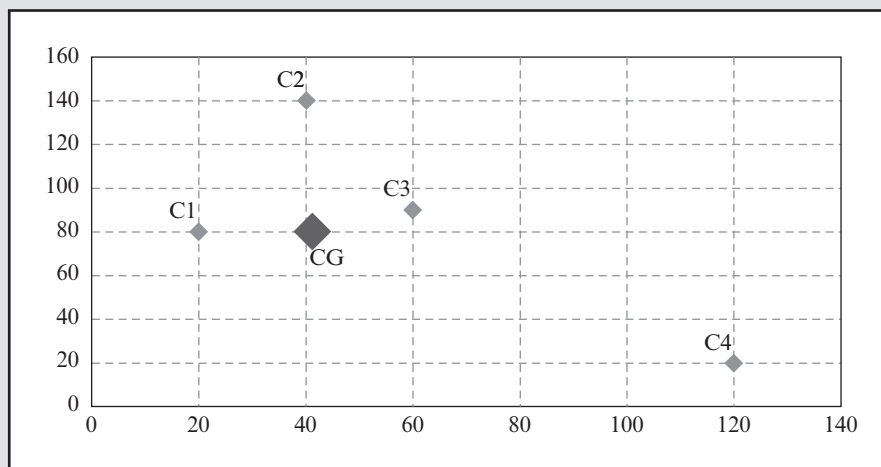
Cliente	Coordenadas (x,y)	Demanda (unidades)
C1	(20, 80)	200
C2	(40, 140)	50
C3	(60, 90)	20
C4	(120, 20)	50

Aplicamos las expresiones para determinar las coordenadas del centro de gravedad:

$$x_c = \frac{\sum_i d_{ix} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{20 \times 200 + 40 \times 50 + 60 \times 20 + 120 \times 50}{200 + 50 + 20 + 50} = 41,25$$

$$y_c = \frac{\sum_i d_{iy} Q_i}{\sum_i Q_i} = \frac{80 \times 200 + 140 \times 50 + 90 \times 20 + 20 \times 50}{200 + 50 + 20 + 50} = 80,625$$

Gráficamente:



El centro de gravedad (CG) estaría situado en las coordenadas (41,25; 80,625) del plano. Resultaría interesante observar la modificación que se generaría si la demanda del cliente C4 fueran 500 unidades. En efecto, el centro de gravedad se desplazaría hacia dicho cliente; en concreto, a la posición (87,27; 45,19).

Métodos de localización de múltiples instalaciones

A continuación haremos referencia al problema de *localización de múltiples instalaciones*, el cual se presenta, por ejemplo, en el ámbito del diseño de la cadena de suministro cuando se toman decisiones sobre la localización de diferentes instalaciones (fábricas, almacenes o centros de distribución).

Aunque en el volumen segundo de esta obra se desarrolla el concepto de la cadena de suministro y se analizan los aspectos básicos de su gestión, baste indicar por ahora que una cadena de suministro es el conjunto de todas las partes implicadas directa o indirectamente en las actividades necesarias para proporcionar a clientes y usuarios los bienes y servicios que demandan, así como para, en su caso, gestionar los flujos de retorno que estas actividades generan. De esta forma, proveedores, fabricantes, transportistas, distribuidores, mayoristas, minoristas y clientes integran la cadena de suministro. Aunque el diseño de la cadena de suministro es un problema complejo que queda fuera del alcance de este libro, podemos, no obstante, mencionar algunas técnicas y modelos que permiten aproximarnos al problema de localización de múltiples instalaciones.

El *modelo del transporte* considera la existencia de una serie de orígenes (fábricas, almacenes o centros de distribución) desde donde se distribuyen los productos hasta unos determinados destinos. De acuerdo con la capacidad existente en cada origen, con la demanda de cada destino y con los costes unitarios de transporte, el problema del transporte determina las rutas que minimizan el coste total de transporte, de manera que se atienda la demanda en cada destino sin exceder la capacidad de cada origen. En el suplemento de métodos operativos de este libro se presenta y desarrolla el método de solución de este problema.

Las técnicas de optimización permiten resolver modelos más realistas en el ámbito de la localización de instalaciones, como por ejemplo el *modelo de localización de instalaciones con capacidades limitadas* (Capacitated Plant Location Model), que puede considerarse como una extensión del modelo de transporte y, a su vez, una variación del conocido modelo de Balinski (1965). El problema considera la existencia de n potenciales localizaciones para las fábricas, las cuales tienen una capacidad de producción limitada (K_i), desde donde se suministrarán los productos a m clientes o mercados, de acuerdo con su demanda (D_j). Existen unos costes fijos (f_i) si la fábrica finalmente resulta operativa ($y_i = 1$), así como unos costes de producción y transporte desde cada fábrica a cada

cliente (c_{ij}). El objetivo será minimizar el coste total derivado de la localización de instalaciones y del transporte de los productos. Chopra y Meindl (2013) proponen la siguiente estructura para este problema:

$$\text{Min } \sum_{i=1}^n f_i y_i + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij}$$

sujeto a

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = D_j; \quad \forall j = 1, 2, \dots, m$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} \leq K_i y_i; \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$y_i \in \{0, 1\}; \quad \forall i = 1, 2, \dots, n$$

$$x_{ij} \geq 0$$

Se trata de un problema de programación lineal entera mixta que puede resolverse a través de los procedimientos habituales.

RESUMEN

En este capítulo se ha estudiado el problema de la localización como una decisión de carácter estratégico referida a la elección del lugar donde ubicar las instalaciones de la empresa y los distintos factores de producción.

Para ello, en primer lugar se han analizado las distintas situaciones que pueden llevar a una organización a tomar una decisión sobre la localización más adecuada para sus instalaciones, y que pueden ir desde disponer de una capacidad productiva insuficiente u obsoleta, hasta cambios en las condiciones políticas o económicas, o la presión de la competencia. A continuación se ha justificado la necesidad de considerar diferentes niveles en el proceso de decisión, en cada uno de los cuales se describe una serie de fases a seguir: análisis preliminar, selección de alternativas, evaluación de las mismas y selección de la localización. Por último, se han analizado un conjunto de factores que influyen en la determinación de la localización más adecuada: recursos humanos, recursos materiales y financieros, factores comerciales, entorno local, infraestructuras y factores relativos al proceso se describen como los más relevantes para la decisión de localización.

Ante el auge de las empresas virtuales, este capítulo incluye un apartado sobre la casuística particular que la decisión de localización tiene para estas empresas y sus principales consideraciones estratégicas.

Finalmente, como complemento al proceso de toma de decisiones sobre localización, se ha hecho referencia a un conjunto de herramientas o técnicas cuantitativas que, de una forma sencilla, sirven de apoyo a los aspectos cualitativos relativos a la decisión de localización de instalaciones.

EJERCICIOS

1. Indique los factores de localización que considere más relevantes para decidir la ubicación de las siguientes instalaciones y otorgue una ponderación para cada uno de ellos:
 - a) Un restaurante de comida rápida.
 - b) Un concesionario de coches.
 - c) Una central eléctrica.
 - d) Una fábrica de productos químicos.
2. Busque información sobre el término «aerotrópolis» y responda a las siguientes preguntas:

- a) ¿Qué significa este concepto?
 - b) ¿Qué ventajas ofrecen estos entornos desde el punto de vista de la localización?
 - c) ¿Y desventajas?
 - d) ¿Qué tipo de empresas se ubican en estos entornos?
3. Se están considerando tres posibles ubicaciones para la construcción del nuevo centro de distribución de una conocida multinacional de venta *online*. En el proceso de decisión se utiliza la siguiente información:

Localidad	Coste fijo anual (€)	Coste variable unitario (€)
A	4.900.000	1,2
B	3.675.000	2,8
C	4.125.000	1,6

Determine:

- a) ¿Para qué rango de capacidad de la instalación se preferirá una localidad a otra?
 - b) La localidad óptima para una capacidad anual de almacenaje de 550.000 unidades.
4. Utilice el método del centro de gravedad para determinar la localización de un nuevo centro comercial que tiene previsto dar servicio preferente a la población de las seis localidades que se muestran en la siguiente tabla:

Localidades	Coordenadas (X, Y)	Población
A	(5, 13)	32.100
B	(8, 18)	12.800
C	(0, 0)	19.825
D	(6, 3)	53.560
E	(14, 20)	23.250
F	(10, 12)	14.500

Se pide:

- a) Obtener el centro de gravedad que determinará la ubicación del centro comercial.
 - b) Representar gráficamente la situación de las localidades y del centro comercial.
 - c) Suponga que A y C tendrán un incremento de población del 10% en los próximos años, y analice cómo afectaría esto a la ubicación del centro comercial.
5. Los planes de expansión de una empresa de estaciones de servicio pasan por la localización de las denominadas electrolineras, es decir, estaciones de servicio para vehículos eléctricos. En el proceso de toma de decisiones a nivel regional se consideran diferentes poblaciones, las cuales se evalúan de acuerdo con los criterios y ponderaciones que aparecen detallados en la siguiente tabla:

Criterios	Ponderación (w_i)	A	B	C	D
Población	20	5	4	4	5
Suministro energético	20	2	3	4	1
Proximidad a autovías	15	3	4	3	2
Entorno ambiental	15	2	3	3	4
Ayudas locales	10	2	5	5	4
Coste de los terrenos	10	4	1	2	3
Posibilidades de expansión	10	1	2	1	4

Se pide:

- a) Utilizar el método de los factores ponderados para decidir la mejor localización de la instalación.
 - b) Si el factor «Posibilidades de expansión» duplica su ponderación en el proceso de decisión, analice cuál sería su efecto sobre la localización.
6. Caso de estudio: la decisión de localización de Ferrari Land.

Pocas personas tienen un Ferrari en su garaje; sin embargo seguro que son muchas las que desearían conducir alguna vez un coche de la marca italiana,

aunque esté lejos de su poder adquisitivo. Y es que Ferrari es una de las marcas más icónicas del mundo, con un alto nivel de notoriedad y prestigio. Su producción está limitada aproximadamente a 7.000 coches cada año, precisamente para garantizar la exclusividad



de la marca. No en vano, casi todos los años Ferrari obtiene la máxima calificación del informe *Brand Finance Global*, que la identifica como una de las marcas más poderosas a nivel global, midiendo aspectos como la lealtad de marca, el reconocimiento del nombre, la calidad percibida y las asociaciones positivas que genera en la mente de los clientes.

Es tal el valor de esta marca, más allá del segmento de compradores de coches deportivos de lujo, que la empresa hace mucho tiempo que decidió explotarla a través de una política de extensión de marca, que consiste en la venta de la licencia de uso de la marca a otros fabricantes para que la usen en la comercialización de otras categorías de productos ajenas al sector automovilístico. Algunas de las licencias actuales corresponden a Oakley (para gafas de sol), Puma (ropa y accesorios deportivos), Cobra (equipamiento de golf), Microsoft, Sony Polyphony and Electronic Arts (videojuegos), Hublot (relojes de gama alta), Movado (Relojes Scuderia Ferrari), Tod's (artículos de piel), Perfume Holding (perfumes), Motorola (teléfonos móviles), Colnago (bicicletas) o Cartorama (mochilas y estuches escolares). Además, Ferrari gestiona directamente dos museos específicos de la marca, el ubicado en Maranello (sede de la fábrica y abierto en 1990) y el Museo Enzo Ferrari, en Módena (lugar de nacimiento del fundador e inaugurado en 2014).

En 2010 Ferrari dio un paso más en este tipo de explotación de la marca para obtener ingresos adicionales y seguir construyendo un mundo especial alrededor de la misma, con la apertura de su primer parque de ocio temático: Ferrari World. El lugar elegido fue la Isla de Yas, una de las islas artificiales del emirato árabe Abu Dabi. La promotora y operadora del parque es la empresa Farah Leisure Parks Management (gestora también de Yas Waterworld), que realizó una inversión inicial de unos 700 millones de dólares. El parque se ubica al lado del circuito de F1 Yas Marina y actualmente es el parque temático cubierto más grande del mundo, pues 86.000 m² están bajo un techo presidido por el logotipo del «cavallino rampante». Las atracciones giran, como no podía ser de otra forma, en torno al mundo de la F1 y la escudería Ferrari.

Tras el éxito de Ferrari World, la marca recibió muchas peticiones para construir nuevos parques en otros puntos del planeta. Desde el primer momento España fue considerada como una de las opciones principales, debido a sus características como destino de inversiones en parques temáticos y de atracciones. Según los datos del informe *European Amusement and Theme Park Industry*:

An Assessment of Economic Impact, elaborado por la IAAPA-Europe (2014), en España se localizan 12 parques temáticos y de atracciones (a los que hay que unir unos 120 parques acuáticos, de naturaleza, científicos, etc.), lo que supone un 4% del total europeo (véase tabla siguiente). En 2012 facturaron 342,5 millones de euros y recibieron 10,1 millones de visitantes, es decir, un 6,8% del total de visitantes de estos parques en Europa.

País	Número de parques	Visitantes (millones)	Facturación (millones €)
Dinamarca	10	10,8	345,7
Francia	44	29,1	1.700
Alemania	77	27,2	777,7
Holanda	23	13,3	306
Reino Unido	58	24,2	583,2
España	12	10,1	342,4
Total Europa	307	149,5	4.900

FUENTE: IAAPA-Europe (2014): «European Amusement and Theme Park Industry: An Assessment of Economic Impact», disponible en www.iaapa.org/docs/eas-2014/2014-iaapa-europe-economic-impact-study.pdf.

Valencia se posicionó como una ubicación ideal dentro de España. A través de un fondo de inversión privado, tanto el gobierno local de Valencia como el regional realizaron diversas gestiones con Ferrari Brand (la filial del grupo empresarial que gestiona la marca) y se comprometieron a realizar una cesión de terrenos públicos situados junto al circuito de velocidad Ricardo Tormo, en Cheste. La tensión política en la Comunidad Valenciana entre partidarios y detractores del proyecto hizo que la oferta de la región fuese «a coste cero para los valencianos» y solo tuviese la contrapartida de la cesión de suelo. El resto de la inversión debía ser asumida por el fondo de inversión promotor.

A pesar de dichas negociaciones, la opción que finalmente se materializó fue la alianza con Bonomi Investindustrial, propietaria de PortAventura Entertainment, operadora del parque que lleva dicho nombre. Se acordó construir el nuevo parque junto al ya existente, es decir, en una zona situada entre los municipios de Vila Seca y Salou, en la provincia de Tarragona. Las instalaciones están situadas en un espacio de unos 60.000 m² y conllevaron una inversión inicial estimada de 100 millones de euros.

Ferrari Land, nombre con el que se bautizó este segundo parque temático de la escudería, abrió sus puertas a los visitantes en 2017, después de dos años de obras. Dentro de sus atracciones destaca la montaña rusa más alta de Europa (112 metros) y tercera del mundo, y que permite una aceleración de 0 a 180 km/h en tan solo 5 segundos, simulando a un coche de F1.

Esta alianza le concede a PortAventura el derecho a explotar el parque con exclusividad en Europa y Rusia durante 30 años. Aunque enfocado a los apasionados de la marca italiana, el parque cuenta con atracciones dirigidas a todas las edades. Según la empresa, «permitirá convertir a PortAventura en un destino vacacional de referencia mundial, por su oferta de tres parques temáticos en un único *resort*»: PortAventura, Parque Acuático Costa Caribe y Ferrari Land, a lo que hay que unir la oferta complementaria de 5 hoteles de 4 y 5 estrellas, 20 restaurantes, un centro de convenciones, un *beach club* y 3 campos de golf. Según las estimaciones realizadas, el nuevo parque permitirá a PortAventura superar los 4 millones de visitantes de años anteriores y alcanzar los 5 millones, gracias al poder para atraer clientes británicos y alemanes, que son apasionados de la F1 y de la escudería pero no visitantes habituales de PortAventura. En una segunda fase se procederá a la creación de un hotel de lujo temático.

Se pide:

1. Identificar cuáles son los factores claves a tener en cuenta en la selección de la ubicación de un parque de atracciones.
2. Analizar qué factores tienen Francia o Alemania diferentes a España como destino para la ubicación de un gran parque de atracciones.
3. ¿Qué factores pudieron ser claves para elegir Abu Dabi para Ferrari World? ¿Y qué factores pudieron decantar la balanza a favor de PortAventura frente a la opción de Valencia?
4. Teniendo en cuenta las características de la población donde reside, indicar y razonar qué tipo de parque de atracciones (con independencia de su tamaño) podría localizarse en ella. Después simule que forma parte de un fondo de inversión que está buscando localizaciones para ese tipo de parque de atracciones y busque información sobre:
 - a) El tamaño poblacional del municipio.
 - b) La atracción que puede ejercer sobre otras poblaciones de alrededor.
 - c) El volumen de turistas que suelen visitar la zona.
 - d) Las condiciones climatológicas.
5. **Actividad grupal.** Se divide a los participantes en tres grupos, de forma que uno represente a directivos de una empresa que quiere ubicar en una ciudad un parque de atracciones, otro representará a un partido político

que está a favor de dar concesiones para atraer la inversión, y otro grupo representará a un partido político que es desfavorable a dichas concesiones. Se dispondrá de 15 minutos para que los directivos preparen una intervención en el ayuntamiento para vender el proyecto y para que los políticos preparen sus argumentaciones en pro y en contra.

Transcurrido el tiempo, se simulará la celebración de un pleno en el ayuntamiento. En primer lugar, un representante del grupo de directivos actuará de portavoz y hará público a los políticos el ofrecimiento para instalarse en el municipio con ciertas condiciones. Posteriormente, se abrirá un debate entre los políticos para exponer su postura. El profesor, si procede, actuará de moderador del debate. Finalmente, se procederá a votar entre todos los políticos para decidir la postura del ayuntamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Balinski, M. L. (1965). Integer programming: Methods, uses, computation. *Management Science*, 12(3), 253-313.
- Bass, B. M., McGregor, D. W. y Walters, J. L. (1977). Selection foreign plant sites: Economic, social and political consideration. *Academy of Management Journal*, 20(4), 535-551.
- Chase, R. B., Jacobs, F. R. y Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones: producción y cadena de suministros*. McGraw-Hill.
- Chopra, S. y Meindl, P. (2013). *Supply chain management: Strategy, planning, and operation* (5.^a ed.). Pearson.
- Fernández, E., Avella, L. y Fernández, M. (2006). *Estrategia de producción*. Madrid: McGraw-Hill.
- Francis, R. L., McGinnis, L. F. y White, J. A. (1992). *Facility layout and location*. Pearson.
- Haizer, J. y Render, B. (2016). *Operations management: Sustainability and supply chain management. Global edition*. Nueva York: Pearson.
- Krajewski, L. J., Ritzman, L. P. y Malhotra, M. K. (2013). *Operations management: Processes and supply chains*. Nueva York: Pearson.
- Kuo, C-C. (2010). An efficient heuristic for the single-facility Euclidean location problem. *International Journal of Industrial Engineering*, 17(2), 156-167.
- Kuo, C.-C. y White, R. E. (2004). A note on the treatment of the Center-of-Gravity method in operations management textbooks. *Decisions Science Journal of Innovative Education*, 2(2), 219-227.
- Miranda, F. J., Chamorro, A. y Rubio, S. (2014). *Dirección de operaciones. Casos prácticos y recursos didácticos*. Madrid: Paraninfo.
- Miranda, F. J., Rubio, S., Chamorro, A. y Bañegil, T. M. (2004). *Manual de dirección de operaciones*. Madrid: Paraninfo.
- Vallhonrat, J. M. y Corominas, A. (1991). *Localización, distribución en planta y mantenimiento*. Barcelona: Marcombo.
-

INTRODUCCIÓN

La ubicación de instalaciones y un diseño eficiente de las mismas son aspectos estratégicos importantes para cualquier tipo de empresa, sea de manufactura o de servicios, privada o pública, lucrativa o no, multinacional o pyme.

Algunos aspectos a los que se enfrenta cualquier organización manufacturera consisten en decidir qué equipos comprar, cómo organizarlos en las instalaciones y dónde ubicarlos en la planta. Una parte importante del éxito de estas empresas es conseguir que la producción sea eficiente; para ello hay muchas decisiones relacionadas con la distribución en planta, como el lugar de almacenamiento de las materias primas, el manejo de materiales, el flujo de trabajo, la ubicación y participación de los empleados, la colocación adecuada de los recursos, etc.

Por su parte, las empresas de servicios también buscan la eficiencia en sus actividades, y aquí, cómo no, las instalaciones y su distribución son esenciales, ya que además, en muchos casos, los clientes están físicamente en la empresa y forman parte del proceso productivo. Conseguir un flujo eficiente de hambrientos clientes que buscan rapidez en una franquicia de comida rápida, pacientes quejándose en un hospital o chiquillos haciendo cola ante una atracción en un parque de atracciones son ejemplos de empresas de servicios donde la distribución en planta marcará la satisfacción del cliente.

Los tipos de distribución en planta o *layout* generalmente vendrán determinados por los siguientes tres aspectos:

- El tipo de producto, dependiendo de si es un bien o un servicio, el diseño del mismo, y los estándares de calidad, o si el producto es fabricado para *stock* o bajo pedido.
- El tipo de proceso de producción marcará la tecnología usada, la manipulación de los materiales o los medios para prestar el servicio.

- La cantidad (volumen) de producción, que viene influenciada por el diseño de la planta y la capacidad de utilización, así como la posible previsión para una expansión o cambio.

Tradicionalmente, la distribución física de una instalación (*layout*) ha sido competencia de los ingenieros industriales, cuyo objetivo era optimizar la producción. En la mayoría de los casos esto sigue vigente hoy, especialmente en el diseño de las plantas de manufactura. Ahora bien, las necesidades de diseñar bien una instalación se presentan en otras muchas situaciones y ambientes fuera de una planta industrial: colegios, hospitales, oficinas de organismos públicos, entidades financieras, centros comerciales, aeropuertos, parques de atracciones... En este capítulo se utiliza el término «instalación» para designar de forma genérica todo recinto provisto de los medios necesarios para llevar a cabo una actividad de manufactura, profesional, comercial, de ocio, etc.

En cada uno de estos lugares y ambientes se presentan características únicas. En este capítulo nos centraremos en las técnicas para encontrar las distribuciones en planta que mejor se adapten a cada situación, ya que el objetivo de cada una de ellas podría ser diferente: minimizar el tiempo de la producción, minimizar el coste de manejo de los materiales, utilizar el espacio con mayor eficiencia, asegurar la comodidad y seguridad de los clientes y empleados, disponer de alternativas de distribuciones flexibles, etc.

Después del estudio de este capítulo el alumno debería ser capaz de:

- Explicar qué es un *layout* o distribución en planta.
- Describir cuáles son los tipos básicos de distribución en planta utilizados.
- Analizar qué tipo de *layout* se debería utilizar en cada operación.
- Describir cómo debería ser diseñado en detalle cada tipo básico de *layout*.
- Considerar los aspectos humanos relacionados con el diseño del lugar de trabajo.

8.1. ¿QUÉ ES EL *LAYOUT* O DISTRIBUCIÓN EN PLANTA?

El *layout* o distribución en planta es la disposición específica de los recursos productivos y la asignación de tareas a cada uno de ellos. Estas dos decisiones determinarán el patrón de flujo de recursos transformados a medida que avancen a través de la operación o proceso. Es una decisión clave, ya que si el diseño resulta incorrecto puede conducir a un confuso flujo del proceso, colas de clientes, tiempos de proceso largo, operaciones inflexibles, insatisfacción de clientes y alto coste.

La decisión de *layout* puede ser difícil y costosa, por lo que el diseño debe comenzar con un reconocimiento completo de los objetivos que el diseño debe estar tratando de lograr. Cada vez más, los diseños tienen que concebirse para poder aportar dinamismo y flexibilidad al sistema productivo. Esto implica invertir en equipos móviles, ligeros, flexibles, intercambiables..., para poder hacer cambios fáciles y rápidos en los modelos de productos, en los niveles de producción o en la adaptación al cliente. En cualquier caso, la decisión de *layout* debe perseguir:

- Mejorar la utilización del espacio, equipo y personas.
- Optimizar el flujo de la información, los materiales y las personas.
- Incrementar la comodidad y la seguridad del trabajador.
- Mejorar la interacción con el cliente.
- Conseguir cierta flexibilidad para que la empresa se adapte a nuevas necesidades.

8.2. TIPOS DE *LAYOUT*

Las decisiones relativas a la distribución en planta buscan optimizar la disposición de los grupos de trabajo, maquinaria y materias primas (en entornos de manufactura), los departamentos, despachos y mobiliario (en entornos de oficinas) o de centros de servicio y atención al cliente (como hospitales, garajes o tiendas). Asimismo, el patrón general del flujo de trabajo que se establece suele definir los formatos para ordenar los departamentos y los elementos de la instalación. Podemos así establecer varios tipos básicos de formatos: *layout* por posición fija (o de proyecto), orientado al proceso (también llamado taller o centro de trabajo), orientado al producto (o línea de ensamble o producción repetitiva), celular de trabajo (o celda de manufactura, como *layout* híbrido entre los dos anteriores), *layout* de almacenes, *layout* de comercios o *layout* de oficinas; además, se deben considerar también otros requerimientos de espacio para servicios auxiliares y otros servicios para empleados, zonas de descanso, etc.

Por otra parte, independientemente del tipo de distribución utilizado y de los modelos matemáticos que se puedan utilizar, hay que realizar también otro tipo de consideraciones, ya que el *layout* requiere tomar decisiones sobre:

- El diseño de lugares de trabajo y zonas de descanso.
- Los flujos de información.
- La integración de la prevención de riesgos laborales.
- El coste del movimiento de materiales entre diferentes departamentos.
- La selección de equipos de trabajo y los criterios ergonómicos.
- Las necesidades de capacidad y espacio extra.

8.2.1. Layout por posición fija

En el *layout* por posición fija el producto está fijo en un lugar determinado, siendo los trabajadores y sus equipos de trabajo los que se desplazan hasta donde está el producto para trabajar en él o prestar el servicio. Esto se produce cuando el producto es demasiado grande para poderse mover o cuando es demasiado delicado su traslado, como sucede con la construcción de una carretera, el ensamblado de un avión, la reparación de un electrodoméstico doméstico o el mantenimiento de un servidor informático de una empresa.



En otras ocasiones se debe a la naturaleza del servicio, como una cirugía en el quirófano o un servicio de restauración de clase alta, donde el paciente o el cliente son atendidos sin necesidad de moverse.

También se plantea esta situación en empresas de servicios, donde hay que realizar el trabajo en casa del cliente, como por ejemplo actividades de mantenimiento *in situ* o el servicio médico a domicilio si el paciente no se puede desplazar. El lugar de producción de un *layout* por posición fija siempre suele estar limitado por el espacio disponible.

8.2.2. Layout por proceso o funcional

Un *layout* orientado al proceso se basa en una agrupación funcional del equipo o actividades que realizan un trabajo similar. Se trata de la mejor distribución para una producción de bajo volumen y alta variedad, en el que similares recursos (trabajadores, equipos y herramientas) se colocarán juntos en torno al proceso. Con una distribución que agrupa las estaciones o departamentos de trabajo según su función, se alcanza este proceso (véase figura 8.1).

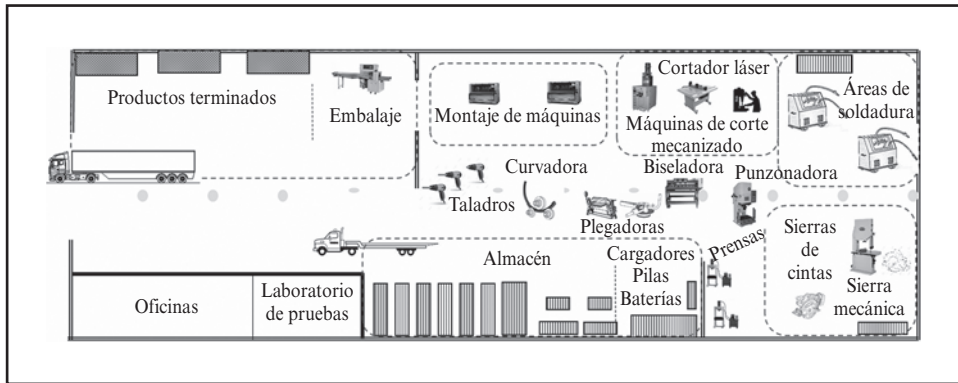


Figura 8.1. Ejemplo de *layout* por proceso en una empresa industrial.

Nos encontramos ante una situación en que la demanda suele ser baja o imprevisible, por lo que el gerente no puede asignar recursos humanos o de equipos exclusivamente a una línea de producción o a un cliente en particular.

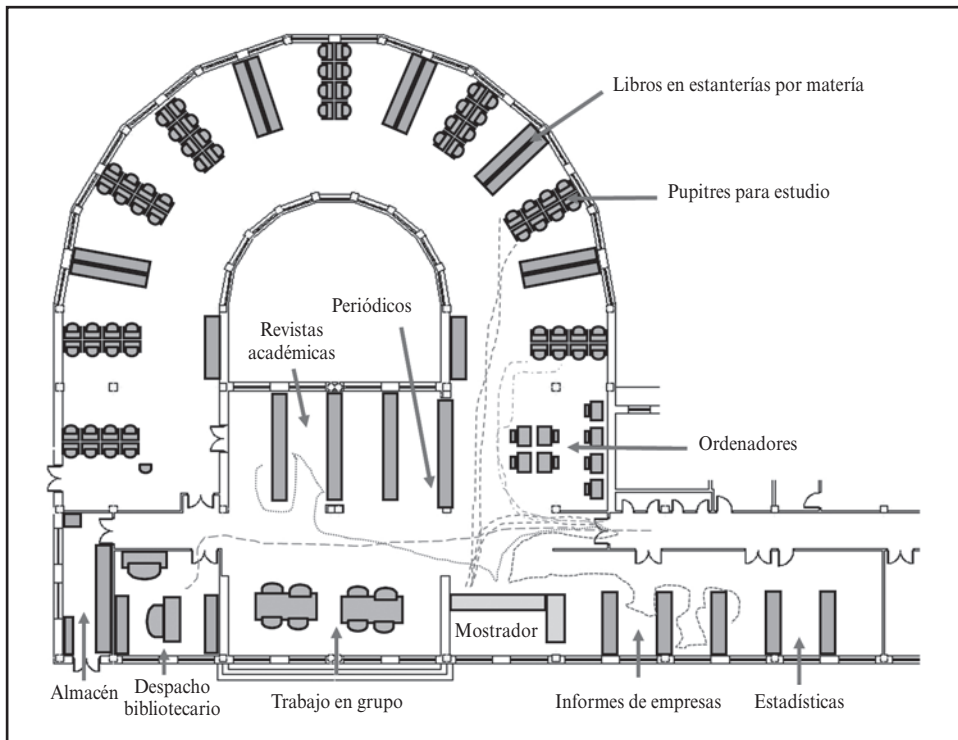


Figura 8.2. Ejemplo de *layout* por proceso en una biblioteca.

La distribución por proceso es más común cuando se deben producir diferentes productos de forma intermitente o es preciso atender a muchos clientes con necesidades diferentes. Esto significa que la ruta de los materiales, la información o los clientes son determinados de acuerdo a sus necesidades. Algunos ejemplos de este tipo de *layout* pueden ser: hospitales, organismos públicos de atención al ciudadano, supermercados o empresas que fabrican partes concretas de un producto final.

En el caso del supermercado, por ejemplo, el cliente es libre de moverse entre las diferentes zonas, dependiendo de sus necesidades. Si la ruta que realiza cada uno de los clientes fuera sobreimpresionada en un plano, se revelaría el tráfico entre las diferentes áreas, aportando la densidad de los flujos de tráfico como información imprescindible para diseñar en el *layout*. Así, se podrían tomar decisiones para cambiar la localización de algunas áreas del supermercado congestionadas. De similar forma podríamos establecer el flujo de los estudiantes en la biblioteca de un centro docente (véase figura 8.2).

8.2.3. *Layout* por producto

El *layout* por producto o *layout* en línea está basado en una secuencia de operaciones que hay que realizar durante la fabricación de un producto o prestación de un servicio. El flujo en línea es la mejor estrategia para la producción repetitiva o continua, y es más predecible y relativamente fácil de controlar. Cada producto, pieza de información o cliente sigue una ruta preasignada que requiere la misma secuencia de actividades, y donde las estaciones y departamentos de trabajo están dispuestos en una trayectoria lineal (véase figura 8.3).

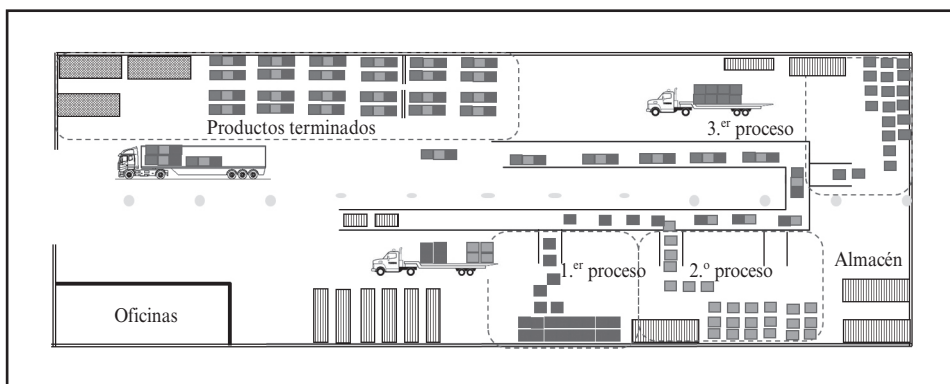


Figura 8.3. Ejemplo de *layout* por producto.

El *layout* por producto es muy común en las operaciones de alto volumen y poca variedad. Este tipo de organización requiere a menudo de recursos especializados e intensivos en capital, con una tasa alta de utilización de los equipos, tasa de procesamiento del producto rápida, menor tiempo improductivo por escasos cambios en el producto, producto estandarizado, inventarios de materias primas reducidos y componentes de calidad uniforme.

Algunos ejemplos de este tipo de *layout* pueden ser: el ensamblado de los bienes duraderos (automóviles o lavadoras), donde casi todas las variantes del mismo modelo requieren de la misma secuencia de operaciones, un lavado automático de coches, el *self-service* en una cafetería o los pasos a seguir en un organismo público para entregar una solicitud.

8.2.4. *Layout* celular (o basado en tecnología de grupos)

La distribución celular o una célula de trabajo reorganiza en un grupo de trabajo a personas y equipos que normalmente estarían dispersos en diferentes departamentos de la empresa (siguiendo un *layout* por proceso), de forma que puedan centrarse en la fabricación de un producto o un grupo de productos con características similares (siguiendo un *layout* por producto).

Este tipo de *layout* se utiliza cuando el volumen justificaría una organización especial de trabajadores y maquinaria. Algunos ejemplos de este tipo de *layout* pueden ser el ensamble de un modelo especial de un producto o la unidad de maternidad en un hospital, ya que los clientes son un grupo bien definido que requiere de una atención específica, además de servicios como cualquier otro tipo de cliente.

Así, una célula de trabajo es un conjunto de dos o más estaciones de trabajo no similares, localizadas contiguamente, a través de las cuales se procesa un número limitado de partes o modelos siguiendo un flujo de línea. En un entorno manufacturero, la *tecnología de grupos* identifica los productos que tienen características similares y que, en consecuencia, se prestan a ser procesados en una célula de trabajo específica. Imaginando el *layout* de la figura 8.1 organizada por procesos, pensemos que existen tres clientes que solicitan cantidades de piezas suficientes que justifique una reestructuración de los procesos. El cliente 1 requiere piezas que pasen por sierra, plegadora y talador; el 2 por máquinas de corte, sierra, taladro y montaje; y el 3 por sierra, plegadora, mecanizado y soldadura. En este caso se crearían 3 células de trabajo (figura 8.4) en un lugar diferente, donde podamos trasladar y ubicar las máquinas (célula 1) o llevando las máquinas susceptibles de movimiento y los operarios hacia las máquinas fijas (células 2 y 3).

Otro tipo de célula es aquella en la que un trabajador atiende múltiples máquinas OWM (one worker, multiple machines) (véase figura 8.5). Esto puede ser habitual cuando los volúmenes de trabajo no son suficientes para mantener

ocupados a los trabajadores en una línea de producción, pero sí establecer una línea suficientemente pequeña para mantener ocupado a un único trabajador que puede operar máquinas diferentes.

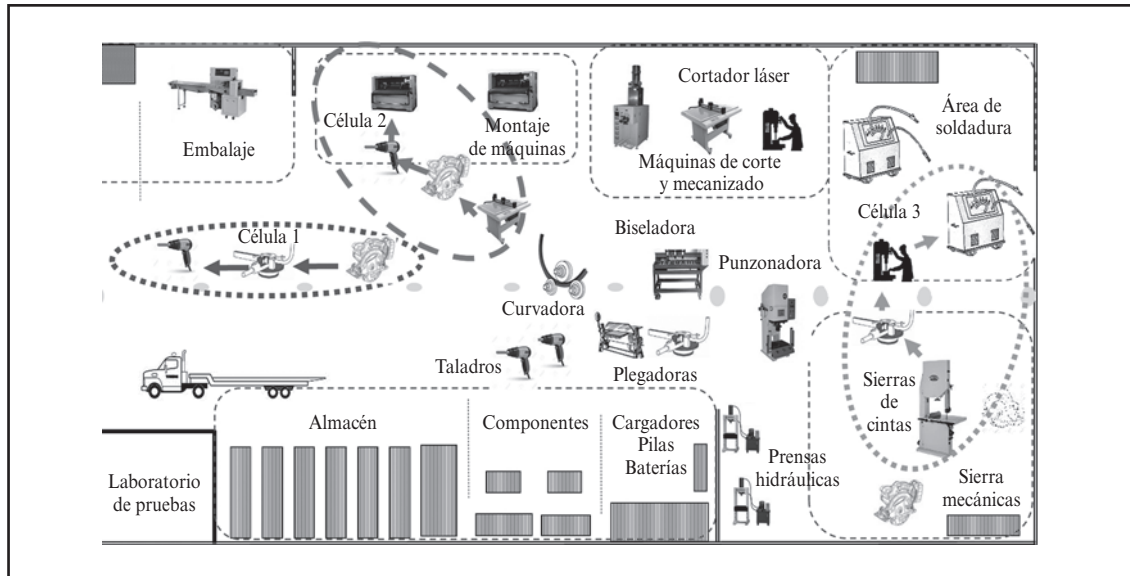


Figura 8.4. Ejemplo de *layout* celular.

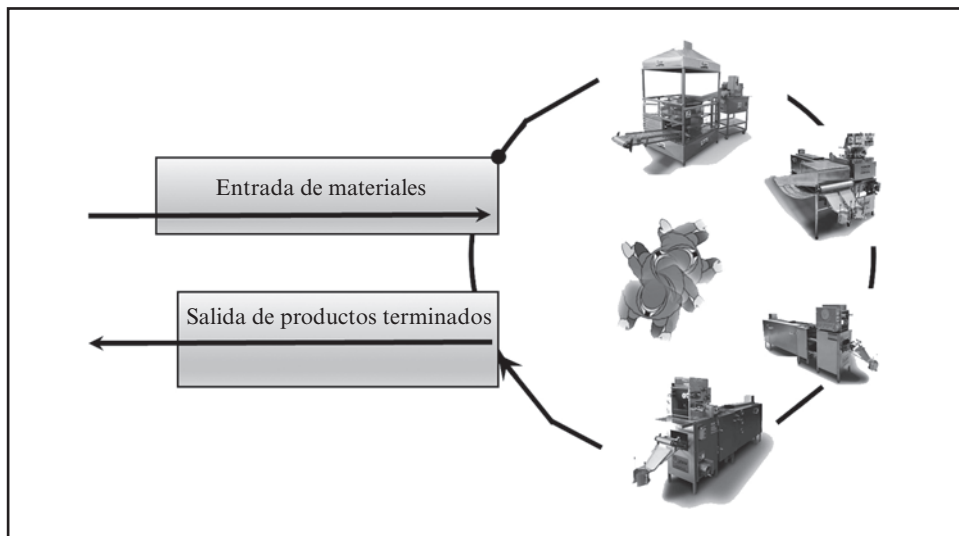


Figura 8.5. Ejemplo de *layout* celular de un trabajador para múltiples máquinas.

Al ser una distribución que mezcla las líneas de montaje y las funcionales, tiene una serie de ventajas:

- a) Como las tareas están agrupadas, la inspección es inmediata.
- b) Se necesitan menos trabajadores, ya que pueden abarcar más espacio del área de trabajo.
- c) La comunicación mejora.
- d) El área de trabajo puede equilibrarse mejor.

Aunque la idea de las células de trabajo está a menudo asociada con la manufactura, el mismo principio puede ser usado en servicios; las tiendas de venta al detalle son un ejemplo de ello. Sin embargo, algunos productos *temáticos* pueden ser colocados juntos, convirtiendo un área en una *tienda dentro de otra tienda*. Por ejemplo, en unos grandes almacenes, artículos relacionados con la salud y el bienestar, como comida y bebidas para llevar dietas sanas, prendas de ropa y calzado, videos y libros para aprender a llevar una vida más saludable, material de oficina ergonómico, contratación de actividades saludables, etc., serán localizados en el mismo lugar dentro de la gran superficie. El propósito será maximizar la exposición de la mercancía relacionada con un determinado tipo de cliente, lo cual estimulará las ventas.

Layouts mixtos

En ocasiones, la distribución en planta utiliza *layouts* híbridos, que combinan elementos de los cuatro tipos básicos analizados en algunas zonas de la empresa o usan distribuciones puras en diferentes zonas de la empresa. Por ejemplo, una empresa puede estar organizada funcionalmente por departamentos (el caso de un hospital), pero dentro de ellos puede existir una distribución por producto (el servicio de traumatología) o fija (el quirófano). Otro caso puede ser el de un restaurante (véanse imágenes en figura 8.6) o la cafetería de la universidad, donde podemos observar los cuatro *layouts*:

- a) En la cocina los equipos están organizados según un *layout* funcional orientado al proceso.
- b) El servicio de *self-service* que tradicionalmente utilizan los estudiantes o el personal que requiere un servicio rápido (orientado al producto).
- c) El tradicional servicio por posición fija en una zona reservada, donde los comensales son servidos por camareros.
- d) El restaurante tipo *buffet* que está organizado en forma de célula (con mesas de primeros platos, segundos y postres), que se monta en casos concretos, como por ejemplo en los congresos.



Figura 8.6. Imágenes de diferentes *layouts* en un restaurante.

8.2.5. *Layout* de almacenes

Los almacenes son similares a las plantas de manufactura, por el hecho de que los materiales se transportan entre centros de actividad. Gran parte de la explicación sobre *layouts* en manufactura es aplicable a los almacenes, pero estos representan un caso especial porque el proceso central del almacén es el almacenamiento y no un cambio físico en el producto.

Entre las funciones del almacén podemos citar que:



- a) Son centros reguladores del flujo de existencias; es decir, ajustan la oferta y la demanda.
- b) Ayudan al proceso de producción.
- c) Reducen los costes, ya que, en algunos casos, adquirir algunos productos en grandes cantidades puede ser más rentable que adquirir lotes más pequeños.

Con el diseño de la distribución en planta de un área de almacenamiento se pretende, entre otros aspectos:

- a) Maximizar o utilizar adecuadamente la superficie disponible.
- b) Permitir un fácil y rápido acceso a los productos almacenados, minimizando las distancias que se deban recorrer y favoreciendo el flujo de las mercancías.
- c) Facilitar la gestión y el control de las existencias.

Otro objetivo del *layout* de los almacenes tiene que ver con encontrar el equilibrio entre los costes de manutención (o costes de manipulación del material) y los costes asociados con el espacio de almacenamiento. Por tanto, el objetivo del gerente del almacén es maximizar el espacio disponible del almacén al mismo tiempo que se mantiene bajos los costes de manutención y se optimiza la capacidad del mismo.

La planificación de almacenes tiene dos partes: una fase de diseño de la instalación (lo que se podría considerar el continente) y otra fase de diseño de la disposición de los elementos que deben «decorar» el almacén (lo que sería propiamente dicho el *layout* del almacén, el contenido). Asimismo, hay que considerar un *layout* exterior (planificación de accesos y cerramientos) y otro interior (con zonas de recepción, almacenaje, preparación de pedidos, expedición y auxiliares).

El *layout* del almacén (véase figura 8.7) va a venir derivado de diferentes consideraciones; entre otras, del tipo de almacenamiento que se quiera realizar y del método de organización, de los equipos tecnológicos de los que se disponga para controlar los productos o de si se utiliza el almacén como un lugar de procesamiento pero no de almacenamiento.

Puede que se quiera un almacén ordenado (consistente en asignar un único lugar fijo y predeterminado a cada producto, lo que permite controlar las mercancías almacenadas y facilita su manipulación) o un almacén caótico o de *huevo libre* (que asigna a cada mercancía un espacio determinado según se recibe, sin un orden predeterminado).

También puede que se cuente con tecnología que permita tener controlados los artículos en el almacén en sus diferentes versiones de etiquetado y codificación de mercancías (código de barras, simbología *DataMatrix* o etiquetas electrónicas). La gestión moderna de almacenes es ya, en muchos casos, un *sistema*

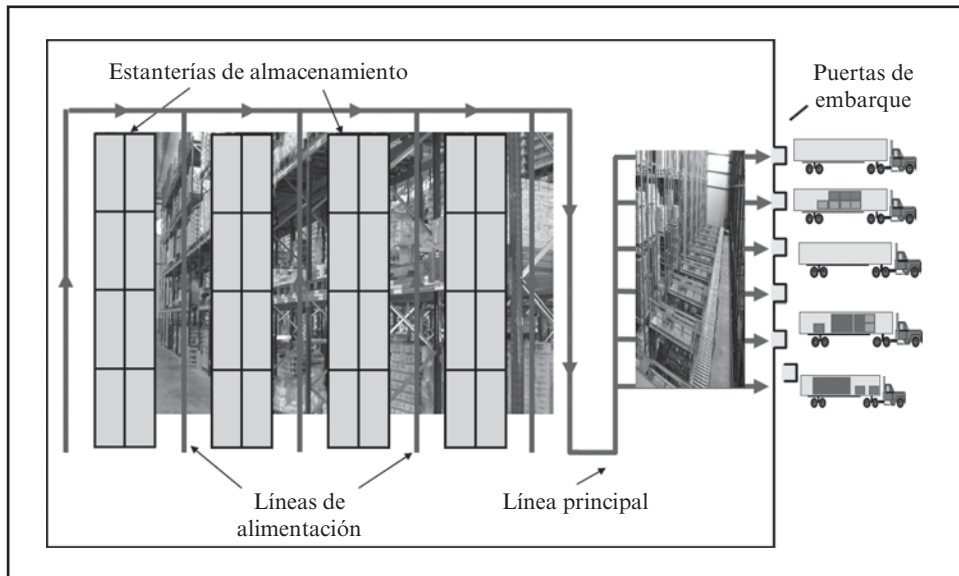


Figura 8.7. Ejemplo de *layout* de almacén.

de gestión de almacenes (SGA), con su propia aplicación informática diseñada para gestionar todas las tareas y actividades que se realizan en el almacén.

En otras ocasiones se utilizan almacenes de consolidación especiales cuando se unen embarques de varias fuentes y combinan en embarques mayores con un destino común, aumentando la eficiencia de todo el sistema. Aparece entonces el *cross docking* (véase figura 8.8), una estrategia de consolidación utilizada en estos

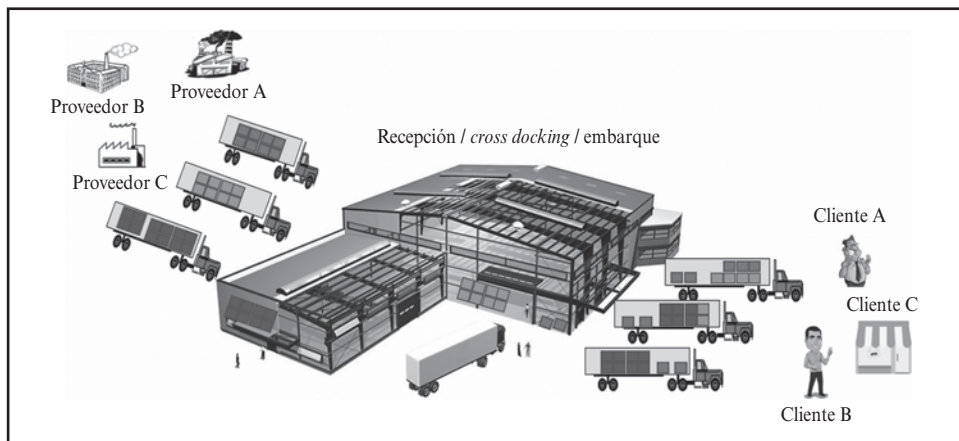


Figura 8.8. Ejemplo de *cross docking*.

almacenes, donde se evita la colocación de suministros en el almacén, procesándolos a medida que se reciben. Así, en lugar de hacer envíos más grandes, estos se dividen en envíos más pequeños para la entrega local en un área. De esta manera, los bienes nunca se almacenan como inventario. Otros ejemplos son cuando en una instalación industrial se recibe el producto directamente en la cadena de montaje, o cuando en un centro de distribución las cargas, previamente etiquetadas y clasificadas, llegan al muelle de envío para su inmediato reenvío, evitando las actividades de almacenamiento. Como estas actividades no añaden ningún valor al producto, su eliminación supone un considerable ahorro de costes.

8.2.6. *Layout* de oficinas

El *layout* de las oficinas agrupa a trabajadores, equipos y mobiliario en un espacio, de forma que se asegure un trabajo cómodo, seguro y que facilite el flujo de papel, de la información y del personal.

Las oficinas están en un cambio permanente, ya que los cambios tecnológicos alteran la forma en que los trabajadores se relacionan. La tecnología permite una flexibilidad cada vez mayor en el *layout*, gracias a la transferencia electrónica de la información, dando lugar a empresas virtuales que crean necesidades dinámicas de espacios y servicios. El diseñador de oficinas debe aprender y comprender los sistemas y los procedimientos de la oficina con el fin de establecer su ubicación apropiada. En muchas empresas los trabajadores ya no tienen un despacho, ni siquiera un lugar fijo de trabajo, sino que cuando necesiten trabajar en la oficina se ubicarán en una mesa o despacho libre (en ocasiones con previo aviso). Así, la empresa puede gestionar mejor el espacio desocupado desarrollando «programas de *hoteling*» (compartir despacho y espacios con compañeros a través de un sistema de reservas).

A pesar de lo anterior, todavía muchas empresas utilizan sistemas tradicionales de *layout* de oficinas, donde se sigue requiriendo un enfoque basado en las tareas presenciales. La distribución de las oficinas varía en complejidad, desde una oficina convencional hasta una oficina abierta.

Las oficinas convencionales (conocidas como oficinas de muros fijos) tienen mobiliario independiente, cuatro paredes y una puerta. Es posible asignar a más de una persona una oficina y no está claro cuándo se convertiría en una oficina abierta; sin embargo, si se realiza más de una función (tareas de contabilidad, compras, ventas, etc.) en ese despacho, podríamos estar ante una oficina abierta.



EJEMPLO 8.1. El lugar de trabajo, un espacio de creatividad

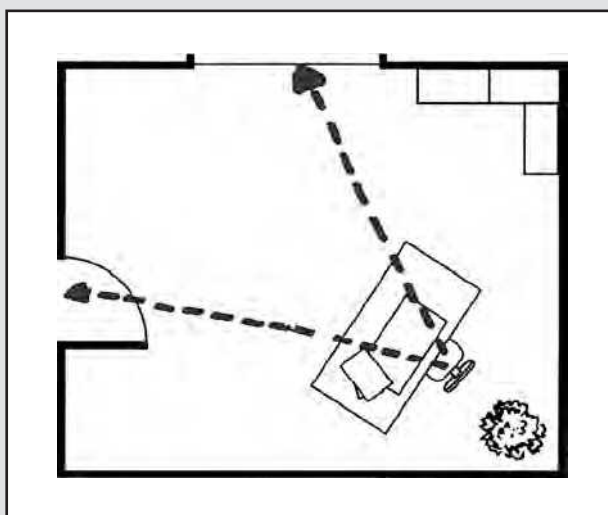
Tenemos buenas noticias también para los adictos al trabajo: el *feng shui* también puede resultarles útil, tanto si trabajan en casa como fuera de ella.

El espacio y el mobiliario

La estancia que escoja como despacho no debe estar junto a la entrada, ya que llamaría demasiado la atención y le costaría abstraerse del trabajo para gozar de su vida privada. Si tiene este problema, desvíe la circulación de energía haciendo que pase por delante de la puerta de su despacho. Apele a su imaginación: a veces basta con colocar un tapiz o colgar un cuadro que desvíe la atención. Un cristal arcoíris situado entre la entrada y el despacho le permitirá desviar el Chi de la estancia destinada al trabajo. Finalmente, en la medida de lo posible, la puerta debe permanecer cerrada.

Coloque los muebles de modo que pueda sentarse en el espacio-fuerza de la estancia. No se siente frente a la ventana, ya que esto le distraerá y disipará su Chi, ni delante de una pared, ya que esto podría crear una barrera (psicológica). Si hay corriente entre la puerta y la ventana —en la que no debe colocarse la mesa de trabajo— coloque un cristal arcoíris cerca de la ventana para devolver el Chi a la estancia.

El espacio detrás suyo representa su pasado. Debe estar cerrado; del mismo modo, lo ideal es que la pared que esté detrás de usted permanezca despejada, es decir, que no presente cuadros ni estanterías o espejos.



La mesa de trabajo

La mesa de trabajo debe estar lo más libre y ordenada posible. Los hombres y mujeres de negocios con más éxito tienen los despachos ordenados, por mucho trabajo que tengan entre manos. Nadie puede hacer diez cosas a la vez, y las montañas enormes de trabajo pendiente solo consiguen desviar nuestra atención de lo esencial.

Ordene su despacho, y verá hasta qué punto se siente liberado. Sin embargo, para poder hacerlo deberá contar con un número suficiente de estantes y archivos a su alcance, así como un sistema de archivo bien organizado.

Escoja la forma de su mesa de trabajo en función de la actividad que realice. Para las personas con una actividad esencialmente creativa o vinculada a la comunicación, una mesa de trabajo redonda u ovalada es ideal —especialmente para las sesiones de «tormenta de ideas»—. Por otro lado, las actividades que requieren más sangre fría, un pensamiento lineal y analítico, como la contabilidad, resultarán más sencillas si se llevan a cabo en mesas de trabajo rectangulares.

Ni el blanco ni el negro son colores apropiados para un despacho. En efecto, el primero no presenta ningún contraste con el papel blanco, mientras que el segundo presenta un contraste demasiado marcado. Las mesas de trabajo de cristal pueden significar desorden e inestabilidad.

Su mesa de trabajo no debe recibir la luz directa del sol. Esto haría disminuir su capacidad de concentración y le provocaría un cansancio prematuro.

Extracto del libro de Sator (1999). *Feng shui. Hábitat y armonía* (pp. 87-88). Barcelona: Editorial Hispano Europea.

La oficina abierta consiste en salas grandes en las que trabajan varias personas a la vez. Suelen ser muy populares, ya que:

- a) Las comunicaciones son más fáciles.
- b) El equipo común (fotocopiadora, impresoras...), los archivos y el material están accesibles para todos.
- c) Se requiere menos espacio que con los despachos privados.
- d) Los costes de calefacción y aire acondicionado se minimizan.



- e) La supervisión de las personas es más fácil.
- f) Los posibles cambios en la distribución son más rápidos y menos costosos.
- g) Se reducen los costes de limpieza.

También existen desventajas:

- a) Falta de privacidad.
- b) En ocasiones se necesitará cierta confidencialidad.
- c) Existe más ruido.
- d) No existe el estatus que conlleva un despacho privado.



Las distribuciones de oficinas convencionales son más antiguas que las de las distribuciones abiertas, pero utilizando las ventajas de ambas podemos obtener una nueva distribución: la oficina moderna, que aportará espacio privado donde sea necesario, sin incurrir de una manera negativa en el coste de las instalaciones, el mantenimiento y la accesibilidad.

Son oficinas en las que:

- a) Las paredes no son tales, sino que se trata de paneles que no llegan ni al techo ni al piso, lo que permite que circule el aire.
- b) Los paneles son de un material suave y atenuante del ruido.
- c) Las mesas están construidas entre los paneles, para ahorrar en costes y espacio.
- d) El cableado está dentro de los paneles, para dar a la oficina una apariencia de limpieza y mejora de la seguridad.

8.2.7. *Layout de call centers*

Un caso especial de oficinas son los *call center* o centros de llamadas. Se trata de una oficina donde un grupo de personas específicamente entrenadas se encarga de prestar algún tipo de atención o servicio telefónico. Existen dos formas en las que puede organizarse un *call center*: dedicando uno o más espacios físicos (oficinas) a sus actividades y destinando un *box* individual o una zona

común a sus empleados (véase figura 8.9), o bien contratando a personas que puedan realizar su trabajo de forma remota (opción cada vez más común, gracias a las posibilidades de Internet) (véase figura 8.10).



Figura 8.9. *Call center* tradicional versus *call center* moderno.

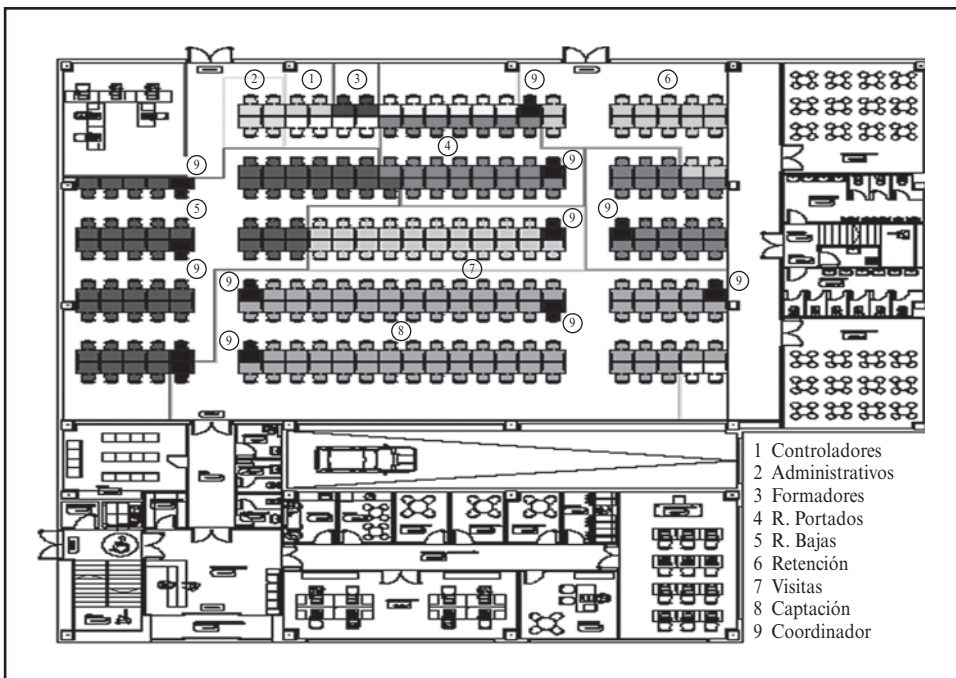


Figura 8.10. *Layout* de un *call center*.

8.2.8. *Layout* de empresas de servicios

Dada la enorme variedad de empresas de servicios existente (comercios, supermercados, hospitales, entidades bancarias, agencias de viaje, etc.), existe una casuística concreta de cada de ellas, por lo que habrá una gran variedad de *layouts* en función del sector al que pertenezca la empresa. Pero algunas características son comunes a todas ellas:



- a) Se debe facilitar el acceso al cliente (ponérselo fácil).
- b) El cliente forma parte del proceso de prestación del servicio, por lo que la decoración y ambiente es un elemento clave en su satisfacción.
- c) Existe un elevado coste por metro cuadrado de los establecimientos comerciales.
- d) Se persigue maximizar las ventas por metro cuadrado.

En las organizaciones de servicios, la diferencia de *layouts* orientados hacia el producto o hacia el proceso depende del grado de especialización *versus* flexibilidad. Los servicios deben considerar el volumen de demanda, la gama de servicios ofrecidos, el grado de personalización del servicio, las habilidades y el conocimiento requeridos de los trabajadores, el coste, etc.

Aquellas empresas que necesitan de la habilidad de proveer una amplia variedad de servicios a los clientes con necesidades diferentes, usualmente utilizan un *layout* orientado al proceso. Por el contrario, las que proveen altos servicios estandarizados tienden a usar *layouts* orientados al servicio; por ejemplo, la cocina de un restaurante de comida rápida cuyo servicio está orientado a la entrega a domicilio. En otras ocasiones, el diseño del servicio requiere la integración de la distribución en planta con el entorno del servicio y el diseño del proceso, para que el encuentro del servicio con el cliente sea grato; así, en una boutique el *layout* tendrá diferentes zonas, cada una de las cuales tendrá un entorno diferente y cuidadosamente planeado, buscando sofisticación, intimidad, *glamour*, etc.

En el caso concreto de servicios minoristas (incluyendo comercios, restaurantes, supermercados, etc.), el objetivo del *layout* es maximizar la utilidad por metro cuadrado de espacio. Previsiblemente, las ventas varían con la forma de exponer los productos a los clientes, por lo que el gerente de la tienda podrá influir en ellas tan solo con la organización de la tienda y con la asignación de espacio a los diferentes productos.



A la hora de diseñar la tienda se deben tener en cuenta muchas consideraciones; algunas de ellas nos pueden ayudar a conocer la disposición general de muchas tiendas:

- Colocar los artículos de mucha venta en la periferia de la tienda, con lo que el cliente debe recorrerla entera.
- Utilizar los extremos finales de los pasillos, ya que tienen un alto grado de exposición.
- Utilizar localizaciones destacadas para los productos de compra impulsiva y de alto margen.
- Distribuir los «artículos de reclamo» (los que destacan en el recorrido de la compra, como las ofertas) a ambos lados de un pasillo y dispersos.



Dimensiones del entorno de servicio

Los entornos en los que se produce un servicio (sean oficinas o servicios minoristas) son complejos e incluyen muchos elementos de diseño. Mary Jo Bit-

ner (1992) acuñó el término *entorno de servicio* y desarrolló un completo modelo en el que se mostraba un panorama general de todos los elementos de diseño que podrían integrar una tienda al detalle. En este apartado explicaremos brevemente las principales dimensiones del entorno de servicio en lo que respecta a las dimensiones del ambiente físico, que incluyen:

- a) Las condiciones ambientales.
- b) El espacio y la funcionalidad.
- c) Las señales, símbolos y artefactos.

Aunque estas tres dimensiones se pueden analizar por separado, la psicología ambiental explica cómo los clientes responden a los estímulos de una manera holística; es decir, aunque los individuos perciban estímulos concretos (como por ejemplo el sonido, la temperatura, el estilo de mobiliario o la decoración), es la configuración total de los estímulos lo que determina su reacción al lugar. ¿Cuántas veces entramos en una tienda y, sin saber por qué, nos sentimos cómodos, o por el contrario nos provoca rechazo?

a) Condiciones ambientales

Las condiciones ambientales son aquellas que se perciben por los cinco sentidos: temperatura, ruido, fragancia, color, iluminación, etc. Cualquiera de estas condiciones puede afectar a la percepción, la actitud y la conducta del cliente. Estas condiciones se componen de cientos de pequeños detalles de diseño, debiendo ser todos ellos adecuados para formar el entorno de servicio deseado. Varios estudios han documentado los efectos de la música, las fragancias, la intensidad de la luz, etc., sobre las percepciones por parte de los consumidores de los productos, sobre la calidad percibida del servicio o incluso sobre su intención de compra.

En muchas ocasiones estas características pasan desapercibidas para el cliente, pero si alguna de ellas es extrema, bien por exceso o por defecto, puede provocar efectos no deseados en la percepción del servicio. Por ejemplo, los clientes que asisten a la inauguración de un establecimiento donde una temperatura alta, el olor de la pintura reciente o un aire acondicionado excesivamente fuerte pueden marcar la percepción del cliente. Otra situación crítica es aquella en la que las condiciones ambientales entran en conflicto con las expectativas del cliente o del empleado, pues una diferencia excesiva entre dicha expectativa y la percepción puede insatisfacerle.

b) Espacio y funcionalidad

La distribución del espacio es la asignación y colocación del mobiliario, los mostradores, las estanterías, los equipos, etc., en la planta. Por su parte, la fun-

cionalidad se refiere a la capacidad de dichos elementos para facilitar que la transacción se realice como empleado y cliente desean.

Ambos conceptos determinan la facilidad de uso y la posibilidad de atender bien a los clientes, afectando no solo a la operación del servicio en sí, sino también a la experiencia del cliente. Ello adquiere aún más importancia en entornos de autoservicio, donde los clientes tienen que efectuar el servicio por sí mismos, sin la ayuda de los empleados (véase el caso de un *self-service* o un autoservicio de gasolinera, donde el mobiliario y los equipos tienen que estar en perfecto estado, visibles y fáciles de usar para que la transacción sea rápida y segura).

c) Señalización, símbolos y artefactos

En el entorno del servicio intervienen muchos objetos que sirven como señales implícitas o explícitas para comunicar ciertos aspectos al cliente.

En ocasiones estas señales son tan explícitas como indicadores o letreros (escaleras, servicios, etc.), señalizaciones (salida, parking), etiquetas (nombre del empleado o departamento), reglas de comportamiento (silencio, prohibido fumar), o para dar indicaciones sobre el servicio (utilizar ticket de turno, esperar a que le llamen), etc. Este tipo de señales intentan enseñar y reforzar reglas conductuales en torno al servicio.

En otras situaciones, los símbolos y artefactos personales pueden comunicar menos directamente que las señales, dando indicios implícitos a los clientes sobre el lugar, las normas y lo que se espera de ellos. En este caso pueden ser importantes para diferenciar un servicio. Por ejemplo, los materiales nobles utilizados en una oficina frente a mobiliario más informal (que nos hace intuir que nos encontramos en un bufete de abogados *versus* una empresa tecnológica actual), el mantel de tela blanca en un restaurante frente un mantel individual de papel (que nos permite pensar que estaremos en un restaurante con un servicio completo *versus* un servicio de comida rápida) o la colocación de los escritorios en un entorno abierto, que puede simbolizar el estatus del trabajador a medida que está más alejado de la puerta.

EJEMPLO 8.2. Diseño del lugar de prestación del servicio

El lugar de prestación del servicio puede crear impresiones positivas o negativas en cada uno de los cinco sentidos. Cada vez más empresas están prestando una cuidada atención al diseño de los elementos físicos que ofrecen a sus clientes. De hecho, las firmas de diseño profesional están disfrutando de una gran demanda en los últimos tiempos por parte de empresas proveedoras de servicios que exigen un alto contacto con el cliente en las instalaciones del negocio. Consideremos algunos ejemplos:

- Muchas firmas tradicionales de abogados buscan crear una apariencia formal. Sus oficinas suelen presentar paredes interiores paneladas en madera, muebles sólidos de estilo antiguo, colores serios y grandes estanterías desde el suelo hasta el techo que dan cobijo a numerosos libros legales lujosamente encuadernados en piel. De forma paralela, normalmente tienen un código de vestir conservador, tanto para los profesionales como para los empleados del bufete.
- Las aerolíneas no dudan en encargar a consultores externos el diseño corporativo, para ayudarles a diferenciar la apariencia de sus aviones y empleados frente a los de sus competidores. Mientras que las azafatas de vuelo de muchas compañías parecen intercambiables, con sus trajes negros o azul marino, algunas tienen uniformes distintivos que inmediatamente las identifican como empleadas de, digamos, Easyjet, con sus llamativos trajes color naranja, color que se asocia a la imagen de la marca a lo largo de toda su comunicación, como puede comprobarse en su sitio de Internet www.easyjet.com.
- Una industria bastante pujante ha crecido alrededor del diseño de restaurantes y bares temáticos: mobiliario, fotografías, antigüedades reales o simuladas, iluminación y una gran variedad de música de fondo o en directo, todo ello en un intento por reforzar el tema central y el estilo del negocio (que, por lo demás, puede o no estar relacionado con su cocina). Un ejemplo típico es el de los *pubs* de estilo irlandés que últimamente proliferan en un buen número de ciudades a lo largo de España y América Latina.
- Los hoteles más caros cuidan especialmente la arquitectura de sus inmuebles. Algunos ocupan edificios clásicos con encanto, restaurados para conseguir un alto nivel de lujo, y utilizan mobiliario antiguo para reforzar su estilo. Un buen ejemplo serían los hoteles pertenecientes a la red de Paradores Nacionales, ubicados en palacios y castillos cuidadosamente recuperados para su uso como alojamientos. Los hoteles modernos, en cambio, a menudo utilizan una arquitectura más original y vanguardista.

Como en el teatro, la escenificación, la iluminación, la música de ambiente y la apariencia de los actores (en este caso, los empleados) y los miembros de la audiencia (otros clientes) contribuyen a crear un ambiente en el que la representación del servicio pueda tener lugar de la forma deseada. Para los nuevos clientes en particular, el lugar de prestación del servicio juega un papel fundamental, al ayudar a situar las expectativas acerca del estilo y la calidad del mismo. Dado que los servicios son intangibles y es difícil evaluarlos por adelantado (e incluso a veces después de la propia prestación), los clientes buscan claves que les indiquen previamente la calidad que pueden esperar. Por tanto, las primeras impresiones son importantes.

Extracto del libro de Huete (2004). *Administración de servicios* (pp. 365-366). México: Pearson Educación.

8.2.9. Requerimientos de espacio para otros servicios (servicios auxiliares, para empleados)

En ocasiones, las empresas, principalmente las de manufactura, necesitan servicios de apoyo que requieren espacio. El diseñador del *layout* debe identificar dichos servicios, definir su propósito, determinar los requerimientos de las instalaciones y calcular las necesidades de espacio. En una planta hay muchas funciones de servicios por considerar, pero los centros de actividad que requieren más espacio son:

- a) Recepción y envíos.
- b) Almacenamiento.
- c) Bodegas.
- d) Cuartos de mantenimiento y herramientas.

En otro orden de cosas, los empleados tienen múltiples necesidades, y los servicios para ellos responden a los distintos requerimientos de las instalaciones. Habrá que prestar atención a accesos, servicios higiénicos, locales de descanso y de primeros auxilios, entre otros. Es importante tomar en consideración las disposiciones mínimas exigibles para estas instalaciones según la normativa específica.

Si bien estos servicios no se suelen explicar al hablar de los diferentes tipos de distribución en planta, realmente requieren un espacio importante, y, por tanto, su consideración es necesaria. Sus ubicaciones y su distribución afectarán a los empleados, y la calidad de dichos servicios influirá en la calidad de vida laboral y en la relación de los trabajadores, tanto entre sí como con los clientes.

8.3. DISEÑOS Y MODELOS DETALLADOS DE *LAYOUT*

Los diferentes métodos utilizados para diseñar una distribución física dependen de si la actividad empresarial es de manufactura o de servicios, si tiende a organizarse por funciones (*layout* por procesos) o está orientada a fabricar un producto (*layout* por producto).

8.3.1. Diseño de distribuciones por procesos

La ubicación relativa de los departamentos o zonas de trabajo de una empresa en función de la necesidad de cercanía o intensidad del flujo de materiales se puede reducir a un algoritmo, entendido como un conjunto ordenado de operaciones sistemáticas que permite hacer un cálculo y hallar la solución de un tipo de problema. Los modelos y algoritmos que se presentan en este apartado

son procedimientos formales que ayudan a desarrollar o mejorar una distribución y, al mismo tiempo, le aportan criterios objetivos para facilitar la evaluación de diversas alternativas de distribución que surgen en el proceso.

Muchos algoritmos de distribución en planta se clasifican de acuerdo con el tipo de datos originales que requieren. Algunos solo admiten datos de flujo cuantitativo (como en una tabla «desde-hacia»), mientras que otros funcionan con flujos cualitativos (como una tabla de relaciones). Dado que los valores de flujo se pueden convertir a calificaciones de relaciones y viceversa, casi todos los algoritmos se pueden emplear con cualquier tipo de datos. La tendencia actual es hacia algoritmos que utilizan una tabla desde-hacia, la cual requiere más tiempo y esfuerzo para preparar la distribución, pero ofrece, una vez concluida, más información sobre el flujo de piezas, viajes o relaciones entre departamentos.

Por supuesto, la cantidad de tiempo y esfuerzo necesarios para compilar una tabla de flujos aumenta rápidamente con la cantidad de departamentos. Los

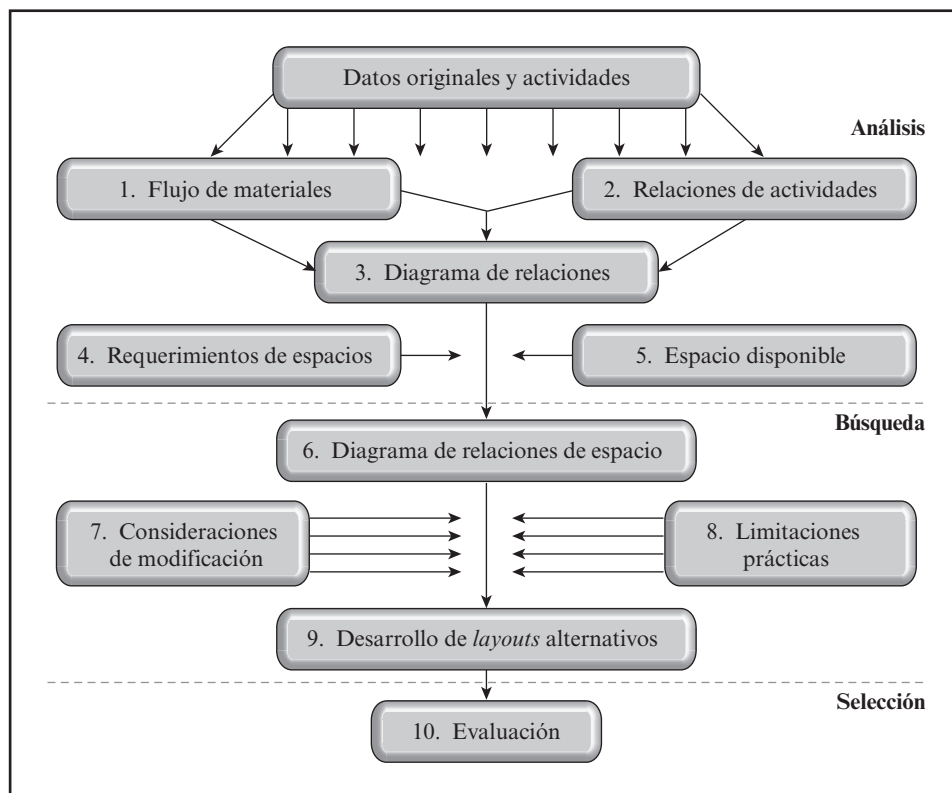


Figura 8.11. Procedimiento de planificación sistemática de la distribución en planta (Muther, 1973).

datos cuantitativos requieren de la observación o suministro de información por parte de los implicados de los departamentos, mientras que los datos cualitativos se basan en calificaciones de cercanía asignadas por los usuarios, lo que puede requerir información de varias personas, incluso a veces contradictorias. Después de obtener toda la información, el diseñador tendrá que resolver las posibles inconsistencias.

En la década de los años setenta, Muther desarrolló un procedimiento, todavía válido en nuestros días, para organizar la distribución en planta, al que denominó planificación sistemática de la distribución o SLP (*Systematic Layout Planing*). La estructura aparece en la figura 8.11, que, si bien inicialmente se orientó para distribuciones por procesos con flujos cualitativos, es también válida para distribuciones con flujos cuantitativos.

8.3.2. Métodos cuantitativos

En muchas situaciones de *layout* funcional, el principal objetivo es encontrar diseños de distribución en planta que minimicen el coste del movimiento total de los desplazamientos entre departamento o zonas de trabajo. La eficacia del *layout* vendrá calculada por la siguiente fórmula:

$$C = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N L_{ij} D_{ij} C_{ij}$$

donde:

C : es el coste total, que es lo que se trata de minimizar.

N : es el número de centros de trabajo, departamentos, etc.

L_{ij} : es el número de cargas o movimientos realizados entre los departamentos i y j .

D_{ij} : es la distancia entre los departamentos i y j .

C_{ij} : es el coste de mover una unidad de carga a una unidad de distancia entre los departamentos i y j .

Los pasos básicos para diseñar un *layout* de estas características son:

1. Obtener información sobre el flujo entre departamentos, así como la cantidad de cargas que se espera sean desplazadas entre los mismos en un período de tiempo determinado. Si la empresa tiene otra instalación que produce bienes similares, resultaría accesible disponer de dicha información sobre los patrones de flujo o costes; si se trata de una línea

nueva de productos, la información tendrá que provenir de estimaciones realizadas por personal informado, como ingenieros industriales o de procesos.

2. Determinar las necesidades de espacio para cada departamento.
3. Proponer una configuración de *layout* inicial, colocando los centros de trabajo con mayor flujo de carga entre sí lo más cerca posible.
4. Medir la eficacia de la configuración inicial por medio de la fórmula, toda vez que disponemos de las distancias entre los departamentos y del coste del desplazamiento por unidad de carga.
5. Cambiar la configuración inicial de manera que se pueda incrementar la eficacia reduciendo los costes de transporte entre departamentos, hasta que demos por válida esa configuración.
6. Ajustar el *layout* a las dimensiones necesarias y a las posibles restricciones para cada centro de trabajo. Es decir, diseñar una distribución física detallada.

EJEMPLO 8.3.

Ante la demanda suscitada por los nuevos patinetes eléctricos, la empresa Movilidad Eléctrica ha decidido ampliar su negocio con una nueva línea que ensamble y distribuya dichos patinetes. La nueva planta va a constar de seis departamentos, cada uno de los cuales posee unas necesidades estimadas como las que se contemplan a continuación:



Departamento	Área necesaria (en m ²)
1. Ensamblaje	140
2. Pintura	60
3. Taller	100
4. Recepción y embarque	120
5. Oficinas	60
6. Pruebas	120
Total	600

El diseñador de la planta debe considerar los requisitos de espacio global, calcular las necesidades específicas de cada equipo y espacio de cada departamento, así como tener en cuenta los accesos y los espacios de circulación en forma de pasillos o columnas. Todo ello, además, debe permitir conseguir una capacidad suficiente para cubrir la demanda.

Sobre el espacio disponible, y con un plano de bloques, se asigna la colocación y el espacio de cada departamento. El espacio disponible de esta empresa es de 30×20 metros, es decir, 600 m^2 . El diseñador puede empezar su trabajo dividiendo esa cantidad total en seis bloques iguales (de 10×10), aun cuando el departamento de pintura solo requiera 60. La aproximación de espacios iguales, ilustrada en la figura 8.12, es suficiente para comenzar, antes de llegar a la etapa final detallada, cuando se concrete el *layout* final con las dimensiones necesarias y las posibles restricciones para cada centro de trabajo.

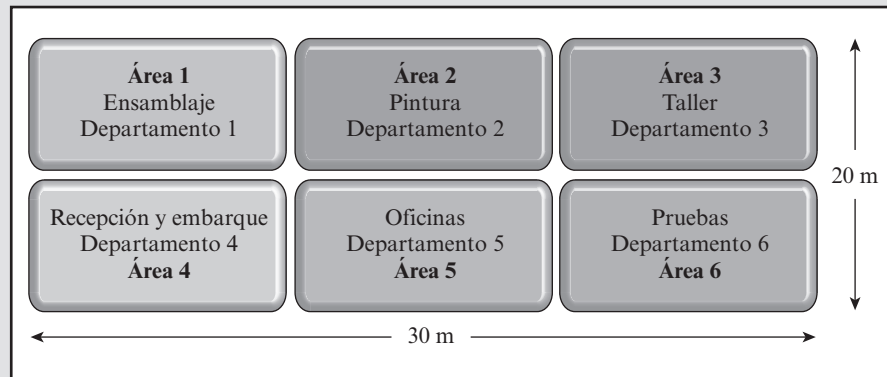


Figura 8.12. Posible distribución inicial.

También se deben conocer los centros, que tienen que estar localizados cerca unos de otros, basándose en el número de desplazamientos entre ellos. En la figura 8.13 se presenta la matriz de recorridos (tabla desde-hacia), que indica el número de cargas totales (o cualquier otra medida del movimiento de materiales) que se realizan entre cada pareja de departamentos de media al día. Esto proporciona indicios de qué departamento se deberá localizar cerca de otro. Por ejemplo, el mayor número de recorridos existe entre los departamentos 1 y 3, y 3 y 6. Así, el diseñador deberá localizar el departamento 1 cerca del 3, cosa que no coincide con la distribución inicial. Para ayudarnos a analizar los flujos entre departamentos nos podemos ayudar de diagramas de flujo interdepartamentales, como el de la figura 8.14, para conocer qué centros de trabajo tienen un mayor flujo de carga entre sí y, por tanto, colocarlos lo más cerca posible.

Además de la información cuantitativa recopilada, se deben considerar otros aspectos relacionados con las necesidades de cada departamento. Por ejemplo, en este caso la recepción y embarque debe estar colocada en el lugar asignado inicialmente, pues es por donde se tiene acceso a la calle.

	Ensamblaje (1)	Pintura (2)	Taller (3)	Recepción (4)	Oficinas (5)	Pruebas (6)
Ensamblaje (1)		40	20	0	0	15
Pintura (2)			25	50	5	0
Taller (3)	100	10		0	0	60
Recepción y ... (4)			15		30	0
Oficinas (5)				50		0
Pruebas (6)	5		40			

Figura 8.13. Flujos entre departamentos. Número de cargas por día.

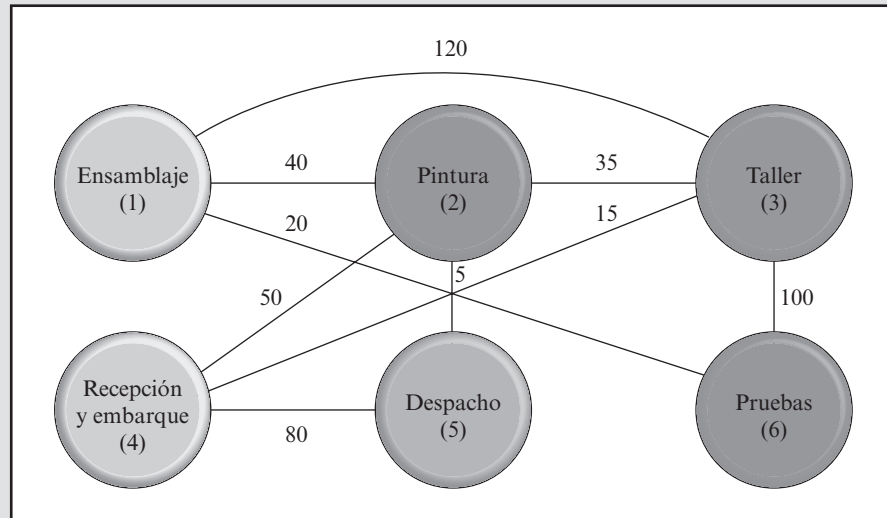


Figura 8.14. Diagrama de flujo entre departamentos.

Con la distribución propuesta ya se puede medir su eficacia en función del coste de los recorridos (figura 8.15). La tabla presenta todos los pares de departamentos que tienen relación entre sí, multiplicando la distancia entre cada par de departamentos por el número de cargas y considerando un coste por unidad y carga de 1 unidad monetaria. Hay que hacer constar que, en este caso, se ha considerado una planta diáfana, de tal manera que se puede recorrer directamente la distancia entre dos departamentos opuestos; por ejemplo, los departamentos de recepción y taller (considerando una distancia

de 2 unidades). Se propone al lector que calcule cuál sería el resultado si en vez de ser la planta diáfana hubiera paredes y las distancias fueran rectilíneas (considerando en el caso de estos dos departamentos una distancia de 3 unidades).

Departamentos	Distancias en unidades entre departamentos (D_{ij})	Número de cargas entre departamentos (L_{ij})	Carga por distancia y por coste ($L_{ij} \times D_{ij} \times C_{ij}$)
1 → 2	1	40	40
1 → 3	2	120	240
1 → 6	2	20	40
2 → 3	1	35	35
2 → 4	1	50	50
2 → 5	1	5	5
3 → 4	2	15	30
3 → 6	1	100	100
4 → 5	1	80	80
Si asumimos que $C_{ij} = 1$			620

Figura 8.15. Coste de la distribución inicial.

La siguiente decisión es modificar esta configuración, de manera que se pueda incrementar la eficacia al reducir los costes de transporte entre departamentos. En el caso propuesto, como se parte de construir la nueva planta no habrá problema. Sin embargo, si se trata de modificar una distribución ya existente, una vez encontrada una nueva configuración, y antes de llevarla a la práctica, habrá que determinar si justificaría el coste de cambiar de ubicación varios departamentos (véase los cambios realizados en la figura 8.16). Los departamentos con más recorridos entre sí se han colocado juntos (3 y 6, que ya estaban, y 1 y 3; también el 2 y 4 ahora están contiguos; todo ello sin cambiar de lugar el departamento de recepción, que es un requisito preestablecido).

En la figura 8.17 se puede comprobar el resultado de los costes con la nueva distribución, donde se ha producido una mejora respecto a la distribución inicialmente planteada de un 17%:

$$\frac{620 - 515}{620} \times 100 = 17\%$$

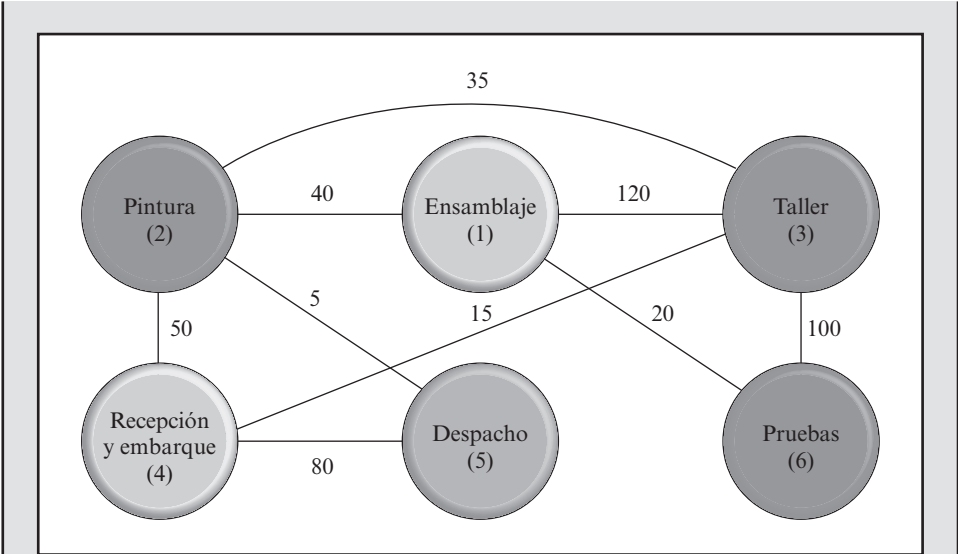


Figura 8.16. Diagrama de flujo entre departamentos modificado.

Departamentos	Distancias en unidades entre departamentos (D_{ij})	Número de cargas entre departamentos (L_{ij})	Carga por distancia y por coste ($L_{ij} \times D_{ij} \times C_{ij}$)
1 $\rightarrow$ 2	1	40	40
1 $\rightarrow$ 3	1	120	120
1 $\rightarrow$ 6	1	20	20
2 $\rightarrow$ 3	2	35	70
2 $\rightarrow$ 4	1	50	50
2 $\rightarrow$ 5	1	5	5
3 $\rightarrow$ 4	2	15	30
3 $\rightarrow$ 6	1	100	100
4 $\rightarrow$ 5	1	80	80
Asumimos que $C_{ij} = 1$			515

Figura 8.17. Coste de la distribución modificada.

Hasta ahora solo se ha calculado un cambio entre los muchos posibles. Nótese que en una situación con 6 departamentos existen 720 alternativas (6!). En el caso del ejemplo, en el que el departamento de recepción y embarque

es fijo, se limitan a 120, pero, aun así, siguen siendo muchas para calcularlas todas, buscando una distribución satisfactoria aunque no llegue a ser la óptima desde el punto de vista cuantitativo.

Una vez que se encuentra una distribución satisfactoria, el diseñador debe traducirla en una representación detallada que muestre la forma y el tamaño exacto de cada departamento (véase figura 8.18), la disposición de los equipos (máquinas, mobiliario, elementos de almacenaje...), los accesos, escaleras y cualquiera del resto de espacios de servicios vistos en el apartado anterior. Estas representaciones visuales pueden consistir en dibujos tridimensionales, que ayudarán a tomar la decisión adecuada.

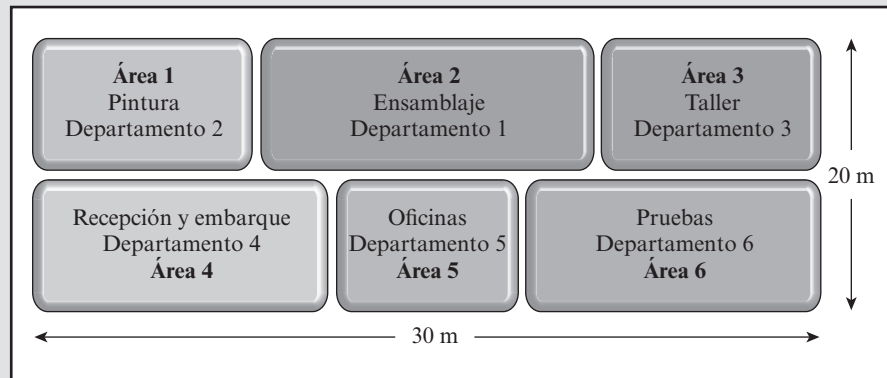


Figura 8.18. Distribución final.

8.3.3. Métodos cualitativos

En ciertas ocasiones no tiene sentido organizar el *layout* en función del flujo numérico de las cargas entre los departamentos, y tampoco aporta factores cualitativos que podrían ser cruciales para la decisión de dónde ubicarlos. Además, se pueden presentar dos tipos de restricciones:

- a) Especiales, de espacio, pasillos, acceso limitado a áreas de trabajo, manejo de materiales especiales, etc.
- b) Lógicas, departamentos continuos para facilitar el manejo de materiales o dar mejor servicio, separación de departamentos por motivos de ruidos, contaminación, etc.

En este caso, el objetivo es encontrar diseños de distribución que satisfagan las relaciones entre departamentos en términos cualitativos (por seguridad, comodidad para clientes, manejo de materiales, etc.).

Los pasos básicos para diseñar un *layout* de estas características son:

1. Recoger información relativa a los centros de trabajo y al flujo y las relaciones que existen entre ellos. Además de la tabla de relaciones entre actividades (en la que se establece la necesidad de que los centros de trabajo estén contiguos, cercanos o alejados entre sí), se necesita conocer otras cuestiones, como:
 - a) El área requerida para cada centro de trabajo.
 - b) Posibles limitaciones en cuanto a la forma de cada centro.
 - c) La intensidad y dirección del flujo entre los centros.
2. Realizar un diagrama de relaciones, basado en la información anterior.
3. Representar esquemáticamente la distribución de planta en un diagrama de relaciones de espacio: centros de trabajo (cuadrados) y mínimo flujo posible (líneas).
4. Ajustar el esquema anterior al área en que debe encajar la planta (tanto en metros cuadrados como en forma).
5. Dibujar la distribución de planta (área de cada centro y distancia de cada flujo).

Clasificación (definición de la relación)	Símbolo	Código	Razón para la relación*
A (Absolutamente necesaria)	=====	a	Manejo de materiales
E (Especialmente importante)	=====	b	Facilidad de supervisión
I (Importante)	=====	c	Personal común
O (Cercanía normal está bien)	=====	d	Comodidad de los clientes
U (No es importante)	=====	e	Mejorar las ventas
X (No es deseable)		f	Apariencia
		* Se pueden añadir otras razones	

	1	2	3	4	5	6	7	8	R e l a c i ó n
1		U	U	E	U	X	O	U	
2			U	I	U	I	U	U	
3				O	O	O	U	U	
4	a	a	a		E	X	U	U	
5			d, c	a		O	U	U	
6	e	d	b	f	d		A	A	
7	e					d		U	
8							b		
Razón									

Figura 8.19. Tabla de relaciones.

En este tipo de distribución los flujos se miden en términos cualitativos con los valores de cercanía de la relación (con clasificación AEIOUX) desarrollados por Muther; también es posible registrar la razón (con códigos «abcdef» o «123456») por la cual dos departamentos deben estar relacionados. Así, con esta información podemos realizar una **tabla de relaciones**, que puede ser dibujada con forma de tabla propiamente dicha (figura 8.19) o en forma de flecha (figura 8.20).

Desde una perspectiva de la planificación de los departamentos, con frecuencia las relaciones de actividades se traducen en requerimientos de proximidad; es decir, si dos actividades tienen una estrecha relación positiva, deben ubicarse juntas, pero si poseen una fuerte relación negativa, se acostumbra a separarlas y ubicarlas lejos una de la otra.

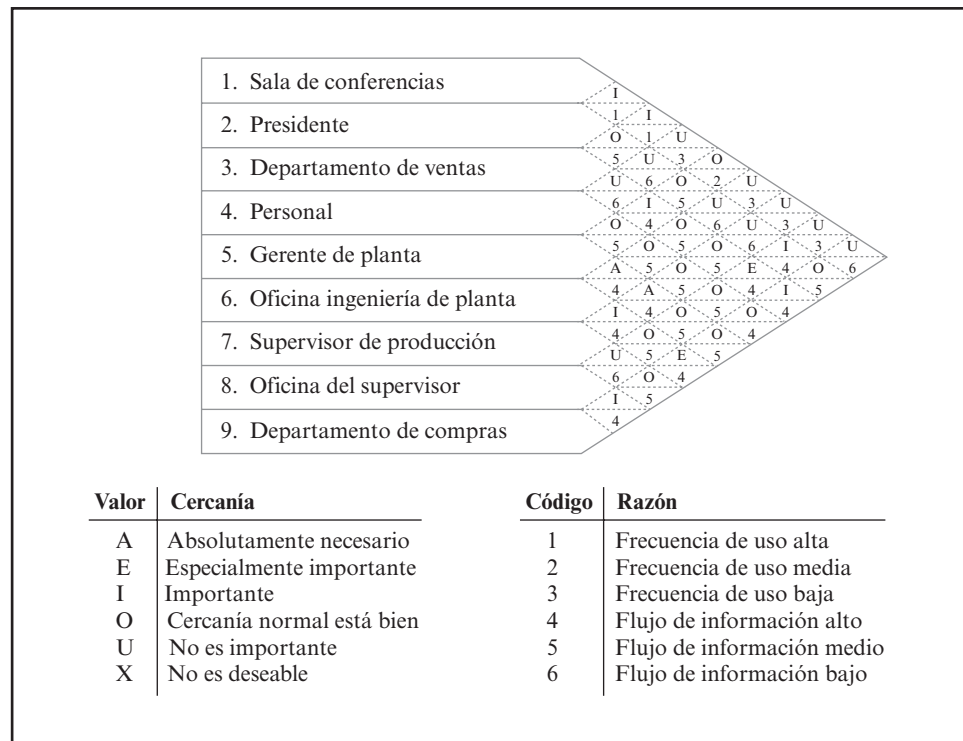


Figura 8.20. Tabla de relaciones (en forma de flecha).

EJEMPLO 8.4.

Un empresario nos solicita organizar la distribución en planta para una nueva tienda de alimentación. Para ello, nos aporta la información disponible en la figura 8.19, así como la

figura de la planta con los posibles accesos (figura 8.21) y los metros que debe tener cada departamento:

Departamento	Área necesaria (en m ²)
1. Carnes y productos	2.300
2. Alimentos congelados	1.700
3. Productos secos	1.900
4. Recepción de productos	1.000
5. Alimentos enlatados	1.500
6. Área de cajas	1.100
7. Pan/golosinas	900
8. No alimenticios	850
Total	11.250

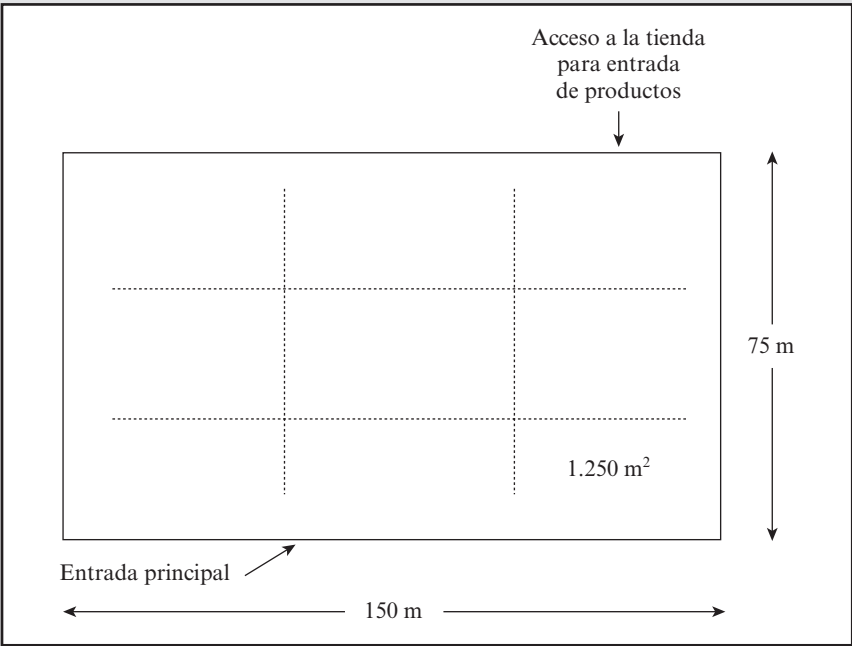


Figura 8.21. Espacio disponible de la planta.

Con la información disponible se pueden realizar el diagrama de relaciones y el diagrama de espacio o de bloques, todavía ignorando el espacio y las limitaciones del edificio (figura 8.22).

Tras ello ya se estará en disposición de ajustar el esquema anterior al área en que debe encajar la planta (tanto en metros cuadrados como en forma) y se podrá representar la distribución de planta de cada departamento (figura 8.23).

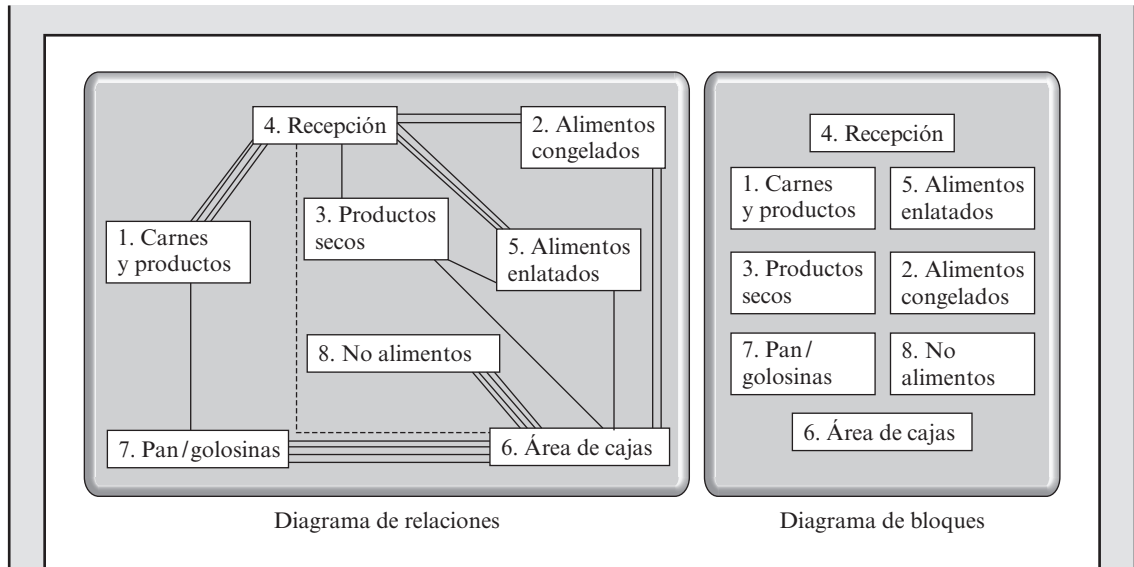


Figura 8.22. Diagrama de relaciones y diagrama de espacio.

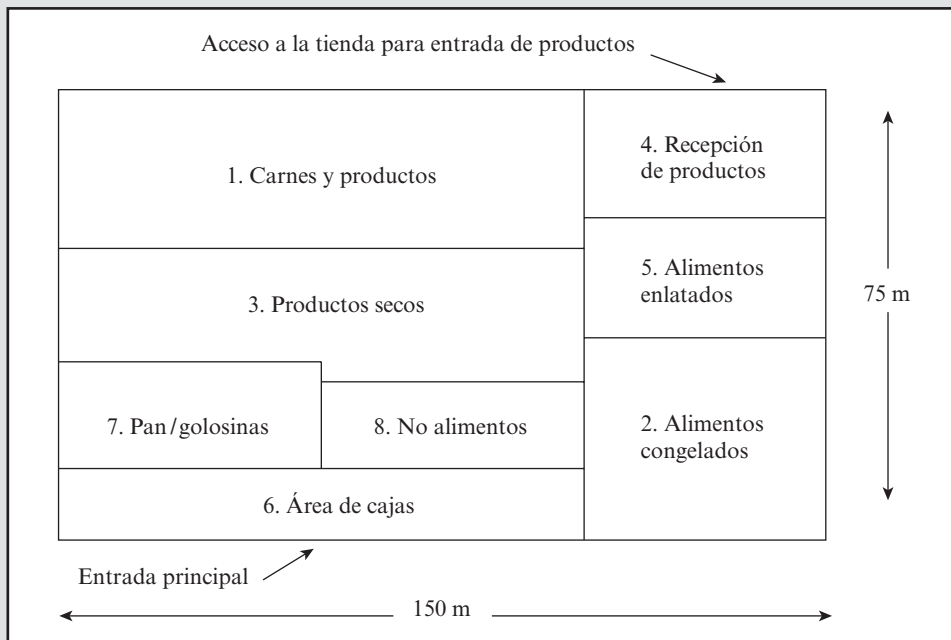


Figura 8.23. Distribución final ajustada a los requerimientos de la planta.

8.3.4. Distribuciones dinámicas de planta

Hasta el momento solo se han considerado problemas de distribución estática; es decir, se supone que los costes considerados en los diagramas desde-hacia o las proximidades en la tabla de relaciones van a ser fijos durante muchos años. Sin embargo, en algunas circunstancias, y cada vez con mayor frecuencia, esta hipótesis podría ser no muy exacta, ya que las empresas van cambiando a lo largo de su vida.

Una distribución de planta dinámica considera que el sistema, los costes y las relaciones de cualquier configuración varían a lo largo del tiempo. Así, las distribuciones dinámicas pueden conducir a ahorros en el coste para distribuciones fijas en un ambiente cambiante. Los modelos de distribuciones dinámicas van a ir cobrando aún mayor importancia a medida que las compañías sigan moviéndose hacia estructuras basadas en una manufactura ágil y flexible.

8.3.5. Diseño de distribuciones por productos

Al comenzar el apartado se establecía la diferencia de si la actividad empresarial se organizaba por funciones o se orientaba a fabricar un producto o familia de productos similares con altos volúmenes y baja variedad. En este último caso el *layout* será por producto.

Se pueden establecer dos tipos de *layout* orientado al producto: la línea de fabricación y la línea de montaje o ensamble (figura 8.24). La **línea de fabricación** elabora componentes de acuerdo con el ritmo marcado por las máquinas, mientras que en la **línea de ensamble o montaje** se ensamblan componentes según el ritmo de las tareas que tienen asignadas los trabajadores.



Figura 8.24. Línea de fabricación *versus* línea de ensamble.

Pero la diferencia entre líneas suele ser venir determinada por más aspectos; por ejemplo:

- a) La extensión de la línea (formada por uno o varios trabajadores).
- b) La configuración de la línea (en forma de U, de serpentina, con ramificaciones...).
- c) La mezcla de productos y componentes (pocos o muchos).
- d) Los aparatos y máquinas que se utilizan para manejar los materiales (bandas, rodillos transportadores, grúas, etc.).
- e) Las características de la estación de trabajo (espacio abierto o cerrado, de pie o sentado, operario transportándose al mismo tiempo que la línea va avanzando...).

La cuestión común cuando se utilice una línea es que los procesos son repetitivos y la línea tiene que estar equilibrada; esto implica que el tiempo empleado para realizar un trabajo en una máquina o por un trabajador en una estación de trabajo debe coincidir o estar equilibrado con el tiempo empleado para realizar el trabajo en la siguiente máquina de la línea o en la siguiente estación de trabajo.

Por tanto, el objetivo de una línea de fabricación o de ensamblaje es crear un flujo continuo y fluido a lo largo de la línea, con un óptimo aprovechamiento del tiempo en cada estación de trabajo. Para ello se deberán equilibrar las tareas que tenga que realizar cada trabajador en cada estación de trabajo, de manera que el tiempo en cada una de ellas sea similar y siempre fabricando unidades suficientes para atender la producción deseada.

Dado que los problemas son similares en cualquier tipo de línea, nos centraremos en la línea de ensamblaje más común, consistente en una banda o cadena de montaje que se mueve y va pasando por una serie de estaciones de trabajo hasta que se completa el producto. La velocidad a la que la cadena se mueve es a intervalos uniformes de tiempo, llamados **tiempo del ciclo de la estación de trabajo** (es decir, el tiempo que dejamos a cada estación de trabajo para que realice sus tareas o, también, el tiempo que transcurre entre las unidades sucesivas que salen por un extremo de la línea).

Todo el trabajo que se tendrá que realizar en la estación de trabajo es la suma de todas las tareas asignadas a ella. El **equilibrado o balanceo de la línea de montaje**, por tanto, consiste en lograr una producción deseada en cada estación de trabajo, asignando todas las tareas a las estaciones de trabajo, de modo que cada una de ellas no sobrepase el tiempo de ciclo y que el tiempo no asignado (inactivo u ocioso) sea mínimo.

Equilibrar una línea puede ser una cuestión de programación del trabajo, pero ello puede tener implicaciones para la distribución de la planta. Tal sería el caso, por ejemplo, cuando, por cuestiones de balanceo, el tamaño, el número de estaciones o el espacio necesario obligara a modificar físicamente el *layout*.

Los pasos básicos para diseñar o equilibrar una línea de montaje son:

1. Especificar cuáles son las relaciones de secuencia entre tareas, por medio de un diagrama de preferencia.
2. Determinar el tiempo de ciclo (TC) requerido (tiempo concedido a cada estación de trabajo para que realice las actividades asignadas).

$$\text{Tiempo de ciclo (TC)} = \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Producción diaria requerida (en unidades)}}$$

3. Determinar el número teórico mínimo de estaciones de trabajo (N_t)

$$N_t = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas } (\sum T)}{\text{Tiempo del ciclo (TC)}}$$

O también:

$$N_t = \frac{\text{Contenido total del trabajo} \times \text{Producción deseada de unidades por día}}{\text{Tiempo disponible por día}}$$

4. Seleccionar una heurística (regla de asignación) para especificar el contenido de trabajo de cada estación. Existen muchas, entre otras:
 - Elegir la que tenga el tiempo de operación más largo.
 - Elegir la tarea que tenga más tareas siguientes.
 - Elegir la tarea que, sumando los tiempos de las tareas siguientes, tenga mayor peso.
 - Elegir la tarea que tenga el tiempo de operación más corto.
 - Elegir la tarea que tenga el menor número de tareas siguientes.
5. Asignar tareas a cada estación de trabajo (de una en una), hasta que la suma de los tiempos de las tareas en cada estación de trabajo sea igual al tiempo de ciclo, o no sea posible ninguna otra tarea debido a las restricciones de tiempo o secuencia. Repetir el proceso hasta asignar todas las tareas.
6. Evaluar la eficiencia del equilibrio. La eficacia existirá en cuanto satisfaga la capacidad deseada; por ejemplo, la eficiencia en función de la utilización de la mano de obra:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas } (\sum T)}{\text{Número real de estaciones de trabajo } (N_r) \times \text{Tiempo del ciclo (TC)}}$$

7. Si la eficiencia no es satisfactoria, se repite el equilibrado con otra regla de asignación.

EJEMPLO 8.5.

La empresa Movilidad Eléctrica tiene que ensamblar 400 patines al día, y para ello cree que debe montar una banda transportadora. El tiempo de producción por día son 480 minutos. La figura 8.25 presenta los pasos y tiempos de ensamble del patín. Por comparativa con la otra planta, han estimado que necesitarán cuatro estaciones de trabajo. El objetivo es diseñar la cadena de montaje que minimice el número de estaciones de trabajo.

Tarea	Tiempo de la tarea (en s)	Descripción	Tareas predecesoras
A	35	Preparar rueda trasera.	—
B	20	Acoplar rueda trasera a la base y apretar.	A
C	25	Preparar rueda delantera.	—
D	10	Acoplar rueda delantera a la base y apretar.	B, C
E	10	Montar sillín.	—
F	5	Apretar sillín a barra.	E
G	4	Acoplar sillín a base y apretar.	D, F
H	50	Preparar manillar.	—
I	15	Instalar frenos.	H
J	30	Acoplar manillar a base.	G, I
	204		

Figura 8.25. Pasos y tiempos para el ensamble del patín.

Además, se desea saber cuántas unidades se podrían fabricar como máximo, si todas las estaciones de trabajo pudieran trabajar sin tiempo ocioso.

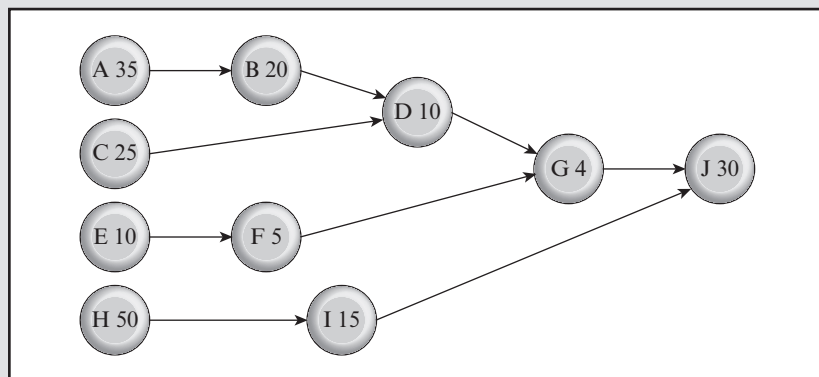


Figura 8.26. Diagrama de precedencia.

Para dar solución al ejercicio se realizan los pasos anteriores. Se empieza por realizar un diagrama de preferencia (véase figura 8.26) y se calcula el tiempo de ciclo de la estación.

$$\begin{aligned}\text{Tiempo de ciclo (TC)} &= \frac{\text{Tiempo de producción disponible por día}}{\text{Producción diaria requerida (en unidades)}} = \\ &= \frac{8 \text{ h} \times 60 \text{ min/h} \times 60 \text{ s/min}}{400} = \frac{28.800}{400} = 72\end{aligned}$$

Es decir, podemos dejar a cada estación de trabajo 72 segundos para que realice su trabajo. El número de estaciones será:

$$N_t = \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas } (\sum T)}{\text{Tiempo del ciclo (TC)}} = \frac{204 \text{ s}}{72 \text{ s}} = 2,8 \Rightarrow 3$$

A continuación se debe realizar la asignación de las tareas para formar cada estación de trabajo, una vez elegida la regla de asignación. Las investigaciones han demostrado que unas reglas dan mejores resultados dependiendo de la estructura del diagrama de precedencia. En este ejemplo se utilizará la heurística TOL (tiempo de operación más largo), quedando cada estación como indica la figura 8.27:

Estación	Tarea	Tiempo de la tarea (en s)	Tiempo restante no asignado	Tareas restantes factibles
1	H	50	72 - 50 = 22	I
	I	15	22 - 15 = 7	—
2	A	35	72 - 35 = 37	C, B, C, E
	C	25	37 - 25 = 12	E
	E	10	12 - 10 = 2	—
3	B	20	72 - 20 = 52	D, F, G, J,
	D	25	52 - 10 = 42	F, G, J
	F	5	42 - 5 = 37	G, J
	G	4	37 - 4 = 33	J
	J	30	33 - 30 = 3	—

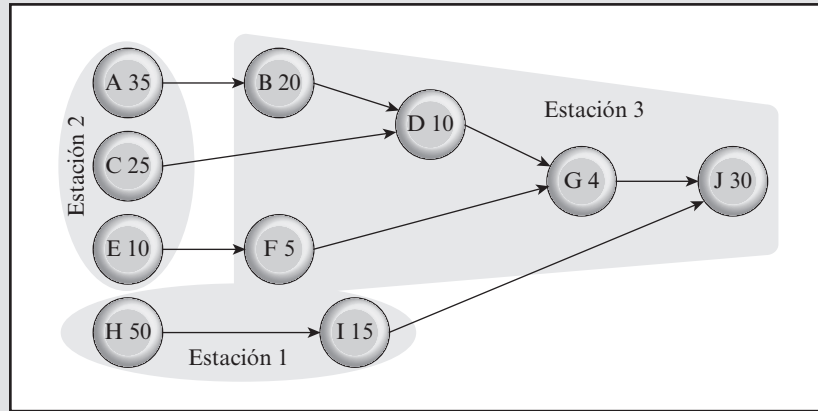


Figura 8.27. Diagrama de precedencia y formación de estaciones.

Se propone al lector que realice la formación de estaciones siguiendo la regla de elegir la tarea que tenga más tareas siguientes y compruebe si se puede mejorar. Por último, se evaluará la eficiencia del equilibrio.

$$\begin{aligned} \text{Eficiencia} &= \frac{\text{Suma de los tiempos de las tareas } (\sum T)}{\text{Número real de estaciones de trabajo } (N_t) \times \text{Tiempo del ciclo } (TC)} = \\ &= \frac{204}{3 \times 72} = 94,4\% \end{aligned}$$

Es decir, la línea quedará formada por tres estaciones de trabajo con una eficiencia del 94,4% o, lo que es lo mismo, los trabajadores están ociosos un 5,6%, es decir, 12 de 204 segundos (7, 2 y 3 segundos respectivamente en cada estación de trabajo). Como dice el enunciado que previamente habían estimado que necesitarían cuatro estaciones de trabajo, el ahorro es considerable, ya que la eficiencia de la línea para cuatro estaciones hubiera sido del 71% si se hubiera mantenido el tiempo de ciclo:

$$\text{Eficiencia} = \frac{\sum T}{N_t \times TC} = \frac{204}{4 \times 72} = 70,8\% \Rightarrow 71\%$$

Respecto a la pregunta de cuántas unidades se podrían fabricar como máximo, si todas las estaciones de trabajo pudieran trabajar sin tiempo ocioso, serían 423 unidades, como resultado de aplicar las fórmulas iniciales:

$$\begin{aligned}\text{Producción máxima} &= \frac{\text{Tiempo de producción por día}}{\text{Suma de los tiempos de las tareas } (\sum T)} \times N_t = \\ &= \frac{28.800 \text{ s}}{204 \text{ s}} \times 3 = 423 \text{ uds.}\end{aligned}$$

8.3.6. Distribución de líneas flexibles

Como se mencionó al principio del capítulo, en ocasiones las líneas de ensamblaje siguen una línea recta. Pero ello no quiere decir que obligatoriamente los trabajadores o equipos deban estar en fila lineal, ya que la organización de la cadena de montaje puede adoptar otras formas para que los trabajadores no estén limitados, no estén encerrados en un puesto de trabajo (véase figura 8.28), se puedan ayudar entre ellos, intercambiar herramientas (véase figura 8.29), etc.

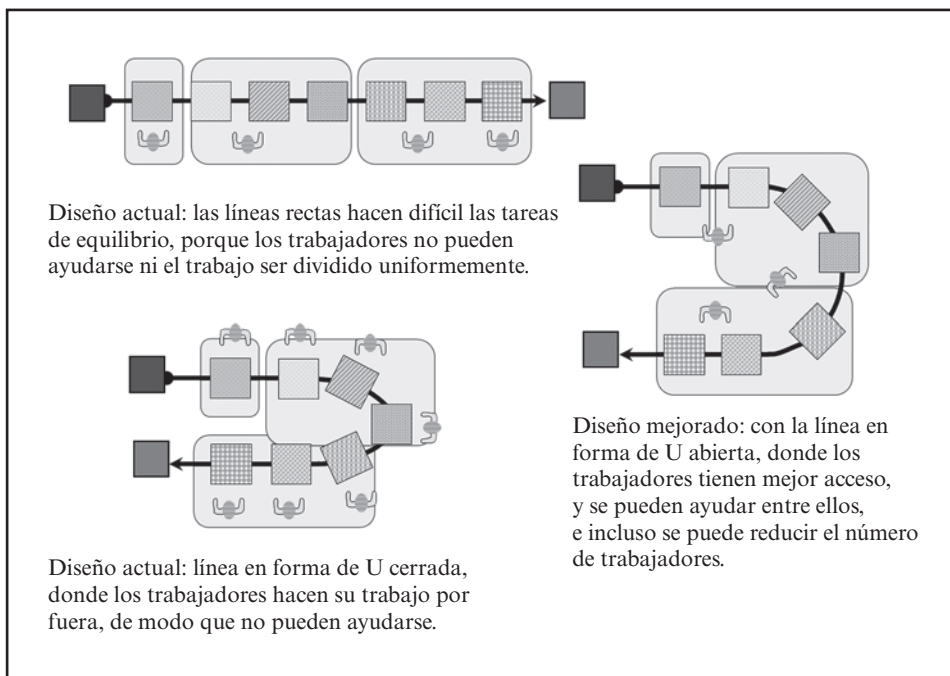


Figura 8.28. Ejemplos de distribución de líneas flexibles.

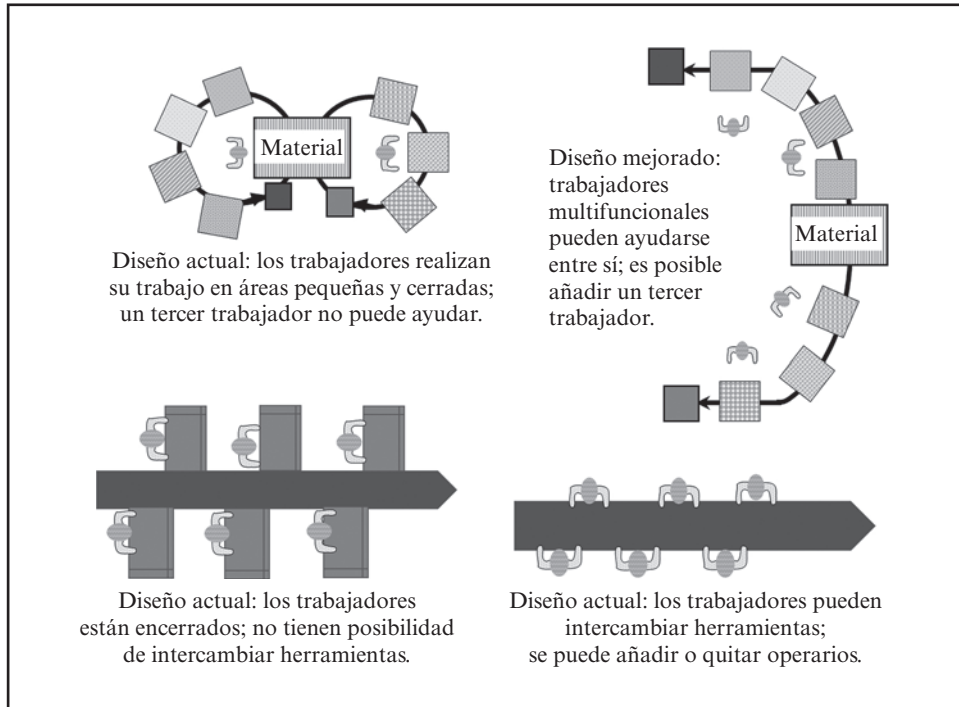


Figura 8.29. Ejemplos de distribución de líneas flexibles (continuación).

Estas líneas flexibles, además, permiten una mayor adaptación a varios modelos y ajustarse a cambios en el ritmo de producción.

Por otra parte, también se debe establecer la decisión de si se prefiere una **única línea o varias en paralelo**. En el ejemplo de la figura 8.30, en el que para procesar un trabajo se requieren 30 minutos, la distribución tradicional sería disponer de una línea convencional de 6 trabajadores de modo que cada uno trabajara 5 minutos. Pero este mismo trabajo se podría realizar con varias líneas en paralelo, donde los trabajadores hicieran más tareas, pero dejándoles más tiempo para realizarlas. Al final, el trabajo procesado sigue siendo el mismo: un trabajo cada 5 minutos. Se trata de comparar una única línea larga y delgada frente a otra corta y ancha.

A diferencia de la **línea única**, en la que el flujo es más fácil de manejar, existen menores necesidades de inversión en maquinaria o las operaciones son más eficientes al aumentar la especialización de trabajadores, las **líneas paralelas** tienen otras ventajas:

- a) Mayor flexibilidad para fabricar producto.
- b) Mayor flexibilidad de volumen.

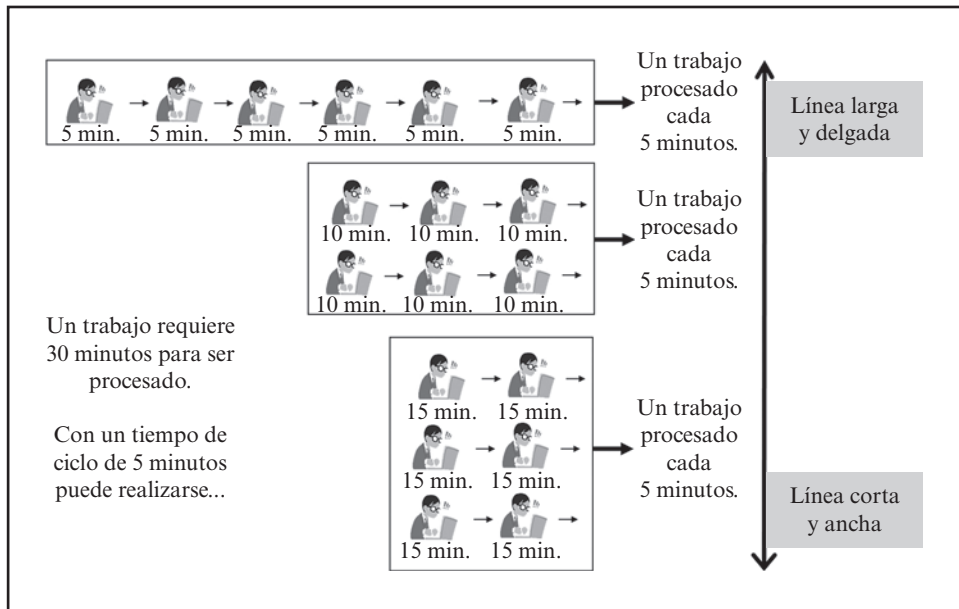


Figura 8.30. Línea única *versus* líneas paralelas.

- c) Menor número de operaciones dependientes.
- d) Puede ser más fácil lograr el equilibrado de cada línea, ya que el mayor tiempo del ciclo ofrece mayores posibilidades de obtener un buen ajuste con poco atraso.
- e) Disminuye la rutina en el trabajo y los grupos de trabajo pueden ser más pequeños y coherentes.

8.3.7. División de tareas

En muchas ocasiones el tiempo de ciclo puede ser calculado a partir de la tarea que requiere más tiempo. Pero en ocasiones, en la vida real, si se parte de realizar el cálculo del tiempo de ciclo como se explicó anteriormente, puede ocurrir que el tiempo de una tarea exceda el tiempo del ciclo. Piense en el ejemplo anterior y que ahora se necesitaran fabricar 640 unidades (en vez de 400). En este caso, el tiempo de ciclo serían 45 segundos (en vez de 72). El problema se suscita al comprobar que la tarea H requiere más tiempo (50 segundos) del nuevo tiempo de ciclo. ¿Qué hacer?

- Dividir la tarea en dos tareas independientes.
- Compartir la tarea con la estación posterior, para que ayude.

- Cambiar al trabajador, ya que la tarea solo excede en un 9% del tiempo, y un trabajador más experimentado probablemente pueda cumplir en el tiempo requerido.
- Rediseñar el producto para ahorrar algún segundo en esta tarea, o que ya venga preparado de etapas anteriores.
- Mejorar la maquinaria o herramientas para ser más productivos.
- Utilizar horas extras para trabajar componentes H y tenerlos preparados para ser introducidos en la cadena cuando se vayan necesitando.
- Utilizar dos estaciones de trabajo paralelas.

8.4. TÉCNICAS Y PROGRAMAS INFORMÁTICOS

8.4.1. Programas orientados al proceso

Varios programas de ordenador han sido desarrollados expresamente para diseñar **layouts orientados al proceso**. Estos tienen la ventaja de ser capaces de encontrar entre un gran número de potenciales *layouts* de los que pudieran calcularse manualmente. Como muchos procedimientos de solución en la ciencia del *management*, hay heurísticas que nos pueden ayudar a calcular; es decir, pueden ayudar a encontrar soluciones muy buenas, pero no necesariamente la óptima.

Uno de los programas más utilizados cuando se consideran los **aspectos cuantitativos** es el CRAFT (*Computerized Relative Allocation of Facilities Technique*), que busca minimizar el coste total del desplazamiento de los materiales. El usuario genera un *layout* inicial y aporta datos sobre la cantidad de cargas entre departamentos y los costes de desplazamiento. CRAFT utiliza el centro de cada departamento para calcular las distancias y va cambiando la localización de dos (o tres) departamentos a la vez, y recalcula si el coste total se ha reducido. Si es así, utiliza la nueva solución como base para determinar nuevas potenciales mejoras. Cuando se han realizado todos los cambios o cuando se hayan efectuado un número arbitrario de repeticiones, la mejor solución disponible es la que se tiene en cuenta. Además, puede tomar en cuenta restricciones reales (edificios, pasillos...).

Una modificación de CRAFT es COFAD (*COmputerized FAcilities Design*). Con los mismos planteamientos, las mejoras se realizan considerando alternativas de equipo e intercambiando las asignaciones del equipo mal utilizado por un equipo que tenga mejor utilización.

Entre los programas informáticos utilizados para una distribución en planta basada en **aspectos cualitativos** destacan CORELAP (*COmputerized RELationship LAYout Planning*) y ALDEP (*Automated Layout-DEsign Program*). Junto con CRAFT, han sido durante décadas los tres algoritmos de distribución en planta de referencia, y que han servido de base para el desarrollo de otros algoritmos.

En este caso, en vez de usar el coste del desplazamiento de los materiales como solución primaria, se usan las tablas de relaciones que especifican cómo de juntos deben estar dos departamentos. Otra diferencia es que CRAFT o COFAD son rutinas de mejora; es decir, comienzan con una distribución inicial y las mejoras consisten en ir intercambiando las ubicaciones de los departamentos. Por su parte, ALDEP y CORELAP desarrollan las distribuciones a partir de cero, no requiriendo una distribución inicial.

Tanto ALDEP como CORELAP son programas similares, siendo ALDEP una ligera variación de CORELAP.

En CORELAP se estipula la manera en la que se selecciona el primer departamento que entrará a la disposición y se rompen los empates con la clasificación de cercanía total (basándose en los valores numéricos $A = 6$; $E = 5$; $I = 4$; $O = 3$; $U = 2$; $X = 1$); a partir de la tabla de relaciones, cada departamento se comparará con los demás departamentos para obtener una clasificación de cercanía. El programa va colocando el departamento con mayor calificación de cercanía hasta que completa todos.

Por su parte, ALDEP elige el primer departamento al azar y se rompen los empates de manera aleatoria. Entre los departamentos restantes selecciona otro con una calificación de relación de alta cercanía y se coloca cerca del anterior. El proceso continúa hasta que se han colocado todos los departamentos en el plano. A continuación se calcula una calificación total mediante la conversión de cada relación de cercanía a una escala numérica; ALDEP usa los siguientes valores: $A = 4^3 = 64$; $B = 4^2 = 16$; $I = 4^1 = 4$; $O = 4^0 = 1$; $U = 0$; $X = -4^5 = -1.024$. El proceso completo se repite varias veces, comenzando con un departamento diferente con el que se empezó las veces anteriores, escogiéndose la distribución con la puntuación mayor.

Otro método, integrador de todos los anteriores, es PLANET (*Plant Layout Analysis and Evaluation Technique*). Se trata de una rutina de construcción (no de mejora) y requiere de:

- a) Un diagrama de flujo interno en el que se conozca el coste de mandar una unidad de flujo entre cada par de departamentos.
- b) Una clasificación de prioridades para cada departamento; en este caso, las prioridades son los números del 1 a 9, donde 1 representa la prioridad más alta.

El programa selecciona departamentos para que entren en la distribución de manera secuencial, con base primero en la clasificación de prioridades y segundo en las entradas del diagrama de flujo interno.

Entre las desventajas se encuentran que, como PLANET no restringe la distribución final para que se adapte a la forma del edificio, ni permite fijar la ubicación de ciertos departamentos, tiene los mismos problemas que otras rutinas de construcción. Las distribuciones obtenidas de PLANET pueden conducir

a soluciones con formas poco realistas. Por ello, estos métodos son ideales para darle al diseñador distribuciones iniciales e ideas alternativas, más que para darle una solución final.

8.4.2. Otras distribuciones en planta y programas informáticos específicos

No todos los problemas de distribución en planta son susceptibles de ser resueltos de manera directa con los métodos anteriores. Por ejemplo, en ocasiones el perímetro de la planta disponible en la vida real no implica departamentos con forma regular. Otras veces no se trata únicamente de distribuciones espaciales de una empresa, sino que se trata de organizar otros espacios más amplios (como un nuevo polígono industrial, un vecindario o un parque de atracciones) u otras distribuciones más funcionales (un tablero de instrumentos de un avión, el interior de una autocaravana o un circuito integrado).

Los programas informáticos pueden ser diseñados para ser aplicados en situaciones bien definidas. El diseño de una oficina, de una tienda, la cadena de montaje en un proceso repetitivo o las líneas de proceso en un proceso continuo son problemas de distribución muy distintos, que requieren productos de *software* diseñados especialmente. El problema del diseño de tiendas debe considerar que los clientes estarán en la tienda, o que las oficinas requieren formar bloques de espacio para actividades comunes. Estos diseños conciernen más a diseñadores de interiores y a arquitectos, siendo el AutoCAD una de las herramientas más utilizadas; este programa, a través de extensas librerías de símbolos, permite realizar distribuciones en dos y tres dimensiones. Por el contrario, el *layout* para una cadena de montaje o para una tubería de procesos (como una planta química o una embotelladora de líquidos) requiere de otro tipo de programas y casi siempre se despliegan como distribuciones tridimensionales.

Existen otros muchos algoritmos y programas informáticos tanto para una distribución de recorridos como de relaciones, o incluso para distribuciones más específicas. No sabemos si el *software* de diseño asistido alguna vez podrá utilizar la experiencia y el juicio humano, pero cumple una función fundamental en casi cualquier problema de distribución en planta. No obstante, el diseñador seguirá teniendo una función importante en su diseño, ya que el diseño de plantas tiene su parte de arte.

8.4.3. Programas orientados al producto

También los **diseños de líneas de ensamble** a gran escala se resuelven con **programas de ordenador**. Existen diferentes programas informáticos para realizar

la asignación de tareas a estaciones de trabajo, basándose en varias de reglas de asignación.

Entre los programas más utilizados se encuentran COMSOAL de IBM (*COMputer Method for Sequencing Operations for Assembly Lines*), desarrollado en Chrysler Corporation y que, aunque no fue el primero en ser desarrollado, sí fue el que más atención recibió de los que le precedieron, y ASYBL (*Assembly Line Configuration Program*) de General Electric, que puede asignar cientos de tareas a estaciones de trabajo en una cadena de montaje. Estos programas, y la mayoría que están comercialmente disponibles, no garantizan soluciones óptimas, pero a través de las diferentes heurísticas o reglas alcanzan niveles aceptables de eficiencia.

ALPACA (*Assembly Line Planning and Control Activity*) fue desarrollado por uno de los principales usuarios de líneas de montaje de General Motors, y se describe como un sistema en el que el usuario puede transferir el trabajo de una estación a otra a lo largo de la línea de montaje y evaluar inmediatamente la eficiencia relativa del cambio. Uno de los complejos problemas a los que se enfrenta la industria automotriz es la proliferación de modelos y opciones. ALPACA fue diseñado para hacer frente a las complicaciones en la línea de montaje que surgen de este problema. El diseñador puede determinar rápidamente qué cambios en las asignaciones de tareas deben hacerse para mantener un equilibrio razonable de la línea para un flujo de producto cambiante.

CALB (*Computer Assembly Line Balancing or Computer-Aided Line Balancing*) fue desarrollado por el IIT Research Institute y llegó a convertirse en un referente para la industria. Puede utilizarse tanto para líneas de modelo como mixto y sus aplicaciones incluyen una variedad de productos ensamblados, incluyendo automóviles y camiones, equipos electrónicos, electrodomésticos, equipos militares y otros.

8.5. DISEÑO DEL LUGAR DEL TRABAJO

8.5.1. Seguridad, ergonomía y el entorno del trabajo

En la actualidad, la seguridad es uno de los aspectos más importantes del diseño del lugar de trabajo. Para proveer unas condiciones de seguridad y salud laboral y reducir los riesgos, la Unión Europea cuenta con un acervo comunitario en la materia suficientemente extenso.

La ergonomía persigue la adaptación del trabajo a la persona en términos de eficacia, productividad y seguridad. Entre sus objetivos se encuentran la selección adecuada de una tecnología, reducir la fatiga, los errores humanos y los requerimientos de energía, a la vez que incrementar la velocidad, precisión, fiabilidad y flexibilidad del trabajo, todo ello respetando unos límites de adaptación.

También es importante poner atención en el entorno del trabajo, no solo en las factorías, sino en lugar donde el trabajo es desempeñado, como en restaurantes, hospitales, tiendas, etc. Actualmente, la Unión Europea ha desarrollado un conjunto de disposiciones mínimas de lugares de trabajo aplicables al diseño del entorno de trabajo que integran factores ergonómicos.

Los estudios muestran que los trabajadores menos satisfechos lo están con los aspectos físicos de su ambiente de trabajo, como la temperatura, el ruido o el entorno visual, más que con la insatisfacción por su puesto de trabajo. Asimismo, los trabajadores que pueden personalizar su puesto de trabajo se sienten mejor, siendo más productivos y comprometidos con su trabajo.

EJEMPLO 8.6. ¿Qué es el *feng shui*?

El *feng shui* describe hasta qué punto influye el entorno en el ser humano; simboliza todo aquello que nos rodea, tanto del mundo visible como del invisible y que constituye una fuente de energía.

Esta disciplina tiene sus orígenes en Asia. Los emperadores de las distintas dinastías chinas hicieron construir inmensas tumbas según los principios del *feng shui*, a fin de ejercer una influencia positiva sobre su destino de su descendencia.

Los arquitectos de los grandes monumentos chinos, como la Ciudad Prohibida, en Pekín, o la Gran Muralla China, respetaron escrupulosamente los criterios del *feng shui*.

La tradición ha sobrevivido gracias a los maestros del *feng shui* huidos al extranjero. Desde hace algunos años, el *feng shui* se ha extendido rápidamente por Occidente. Si bien es cierto que Japón, Corea, Filipinas, India y Malasia tienen su propia versión del *feng shui*, la influencia del *feng shui* chino se cierne ahora sobre Estados Unidos, Canadá, Australia y, sobre todo, Europa. En Londres y especialmente en los países germanos asistimos a una verdadera eclosión del fenómeno.

En el mundo occidental, los primeros en aplicar el arte del *feng shui* fueron las grandes multinacionales, las aseguradoras y los bancos. Sin embargo, por norma general lo hicieron muy discretamente, para superar a sus competidores y no ganar la reputación de recurrir a métodos «poco racionales». Todas estas empresas querían mejorar el ambiente de trabajo en sus edificios y beneficiarse de las mejoras aportadas por el *feng shui*.

La idea es sencilla: cuando el ambiente es «bueno», tanto los empleados como los clientes lo notan. Un entorno poco armonioso y estresante crea tensiones y problemas de salud. Por otro lado, en los lugares en los que uno se encuentra a gusto las relaciones humanas mejoran, la motivación y el rendimiento aumentan y el absentismo disminuye. Algunas empresas pioneras aplican el *feng shui* para mejorar la calidad de vida de las viviendas de sus empleados. En efecto, un empleado contento y con buena salud es el mejor potencial para una empresa.

La filosofía del *feng shui* consiste en sacar el máximo partido posible a todas las situaciones. En efecto, del mismo modo que utilizamos únicamente entre el 7% y el 10% de la capacidad de nuestro cerebro, los recursos de nuestros despachos y viviendas están lejos de ser totalmente aprovechados. El objetivo del *feng shui* es utilizar este potencial desaprovechado. Los medios necesarios para conseguir este objetivo a menudo son sencillos y requieren únicamente una mínima inversión.

Extracto del libro de Sator (1999). *Feng shui. Hábitat y armonía* (pp. 8-11). Barcelona: Editorial Hispano Europea.

8.5.2. El lado humano del trabajo

El diseño físico del lugar de trabajo puede influir decisivamente en el trabajo y en los trabajadores tanto como su salud psíquica y mental. Así, el diseñador de los puestos de trabajo necesita comprender cómo afecta al trabajador el entorno físico.

Un trabajo es el conjunto de tareas que realiza un individuo. El diseño del trabajo consiste en determinar las tareas específicas del trabajo y sus responsabilidades, el ambiente de trabajo y los métodos por los cuales las tareas se realizarán para alcanzar los objetivos de las operaciones.

En resumen, relacionando todo lo dicho hay dos objetivos que deben ser satisfechos con el diseño del trabajo:

- a) Conseguir que el trabajo se realice coincidiendo con las prioridades de la empresa (al menor coste, con calidad, eficiencia y flexibilidad).
- b) Realizar el trabajo con seguridad, satisfacción y motivación.

A la hora de diseñar el trabajo, el director de operaciones tendrá que resolver los conflictos entre la búsqueda de la productividad con la de seguridad, motivación, aburrimiento y satisfacción de los trabajadores, tomando en consideración el conjunto de **factores psicosociales** relacionados con la organización, la realización y el contenido del trabajo.

Históricamente, la especialización en el puesto de trabajo podría conducir a un incremento de la productividad. Pero el trabajo rutinario conduce a insatisfacción, absentismo y a una mayor rotación de los trabajadores. Las respuestas a estos problemas incluyen un doble sentido, en cuanto a la **ampliación y el enriquecimiento del trabajo**:

- a) La ampliación del trabajo es la expansión horizontal del trabajo para dar a los trabajadores más variedad (aunque se pierda especialización),

como un trabajador de una cadena de montaje que realiza varias tareas o que rota entre estaciones de trabajo.

- b) El enriquecimiento es la expansión vertical de obligaciones en el trabajo para dar al trabajador más responsabilidad, como en el caso de dar la responsabilidad de comprobar la calidad con la que salen los productos (eliminando la obligación de tener un inspector).

RESUMEN

El objetivo general de la distribución en planta o *layout* es diseñar una disposición física de los recursos productivos que satisfaga la cantidad y la calidad requerida en la producción de la manera más económica posible.

Varios tipos de *layout* se han estudiado en función del objetivo perseguido: en los comercios o tiendas, ayudar a que el flujo de clientes sea el adecuado para que compre más; en las oficinas, optimizar los flujos de información, o en los almacenes conseguir hacer mínimos los costes almacenamiento y manipulación de los materiales.

Otros tipos de *layout* son los que se basan en función del flujo del producto; *layout* orientado al producto, como línea de ensamblaje que va sumando componentes hasta que se forma el producto final; *layout* orientado al proceso, como agrupación de recursos con funciones comunes para realizar únicamente las tareas que requiere el cliente; *layout* celular, como combinación de los dos anteriores, y *layout* por posición fija, donde los recursos son llevados hasta el lugar donde se está fabricando el producto o prestando el servicio.

Se han explicado varios métodos analíticos para cada tipo de distribución. La matriz de recorridos (o *diagrama desde-hacia*) y la *tabla de relaciones* son imprescindibles para diseñar el *layout* por procesos, mientras que el balanceo de la línea de ensamblaje es la técnica utilizada para el *layout* por producto. También se plantearon los programas de ordenador más utilizados: CRAFT, COFAD, ALDEP, CORELAP, PLANET...

Por último, se consideraron las cuestiones más relacionadas con los factores humanos para que la satisfacción y motivación del trabajador, junto con los criterios ergonómicos, la seguridad y la salud, se integren en el diseño del lugar del trabajo.

EJERCICIOS

1. Una empresa ha comprado una planta con posibilidad de dividirla en seis grandes áreas de trabajo, como se describe en la localización que se muestra en la figura. La empresa cree que puede asignar sus empleados

y departamentos a cada una de dichas zonas. Teniendo en cuenta el número de movimientos estimados por día entre cada departamento (véase matriz de recorridos), ¿qué *layout* le recomendaría?

1	2	3
4	5	6

Número de movimientos desde el departamento...	Número de movimientos al departamento...					
	A	B	C	D	E	F
A	—	10			5	5
B		—		5	20	
C		10	—		7	
D			10	—		
E	5				—	
F		7			20	—

2. Una localización, que será usada para ensamblar un producto simple, tiene tres departamentos que deben ubicarse en una de las dos posibles configuraciones, con distancias entre departamentos de 10 metros si están contiguos y de 15 metros si están en diagonal.

Opción 1	A	B
	C	

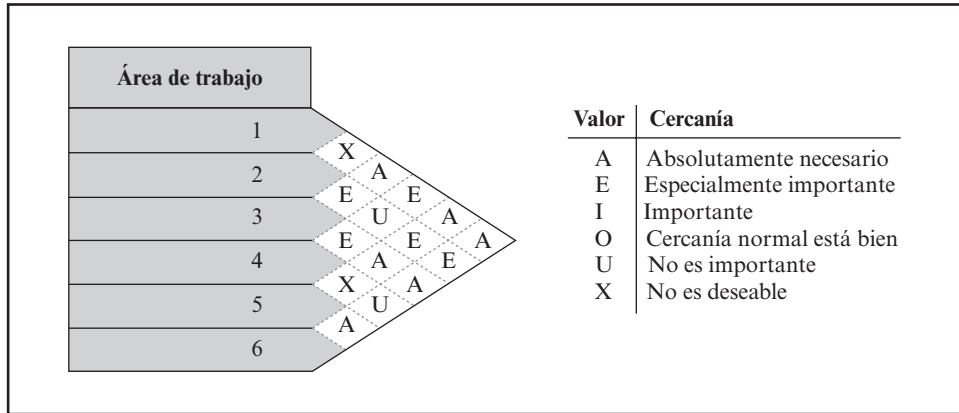
Opción 2	B	A
	C	

El trabajo entre departamentos fluye según la tabla. Evalúe cuál de las dos opciones es la mejor, asumiendo un coste de transporte de 2 € por carga y metro.

Número de movimientos desde el departamento	Al departamento		
	A	B	C
A	—	50	40
B	40	—	80
C	20	100	—

¿Habría necesitado hacer cálculos para saber qué opción era la mejor o la peor?

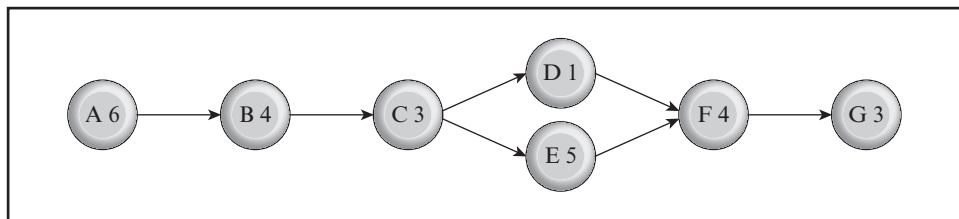
3. Una empresa se está planteando reorganizar su planta. Para ello ha agrupado sus actividades en seis grandes áreas de trabajo, pero no puede cuantificar la relación entre dichas áreas, solo la calidad de la relación, como se muestra en la figura:



¿Cómo deberían estar organizados los departamentos en una distribución horizontal?

1	2	3
4	5	6

4. Una empresa está organizando las actividades que se muestran en la siguiente figura en tres estaciones de trabajo:



- Calcule el tiempo de ciclo y explique si es posible combinar las actividades en tres estaciones y con ese tiempo de ciclo.
- ¿Qué actividades se agruparían en cada estación y con qué tiempo de ciclo?
- ¿Cuál es la producción en un día de 8 horas de trabajo?

5. Una empresa produce un juguete que necesita añadir un componente que requiere tres operaciones:

Operación	Actividad	Tiempo (en minutos)
A	Preparación del componente.	20
B	Ensamblaje.	30
C	Pruebas.	5

La capacidad requerida son 90 unidades en días regulares de 7 horas de trabajo.

- ¿Cuántas estaciones de trabajo en paralelo se requerirán para cada actividad?
 - Si los trabajadores de cada estación no pueden ser utilizados para las otras actividades, ¿cuál es el porcentaje del tiempo perdido?
 - ¿Y la eficiencia de la línea?
6. La empresa **MicrochipMBA** ha decidido apostar por mantener la actividad empresarial en nuestra ciudad, y para ello está estudiando la construcción de una nueva planta en la mejor zona del nuevo polígono industrial, haciendo esquina a las dos calles principales. Trasladarse a un nuevo edificio proporciona la oportunidad de organizar los diferentes departamentos para optimizar la eficacia y eficiencia de las operaciones.

La nueva división de MicrochipMBA consiste en una nueva tecnología de microchips, donde innovarán, probarán, producirán y venderán los nuevos productos que desarrollen; la planta se dividiría en ocho zonas de similar tamaño, siendo suficientes para posibles ampliaciones, si llegara el caso.

Las diferentes zonas, aunque no están separadas por paredes, pueden ser divididas con paredes de *pladur* para realizar separaciones rápidas y que aíslen unas zonas de otras. El flujo físico de materiales o de personas se realizará a través de los pasillos que van por el centro de las salas, tal y como se muestra en la figura 8.31.

La única restricción sobre la distribución de la planta es la zona del almacén, que debe tener acceso directo a la entrada; por ello se ha decidido que vaya ubicado en esa posición, para evitar desplazamientos innecesarios primero de las materias primas y después de los productos terminados.

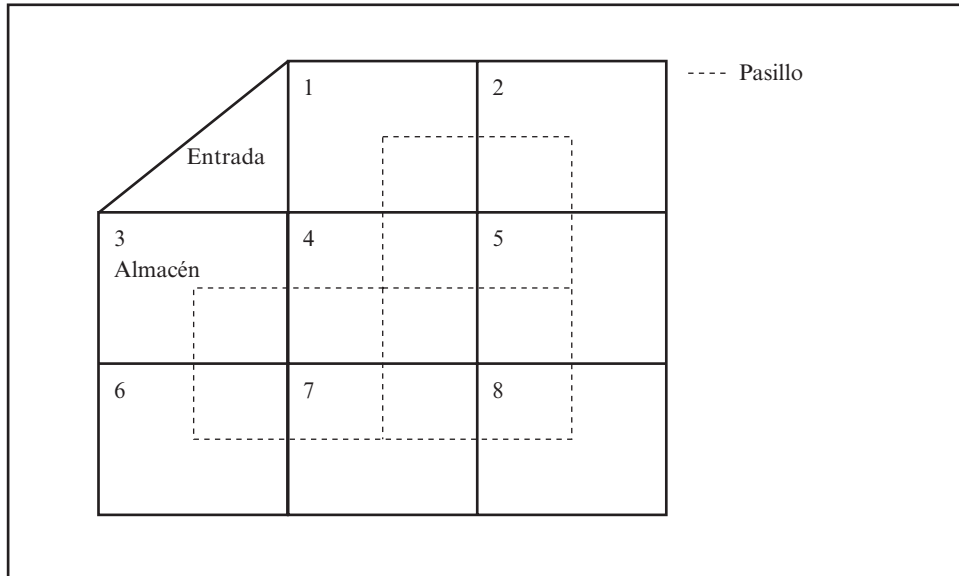


Figura 8.31. Planta de la empresa.

El primer paso del análisis entre departamentos fue determinar el flujo de trabajo entre los mismos que realizan en su conjunto los trabajadores de cada departamento. Los datos recogidos de varias semanas en otra de las plantas de la empresa determinaron el tráfico medio diario, medido como número de desplazamientos entre departamentos. Aunque hay alguna fluctuación en el número de relaciones físicas (cada vez menores gracias a la utilización de las nuevas tecnologías) durante los diferentes días de la semana y dependiendo de los proyectos o de los clientes, esta media proporciona una buena estimación del flujo de trabajo entre cada par de departamentos.

Un análisis más pormenorizado de los datos del flujo de trabajo reveló que había importantes relaciones que no se consideraron. Por ejemplo, aunque los flujos de material son escasos entre los departamentos de producción y pruebas, estas áreas utilizan el mismo tipo de equipo, muy ruidoso, que requiere de un revestimiento mayor en las paredes que aisle el ruido. Por tanto, sería necesario mantener todo este equipo cercano para minimizar los costes de construcción. Debido a este ruido, también es deseable mantener este departamento alejado de áreas que requieren concentración, como el administrativo-contable o el financiero. Para tener en cuenta este tipo de problemas se establecieron índices de proximidad para cada par de departamentos, empleando el esquema de la tabla 8.1.

TABLA 8.1
Índices de proximidad

A	Absolutamente necesario.
E	Especialmente importante.
I	Importante.
O	Proximidad es correcta.
U	No importante.
X	No deseable.

La tabla 8.2 proporciona la media diaria de flujo de trabajo entre departamentos en la parte superior derecha y los índices de proximidad en la parte inferior izquierda. Por ejemplo, el flujo de trabajo entre el área de producción y el de ventas es de 40 desplazamientos diarios y existe un índice de proximidad de «Importante».

TABLA 8.2
Flujos de trabajo e índices de proximidad de cada departamento

Departamento	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Producción	—	40	2	200	10	5	2	10
2. Ventas	I	—	30	5	3	3	5	5
3. Administrativo-contable	X	I	—	5	1	4	20	2
4. Almacén	I	O	U	—	25	20	2	3
5. Pruebas y ensayos	A	O	O	A	—	4	1	3
6. Informático-tecnológico	O	U	U	E	O	—	7	3
7. Financiero	X	A	A	U	O	E	—	6
8. I + D	O	U	I	U	A	I	E	—

Preguntas para reflexionar

- Desarrolle un *layout* que minimice el flujo total de trabajo y coméntelo.
- Desarrolle un *layout* empleando las relaciones definidas por los índices de proximidad y coméntelo.
- Desarrolle un *layout* que considere a la vez el flujo de trabajo y las relaciones de proximidad entre departamentos. ¿Cree que es factible hacer una distribución que satisfaga plenamente ambos criterios?
- Indique otros aspectos que se deberían considerar cuando se desarrolla una distribución en planta.

7. **Actividades de funcionarios.** La jefa de la Unidad Administrativa de Admisión de una facultad intentó realizar un análisis de las operaciones que se llevan a cabo en su secretaría para la admisión de nuevos estudiantes. El proceso estaba compuesto de varios pasos, con los tiempos asociados necesarios para realizarlos:

	Minutos
A. Estudio inicial de la solicitud.	5
B. Proceso de pago.	30
C. Verificación de la documentación.	40
D. Entrevista.	15
E. Examen psicotécnico.	15
F. Resolución de la solicitud.	10

La jefa observó que cada paso estaba asignado a una persona diferente, y que el trabajo estaba desigualmente repartido entre los empleados, estando el responsable de la verificación de la documentación saturado, lo cual provocaba errores, sobre todo en época de alta demanda. Cada solicitud era un proceso separado en la secuencia mostrada anteriormente y la oficina debería estar preparada para ajustarse a una demanda de 20 solicitudes por hora.

En cuanto a los costes salariales, las actividades A a D las realizaban generalmente empleados a los que se pagaba 9 € por hora. La actividad E la realizaba un especialista, que podía también realizar la entrevista (actividad D), al que se le pagaban 12 € por hora. La actividad F estaba asignada al secretario del centro, que cobraba 10 € por hora y podría realizar cualquier actividad de la A a la D si los otros trabajadores lo necesitaban.

El orden de prelación de las tareas implica que la actividad A debe realizarse antes de cualquier otro paso y la F no podía realizarse hasta que se hubieran finalizado el resto de actividades. El resto de actividades podrían realizarse cuando quisieran.

La jefa tuvo muchas dificultades para incrementar la productividad y una reducción de costes, pero también fue advertida por el Decano de que tenía que adaptarse a la demanda de solicitudes, ya que quería demostrar que había conseguido hacer más eficiente un servicio que tradicionalmente era recordado por las grandes colas que se producían en el *hall*.

- a) ¿Cuál es el número máximo de solicitudes al día que pueden atenderse en la actualidad? Se trabaja de 8:00 a 16:00 con una hora de descanso.

- b) ¿Cuántas solicitudes pueden atenderse al día si se añade un segundo empleado exclusivamente para la verificación de la documentación?
- c) Suponiendo que se incorporara un nuevo empleado para realizar cualquier actividad, ¿cuál es el número máximo de solicitudes que el proceso puede atender?
- d) ¿Cómo influiría que las actividades A, B y C se puedan combinar y compartir entre los tres trabajadores, ya que no requieren de capacitación diferente? ¿Cuántas solicitudes se pueden resolver al día?
- e) ¿Se podrían realizar las 20 solicitudes al día con los seis trabajadores iniciales?
- f) ¿Qué modificación sugeriría para adaptar el proceso a una demanda de 20 solicitudes por día, como mínimo?, ¿cuánto costaría?

8. Así serán los supermercados del futuro: Sin cajas, sin esperar cola, sin dinero, sin empleados... Amazon prepara su próxima revolución para los consumidores sin tiempo.

Imagine un supermercado en el que no haya que pasar por cajas ni hacer colas antes de salir. Donde entre por la puerta y, tras recoger de las estanterías todo lo que le apetezca, simplemente pueda salir por donde ha venido y el importe total de su compra se cargue automáticamente en su cuenta del banco. Todo gracias a una aplicación en el teléfono que recoge la información que cámaras y sensores distribuidos por todo el establecimiento han recogido y convertido en algoritmos. Ahora, deje de imaginar. Esta realidad alternativa que suena a ciencia ficción ya existe en una tienda para empleados de Amazon en Seattle, donde el gigante electrónico tiene su sede. De momento Amazon Go está en fase de prueba, ultimando los últimos detalles, pero se espera que el público general pueda entrar a principios de 2017.

Con sus 160 m², este es un concepto pensado para compradores con prisa, de esos que tienen poco tiempo y necesitan gastar el mínimo de minutos posibles en el supermercado. Los productos, colocados como en cualquier establecimiento, esperan en las estanterías. Las cámaras detectan cuándo el comprador, que necesita tener instalada una aplicación, agarra, por ejemplo, una ensalada prefabricada. Esta se lista en el carro de la compra virtual, como en Amazon. Si cambia de idea y decide que prefiere un bocadillo vegetal, al dejar la ensalada de vuelta en la estantería se quita de la lista. El secreto es un proceso que Amazon denomina *Just Walk Out*, que básicamente combina una serie de tecnologías como visión artificial, fusión de datos y aprendizaje profundo, permitiendo identificar al comprador por su cara.

Pese a todo, por su tamaño, no resulta una amenaza para los millones y millones de cajeros, reponedores o limpiadores que trabajan en los supermercados. **Pero, ¿y si Amazon tuviese planes para llevar esta idea a**

un enorme espacio de entre de 1.000 y 4.000 m² repartidos en dos plantas? En ese caso, esos millones de personas tendrán un bueno motivo para odiar a las máquinas y las nuevas tecnologías.

Eso es al menos lo que asegura Josh Kosman en el *New York Post*, que maneja fuentes internas de la compañía para afirmar que en breve esos establecimientos serán una realidad. Según Kosman, **la planta baja estaría dedicada a esos productos que a la gente le gusta ver, tocar y sentir**, como frutas y hortalizas, huevos, carne, quesos, embutidos o bebidas alcohólicas. En total unos 4.000 productos. También tendría allí su propia farmacia, un negocio muy lucrativo. Mientras, **en la planta primera una serie de robots** se encargarían de embolsar la selección que haga el consumidor de su oferta de 15.000 a 20.000 productos envasados, como cereales, salsa de tomate, papel higiénico, macarrones...

Este esquema podría operar con solo tres trabajadores, con un máximo de diez por turno. Como ideal, uno haría de manager y apuntaría a los clientes para los servicios *premium*. Otro se encargaría de reponer las estanterías, otros dos estarían en una ventanilla dando las bolsas que los robots empaquetan en el piso superior, y otros dos bajarían dichas bolsas. Con este ahorro de personal y de espacio, al tener el almacén y la tienda combinados en la planta segunda, se calcula que los márgenes de beneficio podrían ser de más de un 20%, mucho más que el habitual de entre el 1 y el 3%.

Según la fuente, el proyecto está en paños menores, y aunque Amazon ha negado que tan siquiera exista no sería la primera vez que una empresa de estas características oculta este tipo de ideas. *The Wall Street Journal* contó en diciembre que Amazon planea abrir 2.000 tiendas físicas por todo Estados Unidos, y algunos aseguran que a finales de este año ya abriría un primer supermercado.

Además, usar tecnología para recortar costes laborales no es una idea nueva para Amazon. Basta recordar su proyecto de usar drones para entregar sus paquetes en vez de humanos, o sus patentes para un almacén volante automatizado. Pero si estos dos conceptos parecen demasiado lejanos, miremos sus números. Según publica Ángel González en *The Seattle Times*, en el último año los robots en sus almacenes de Estados Unidos han pasado de 30.000 a 45.000. Puede no parecer mucho, pero de acuerdo al Foro de Davos de este 2017 los robots, la automoción y la inteligencia artificial remplazarán a 5 millones de trabajadores para 2020. Los cajeros de supermercados pueden estar entre los pioneros.

- a) Si no hay cajas en las que pagar ni colas de espera, ¿cómo influirá ello en el nuevo *layout* del supermercado?
- b) ¿Tiene lógica el nuevo diseño de las dos plantas en la nueva distribución? ¿La idea es similar a la que actualmente conocemos?

- c) ¿Cree que es buena idea tener el almacén y la tienda combinados en la misma planta?
- d) ¿Cómo cambiará la planta si se sustituyen trabajadores por robots?

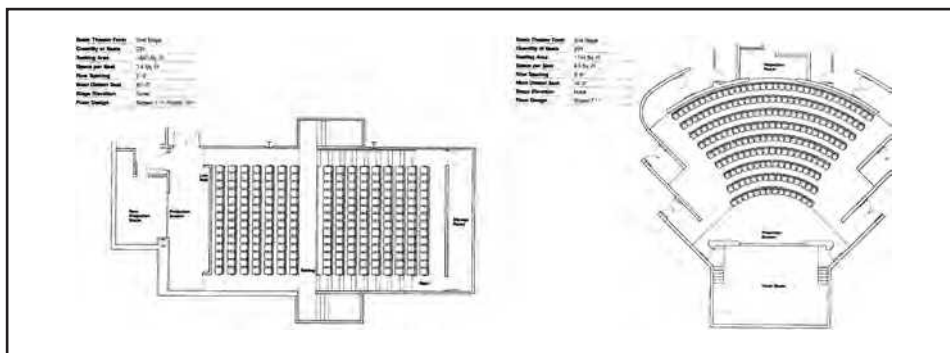
Adaptado de *Vanity Fair* (8 de febrero de 2017). Recuperado de: <http://www.msn.com/es-es/dinero/empresa/as/%C3%AD-ser%C3%A1n-los-supermercados-del-futuro/ar-AAmJ6gw?li=AA4RBE&ocid=spartanntp>.

9. **Cómo diseñar los asientos de un teatro: 21 *layouts* detallados.** La isóptica de la audiencia, la acústica y la accesibilidad hacen del diseño de un teatro un arte extremadamente preciso. Como parte de una serie de recursos *online* para arquitectos y diseñadores, el equipo de Theatre Solutions Inc. (TSI) ha elaborado un catálogo de 21 ejemplos de disposiciones para el diseño de asientos en el teatro. Cada *layout* está muy bien detallado, con información sobre el número de asientos, el área para la zona de asientos y el espacio entre hileras. Estos diseños se dividen en tres formas generales:

1. Esquema italiano

En el esquema italiano toda la audiencia mira hacia el escenario en la misma dirección. Las líneas de visión se mantienen simples, haciendo que estos diseños sean perfectos para conferencias, películas y presentaciones. También encajan bien en las plantas rectangulares convencionales.

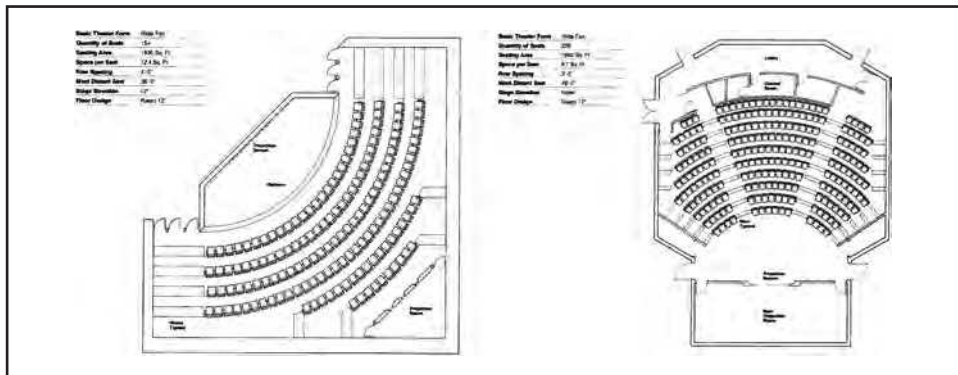
Sin embargo, este tipo no es demasiado exitoso en la creación de una estrecha relación entre el intérprete y el espectador. Los teatros con esta forma tampoco pueden ser demasiado grandes, debido a los límites acústicos.



2. Organización radial

En el diseño radial los asientos del teatro se colocan dentro de un ángulo de 130 ° de inclusión. Esto hace que la audiencia esté más cerca del artista, estableciendo una experiencia más íntima.

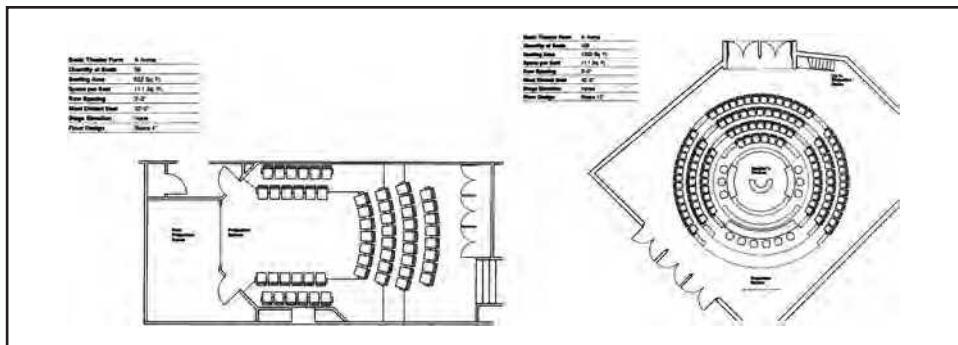
Este ángulo también significa que la forma está mejor orientada hacia las actuaciones relacionadas con el habla. Las presentaciones de películas serían más difíciles en estos espacios, requiriendo pantallas con un posicionamiento adecuado, quizá más atrás del escenario, para compensar los asientos que tienen sus líneas de visión distorsionadas.



3. 3/4 de arena

Los 3/4 de arena ven en un ángulo de 180-270 ° de inclusión. Se mejora el contacto auditivo y visual entre el espectador y el intérprete, y los miembros de la audiencia pueden verse cuando se miran hacia adelante, de modo que la sensación de inclusión se incrementa aún más.

Sin embargo, las presentaciones de películas convencionales son casi imposibles y requerirían una disposición alternativa para las pantallas, tal como una serie de pantallas más pequeñas dispuestas a través del espacio.



4. Otros tipos de *layout*

Mientras que los tres modelos anteriores tienden a ser las formas más comunes de disposición de asientos, no son los únicos. Otras opciones incluyen asientos tipo arena donde la audiencia se coloca alrededor de los 360 ° del escenario, común para los teatros extragrandes como el Royal Albert Hall, y el estilo viñado, donde los asientos se organizan en cascadas de minibloques en diferentes niveles, incluyendo la parte trasera del escenario, como en la Filarmónica del Elba en Hamburgo.

Hay disposiciones incluso más diferentes; el Bijlmer Park Theatre es un híbrido entre el esquema italiano y 3/4 de arena, con asientos flexibles extraíbles que lo convierten de uno a otro, mientras que los asientos de La Ola se distribuyen como su nombre.

Para más detalles sobre el diseño de auditorios, incluyendo información como el espaciamiento de asientos y la pendiente del auditorio, se puede acudir al artículo completo de TSI en <http://www.theatresolutions.net/auditorium-seating-layout>.

- a) Piense en algún espectáculo al que haya ido. ¿Qué tipo de *layout* tenía? ¿Se sintió cómodo?
- b) Con el conocimiento que tiene ahora, ¿cree que el *layout* era el adecuado para el espectáculo al que fue?

Adaptado de Lam, S. (24 de noviembre de 2016). Recuperado de: <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/799896/como-disenar-los-asientos-de-un-teatro-21-layouts-detallados>.

10. **Así funcionarán las factorías inteligentes de Audi.** Vivimos en un mundo que cada vez se está automatizando más y más, donde los tiempos de producción son si cabe cada vez más importantes, por lo que el uso mayoritario de robots se está volviendo cada vez más prioritario. En las **cadenas de montaje de las factorías automotrices son extremadamente importantes**; por eso marcas como Audi se encuentran en proceso de mejorar sus fábricas y buscar también la perfecta armonía en el trabajo entre humanos y robots.

En Győr, Hungría, se encuentra una de las factorías inteligentes de Audi, en la que los alemanes están utilizando sus **instalaciones como banco de pruebas** para futuros métodos de producción. Uno en el que más recursos están destinando es al montaje modular, un nuevo sistema que permite mejorar los tiempos de producción y la productividad en hasta un 20% respecto a los sistemas actuales.

El **montaje modular** se basa en centros de trabajo más pequeños y separados, en los que un sistema de transporte sin conductor lleva los

coches en montaje y las piezas necesarias, controlados mediante un ordenador central que reconoce de manera individual las necesidades de cada centro de montaje. Estos transportes sin conductor, desarrollados por el departamento de Desarrollo de Tecnología para los Sistemas de Asistencia a la Producción, son además de dos tipos: uno de ellos se mueve controlado por un ordenador, y el otro de manera autónoma por una ruta ya definida.

Pero el trabajo de este departamento no termina aquí, ya que también se encuentran trabajando en proyectos que mejoran la **coordinación entre personas y robots** cuando trabajan codo con codo. Alguno de estos proyectos son las mesas de montaje con funciones asistidas y dos nuevos robots totalmente innovadores: uno de ellos es un brazo flexible para tareas de sujeción y montaje y el otro es un robot ligero especial.

Los sistemas de transporte autónomos serán un factor importante en el apartado logístico, tanto que en la fábrica de Ingolstadt ya se encuentran realizando pruebas con carretillas elevadoras y carros guiados, de los que se espera comiencen a funcionar en serie este mismo año. Incluso también han realizado pruebas con drones en esta misma planta, de los que se espera puedan llegar a transportar a los centros de montaje las piezas que sean de carácter urgente.

Otro departamento con especial importancia es el Laboratorio de Producción, también conocido como P-Lab, que se encuentra desarrollando proyectos tan importantes como un sistema para el reconocimiento temprano de errores durante la colocación de tornillos y tuercas, o unas gafas de realidad asistida, aumentada y virtual para los empleados en la producción.

Por último, otro departamento importante es el llamado Fabricación de Herramientas, donde se investiga para reducir en hasta un 20% de media el peso de los útiles de trabajo. Pero no solo eso, sino que también se encuentran investigando el desarrollo de la impresión 3D sobre metal, con lo que se podría crear piezas complejas de aluminio y acero. Ahora mismo en Audi ya están fabricando piezas para herramientas de producción en serie con esta tecnología, pero creen firmemente que esta tecnología se podrá implementar a medio plazo para la fabricación de componentes en series pequeñas.

- a) ¿Puede identificar los distintos tipos de *layout* que aparecen en el texto?
- b) ¿El que se utilicen robots en vez de humanos hará cambiar la filosofía del *layout* orientado al producto?

Adaptado de López, D. (30 de enero de 2017). Recuperado de: <http://www.highmotor.com/factorias-inteligentes-audi.html>.

11. **Oficinas con corazón, clave en el enriquecimiento personal y laboral.** ¿Recordáis el concepto de trabajo de Henry Ford? Toda una auténtica revolución, un punto de partida para toda empresa que quisiera estar «a la última». La **cadena de montaje..., una forma de trabajo que generaba riqueza económica.** Pero ¿y la riqueza mental? ¿Dónde quedaba?

Hasta no hace mucho tiempo el ser humano buscaba la riqueza material, trabajar para poder subsistir, centrándose únicamente en lo material. Todos teníamos en la mente el concepto de «trabaja, cumple tu función y a final de mes tendrás tu recompensa». No importaba si era el trabajo de tus sueños o simplemente era un empleo.

Para los *millennials*, la generación nacida entre 1981 y 1996, ese concepto ya no es suficiente. Ahora no nos conformamos con esto, queremos más, hemos evolucionado. Ahora no solo nos interesa lo material, hemos descubierto la importancia de enriquecer la mente, el conocimiento, la satisfacción que produce lo inmaterial, rodearte de personas, socializar...

Y si se pudieran unir vida laboral y vida social, ¿por qué no hacerlo?

Levantarte por la mañana, ir a la oficina y, al mismo tiempo que desempeñas tu trabajo, poder relacionarte con otras personas, no solo con compañeros de trabajo, sino con profesionales de otros ámbitos que te enseñan, a los que tú enseñas, que te aportan ideas nuevas, que te hacen crecer como persona...

El economista Andrew Chamberlain, en su informe de tendencias para 2017, explica que «los empleos más demandados requieren creatividad y flexibilidad, juicio y capacidades humanas. Estos trabajadores buscarán un conocimiento más profundo, confianza y relaciones personales».

Un ejemplo de ello son los **centros de negocios y coworkings de oficinas**. Estos centros ofrecen un plus de relación que no ofrecen las oficinas convencionales. En palabras de su director de expansión, Roberto Zúñiga: «Nuestra meta es la creación de sinergias entre nuestros clientes; llevamos tiempo poniendo en práctica este concepto y cada vez estamos más convencidos de su eficacia. En nuestros centros, los clientes se interrelacionan durante la jornada laboral y además disfrutan de un ambiente más distendido en las jornadas de *networking* y *afterworks* que organizamos. Estamos logrando una relación tan estrecha entre clientes que es algo verdaderamente enriquecedor».

Los *coworkings* como oficinas ya son un modelo de negocio a tener muy en cuenta; **lugares que ofrecen total flexibilidad, enriquecimiento mental, tecnología puntera y bajo coste.** Son oficinas con «corazón» donde se aprovechan los espacios comunes para entablar relaciones laborales, creando ambientes de trabajo idílicos, donde los clientes son tan importantes como la propia empresa.

En este 2017 los grandes empresarios deberían llevar a cabo este concepto; en poco tiempo verían cómo sus clientes pasan a ser algo

más que una relación laboral, cómo se implican y se integran en sus empresas. Esto hace que surja una relación más estrecha B2B, B2C, lo que repercutirá en la felicidad y aumento del beneficio tanto de los clientes como de los empresarios.

- a) ¿Qué tipo de *layout* de oficinas conoce?
- b) ¿Qué características tienen cada una de ellas?
- c) ¿Con qué se relaciona la del texto?

Adaptado de *Recursos Humanos Digital* (16 de enero de 2017). Recuperado de: <http://www.rrhhdigital.com/secciones/empresa/121961/Oficinas-con-corazon-clave-en-el-enriquecimiento-personal-y-laboral>.

CUESTIONES DE REPASO

1. Defina *layout* o distribución en planta.
2. ¿Qué tipos de distribuciones en planta conoce?
3. Nombre algún objetivo para cada tipo de distribución en planta.
4. ¿Cuál es el objetivo dominante para cada tipo de distribución en planta?
5. ¿Dónde se utilizan la tabla de relaciones y la matriz de recorridos?
6. ¿Qué programas informáticos se utilizan para cada tipo de distribución en planta?
7. Compare la distribución en planta de las oficinas centrales de un banco y de un hospital.
8. Compare la distribución en planta de las oficinas centrales de un banco con las de una sucursal.
9. Compare la distribución en planta de un restaurante de tres tenedores y otro de comida rápida.
10. ¿Cuál es el procedimiento general para diseñar una distribución en planta orientada al proceso?
11. ¿Qué pasos hay que seguir para diseñar una distribución en planta orientada al proceso si conocemos los recorridos entre departamentos?
12. ¿Qué pasos hay que seguir para diseñar una distribución en planta orientada al proceso si no podemos cuantificar los recorridos entre departamentos, pero sí la relación entre los mismos?
13. Explique por qué deben ser balanceadas las líneas de ensamble.
14. Describa el procedimiento general para el balanceo de líneas.
15. ¿Qué son las heurísticas o reglas de asignación en el balanceo de líneas?

16. ¿Qué es una distribución en línea flexible?
17. ¿Qué es el entorno del servicio?
18. ¿Qué aspectos se pueden incluir en el entorno del servicio?
19. ¿Qué es la seguridad en el trabajo? ¿Y la ergonomía?
20. ¿Por qué la seguridad y la ergonomía son importantes a la hora de diseñar el lugar de trabajo?

WEB LINKS

<http://www.proplanner.com/en/products/>

Proplanner es el líder de soluciones de PLM-MDM (*Manufacturing Data Management for the Product Lifecycle*) para optimizar el lanzamiento de nuevos productos en plantas de ensamblaje. Proplanner ofrece productos para diseñar y gestionar los procesos de manufactura y de la planta, así como para diseñar y ejecutar el sistema de logística en la fábrica. Diseña y comercializa aplicaciones que se usan para estimar los tiempos de las operaciones, el balanceo del trabajo a través de la línea de montaje, generar e implementar las instrucciones de la planta, etc.

<http://pcon-planner.com/es/>

Permite dibujar ambientes profesionales.

<https://www.spacedesigner3d.com/>

Permite crear plantas y levantar la perspectiva en tres dimensiones.

BIBLIOGRAFÍA

Libros sobre diseño de instalaciones

- Bitner, M. J. (1992). Servicescapes: The impact of physical surroundings on customers and employees. *Journal of Marketing*, 56, 57-71, abril.
- Meyers, F. E. y Stephens, M. P. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura y manejo de materiales* (3.^a ed.). México: Pearson Educación.
- Muther, R. (1973). *Systematic layout planning* (2.^a ed.). Boston: Cahnners Books.
- Sule, D. R. (2009). *Manufacturing facilities. Location, planning and design* (3.^a ed.). Florida: CRC Press.
- Tompkins, J. A., White, J. A., Boxer, Y. A. y Tanchoco, J. M. A. (2006). *Planeación de instalaciones* (3.^a ed.). Madrid: Prentice Hall.

Libros con capítulos sobre distribución en planta

- Chase, R. B., Jacobs, F. R. y Aquilano, N. J. (2009). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministros* (12.^a ed., cap. 7A, pp. 220-253). México: McGraw-Hill.
- Collier, D. A. y Evans, J. R. (2012). *OM* (cap. 8, pp. 146-167). Ohio: Cengage Learning.
- Heizer, J. y Render, B. (2007). *Dirección de la producción y de operaciones. Decisiones estratégicas* (8.^a ed., cap. 9, pp. 431-481). Madrid: Pearson Educación.
- Krajewski, L. J. y Ritzman, L. P. (2000). *Administración de operaciones. Estrategia y análisis* (5.^a ed., cap. 10, pp. 400-452). México: Pearson Educación.
- Miranda, F. J., Rubio, S., Chamorro, A. y Bañegil, T. M. (2007). *Manual de dirección de operaciones* (cap. 6, pp. 265-299). Madrid: Thomson.
- Nahmias, S. (2007). *Análisis de la producción y las operaciones* (cap. 10, pp. 535-609). México: McGraw-Hill.
- Slack, N., Chambers, S. y Johnston, R. (2010). *Operations Management* (6.^a ed., cap. 7, pp. 177-205). Londres: Prentice Hall.
-

9

Recursos humanos y diseño del trabajo

Juan A. Marin-Garcia
Julien Maheut
Julio J. García-Sabater

INTRODUCCIÓN

El factor humano se puede analizar desde el diseño de puestos, o desde el estudio del trabajo. En el capítulo nos vamos a centrar en el diseño de puestos, pero comentaremos algunos aspectos básicos sobre el estudio del trabajo, para que aquellas personas que quieran profundizar sobre el tema sepan en qué consiste el estudio del trabajo, para qué les puede servir, qué herramientas se emplean y qué referencias consultar.

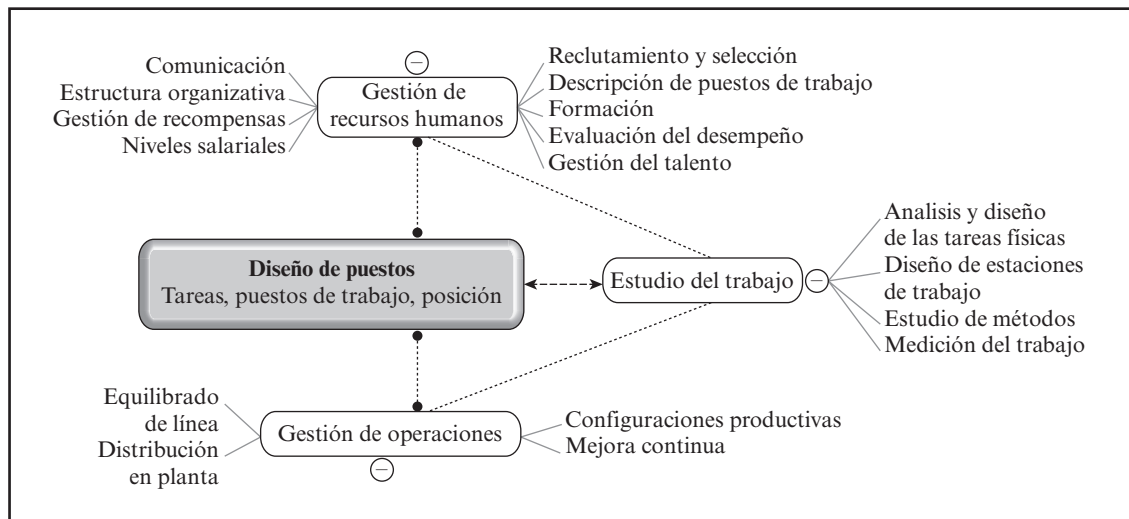


Figura 9.1. Relación del diseño de puestos con la gestión de operaciones y la gestión de recursos humanos.

Por otra parte (véase figura 9.1), el diseño del puesto de trabajo está íntimamente relacionado con la gestión de recursos humanos y con algunos aspectos de la gestión de operaciones.

Respecto a la gestión de recursos humanos, no hay duda de que hay una vinculación clara entre la descripción del puesto de trabajo y el diseño de puestos. Por ello, el diseño de puestos de trabajo afectará a los procesos de selección, ya que determinará el perfil de candidato que se busca. También tendrá efectos en los sistemas de recompensas, pues dependiendo de la complejidad, penosidad o exigencia del puesto se le asignará unos niveles salariales diferentes. Del mismo modo, un cambio o rediseño del puesto podría afectar a la categoría profesional del puesto, sus niveles retributivos, la formación necesaria, los canales de comunicación a emplear, las relaciones con otras unidades del organigrama o, incluso, el modo en que se realiza la evaluación del desempeño o sus niveles de referencia.

De manera similar, otras áreas de la gestión de operaciones afectan al diseño de puestos de trabajo. Por ejemplo, un cambio de configuración productiva, o pasar de un sistema de producción en masa a uno de producción ajustada, modificaría el diseño del puesto de las personas afectadas. También es muy probable que, tras una acción de mejora continua, en la que se busque una mejora de la productividad, la calidad, niveles de inventario o tiempos de ciclo, se haya modificado la distribución de las estaciones de trabajo o se haya realizado un equilibrado de la línea y sea necesario rediseñar los puestos de trabajo. En este contexto de mejora continua también es probable que los responsables de operaciones lancen proyectos para mejorar el absentismo, la implicación del trabajador, los accidentes, la satisfacción o motivación de los trabajadores, o se quiera reducir la fatiga física o psicológica de los trabajadores. Como veremos en este capítulo, el diseño de puestos puede ayudar a modificar estos indicadores.

EJEMPLO 9.1. Un empleado contento es más productivo

«Flexibilidad, sentimiento de pertenencia, orgullo, confianza, compromiso, comunicación, innovación, conciliación laboral y familiar... son las principales características que afirman poseer las ganadoras del ranking de las mejores empresas para trabajar en España, otorgado por el instituto «*Great place to work*» tras realizar un estudio de un total de 250 empresas que emplean a 220.000 personas.

La clave: la confianza, que, según Montse Ventosa, directora del Instituto «*Great place to work*», mueve montañas. Las compañías premiadas insisten en que hay que crear un compromiso entre los empleados que genere un ambiente de trabajo relajado y eficiente, ya que, según el director de recursos humanos de Bain and Company, Eduardo Giménez, «un trabajador contento es más productivo».

Otro gran avance es la trayectoria hacia el «teletrabajo», un concepto en el que hacen hincapié la mayoría de las empresas premiadas. «No me sirve de nada tener a los trabajadores a las ocho y media de la mañana en la oficina, lo que me vale es que realicen su trabajo a tiempo», señala el director General de Cisco, José Manuel Petisco. La informática aplica las tecnologías para realizar reuniones y conversaciones a distancia, lo que le permite ahorrar un 20 % en presupuesto de viajes. La responsable de Ventas para Pymes de esta compañía cuenta que ella madruga todos los días para ir a trabajar, pero «lo hago en casa hasta que calculo que el atasco ha terminado, entonces voy.» Petisco afirma que desde que se pusieron en marcha estas medidas en su empresa la productividad ha aumentado y «crece por encima de la media» y «recibimos un gran retorno de lo que invertimos para poder llevarlas a cabo».

Lo mismo piensa Elena Dinesen, que señala que, tras la inversión para poner en marcha las medidas de conciliación, las ventas se dispararon un 18 % y cayó la rotación de manera «considerable». Para lograrlo, Microsoft tuvo que surtir de portátiles a todos los empleados, de teléfonos con tecnología Windows, ADSL, tarjetas 3G..., pero el retorno de esta inversión ha sido y está siendo totalmente positivo.

La farmacéutica Lilly lleva seis años en lo más alto del ranking. Cuando se le pregunta a Juan Pedro Herrera, director general de recursos humanos de la compañía, por su secreto, afirma rotundo que lo más importante «es el buen ambiente, y este se crea con comunicación».

FUENTE: Adaptado del artículo «Un empleado contento es más productivo» de Blanca Arroyo Alonso publicado en *El Mundo* 25/05/2008 <http://www.elmundo.es/mundodine-ro/2008/05/20/economia/1211282635.html>.

Objetivos de aprendizaje

- Comprender las relaciones del diseño de puestos de trabajo con otras decisiones de dirección de operaciones.
- Diferenciar las dos líneas de trabajo en aspectos humanos en dirección de operaciones: diseño de puestos y estudio del trabajo.
- Definir los conceptos clave de diseño de puestos de trabajo.
- Identificar las características de los enfoques predominantes de diseño de puestos.
- Ser capaz de analizar el propio puesto de trabajo.
- Decidir en qué momento es necesario realizar un diseño de puestos.
- Enumerar los pasos recomendados para realizar un diseño de puestos.
- Ser capaz de participar en un equipo de diseño de puestos de trabajo, haciendo aportaciones interesantes al mismo.

9.1. DEFINICIONES DE LOS CONCEPTOS BÁSICOS

El diseño de puestos de trabajo (*job design*) analiza y describe las tareas (contenido) a realizar en un puesto de trabajo, cómo se realizan (métodos, procesos) y las relaciones con otros puestos, así como el impacto que todo ello puede producir en las personas, grupos u organizaciones (Bayona, Caballer y Peiró, 2015; Domínguez Machuca et al., 1995).

Un puesto de trabajo (*job*) es el conjunto de actividades o responsabilidades asignadas a una persona dentro de una organización. Por un lado, el puesto de trabajo se compone de una serie de tareas (*tasks*) que las personas que ocupan esos puestos de trabajo realizan de manera habitual durante su jornada laboral. Estas tareas contienen un conjunto de actividades que realiza la persona para producir un bien u ofrecer un servicio. Para completar estas actividades, las personas necesitan realizar cierto esfuerzo físico o mental y pueden realizarlas de manera completamente individual o exigir la participación o relación con otras personas. Del mismo modo, pueden requerir del uso de herramientas, maquinaria o cualquier otro tipo de ayuda tecnológica para completarlas (Medsker y Campion, 2001).

Por otro lado, el puesto de trabajo está asociado a personas. Este es un aspecto importante. Una estación de trabajo podría estar ocupada solo por máquinas, y las tareas (nunca las responsabilidades) de esa estación de trabajo podrían estar diseñadas para ser realizadas por máquinas. Sin embargo, cuando hablamos de puestos de trabajo siempre nos estaremos refiriendo a personas, que interactuarán en mayor o menor medida con la tecnología para completar sus tareas. Por ello, los aspectos humanos siempre tendrán un papel importante en el diseño de los puestos de trabajo.

En una organización puede haber un número de personas desempeñando un mismo puesto de trabajo, cada una de ellas ocupando distintas «posiciones» (*positions*) del mismo puesto de trabajo. Por ejemplo, en un hospital puede haber un puesto de trabajo denominado «anestesista». Pero puede haber varias posiciones de anestelistas, de modo que haya varias personas desempeñando exactamente el mismo conjunto de tareas y asumiendo el mismo tipo de responsabilidades (bien porque lo hagan en días o turnos diferentes, o bien porque trabajen en paralelo para proporcionar más capacidad).

Por otra parte, una persona puede estar ocupando varios puestos de trabajo simultáneamente, si las tareas asignadas a esos puestos solo ocupan una parte de la jornada laboral.

9.2. ESTUDIO DEL TRABAJO

Como ya se ha comentado, hay dos líneas de trabajo a la hora de abordar los aspectos humanos relacionados con los puestos de trabajo. Este capítulo se centra en el diseño de puestos. Pero antes se presentan algunos comentarios y

sugerencias de lecturas para aquellas personas interesadas en conocer con más detalle los aspectos que tradicionalmente se abordan desde el enfoque de «estudio del trabajo».

El estudio del trabajo tiene por objeto examinar de qué manera se está realizando una actividad, simplificar o modificar el método operativo para reducir el trabajo innecesario o excesivo o el uso antieconómico de recursos, y fijar el tiempo normal para la realización de esa actividad (Blackstone, 1998; Kanawaty, 1996).

Las principales técnicas del estudio del trabajo son el estudio de métodos, la medición del trabajo, la valoración del trabajo y la retribución del trabajo (Domínguez Machuca et al., 1995; Lakhwinder, 2016). La parte de estudio del método tiene como fin simplificar la tarea y establecer los métodos más eficientes para ejecutarla, mientras que la medición permite establecer el tiempo que se debería emplear para llevar a cabo la tarea.

La relación entre productividad y estudio del trabajo es, pues, evidente. La Organización Internacional del trabajo (OIT) establece un procedimiento básico para estudiar de manera sistemática y exhaustiva un trabajo:

- Paso 1: selección del trabajo que queremos estudiar, con base en cuestiones económicas y consideraciones de eficiencia, técnicas y/o humanas, fijando siempre los límites del estudio. La selección se puede realizar con un análisis de Pareto, estudiando el nivel de satisfacción de los empleados, o con cualquier otro método para priorizar y discriminar la selección.
- Paso 2: registro de toda la información necesaria y relevante acerca del proceso o tarea objeto del estudio. Para ello es necesario bajar a planta, observar lo que ocurre y anotarlo en gráficos y diagramas (cursogramas sinópticos o analíticos, diagramas bimanuales o de actividades múltiples, diagrama de hilos, etc.). El objetivo, en esta fase, es delimitar claramente la sucesión de movimientos e interrelaciones de movimientos que se dan lugar en el puesto de trabajo o el proceso, así como su secuencia en el tiempo.
- Paso 3: examen crítico de los hechos registrados. En esta fase, a través de la técnica del interrogatorio se plantea un listado de preguntas sistemáticas y progresivas para intentar prescindir de las operaciones «no productivas» y mejorar las operaciones denominadas «activas» pero no «claves».
- Paso 4: establecimiento de un método perfeccionado para buscar el método más eficiente.
- Paso 5: evaluación comparativa entre los dos métodos para justificar su implantación. En esta fase se genera el cursograma con el nuevo método, debiendo compararlo con el antiguo método para asegurar que no se ha omitido nada.
- Paso 6: definición del nuevo método. Es necesario dejar constancia del método, estableciendo la hoja de instrucciones del operario con el nivel de detalle adecuado para formar al operario. Se necesitan incorporar los

tres aspectos básicos del método: los recursos (herramientas y equipos que se utilizan), el método que se ejecutará (hasta el nivel de detalle adecuado) y un diagrama de la organización del puesto de trabajo.

- Paso 7: implantación del nuevo método. En esta penúltima fase el método tiene que recibir la aprobación tanto de la dirección y de los operarios afectados como de los sindicatos, pasando, obviamente, por una fase de formación y capacitación.
- Paso 8: control de la aplicación de la nueva norma establecida con el método, donde se realizará una temporización para el despliegue del método en el puesto de trabajo y un seguimiento de ello.

Por otro lado, la segunda dimensión fundamental del estudio del trabajo consiste en la correcta medición del trabajo que se va a ejecutar, o que se ejecutará en los puestos de trabajo. La medición del tiempo determina los tiempos estándares que definen el trabajo de un hombre en una hora. Existen diferentes técnicas para la medición del trabajo. Se presentan a continuación las más aplicadas y rigurosas científicamente:

- Muestreo de actividades. En este caso es necesario realizar un conjunto de observaciones, a través de recorridos a intervalos de tiempos aleatorios, e ir apuntando la situación en la cual se encuentran las máquinas y los puestos de trabajo. En caso de observar paradas o fallos, también se anotan para poder darle un tratamiento. Cuando el muestreo es representativo, se pueden determinar, con un cierto nivel de confianza, los tiempos estándares en un puesto de trabajo.
- El cronometraje de actividades. En este caso se aplica una técnica donde un metodista, formado adecuadamente para realizar la medición, realiza, en condiciones determinadas, una medición de tiempos con el fin de averiguar el tiempo requerido para ejecutar una tarea según una norma de ejecución preestablecida. Para ello se necesita un cronómetro, un tablero de observaciones y unos formularios. Destacar que, a la vez que se mide la actividad, el metodista debe valorar el ritmo y hacer un tratamiento de los elementos extraños que aparecen durante la medición. Aplicando suplementos, se puede establecer el tiempo estándar de una operación en un puesto de trabajo.
- Las normas de tiempo predeterminadas. En este caso existen sistemas de tiempo estándar predeterminado donde se ha fijado el tiempo necesario para efectuar diferentes operaciones y movimientos humanos básicos, clasificados de manera estructurada en contextos determinados. Dada una norma de ejecución, se podrá establecer el tiempo requerido para ejecutar una tarea (incluso sin realizarla). Los sistemas más reconocidos son MTM, MTM-2 (Meyers, 2000), MTM-X (Alonso García, 1998), MOST (Zandin, 2003) y MODAPS (Karger y Bayha, 1987).

9.3. ENFOQUES HABITUALES EN EL DISEÑO DE PUESTOS

Desde sus orígenes (a finales del siglo XIX o principios del siglo XX) se ha abordado el diseño de puestos desde diferentes enfoques. Cada uno de ellos se ha centrado en intentar mejorar un conjunto de indicadores clave de resultados. En un principio se buscaba reducir los costes y la formación necesaria en los empleados, para que estos fuesen reemplazables fácilmente y ocuparan puestos sencillos, con pocas exigencias en cuanto a habilidades. Tuvieron que pasar cerca de 60 años para que las organizaciones empezaran a preocuparse por diseños de puestos de trabajo en los que la preocupación era reducir la fatiga física o las lesiones en los empleados. Casi al mismo tiempo, se abría otra línea de trabajo en la que la prioridad era configurar puestos de trabajo que permitieran aumentar la satisfacción, la motivación y el compromiso de los empleados. Una década después surge la necesidad de diseñar entornos de trabajo más amigables para los trabajadores, evitando las sobrecargas de trabajo, que afectan a la calidad de productos o servicios o a la estabilidad de los procesos. Aunque existen otras clasificaciones, ya que los enfoques han ido evolucionando desde sus orígenes, agruparemos estas corrientes bajo tres epígrafes que se exponen a continuación. Sin embargo, debemos advertir que todas ellas están más o menos representadas e integradas en los modelos actuales para el diseño de puestos de trabajo.

9.3.1. Mejorar accesibilidad

Los estudios sobre accesibilidad se remontan a principios del siglo XX, con la sistematización científica de la división del trabajo para conseguir tareas especializadas, simples y estandarizadas (formalizado el mejor modo para realizarlas), de corta duración (tiempos de ciclo cortos que implicaban, en cada jornada laboral, unas 500 repeticiones o más de la secuencia) y donde un empleado podía ser formado en pocas horas para reemplazar a otro compañero.

En sus versiones más extremas, el trabajo a realizar en un departamento se divide en tareas sencillas, que posteriormente son aún más simplificadas, para que sean fáciles de realizar sin cualificación específica, y por último son asignadas a diferentes empleados, de modo que ninguno completa un producto o servicio de principio a fin, sino solo un fragmento del mismo.

El objetivo de este enfoque es maximizar la eficiencia, y muchas veces ello se obtiene automatizando las tareas, cuando se consiguen simplificar hasta un nivel donde una máquina puede sustituir a un humano. Por ejemplo, observa el modo en que Henry Ford justifica, en 1922, que el diseño de puestos basado en la especialización extrema conduce a conseguir algunos puestos accesibles (por casualidad).

«Hice clasificar todas las operaciones distintas de la fábrica según la índole de máquina y del trabajo (...). La estadística demostró que entonces había en la fábrica 7.882 clases distintas de operaciones, entre las cuales (...) 3.595 no requerían esfuerzo físico alguno, de modo que hubiera podido efectuarlas el hombre más débil. (...) eran clasificadas, a su vez, para comprobar cuáles requerían el uso completo de las facultades; se comprobó que 670 puestos podían confiarse a hombres faltos de ambas piernas; 237 requerían el uso de una sola pierna; en dos casos se podía prescindir de ambos brazos; en 715 casos de un brazo, y en 10 casos la operación hubiera podido corresponder a un ciego...» (Ford, 1922).

Sin embargo, a medida que aumenta el número de puestos de trabajo que intervienen en el proceso, aunque las tareas de cada puesto puedan ser sencillas, las relaciones entre puestos de trabajo se van complicando. Así pues, existe un punto a partir del cual aumentar la división del trabajo, lejos de conseguir más eficiencia provoca que empiece a disminuir, por la dificultad de conectar adecuadamente cada una de las etapas que componen el proceso global.

La visión actual de este enfoque, aunque no excesivamente extendida aún, amplía y matiza las prioridades de los orígenes y se caracteriza por buscar diseños de puestos de trabajo que sean eficientes, fiables, accesibles y sostenibles (Miralles et al., 2007; Miralles et al., 2011). El requisito, ahora, es diseñar puestos que no excedan las capacidades del trabajador potencial menos capacitado. En lugar de buscar el óptimo local, se buscaría mejorar la eficiencia global del sistema, que nunca será mayor que el más débil de sus eslabones (Chaudhari y Mukhopadhyay, 2003). Para lograrlo es preciso introducir los principios del diseño universal (flexible, simple, intuitivo, tolerancia al error, bajo esfuerzo físico y espacio para acceso y uso cómodo).

Esto implica incluir en el análisis el estudio de las capacidades y limitaciones de las personas que interactúan con los sistemas, y cómo afectan a la atención y a la concentración las presiones adicionales que se pueden generar con el paso del tiempo, la repetición de las tareas, los flujos de información o las situaciones excepcionales que pueden darse de manera puntual, pero frecuente, en los entornos de trabajo.

El enfoque actual en esta categoría incluye, como elemento de simplificación de tareas, la reducción de la cantidad de información que los empleados tengan que recordar, prestar atención o procesar, vinculándose con la gestión visual que se aplica en otras áreas de la Dirección de operaciones. Por ejemplo, filtrar solo los KPI (indicadores clave) relevantes para el puesto, presentarlos de manera visual y sencilla, o que los formularios, equipos o herramientas sean fáciles de usar y con métodos a prueba de errores incorporados.

Frente al pensamiento extendido de que los puestos de trabajo inclusivo son caros, se puede plantear la siguiente alternativa: «forzar la accesibilidad mejora la productividad». Por ejemplo, si el diseño inicial de un puesto de trabajo lo

convierte en no-accesible para determinados trabajadores potenciales, la premisa básica sería: «adapta ese puesto sin encarecerlo, no solo porque eso lo convertirá en un puesto accesible, sino porque la tensión que genera en el sistema ese nuevo requerimiento fuerza a mejorar el proceso». Se trata de convertir la accesibilidad en una palanca para la mejora de procesos.

9.3.2. Reducir riesgo físico/fatiga

Bajo este enfoque se pretende proporcionar un confort y salud física, reduciendo las lesiones o riesgos físicos, teniendo en cuenta las limitaciones fisiológicas que impone el incorporar personas a los puestos de trabajo.

Para ello se estudian modos para reducir las demandas físicas de los puestos de trabajo (fatiga, fuerza requerida, posiciones extremas, levantamiento o desplazamiento de cargas pesadas, etc.).

Entre las alternativas más frecuentes se incorporan elementos que faciliten la ergonomía del puesto y promuevan buenas posturas; se rediseñan o equilibran las tareas para reducir los movimientos excesivos; se incorporan descansos o rotaciones para favorecer la recuperación física; y se reduce o se protege al operario del ruido, las temperaturas extremas o los agentes perjudiciales.

Todos estos elementos tienen un coste o exigen una inversión, pero la investigación ha demostrado que son rentables, no solo a nivel cualitativo, porque se evitan riesgos a personas, sino también cuantitativamente, porque generan ahorros al evitar pérdida de rendimiento, bajas o sustituciones.

Como en todos los enfoques, existe un punto de equilibrio, pues tan perjudicial puede resultar un exceso de actividad como de inactividad física. Por tanto, debe encontrarse el nivel adecuado de actividad física para las personas potenciales que pueden ocupar los puestos de trabajo.

9.3.3. Reducir riesgos psicosociales (aumentar motivación)

Este enfoque complementa a los dos anteriores y presta atención especial a las consecuencias psicosociales de los puestos de trabajo. Los puestos demasiado sencillos o repetitivos pueden producir aburrimiento, absentismo e insatisfacción. Del mismo modo, los puestos excesivamente complejos, exigentes o volátiles pueden favorecer el estrés, la ansiedad o la depresión. Todas ellas son consecuencias graves que afectan a la salud de las personas.

Un elemento clave de este enfoque es, en lugar de la especialización, incorporar tareas con el mismo nivel de responsabilidad que las que tradicionalmente se hacen en el puesto (*job enlargement*), o añadir tareas de mayor responsabilidad, que normalmente se asociaban a puestos de mayor nivel jerárquico (*job*

enrichment), con el fin de aumentar el potencial motivador del puesto de trabajo (Hackman y Oldham, 1980; Martínez-Gómez, Marin-García y Giraldo-O'Meara, 2013; Vroom, 1964) o la satisfacción del trabajador (Giraldo-O'Meara, Marin-García y Martínez-Gómez, 2014). Esto se consigue poniendo en juego y desarrollando diferentes habilidades del trabajador, dotándole de autonomía, haciéndole percibir la importancia de las tareas, producto o servicio que realiza, asegurando que tiene claros los objetivos o lo que se espera del puesto, y dándole *feedback* de sus resultados y del modo en que realiza las tareas, permitiéndoles innovar o mejorar su entorno, haciéndole partícipe de los éxitos y permitiéndole comunicarse con otras personas.

No obstante, y tal como ha ocurrido con los otros enfoques, un abuso de los elementos clave de este enfoque puede tener también consecuencias indeseadas, como aumento de la complejidad de los puestos y la dificultad para encontrar o formar a personas que puedan ocuparlos, aumento de los costes salariales, sobrecarga mental o estrés (Medsker y Campion, 2001)

Ejercicios de reflexión

1. ¿Qué ventajas e inconvenientes le ves a cada uno de los enfoques? Haz una tabla que las represente y reflexiona si son adecuados para cualquier tipo de organización o de producto o servicio que estas ofrezcan.
2. ¿Qué enfoque puede ser más relevante para el diseño de estos puestos de trabajo?
 - a) Operario de proceso de ensamblado manual: trabaja en una línea de montaje de un solo producto, siguiendo las instrucciones precisas de ingeniería para realizar parte del cableado de un interruptor de alta tensión que se inyecta, ensambla y prueba en otras áreas de la empresa. Sus operaciones se realizan con un tiempo de ciclo de 35 segundos.
 - b) Consultor de sistemas de información: se entrevista con el cliente para recoger sus necesidades, colabora en el diseño de las bases de datos y la interfaz de comunicación con el usuario, elige las alternativas finales y participa en la presentación del proyecto a los clientes.

9.4. DISEÑO BASADO EN PUESTOS INDIVIDUALES O PUESTOS DE EQUIPO

Tradicionalmente los puestos de trabajo se han diseñado desde una perspectiva de puestos individuales, donde las personas realizan unas tareas de manera independiente por las que, a partir de unas entradas ofrecidas por proveedores internos o externos, se producen unas salidas que son usadas por los clientes internos o externos.

Sin embargo, desde la última década del siglo xx se ha empezado a considerar el diseño de puestos donde las personas son interdependientes para la realización de las tareas (Appelbaum y Batt, 1994; Katzenbach y Smith, 1993; Marin-García, Marin-García, Perello-Marin y García-Sabater, 2010). Esta tendencia se ha acrecentado con el despliegue de estrategias de operaciones basadas en el trabajo en equipo, como la producción ajustada (Agarwal, Shankar y Tiwari, 2006; Ahlstrom, 2004; James-Moore y Gibbons, 1997; Marin-García y Bonavia, 2015; Marin-García y Carneiro, 2010; Shah y Ward, 2007; Womack, 2002), la *World Class Manufacturing* (Flynn, Schroeder y Sakakibara, 1994; Luján-García, 2014; Schroeder y Flynn, 2001) o la fabricación ágil (Avella y Vazquez-Bustelo, 2005).

En este contexto, el equipo es la unidad básica para la que se fijan los objetivos, se mide el rendimiento y se establecen los estándares de desempeño. En esos casos es posible diseñar puestos donde las tareas no sean asignadas a puestos individuales, sino a un equipo de trabajadores. Estas tareas pueden realizarse en paralelo por todas las personas del equipo, o pueden subdividirse y repartirse en función de la experiencia o preferencias de los participantes. También es posible que las tareas se hagan de forma rotativa, a lo largo del turno, entre todas las personas con la capacitación suficiente para ello, al tiempo que se extiende la formación para que cada vez más miembros del equipo puedan realizar un número más elevado de tareas (matriz de polivalencia).

En algunas (raras) ocasiones, las tareas a realizar solo admiten un diseño de puestos individuales. Sin embargo, en la mayoría de ocasiones optar por un diseño de puestos individuales o un diseño de puestos basados en equipo es una decisión de las personas encargadas de elegir el tipo de organización del trabajo para una unidad o departamento. Para ello, deben valorar las ventajas e inconvenientes de ambos modelos. La investigación realizada hasta el momento, además de ser escasa, se ha realizado usando tanta diversidad de instrumentos de medida, métodos de investigación, variables incluidas en el modelo y objetivos de rendimiento, que resulta ser excesivamente heterogénea como para poder integrar los resultados y dar una respuesta mínimamente convincente acerca de si los puestos de trabajo individuales dan origen a mejores desempeños que los puestos de trabajo diseñados para equipos o viceversa (Johnson et al., 2004). Simplemente, no podemos decir nada al respecto, ni siquiera para organizaciones de unas determinadas características (antigüedad, tamaño, industria o producto/servicio).

Por ello, las personas que diseñan puestos deben basarse en su sentido común, en el conocimiento de los enfoques que comentamos en la sección anterior y en algunas recomendaciones que se recogen a continuación.

En primer lugar, los elementos que hacen que un puesto de trabajo de equipo sea motivador o que los participantes se sientan interesados, entusiasmados y comprometidos, son los mismos a los que nos referimos al hablar de los puestos individuales.

Si las tareas, los objetivos, los indicadores de desempeño o las recompensas no son interdependientes, no tiene sentido plantear diseños de equipo. Si el conjunto de responsabilidades de un puesto de trabajo se puede abordar de manera totalmente independiente del resto de la organización, conectándose simplemente a través de *buffers* o inventario en curso (bien de información, bien de clientes en colas de espera o bien de piezas), claramente se trataría de un puesto de trabajo individual. Lo mismo ocurriría si no fuese posible crear indicadores de rendimiento de equipo que no fuesen una simple suma o promedio de indicadores individuales. Sin embargo, en las organizaciones modernas donde se intente trabajar en un modelo de gestión por procesos es prácticamente insostenible la idea de puestos «independientes», pues contradice la esencia básica de lo que es un proceso. La misma situación se produce en las organizaciones donde el principal problema de eficiencia se debe a la existencia de un excesivo «inventario en curso», que genera, entre otros problemas, costes o tiempos de entrega mayores de los que se pueden asumir.

Una vez diseñados los puestos de trabajo, habrá que dotarlos de las personas que los ocuparán. Si los puestos son diseñados como equipos, el proceso de selección debe incluir este requisito a la hora de elegir candidatos que sean aptos para el puesto. El trabajo en equipo requiere de unas competencias totalmente distintas de las necesarias en puestos de trabajo que sean básicamente individuales. Por desgracia, esas competencias aún no son excesivamente comunes entre las personas que buscan empleo.

Por otra parte, si el puesto está diseñado como equipo, no solo hay que elegir el tamaño y composición adecuada de este; también hay que tener un entorno físico, una tecnología, unos flujos de información, unos canales de comunicación y un ambiente de confianza, colaboración e implicación, que favorezcan y faciliten el trabajo en equipo.

Estas recomendaciones son importantes a la hora de diseñar puestos desde cero. Pero todavía lo son más cuando se aborda un rediseño de puestos de trabajo que ya existen, donde la mayoría del personal ya está contratado (y fue seleccionado para ser un buen trabajador individual y no un buen miembro de equipo), o donde los recursos físicos, la tecnología, el ambiente social, etc., han sido optimizados durante años para dar soporte a puestos de trabajo individuales y no a puestos de equipo. En estos casos hay que contar con la resistencia al cambio que puede surgir en cualquiera de los niveles de la organización: los operarios afectados por el rediseño del puesto; sus supervisores (cuyos puestos también tendrán que rediseñarse); los mandos de departamento o unidades de apoyo (como mantenimiento, logística interna o calidad), etc. Todos ellos pueden considerar una amenaza que «otras personas ajenas» puedan empezar a implicarse en tareas o decisiones que, hasta ese momento, eran «sus asuntos» de manera exclusiva. Nunca se debe menospreciar el efecto negativo de la resistencia al cambio, que es la causa principal de que fracasen 7 de cada 10 iniciativas de cambio que se intentan implantar en las organizaciones (Majchrzak,

1997; Marin-Garcia y Mateo Martínez, 2013; Mateo Martínez, 2010; Medsker y Champion, 2001).

9.5. CUÁNDO Y CÓMO REALIZAR EL DISEÑO/REDISEÑO DE PUESTOS DE TRABAJO

Es obvio que es necesario realizar el diseño de puestos de trabajo cuando se crea una nueva organización, planta o unidad de trabajo, que debe atender una serie de tareas o actividades nuevas para la organización (Medsker y Champion, 2001). Sin embargo, no es el único caso. Además, hay diferentes situaciones en las que debería plantearse la posibilidad de realizar el diseño o rediseño de puestos de trabajo:

- Tras un proceso de cambio tecnológico o innovación (sea continua o radical) dentro de la organización, que genere modificaciones en los procedimientos, mercados que se atienden, estrategias, equipos, procesos o productos/servicios. Un caso particular, y muy frecuente, se produce tras el desarrollo de proyectos de mejora donde se intente aprovechar oportunidades o resolver problemas de rendimiento, coste, calidad, tiempo, entregas, seguridad, motivación, etc. (Marin-Garcia, García-Sabater y Miralles Insa, 2008).
- Cuando se realiza algún cambio en la estructura organizativa. Por ejemplo, si se añaden o reducen niveles jerárquicos, si se pasa de una organización funcional a una por procesos, o si hay un cambio sustancial en el número de trabajadores de la empresa (grandes reducciones o grandes ampliaciones) debido a cambios estructurales (de producto, demanda, volumen, variedad o flexibilidad).
- Si se produce un cambio importante en las características (físicas, psicológicas, culturales, etc.) de las personas que ocupan los puestos de trabajo actuales o de las políticas de selección o reclutamiento. Por ejemplo, si por motivos de jubilación una parte importante de la plantilla es sustituida por trabajadores mucho más jóvenes, si se implanta una política de puestos accesibles para personas con diferentes capacidades (de carácter físico, intelectual o ambos), si se decide favorecer el acceso a colectivos en riesgo de exclusión (inmigrantes, presos, parados de larga duración, etc.), o si se promueve una política de contratos temporales o a tiempo parcial o *mini-jobs*, en lugar de contratos a tiempo completo fijos.
- Tras un proceso de fusión o adquisición de empresa, en el que haya cambiado la capacidad productiva, los mercados/productos o las políticas, y haya un solape o superposición de niveles o puestos entre las organizaciones afectadas.

- Cuando aparece o cambia la estacionalidad (predecible o no) y se generan picos de carga de trabajo, de saturación de información o de decisiones a tomar, concentradas en un período corto de tiempo, seguido de períodos de carga mucho más reducida.

Ejercicio: piensa en alguna organización de tu entorno cercano. Documentate sobre ella y reflexiona si es probable que haya estado expuesta, en los últimos dos o tres años, a alguna de las situaciones donde el diseño/rediseño de puestos sería recomendable.

Dado que es muy probable que alguna de las situaciones comentadas en este apartado se esté dando o pueda llegar a darse pronto en cualquier organización, tendríamos que plantearnos cómo abordar el diseño/rediseño de puestos de trabajo. A continuación se presenta un modelo de trabajo, aunque no es el único ni necesariamente el mejor. En cada situación concreta deberá adaptarse o modificarse, para encajar con las políticas y con la cultura concreta de la organización donde se realiza el diseño de puestos:

- Paso 1: crea un equipo multidisciplinar para el diseño de puestos, que se encargará de recoger datos, proponer alternativas, evaluarlas y colaborar en la implantación. En este equipo es recomendable que haya ingenieros, personas de recursos humanos, especialistas en los puestos que se van a diseñar, así como mandos y representantes de los trabajadores de las áreas afectadas (no solo de los puestos afectados, sino también de sus clientes y proveedores internos/externos). En el caso de rediseño de puestos, se debe dar pie a la participación de las personas que ocupan los puestos afectados, para que puedan sentirse implicadas e informadas y reducir, en lo posible, la resistencia al cambio. En el caso de rediseños, es vital que no piensen en el cambio como una amenaza, sino como una oportunidad de mejora, que comprendan la necesidad del cambio, los pasos que se van a realizar y cómo pueden participar.
- Paso 2: consigue el apoyo explícito de la alta dirección al proyecto y pacta con ella el objetivo, qué enfoque de diseño es prioritario (o si dentro de los objetivos hay una combinación de enfoques), si se quieren puestos individuales o de grupo, restricciones, políticas de personal y naturaleza del trabajo a realizar... Este es un requisito básico para cualquier cambio organizativo. El rediseño de puestos va a requerir de inversión (tanto de tiempo del equipo que va a participar como de recursos durante la fase de implantación de los cambios). Sin una visión clara por parte de la alta dirección y un apoyo explícito durante todas las fases del proceso, será imposible completar el trabajo. El apoyo debe manifestarse con la presencia activa en los comités, reforzando las propuestas y dotando los recursos. Toda la organización debe percibir ese apoyo y saber que las propuestas realizadas no son simplemente ideas de

unos «locos» que dedican el tiempo a pensar «chorradas» mientras los demás trabajan, sino que están trabajando codo con codo con la dirección y cuentan con todo su apoyo para implantar las modificaciones. De este modo, una vez analizadas, consensuadas y aceptadas las propuestas se hacen para ser implantadas. Hay que conseguir que todos entiendan que esto no es algo opcional a lo que uno puede sumarse u oponerse, sino que es un tema estratégico donde la dirección espera que todos se alineen y participen.

- Paso 3: comprueba los apoyos antes de seguir avanzando. Nunca avances más si no has conseguido el apoyo indiscutible del equipo que va a participar, los trabajadores afectados por los cambios y la alta dirección (pasos 1 y 2). Conforme avance el proyecto aparecerán dificultades y fisuras, que solo podrán ser superadas si desde el inicio había un apoyo claro. Si durante los pasos 1 y 2 se observa que el apoyo no pasa de ser anecdótico o testimonial, es mejor no avanzar y dedicar el esfuerzo a completar de manera adecuada estos pasos (o abortar el proyecto si se considera inviable). De lo contrario, a la mínima dificultad (normalmente en los momentos en que se empieza la implantación, que es cuando los cambios deben tomar forma) el proyecto fracasará.
- Paso 4 (solo en el caso de rediseños donde los puestos ya existan): realiza un diagnóstico de los puestos. Este diagnóstico puede basarse en cuestionarios (o listas de comprobación) de características del puesto o en las herramientas disponibles en el estudio del trabajo.
- Paso 5: identifica problemas potenciales del diseño del puesto individual o de equipo.
- Paso 6: elabora una lista de tareas a realizar en el área.
- Paso 7: combina las tareas para formar puestos de trabajo que encajen con los objetivos propuestos (rendimiento, seguridad, motivación, fiabilidad y regularidad en el desempeño, etc.). Por ejemplo, se puede dotar de variedad combinando tareas muy diferentes en un puesto, o se puede buscar la especialización incluyendo solo tareas muy similares. La motivación del puesto depende de lo motivadoras que sean las tareas incluidas. En este sentido, se puede optar por combinar diferentes tareas con diferente nivel de motivación, para equilibrar la motivación entre los puestos o crear puestos muy motivadores (con muchas tareas, todas ellas variadas y muy motivadoras) y otros no tanto (con pocas tareas o muy similares y poco motivadoras en sí mismas). Por otro lado, suele ser conveniente mantener un grado moderado de interdependencia con las tareas de otros puestos de trabajo, ni demasiado baja ni demasiado alta. Si la interdependencia es muy alta, es mejor diseñar puestos de equipo (en ese caso, el equipo debería mantener una interdependencia moderada con otros equipos). Algunas recomendaciones adicionales para la combinación de tareas (Medsker y Campion, 2001) son:

- La agrupación de tareas debe tener un sentido para la persona o equipo que ocupa un puesto, y producir un producto/componente o servicio identificable.
 - Se pueden agrupar las tareas con base en diferentes criterios. Por ejemplo, las relaciones entre ellas, conocimientos o habilidades similares para realizarlas, al flujo de información común a todas ellas, etc.
 - El conjunto de tareas debe tener entradas y salidas claras, así como unos criterios de desempeño/*KPI* específicos para el puesto (debe poder configurarse y definirse como un proceso/subproceso), de modo que se pueda dar *feedback* sobre las salidas o las entradas, para que la persona (o equipo) encargada del puesto pueda ejercer cierto control para corregir las variaciones que afecten a su área de responsabilidad.
 - Los puestos de trabajo derivados de la agrupación de tareas deben conectarse a otros puestos a través de áreas de «inventario en curso» (*buffers*) definidas (en el caso de «flujos pieza a pieza» ese inventario será únicamente de una pieza/unidad de servicio).
-
- Paso 8: traza un plan de implantación que incluya alguna experiencia piloto o simulación, y comunícalo a las personas afectadas (incluyendo a mandos y personal de otras áreas conectadas con los puestos de trabajo).
 - Paso 9: comprueba los resultados del nuevo diseño (con las herramientas propuestas en el paso 4).
 - Paso 10: analiza los resultados y realiza los ajustes necesarios.
 - Paso 11: vuelve al paso 1 cuando las circunstancias cambien y sea necesario un rediseño del puesto de trabajo (que en algún momento seguro que es necesario).

9.6. DIAGNÓSTICO DE UN PUESTO DE TRABAJO

Como se comentó en el paso 4 del apartado anterior, existen diferentes alternativas para el diagnóstico de puestos de trabajo. Quizá una de las más sencillas sean los cuestionarios o las listas de comprobación, que nos proporcionan suficiente información general para tomar las decisiones iniciales y a un coste razonable. Por ello, junto con los *KPI*, son útiles para monitorizar, de manera periódica, todos los puestos de trabajo de la organización y detectar si hay cambios sustanciales o tendencias que sugieren la necesidad de rediseñar determinados puestos de trabajo. Esta supervisión continuada es necesaria. Los efectos de los puestos de trabajo evolucionan con el tiempo, no solo porque cambien las condiciones externas o las personas que los ocupan, ya que también son afectados por la curva de experiencia, la evolución del trabajador, la rutina, la estacionalidad o la resistencia a las demandas físicas y mentales del puesto.

Posteriormente, en los puestos en los que se haya decidido realizar un rediseño, la información generada a través de cuestionarios debería complementarse con datos provenientes de herramientas específicas de estudio del trabajo, que proporcionarán mayor nivel de detalle para aspectos concretos del puesto de trabajo.

Intentando integrar los diferentes enfoques comentados en el apartado 9.5, el diagnóstico de puestos de trabajo debería contemplar, al menos, las siguientes dimensiones (Bayona et al., 2015; Hackman y Oldham, 1980; Marin-Garcia, Martínez-Gómez y Giraldo-O'Meara, 2014; Martínez Gómez, Marin-Garcia y Giraldo-O'Meara, 2016; Morgeson y Humphrey, 2006):

- Apoyo social: el puesto ofrece oportunidades para que otras personas (supervisores o compañeros) den asesoramiento o asistencia a las personas que ocupan el puesto de trabajo, así como para establecer relaciones de amistad con otras personas (de dentro o fuera de la empresa).
- Autonomía: libertad, independencia y oportunidad para programar el trabajo, tomar decisiones y elegir los métodos utilizados para realizar las tareas.
- Complejidad de las tareas: si las tareas del puesto se componen de múltiples elementos interrelacionados y son difíciles de realizar.
- Conexiones externas: si el puesto de trabajo requiere que el trabajador interactúe o se comuniquen con personas de fuera de la organización (clientes, proveedores u otros agentes sociales).
- Contexto físico del trabajo: entorno en el cual el trabajo es desarrollado. Se contempla la existencia de riesgos físicos para la salud, ruido, temperatura, limpieza, luminosidad, etc.
- Demandas físicas: nivel de actividad, fuerza, resistencia o esfuerzo físico requerido en el puesto.
- Ergonomía: grado en que un puesto de trabajo permite una postura o movimiento adecuado de las personas que lo ocupan.
- Especialización: grado en que es necesario realizar tareas muy específicas, o cuando la persona que ocupa el puesto posea un conocimiento muy especializado y profundo sobre un área en particular.
- *Feedback* de otras personas: grado en que otras personas de la organización (compañeros de trabajo o mandos) proporcionan información sobre el desempeño de las tareas del puesto.
- *Feedback* del puesto: grado en que el puesto proporciona información clara y directa sobre el desempeño de las tareas, bien porque se puede observar/inspeccionar directamente o porque existen plantillas, listas de comprobación o pantallas con indicadores actualizados que representan el rendimiento o resultados de las tareas.
- Identidad de las tareas: si es fácil identificar los resultados de un puesto de trabajo y asociarlos a un producto o servicio completo o a un com-

- ponente, pieza o parte de servicio que puede considerarse como algo concreto y diferenciado.
- Importancia de las tareas: refleja el grado en el que un puesto de trabajo influye en la vida o el trabajo de los demás, ya sea dentro o fuera de la organización.
 - Interdependencia del puesto: si las tareas que se realizan en el puesto dependen de las tareas de otros puestos o si los otros puestos dependen de las tareas de este. Indica el grado de conectividad del puesto con otros puestos de la organización.
 - Procesamiento de información: cantidad de información que se necesita procesar para realizar las tareas del puesto. Por ejemplo, si hay que recopilar, monitorizar o procesar datos u otra información.
 - Solución de problemas: si el puesto requiere que las tareas habituales impliquen generar ideas originales o innovadoras, diagnosticar y resolver problemas no rutinarios/no frecuentes, y prevenir o subsanar errores o imprevistos.
 - Uso de maquinaria o equipos: variedad y complejidad de la tecnología, herramientas y equipo usado en el trabajo.
 - Variedad de habilidades: grado en que es necesario que la persona ponga en juego diferentes habilidades, capacidades o competencias para completar las tareas.
 - Variedad de las tareas: grado en el que el puesto requiere que las personas que lo ocupan realicen un amplio rango de tareas diferentes.

EJEMPLO 9.2. Evolución del concepto de organización del trabajo en la fábrica SEAT de Martorell

Para la construcción de la fábrica de Martorell en el año 1993, el consorcio Volkswagen decidió contratar a un especialista de las técnicas de trabajo provenientes de Japón. Es así como SEAT contrata a Clive Griffiths, un especialista inglés proveniente de la planta Nissan de Sunderland, quien en 1984 participó en la creación de esa fábrica. Griffiths llega demasiado tarde a la planta, cuando se encuentra ya en la fase final de la construcción. El nuevo director de la fábrica intenta hacer todavía ciertos cambios en la construcción de las instalaciones, pero solo logra introducir unas pocas ideas en la distribución de la planta definitiva.

La consecuencia es una mezcla entre los conceptos típicos del consorcio Volkswagen, con una alta automatización y a la vez una extrema rigidez, y una estructura bajo influencia del nuevo director Griffiths. Como consecuencia, al finalizarse la construcción se podía observar claramente la existencia de estos dos conceptos totalmente diferentes.

El primer paso de Griffiths fue adquirir una fuerza de trabajo altamente cualificada y joven. Es así como durante 1993 se contratan a más de 1.400 personas, casi todas con contratos temporales, bajo un sistema de selección de personal altamente exigente. La selección del personal se podía comparar con el «Principio del salmón», donde únicamente los más preparados lograban avanzar. SEAT desarrolló un sistema especial de selección y formación de personal en el que se dice empleó más de 774.000 horas, con una media de 218 horas por persona.

Una vez establecida la planta, Griffiths da otro paso importante. Intenta mantener la factoría de Martorell totalmente independiente de las demás fábricas de SEAT en Zona Franca y Pamplona. Esto lo intenta a todos los niveles, desde la dirección hasta los empleados, con la idea de crear una nueva cultura joven e intacta, independiente y sin ningún tipo de influencia del exterior. Esta separación llega a causar ciertas fricciones políticas con los directores de las otras plantas SEAT.

En el concepto de organización del trabajo, Griffiths planteó que la figura del supervisor fuera una persona con la máxima formación, con conocimientos técnicos, pero también conocimientos sobre organización y psicología, y que debía funcionar como un padre para sus trabajadores.

Griffiths planea también implantar un sistema individual de salarios basado en los méritos de cada uno de los trabajadores. El salario sería decidido por el supervisor responsable, el cual además posee la libertad de decidir sobre una paga adicional anual, según «méritos personales» y «contenido de calidad» de la labor de cada empleado. Esta idea, totalmente revolucionaria en la industria española, dejaba prever graves problemas con los sindicatos, los cuales comenzaban ya a amenazar que nunca aceptarían tal «individualización del salario». Los sindicatos argumentaban que la decisión por parte del supervisor nunca podría llegar a ser lo suficientemente objetiva como para poder lograr una calificación realmente justa.

Griffiths también termina con el esquema de división del trabajo según el concepto *taylorista*, donde el empleado hace y no piensa, siendo responsable, únicamente, de la tarea que se le asigne en la cadena. La idea era tener trabajadores con más formación, capaces de llevar a cabo múltiples funciones, que fuesen intercambiables y que realizaran sus trabajos de forma rotatoria. Principios básicamente provenientes de la filosofía de la «producción ajustada».

Los grupos estaban planeados para tener entre 10 y 15 empleados con pocas divisiones de categorías profesionales. Cada grupo tendría un «líder» o «coordinador», y cada dos grupos un supervisor. La nueva forma de trabajo estaba basada también en la amplia difusión de información a todos los niveles. Se planeaba tener en total 250 supervisores de producción, cada uno a cargo de grupos de 18 a 25 trabajadores, estos con una edad media de 26 años. Los grupos efectuarían trabajos directos e indirectos, por lo cual al contratar se elimina el concepto de diferenciación entre mano de obra directa (MOD) y mano de obra indirecta (MOI). Solo se contrataron trabajadores con

contratos de mano de obra (MO), capaces de llevar a cabo tareas directas e indirectas. Este punto es de gran importancia, ya que Griffiths, en el momento de arrancar la producción, no le da la suficiente importancia a la firma de un convenio de trabajo adecuado para introducir todos estos cambios con la aprobación de los sindicatos. Después de la formación, los trabajadores comienzan a trabajar como «grupos piloto», sin firma alguna de un convenio adecuado y sin planes de llegar a negociación alguna con los sindicatos.

Poco después del arranque de la fábrica el consorcio vive una grave crisis. Después de una época de expansión, bajo el mando de Carl Hahn, SEAT vive una situación crítica cuando el presidente del consorcio, Ferdinand Piech y su grupo de trabajo, planean una reestructuración de SEAT debido a sus pérdidas en el año 1993.

Finalmente, con el plan de reestructuración se logra salvar la planta de Zona Franca; sin embargo, en Martorell se despiden a más de 1.400 empleados altamente cualificados y jóvenes, pertenecientes a la generación contratada por Griffiths, quien deja de asumir el cargo de director.

Las razones de este despido masivo en la nueva planta son claras. Con el plan de «cero despidos» (de empleados fijos) no queda otra opción que despedir a más de 1.400 empleados con contratos temporales y trasladar trabajadores de la planta en Zona Franca a la nueva planta de Martorell. En Martorell, de un día para otro, la fuerza de trabajo pasa de tener una edad media de aproximadamente 26 años y una elevada cualificación, a poseer una edad media de 45 años, con muchos años de experiencia y antigüedad en SEAT, pero con pocos conocimientos en neumática, electrónica, robótica, mantenimiento o calidad.

Otro aspecto crítico de la «Era de Griffiths» fue no darle la suficiente importancia a los tiempos de las operaciones. Griffiths estaba acostumbrado a la planta de Sunderland en Inglaterra, donde se habían importado todos los modelos, métodos y operaciones de la planta de Japón. Esto hace que Griffiths, al no tener experiencia implantando procesos nuevos, no viese la necesidad de realizar un estudio del trabajo. Al comenzar la producción, al trabajador solo se le dan órdenes para ejecutar las tareas, sin ningún tipo de guía o base de tiempos necesarios. Esto causa más tarde graves problemas al llegar los empleados de edad más avanzada desde Zona Franca, que estaban acostumbrados a recibir la carga basada en tiempos, con la cual ellos no tenían ningún tipo de responsabilidad, y no estaban dispuestos a cambiar.

FUENTE: adaptado de Iven, R, Marin-Garcia, J. A. y Förster, H. (1997). *Memoria de trabajo final de carrera*.

RESUMEN

Este capítulo se ha centrado en identificar los principales aspectos humanos relacionados con el diseño de puestos de trabajo, diferenciándolo del «estudio del trabajo». Se han analizado sus enfoques, cuándo diseñar puestos individuales o en equipo, en qué situaciones es conveniente lanzar un proyecto de diseño de puestos y qué pasos deberían seguirse para ello.

A lo largo del capítulo se ha mostrado que las decisiones de diseño de puestos de trabajo se pueden apoyar en la información obtenida tras aplicar el estudio del trabajo, y que esas decisiones están íntimamente relacionadas con decisiones de otras áreas de la dirección de operaciones o de dirección de recursos humanos (DuPont, 2001).

El diseño de puestos es una tarea imprescindible en el proceso de creación de una nueva organización, pero también aporta enormes beneficios, el abordar el rediseño de los puestos actuales cuando la situación lo requiera, algo que sucederá en muchos momentos a lo largo de la vida de las organizaciones (ampliación, reducción, reorganización, cambios drásticos de cualquier tipo...). El diseño de puestos de trabajo es otra de las herramientas a disposición de las organizaciones para ayudar a mejorar sus indicadores.

Solo por citar algunos ejemplos, muchos profesionales con titulaciones de ingeniería o administración de empresas desempeñan puestos donde la inspección es una de las responsabilidades prioritarias. Estos puestos se enfrentan a una situación que requiere de una aplicación particular de las recomendaciones generales comentadas en este capítulo (Drury, 2001). Del mismo modo, los puestos con una interacción especial hombre-máquina requerirán de un diseño de puestos, donde el peso de las variables comentadas en este capítulo tomarán valores diferentes o incluso haya que añadir un paso adicional donde se decida, no solo si el puesto es individual o de equipo, sino si es mejor automatizarlo completamente (Kapur, 2001).

EJERCICIOS

1. Elige un puesto de trabajo que conozcas, porque lo hayas desempeñado (por ejemplo durante unas prácticas en empresa) o puedas obtener información fácilmente de un familiar o amigo. Haz un diagnóstico de ese puesto de trabajo:
 - a) Completa este cuestionario: <http://bit.ly/2okr3qv>.
 - b) Reflexiona sobre los resultados. ¿Se trata de un puesto que debería rediseñarse? ¿Por qué? ¿Qué aspectos crees que son prioritarios de mejorar?
-

BIBLIOGRAFÍA

- Agarwal, A., Shankar, R. y Tiwari, M. K. (2006). Modeling the metrics of lean, agile and leagile supply chain: An anp-based approach. *European Journal of Operational Research*, 173(1), 211-225.
- Ahlstrom, P. (2004). Lean service operations: Translating lean production principles to service operations. *International Journal of Services Technology & Management*, 5(5-6), 1-1. Doi: Article.
- Alonso García, A. (1998). *Conceptos de organización industrial*. Marcombo Boixareu Editores.
- Appelbaum, E. y Batt, R. (1994). *The new american work place: Transforming work systems in the united states*. Nueva York: ILR press.
- Avella, L. y Vazquez-Bustelo, D. (2005). ¿Es la fabricación ágil un nuevo modelo de producción? *Universia Business Review*, 6, 94-107.
- Bayona, J. A., Caballer, A. y Peiró, J. M. (2015). The work design questionnaire: Spanish version and validation. *Journal of Work and Organizational Psychology*, 31, 187-200. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rpto.2015.06.001>.
- Blackstone, J. H. (2008). *APICS dictionary. The standard for the excellence in the operations management profession*. Atenas: APICS.
- Chaudhari, C. V. y Mukhopadhyay, S. K. (2003). Application of theory of constraints in an integrated poultry industry. *International Journal of Production Research*, 41(4), 799-817.
- Domínguez Machuca, J. A., Álvarez Gil, M. J., Domínguez Machuca, M. A., García González, S. y Ruiz Jiménez, A. (1995). *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. Madrid: McGraw-Hill.
- Drury, C. G. (2001). Human factors and automation in test and inspection. En G. Salvendy (ed.), *Handbook of industrial engineering, 1887-1920*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- DuPont, L. R. (2001). Service quality. En G. Salvendy (ed.), *Handbook of industrial engineering, 1956-1965*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Flynn, B. B., Schroeder, R. G. y Sakakibara, S. (1994). A framework for quality management research and an associated measurement instrument. *Journal of Operations Management*, 11(4), 339-366. Doi: Article.
- Ford, H. (1922). *My life and work. An autobiography of Henry Ford*. Edición 2009 por www.therichestmaninbabylon.org. Estados Unidos. ISBN: 978-0979311987.
- Giraldo O'Meara, M., Marin-Garcia, J. A. y Martínez-Gómez, M. (2014). Validation of the JDS satisfaction scales applied to educational university environments. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 7(1), 72-99.
- Hackman, J. R. y Oldham, G. R. (1980). *Work redesign*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- James-Moore, S. M. y Gibbons, A. (1997). Is lean manufacture universally relevant - an investigative methodology. *International Journal of Operations & Production Management*, 17(9-10), 899+.
- Johnson, M. D., Morgeson, F. P., Campion, M. A., Medsker, G. J. y Mumford, T. V. (2004). *When teams are more effective than workgroups: A quasi-experimental investigation of the moderating effects of organizational context on process effectiveness*.

- Kanawaty, G. (1996). *Introducción al estudio del trabajo* (4.^a ed.).
- Kapur, K. C. (2001). Reliability and maintainability. En G. Salvendy (ed.), *Handbook of industrial engineering* (pp. 1921-1955). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Karger, D. W. y Bayha F. H. (1987). *Engineered work measurement: The principles, techniques, and data of methods-time measurement, background and foundations of work measurement and methods-time measurement, plus other related material*. Industrial press Inc.
- Katzenbach, J. R. y Smith, D. K. (1993). *The wisdom of teams*. McKinsey & Company.
- Lakhwinder, P. S. (2016). *Work study and ergonomics*. Cambridge University Press.
- Luján-García, D. E. (2014). *La evaluación del rendimiento de las prácticas avanzadas de producción en el marco del proyecto internacional high performance manufacturing: Diseño y contraste empírico*. Sevilla: Universidad de Sevilla. Departamento economía financiera y dirección de operaciones.
- Majchrzak, A. (1997). What to do when you can't have it all: Towards a theory of sociotechnical dependencies. *Human Relations*, 50(5), 535-565.
- Marin-Garcia, J. A. y Bonavia, T. (2015). Relationship between employee involvement and lean manufacturing and its effect on performance in a rigid continuous process industry. *International Journal of Production Research*, 53(11), 3260-3275. Doi: 10.1080/00207543.2014.975852.
- Marin-Garcia, J. A. y Carneiro, P. (2010). Desarrollo y validación de un modelo multi-dimensional de la producción ajustada. *Intangible Capital*, 6(1), 78-127.
- Marin-Garcia, J. A. y Mateo Martínez, R. (2013). Barreras y facilitadores de la implantación del TPM. *Intangible Capital*, 9(3), 823-853. Doi: <http://dx.doi.org/10.3926/ic.360>
- Marin-Garcia, J. A., García-Sabater, J. J. y Miralles Insa, C. (2008). Manufacturing performance: Impact of kaizen blitz implementation in several automotive components first tier suppliers. *Direccion y Organizacion*, 35, 37-45.
- Marin-Garcia, J. A., Marin-Garcia, T., Perello-Marin, M. R. y García-Sabater, J. J. (2010). Selección de plataformas para el trabajo colaborativo en grupos deslocalizados: Formulación del problema. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 1(1), 41-45.
- Marin-Garcia, J. A., Martínez-Gómez, M. y Giraldo-O'Meara, M. (2014). Redesigning work in university classrooms: Factors related to satisfaction in engineering and business administration students. *Intangible Capital*, 10(5), 1026-1051.
- Martínez Gómez, M., Marin-Garcia, J. y Giraldo-O'Meara, M. (2016). The measurement invariance of job diagnostic survey (JDS) across three university student groups. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 9(1), 17-34. Doi: <http://dx.doi.org/10.3926/jiem.1783>.
- Martínez-Gómez, M., Marin-Garcia, J. A. y Giraldo-O'Meara, M. (2013). Validación de las escalas de características del puesto de trabajo aplicadas a entornos educativos universitarios. *Intangible Capital*, 9(4), 1170-1193. Doi: <http://dx.doi.org/10.3926/ic.424>.
- Mateo Martínez, R. (2010). Causas de fallo en la implantación del TPM y modelo de puesta en marcha integrador. *WPOM-Working Papers on Operations Management*, 1(1), 12-17. Doi: <http://dx.doi.org/10.4995/wpom.v1i1.792>.
- Medsker, G. J. y Campion, M. A. (2001). *Job and team design*. En G. Salvendy (ed.), *Handbook of industrial engineering* (pp. 868-898). Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.

- Meyers, F. E. (2000). *Estudios de tiempos y movimientos: para la manufactura ágil* (2.^a ed.). Pearson Education.
- Miralles Insa, C., Holt, R., Marin-Garcia, J. A. y Canos-Daros, L. (2011). Universal design of workplaces through the use of poka-yokes: Case study and implications. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 4(3), 436-452.
- Miralles, C., García-Sabater, J. P., Andrés, C. y Cardos, M. (2007). Advantages of assembly lines in sheltered work centres for disabled. A case study. *International Journal of Production Economics*, 110(1-2), 187-197. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijpe.2007.02.023>.
- Morgeson, F. P. y Humphrey, S. E. (2006). The work design questionnaire (WDQ): Developing and validating a comprehensive measure for assessing job design and the nature of work. *Journal of Applied Psychology*, 91(6), 1321-1339.
- Schroeder, R. G. y Flynn, B. B. (2001). *High performance manufacturing. Global perspectives*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Shah, R. y Ward, P. T. (2007). Defining and developing measures of lean production. *Journal of Operations Management*, 25(4), 785-805.
- Vroom, V. H. (1964). *Work and motivation*. Nueva York: John Wiley and Sons.
- Womack, J. P. (2002). Lean thinking: Where have we been and where are we going? *Manufacturing Engineering*, 129(3).
- Zandin, K. B. (2003) *MOST Work measurement systems* (3.^a ed.). Marcel Dekker Inc.
-

INTRODUCCIÓN

La calidad es una de las preocupaciones inherentes a la actividad productiva; desde que el hombre produce se preocupa por la calidad de lo producido. Cuando el hombre del Neolítico fabricaba su arco, desecharía aquellos arcos que considerara que no eran todo lo buenos que él quería. Es más, pensamos que trataría de que cada arco que construyese fuera bueno, que no hubiera rechazos, para lo cual escogería cuidadosamente los trozos de madera adecuados, al igual que la cuerda; es decir, trataría de producir con cero defectos. Pero evidentemente, nuestro antepasado no nos pudo transmitir sus preocupaciones por la calidad, ya que no sabía escribir.

Los primeros profesionales de la calidad aparecen con el surgimiento de un poder centralizado y de trabajadores que no trabajan para ellos, sino para otros. Así, nos han llegado escritos sobre normas de calidad y penalizaciones a los infractores de los babilonios, los egipcios o los fenicios.

Ya en Europa, y avanzando varios siglos, podemos ver cómo las corporaciones de artesanos de la Edad Media establecían unas normas de calidad a cumplir por todo el que quisiera ser artesano. Así, una persona no pasaba a ser artesano hasta que no realizaba una «obra maestra» que debía cumplir todas las especificaciones establecidas por el gremio. No obstante, estas especificaciones de calidad supusieron más un freno al progreso que un impulso, ya que prohibían al artesano fabricar sus productos con métodos o características distintos a los establecidos por el gremio, aunque aquellos supusieran un avance sobre los anteriores, impidiendo así el desarrollo de la inventiva de sus miembros.

Con el nacimiento de la producción industrial, la fabricación de bienes de consumo deja de ser realizada por artesanos que estaban en contacto con el cliente, y el nuevo productor deja de sentirse propietario y orgulloso del objeto fabricado. Esto hará que no se preocupe de la misma forma por la calidad de

su trabajo, debiendo ser los jefes de este productor los que se encarguen de controlar dicha calidad.

Los problemas de calidad que origina esta producción en masa y despersonalizada, junto con el desarrollo de las técnicas estadísticas, van a ser los desencadenantes del surgimiento y desarrollo de la moderna gestión de la calidad. Este surgimiento y desarrollo se produjo de forma distinta en cada uno de los países donde se realizó, siendo los principales impulsores Estados Unidos y Japón. Estados Unidos fue el pionero en la realización de estudios sobre este tema, aunque Japón tomó la iniciativa en cuanto a la calidad empresarial a partir de los años setenta.

Durante el siglo xx se ha pasado de un enfoque centrado en la inspección como herramienta casi única de control de la calidad, a un enfoque que busca el aseguramiento de la calidad, y de este al enfoque de la gestión total de la calidad (GTC), donde la gestión de la calidad tiene implicaciones que afectan al conjunto de la empresa. En este tema se tratan estos tres enfoques, pero desde la óptica del enfoque considerado más avanzado y apropiado para empresas punteras, esto es, la gestión total de la calidad.

10.1. CONCEPTO DE CALIDAD

La palabra calidad es de uso común en la sociedad, no resultando exclusiva del mundo de la empresa. La Real Academia Española define calidad como «propiedad o conjunto de propiedades inherentes a algo, que permiten juzgar su valor».

No obstante, el concepto que estamos abordando no es el común del término, sino el que se entiende desde la óptica de la gestión empresarial. Es decir, consideramos que son distintas las formas de entender lo que es calidad desde la óptica del consumidor y desde la empresarial. Esta distinción será realizada cuando demos nuestra definición de calidad.

Juran et al. (1990) definen la calidad como «aptitud o adecuación al uso». Esa idoneidad o aptitud para el uso se determina por aquellas características del producto que el usuario puede reconocer como beneficiosas para él, siendo resultado de los parámetros siguientes:

- a) *Calidad de diseño.* Lograr que el diseño del producto sea acorde con las necesidades del usuario.
- b) *Calidad de conformidad.* Amplitud con que el producto cumple con el diseño.
- c) *Habilidades.* Se traducen en disponibilidad (continuidad de servicio), fiabilidad (probabilidad de realizar una función sin fallo) y mantenibilidad (facilidad con que puede realizarse el mantenimiento).
- d) *Servicios posventa.* Servicios prestados al cliente una vez vendido el producto.

En esta línea, Garvin (1984) establece lo que él denomina «dimensiones de la calidad». Estas dimensiones engloban todas aquellas características intrínsecas y extrínsecas al producto que le van a servir para satisfacer mejor que la competencia las necesidades del sector de mercado al cual vaya dirigido. Estas dimensiones son:

a) Prestaciones. Son las características funcionales primarias o básicas del producto. Esta dimensión de la calidad comprende atributos medibles, por lo que permitirá establecer comparaciones objetivas entre distintas marcas. No obstante, habrá casos en que esto resultará difícil, ya que distintos usuarios pueden requerir distintas formas de obtener una misma prestación (por ejemplo, dos excavadoras que tratan la misma cantidad de tierra por hora, pero que disponen de palas de distinto tamaño, serán escogidas en función del tipo de trabajo que se quiera realizar).

Las diferencias de prestaciones constituirán diferencias de calidad en función de las exigencias de tipo funcional del consumidor (una maleta grande no es mejor que una pequeña, puesto que satisfacen necesidades distintas).

b) Peculiaridades. Son todo aquello que sirve de complemento al funcionamiento básico de un producto o servicio (por ejemplo, el mando a distancia de un televisor). Las prestaciones comentadas anteriormente son de aplicación a estas peculiaridades.

La diferencia entre peculiaridades y prestaciones es difusa. Así, lo que para una persona puede ser una peculiaridad para otra puede constituir una prestación básica.

c) Fiabilidad. Indica la probabilidad de que un producto se estropee o funcione incorrectamente dentro de un período de tiempo determinado. La forma de medirla puede ser el tiempo medio hasta el primer fallo, el tiempo medio entre fallos y la tasa de fallos por unidad de tiempo. Su importancia aumenta conforme aumenta la pérdida para el consumidor por sufrir el fallo.

d) Conformidad con las especificaciones. Expresa el grado en que el diseño y las características funcionales de un producto cumplen con las especificaciones, no existiendo defectos de fabricación. En el caso de servicios, los métodos para medir la conformidad se centran, generalmente, en la precisión y la puntualidad.

e) Durabilidad. Esta dimensión puede estudiarse desde el punto de vista técnico y desde el económico. Desde el primero, consiste en el tiempo que una persona puede disfrutar de un producto antes de que se deteriore. Desde el segundo, sería la cantidad de tiempo que una persona puede disfrutar de un pro-

ducto antes de que este se averíe de tal manera que sea preferible adquirir uno nuevo que repararlo. Como es lógico, durabilidad y fiabilidad normalmente van muy unidas: a mayor durabilidad mayor fiabilidad, y viceversa.

f) Disposición de servicio. Se traduce en rapidez, cortesía, competencia en el trabajo y facilidad de reparación. Algunas de estas variables se pueden medir objetivamente, otras no tanto. El tiempo medio que se tarda en solventar un problema de un cliente es algo perfectamente medible; en cambio, la simpatía con que se atiende a ese mismo cliente es algo muy subjetivo.

g) Estética. La estética tiene un carácter claramente subjetivo. Lo bello y lo feo, el buen y el mal sabor, el sonido agradable y el desagradable, etc., constituyen categorías para las que cada persona puede tener una definición. No obstante, se pueden conocer ciertas normas de general aceptación para una población y un momento determinados. También se puede segmentar una población entre distintas apetencias estéticas (por ejemplo, el tipo de ropa entre jóvenes y adultos) para así poder encontrar un nicho competitivo.

Garvin (1984) establece que la diferencia entre prestaciones y estética radica en que «las opciones estéticas no son casi universales». Nosotros consideramos que lo que diferencia a unas de otras es que el nivel de prestaciones se puede medir objetivamente y el de estética no.

h) Calidad percibida. Es la calidad que realmente percibe el consumidor. En este aspecto (quizá el más importante) el consumidor puede dar más importancia a factores distintos a los atributos de un determinado producto que a estos. El posible cliente, cuando va a decidir, normalmente no dispone de toda la información sobre prestaciones, peculiaridades, durabilidad y demás, por lo que en su decisión podrán influir factores como el precio del producto en relación con la competencia, el prestigio de la marca, el prestigio del país del que procede el producto, imágenes publicitarias retenidas en su memoria, etc.

10.2. LA GESTIÓN TOTAL DE LA CALIDAD

La gestión total de la calidad (GTC) abarca un amplio campo de recomendaciones sobre cómo gestionar la empresa. Su aplicación, aunque se puede hacer independientemente, es en muchos casos interdependiente si se quiere alcanzar el objetivo deseado: mejorar la calidad sin incrementar los costes totales. Es decir, no podremos conseguir ciertas mejoras si no se aplican simultáneamente varias de estas recomendaciones.

Apoyo de la alta dirección

El papel de la dirección superior es fundamental para el éxito de una política de GTC. Para que este éxito sea real, la dirección habrá de:

- *Impulsar la implantación de la política.* Si no es la dirección superior quien impulsa la implantación de la GTC, esta tendrá muchas posibilidades de fracasar, debido a que normalmente se producen resistencias por parte de miembros del personal, igual que sucede ante cualquier cambio, especialmente cuando este es cultural.
- *Mantener ese impulso en el tiempo.* Los empleados han de percibir que la dirección realmente cree en la GTC y que no se trata de la última ocurrencia del jefe. La GTC no es algo que se implante y una vez hecho valga para siempre, sino que hay que hacerla real día a día.
- *Predicar con el ejemplo.* Si la dirección no es la primera en cumplir los postulados de la GTC, entonces los empleados no realizarán los necesarios esfuerzos para que esta funcione.
- *Proveer los recursos necesarios.* Aunque implantar la GTC no es montar una fábrica nueva, siempre podrán ser necesarios ciertos recursos para hacer que funcione el sistema (por ejemplo, para formación). Si la dirección es cicatera con estos recursos también estará mandando una señal de falta de compromiso con la GTC.

Enfoque hacia el consumidor

Las empresas que aplican la GTC normalmente tienen como lema que el cliente es el rey. La mejora de la calidad no se hace con otro objetivo que satisfacer las necesidades del consumidor, al menos mejor que la competencia. Para ello se plantean las siguientes recomendaciones:

- Identificar las necesidades del consumidor y buscar cómo satisfacerlas a bajo coste. Realizar estudios de mercado que permitan conocer cuáles son los deseos insatisfechos de los consumidores o cuáles son sus gustos es fundamental para poder ofrecer una alta calidad. No obstante, los consumidores también quieren precios bajos, por lo que el coste del producto no debe olvidarse tampoco.
- Mantener la empresa vigilante a los cambios, observar el mercado. La empresa ha de mantenerse alerta ante cambios en los gustos y preferencias de los consumidores, así como ante la actuación de los competidores. La calidad del producto se mide en referencia a la calidad de los demás productos competidores, y si uno de ellos es modificado de forma

- que satisface mejor alguna necesidad de los consumidores, nuestro producto puede pasar de considerarse de alta calidad a lo contrario.
- Ser capaz de adaptarse rápidamente a esos cambios. Cuando los gustos de los consumidores cambian o cuando los competidores introducen nuevos productos, la empresa ha de ser capaz de adaptar sus productos y sus procesos para responder rápidamente a esos cambios. Para ello habrá de tener unas estructuras de sistemas de producción y organizativas que sean lo suficientemente flexibles para que el cambio sea rápido y barato.

Colaboración con proveedores

La GTC plantea un cambio en el enfoque en cuanto a relación con los proveedores. Los puntos más destacados de este cambio vienen resaltados en la tabla 10.1.

TABLA 10.1
Análisis comparativo entre los sistemas de aprovisionamiento según la GTC y tradicional

Actividad	GTC	Sistema tradicional
Selección de proveedores	Una única fuente de suministro es escogida para cada producto, situada próxima a la planta que suministra y con un contrato a largo plazo.	Múltiples fuentes de suministro para cada producto, con contratos a corto plazo.
Evaluación de proveedores	Calidad del producto, cumplimiento de las entregas y precio. No es aceptable ningún porcentaje de defectos.	Calidad del producto, cumplimiento de las entregas y precio. Se considera aceptable un nivel de defectuosos en torno al 2%.
Negociación con proveedores	El objetivo principal es lograr calidad en el producto y un precio razonable a través de un contrato a largo plazo.	El objetivo principal es obtener el precio más bajo posible.
Inspección de entrada	La inspección de los productos recibidos es reducida y eventualmente eliminada, igual que el recuento.	El comprador es responsable del sistema de entrega y de contar e inspeccionar los productos recibidos.
Establecimiento de las especificaciones del producto	Se concede autonomía al proveedor para el diseño del producto, exigiéndosele simplemente que el producto cumpla satisfactoriamente sus funciones.	No se le concede autonomía al proveedor, exigiéndosele que se adapte perfectamente a las especificaciones de diseño establecidas por el comprador.

Papel de los empleados

Los empleados ocupan una posición central en el desarrollo de una política de GTC. Su gestión se caracteriza por lo siguiente:

- *Sistemas de incentivos.* Para que la GTC funcione es necesario contar con trabajadores motivados, y una de las formas de motivar a los empleados es establecer sistemas de incentivos. Sin embargo, no existe un gran acuerdo sobre cuáles son los mejores sistemas de incentivos bajo una política de GTC. En cualquier caso, habrán de considerarse incentivos monetarios (que se traducen en mayores pagas si la calidad aumenta y el coste disminuye) y no monetarios (que se traducen en premios como conceder una medalla, pagar un viaje o una cena, prestar un reconocimiento público, etc.). En cuanto a si los incentivos han de ser para el grupo o para el individuo, parece ser que los primeros son defendidos por más expertos, aunque los segundos tampoco son rechazados totalmente.
- *Formación.* Para que un trabajador haga bien su tarea ha de disponer de la necesaria formación, y por tanto este será un factor clave para la GTC. Además, para que el trabajador pueda no solo hacer bien su tarea sino aportar posibles mejoras que hagan que las tareas puedan rediseñarse con el fin de evitar errores y mejorar la calidad y la productividad, también habrá de tener formación en métodos de mejora de la calidad.
- *Empowerment.* Esta expresión en inglés significa dar poder. En la práctica esto se traduce en que se concede cierta autonomía a los empleados para que tomen decisiones propias, lo cual se hace por dos motivos:
 1. Porque se considera que con empleados bien formados y motivados es natural darles confianza para que tomen decisiones.
 2. Porque al dar esta confianza aumenta a su vez el nivel de motivación, pues las personas se sienten más valoradas dentro de la empresa.
- *Trabajo en equipo.* Círculos de calidad y otras formas. Una de las maneras en que se va a plantear que los trabajadores aporten sus capacidades a la mejora de la calidad es creando grupos de ellos que se dediquen a pensar cómo mejorar en sus procesos.
- *Estímulo de actitudes positivas.* Lealtad a la organización, orgullo por el trabajo, comunidad de objetivos y disposición a trabajar con otros departamentos. La dirección habrá de seleccionar su personal buscando que las personas escogidas estén predispuestas a compartir estos valores, que constituyen un importante activo para cualquier empresa y que se fomentan a través de la formación y de la enseñanza con el ejemplo por parte de los directivos.

Diseño del producto

Los principios que han de regir el diseño del producto son:

- *Diseño interdepartamental.* El diseño del producto no es responsabilidad solo del departamento de diseño, sino que los demás departamentos implicados, tales como producción y marketing, también han de participar. De esta forma se tendrán en cuenta todos los parámetros que pueden afectar al éxito del producto.
- *Cliente, coste y competencia siempre en mente.* Lógicamente, el diseño habrá de hacerse teniendo en cuenta todos los datos disponibles sobre clientes, coste y competidores.
- *Revisar diseños cuidadosamente antes de producir.* Antes de lanzar un producto al mercado es necesario comprobar que no va a generar ningún problema entre sus futuros usuarios. De esta forma se evitará generar clientes insatisfechos por incorrectos funcionamientos de los productos, a la vez que se reducirán los costes de la introducción de modificaciones en el diseño. No obstante, como la empresa que es pionera en la introducción de un nuevo producto suele obtener beneficios extraordinarios por ello, tampoco se deben alargar innecesariamente los períodos de prueba de los productos.

Gestión del proceso

Algunos de los elementos que caracterizan la gestión del proceso de producción según la filosofía de la GTC son:

- Los cinco ceros:
 1. Defectos.
 2. Averías.
 3. Existencias.
 4. Retrasos.
 5. Papeles.

Las empresas que aplican la GTC han asumido un principio de otra filosofía de gestión, el *Just in Time*. En una empresa de GTC el objetivo ha de ser que los defectos desaparezcan totalmente; nunca se puede conformar con un nivel determinado de ellos, por muy bajo que este sea. Se ha de buscar la mejora continua, de manera que cada vez se acerque más a ese objetivo de cero defectos. También se busca eliminar la aparición de averías, pues así se eliminan costes y se mejora

la calidad, puesto que las máquinas que no funcionan correctamente pueden generar productos defectuosos. La eliminación de existencias, retrasos y papeles no está directamente relacionada con la calidad, pues no implica necesariamente que por ello esta vaya a mejorar, pero también se asume como medio de reducir costes innecesarios y mejorar la atención a clientes.

- *Diseñar procesos a prueba de errores (Poka Yoke)*. Se trata de que el proceso de producción, y con él cada una de las tareas que han de realizar los operarios, esté diseñado de forma que se evite la posibilidad de que se cometa un error. Para ello se contará con las sugerencias de los propios trabajadores.
- *Ceder la inspección a los propios operarios: cliente interno*. Los trabajadores serán los inspectores de su propio trabajo, y ellos mismos habrán de tomar las medidas oportunas cuando detecten un defecto. La idea del cliente interno consiste en que hay que concienciar a los trabajadores de que cada uno de ellos es cliente de aquel del cual recibe algo y proveedor de aquel al cual envía algo. De esta forma, si cada trabajador se preocupa de satisfacer las necesidades de sus clientes (que no son más que recibir los productos de acuerdo a lo establecido, sin defectos y en las cantidades y tipos especificados) y de expresar adecuadamente sus propias necesidades a sus proveedores, al final el cliente externo, es decir, el cliente de la empresa, verá satisfechas también sus necesidades.
- *Mantener el proceso bajo control estadístico*. Las empresas que aplican GTC aplican control estadístico del proceso cuando es procedente. El control estadístico del proceso es una herramienta estadística que ayuda a conocer los valores en que se mueven las variables a controlar de los productos fabricados (aquellas que de no estar dentro de unas tolerancias harían que el producto fuera defectuoso). Conociendo esto, la empresa puede saber si es capaz de cumplir las tolerancias de sus productos, detectar cuándo se produce alguna variación fuera de lo normal que habría que investigar y establecer relaciones de causa-efecto ante cambios introducidos en el proceso.
- *Uso de instrumentos de mejora estadísticos y no estadísticos*. Aunque el control estadístico del proceso es la herramienta más popular, existe otra serie de herramientas, unas de tipo estadístico y otras no, que ayudan a trabajadores y directivos a detectar las causas que originan problemas en la producción y a buscar soluciones para esos problemas.
- *Las 5S*. El enfoque de las 5S, como muchos otros enfoques de la GTC, tiene su origen en las empresas japonesas y se imbrica profundamente en la cultura popular de ese país. No obstante, como muchas empresas japonesas han mostrado en sus plantas en Estados Unidos y en Europa (incluida España), estos principios pueden aplicarse también con éxito en

nuestras culturas. El objetivo básico de las 5S es lograr un lugar de trabajo donde se respire un aire de orden y eficiencia, y no de chapucería y descontrol, aplicando para ello sencillas recomendaciones que no son más que sentido común aplicado a la empresa. Se traducen en procurar tener la empresa ordenada, bien organizada y limpia, en facilitar a los trabajadores estas tareas con sistemas visuales sencillos y en convertir en hábitos todas las tareas necesarias para lograr esto.

Disponibilidad de la información

- La información ha de estar a disposición del que la necesite. La información sobre el funcionamiento del proceso de producción ha de ser fácilmente accesible para cualquier persona dentro de la organización, pues para buscar soluciones a los problemas y mejorar la calidad hace falta disponer de información sobre esos problemas.
- Mostrar en la planta información acerca de los resultados obtenidos. Una forma muy común de hacer fácilmente disponible esa información para los trabajadores es mostrarla por la planta en espacios acondicionados para ello.
- Mantener registros sobre los indicadores de la calidad: defectos, reparaciones y coste de la calidad. Obviamente, para disponer de información primero hay que recabarla. La empresa habrá de establecer un sistema que permita recabar y clasificar la información que considere pertinente. No obstante, se ha de recopilar la información pensando en el fin para el cual se hace, no por el simple hecho de recopilar, es decir, no se trata de archivar todos los datos que se conozcan, sino de tomar aquellos que puedan ser útiles para la mejora del proceso.

10.3. MODELOS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Visto el enfoque de la GTC, explicaremos dos modelos de gestión de calidad que han sido generados por ciertas instituciones internacionales. Aunque algunos autores consideran a estos modelos como formas de aplicar la GTC, en la práctica no es exactamente así, como veremos.

10.3.1. La norma ISO 9001

Existe una gran variedad de normas que inciden sobre distintos aspectos de la calidad. Estas normas se pueden clasificar en dos grupos: aquellas destinadas

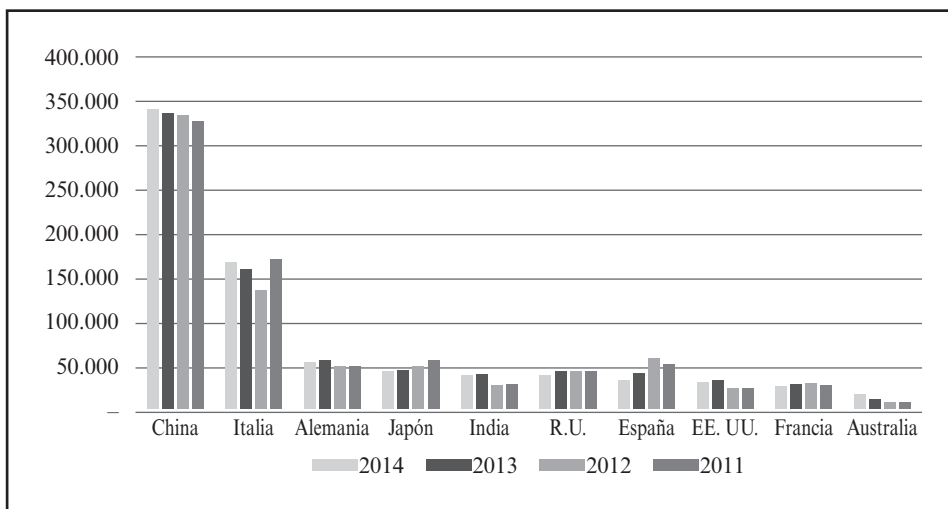
a establecer una serie de requisitos para un producto y aquellas que establecen procedimientos de gestión de la calidad. Las normas que introducen procedimientos de gestión de la calidad son mucho menos abundantes. Están diseñadas como procedimiento para asegurar la calidad ante clientes, de modo que se supone que quien cumple una de estas normas va a ofrecer un determinado nivel de calidad. Tienen su origen en el Reino Unido, donde en 1979 el Instituto Británico de Estandarización editó la norma BS-5750, a requerimiento del Ministerio de Defensa británico, en relación directa con la adquisición de productos militares. Del tronco de esta norma se han derivado dos ramas: las normas AQAP de la OTAN (PECAL en España) y las normas ISO de la serie 9000. Estas últimas son de carácter civil y están editadas por la Organización Internacional de Estandarización (ISO en sus siglas en inglés). Las primeras normas de la serie 9000 se editaron en 1987. La última edición de las normas ISO 9000 es de 2015. Las ediciones anteriores fueron de 1994, 2000 y 2008, habiendo supuesto las revisiones del 2000 y 2015 un cierto acercamiento a los enfoques de GTC. Sin embargo, aunque a partir de la norma se puede implantar un sistema de gestión de la calidad que esté de acuerdo con los principios de la GTC, también es cierto que se puede conseguir el certificado sin seguir esos principios, pues la norma no obliga a cumplir muchos de ellos.

En España su implantación se inicia hacia mitad de los noventa y se produjo un incremento espectacular hasta 2008, habiéndose reducido con las crisis el número de empresas certificadas. En concreto, en 1995 solo 1.491 empresas españolas estaban certificadas por ISO 9000, llegándose al máximo en 2008 con 68.730 y siendo 36.005 a finales de 2014.

Para que una empresa sea certificada como que cumple la norma ISO 9001 ha de acudir a una entidad reconocida como acreditadora y solicitar que esta analice su sistema y determine si se ajusta a lo establecido en la norma correspondiente. Si no es así, la entidad acreditadora redactará un informe en el que especificará el porqué no se cumple la norma, de forma que la empresa pueda corregir aquellos aspectos en los que falla. Transcurrido un plazo de tiempo, la entidad acreditadora revisa esos aspectos y decide si se puede conceder o no el certificado. No cualquier organización puede ser una entidad acreditadora; en España solo pueden serlo aquellas que son autorizadas por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC), un organismo público que establece los requisitos para este tipo de entidades.

La figura 10.1 muestra cuáles son los diez primeros países en implantación de la ISO 9001. Como se puede ver, el orden no se corresponde exactamente con la imagen de calidad que tienen los distintos países. Una de las razones puede ser que aquellos países con más prestigio en cuanto a calidad no tienen la necesidad de demostrarla consiguiendo un certificado como ISO 9001¹.

¹ Más información sobre ISO 9001 en www.iso.org.



FUENTE: Aenor.es.

Figura 10.1. Principales países en número de certificados ISO 9001.

10.3.2. El modelo EFQM de excelencia

La Fundación Europea para la Gestión de Calidad (EFQM) fue creada en 1988 por los presidentes de 14 importantes compañías europeas (Bosch, British Telecom, Bull, Ciba-Geigy, Dassault, Electrolux, Fiat, KLM, Nestlé, Olivetti, Philips, Renault, Sulzer y Volkswagen), bajo los auspicios de la Comisión Europea, basándose en la siguiente premisa: «la satisfacción del cliente, la satisfacción de los empleados y un impacto positivo en la sociedad se consiguen mediante el liderazgo en política y estrategia, una acertada gestión de personal, el uso eficiente de los recursos y una adecuada definición de los procesos, lo que conduce finalmente a la excelencia de los resultados empresariales». Esta fundación creó el modelo EFQM de excelencia empresarial. Sus antecedentes cabe buscarlos en los modelos Deming (1951, Japón) y el Malcom Baldrige (1987, Estados Unidos), que, con ligeras diferencias, pretenden mejorar las organizaciones y sus productos o servicios.

El modelo EFQM de excelencia puede utilizarse para realizar una autoevaluación, una evaluación por terceros (y así tener una opinión fundada externa), para actividades de *benchmarking*, para facilitar un proceso de integración después de una fusión o para presentarse al Premio Europeo a la Calidad. El modelo EFQM trata de medir la excelencia de las organizaciones a través de nueve criterios, de los cuales cinco son «agentes facilitadores» y cuatro son «resultados»:

- Los *agentes facilitadores* serían aquellos elementos que hacen posible la obtención de unos determinados resultados, es decir, explican lo que el servicio hace y cómo lo hace.
- Los *resultados* miden los logros alcanzados, en términos de eficiencia y eficacia, y como consecuencias de la actuación de los agentes facilitadores.

Cada uno de los nueve criterios se divide en distintos subcriterios, donde se concreta el objetivo del criterio general. Asimismo, cada empresa deberá definir, para cada uno de los subcriterios, las áreas de trabajo sobre las que va a tratar de recoger la información, para saber los puntos fuertes y débiles, así como las áreas de mejora que se deben llevar a cabo, definiendo un plan de acción para llevarlas a cabo. La figura 10.2 esquematiza el modelo de excelencia de la EFQM².

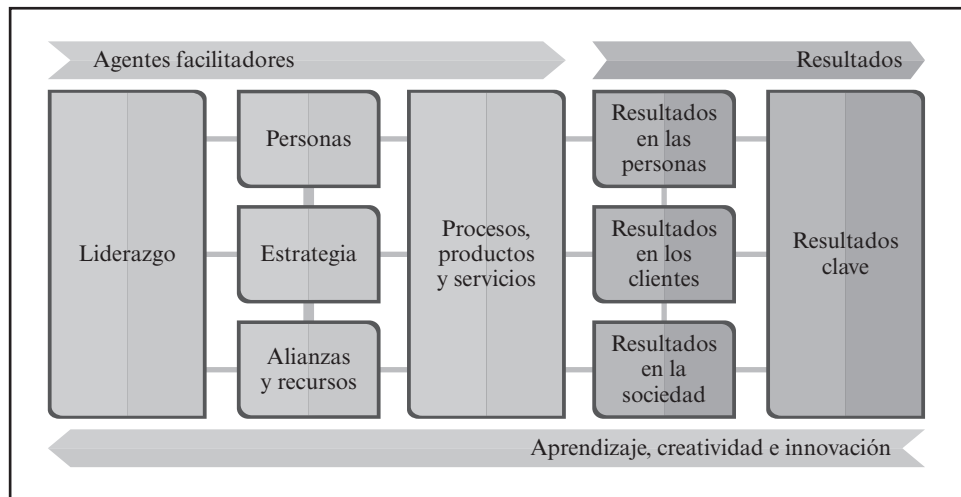


Figura 10.2. Modelo EFQM.

10.4. EL COSTE DE LA CALIDAD

La primera referencia a los costes de calidad apareció en la primera edición del manual de control de calidad de Juran, en 1951. En ese momento se les relacionó con el concepto de «oro en la mina», ya que se consideraba que conociendo los costes de la calidad se podrían corregir muchas fuentes de costes innecesarios.

² Más información sobre el modelo EFQM en www.efqm.org.

Los costes de calidad hacen referencia tanto al coste necesario para obtener la calidad deseada como al que se genera como consecuencia de no obtenerla. Normalmente, cuando se habla de coste de la calidad se está entendiendo esta como adecuación a las especificaciones de diseño, es decir, como ausencia de defectos en el producto y no como tener un diseño que no se ajuste a los deseos de los consumidores.

Los costes de la calidad se suelen dividir en dos grupos, que a su vez se pueden desglosar en dos categorías cada uno (Feigenbaum, 1991, p. 111). Estos grupos son los de costes de conformidad y los de no conformidad. Los primeros incluyen todos aquellos costes en los que es necesario incurrir para que el producto se adapte a sus especificaciones, y los segundos todos los costes que se producen como consecuencia de no alcanzar el objetivo anterior. Los de conformidad se dividen en costes de prevención y costes de evaluación, y los de no conformidad en costes de errores internos y costes de errores externos. Su explicación, junto con algunos ejemplos, es la siguiente:

1. *Costes de prevención.* Incluyen todos los costes que originan los trabajos de planificación de la calidad, tales como formación del personal, mantenimiento preventivo de la maquinaria, estudios y análisis preventivos, acciones para evitar que un problema se repita, etc.
2. *Costes de evaluación.* Son aquellos necesarios para comprobar que las características del producto estén de acuerdo con las especificaciones y sean aceptables para el cliente. Destacan la inspección para determinar la conformidad, aprobación de firmas de un documento, revisión de los diseños terminados, informes y procesamiento de los datos de la calidad, auditorías de la calidad, etc.
3. *Costes de errores internos.* Se miden en función de los desechos, reprocesos, reparaciones y otras pérdidas relacionadas que se producen como consecuencia de un producto con calidad fuera de estándar. También habría que incluir aquí el coste que se produce como consecuencia de la necesidad de producir por encima de la demanda, a causa de la incertidumbre sobre la calidad a obtener.
4. *Costes de errores externos.* Son los costes que se producen como consecuencia de la llegada a manos del cliente de un producto con mala calidad. Esto origina, de forma claramente medible, devoluciones de productos, necesidad de reparaciones y servicio posventa, y retiradas o puestas al día de productos en el mercado. También provoca un efecto no medible tan fácilmente, pero más importante en muchos casos, como es la pérdida de clientes.

Todos los costes de la calidad están relacionados entre sí, de forma que un aumento en unos supone un descenso en otros. El nivel de costes de conformidad (prevención y evaluación) lo determina la empresa, ya que será ella la que decida

qué cantidad de estas actividades realizar. El nivel de costes de no conformidad vendrá determinado por lo que la empresa haya decidido gastar en actividades para asegurar la conformidad y por su materialización práctica. Suponiendo que esta se realiza correctamente, las relaciones existentes entre costes serán:

- Un incremento en los costes de prevención disminuirá todos los demás costes, tanto los de evaluación, pues será menos necesario realizarla, como los de errores internos y externos, pues estos se producirán en menor cuantía.
- Un incremento en los costes de evaluación supondrá un aumento de los costes por errores internos, al detectarse un mayor número de errores del total cometido. Por otro lado, provocará un descenso en los costes por errores externos, al llegar menos productos defectuosos a los clientes. No obstante, el número total de errores cometidos seguirá siendo el mismo.

10.5. HERRAMIENTAS DE GESTIÓN DE LA CALIDAD

Son muchas las herramientas de aplicación en gestión de la calidad. A continuación se explican las más importantes.

La inspección

La inspección consiste en examinar el producto para detectar si tiene algún defecto. La inspección puede tomar muchas formas: en unos casos será realizada por técnicos altamente especializados y en otros por los mismos operarios, unas veces necesitará de instrumentos sofisticados y otras de aparatos sencillos, pudiendo estar mecanizada en algunas ocasiones.

Dónde inspeccionar depende principalmente de cuándo está programada la inspección. El cuándo se va a realizar depende de las características concretas del proceso de producción. Normalmente se inspeccionará al principio y al final del proceso, a la recepción de materias primas y tras la obtención del producto terminado. Utilizar materias primas defectuosas puede hacer que todo el trabajo de la producción resulte inútil e incluso puede afectar al proceso (por ejemplo, estropeando maquinaria), y facturar productos inferiores a la norma puede generar pérdidas de clientes. Las inspecciones durante el proceso normalmente se realizarán antes de efectuar operaciones costosas, irreversibles o que puedan ocultar errores.

Una vez determinado el cuándo se va a inspeccionar, el dónde será el sitio más adecuado en función de ese cuándo. Así, cuando se inspeccionan materias primas el lugar será normalmente donde se reciban esas materias primas, o cuando se analicen productos terminados se hará donde sean obtenidos. No obstante, dependiendo de qué características tenga la producción, se inspeccio-

nará en lugares diversos. En un *layout* por posición fija los inspectores habrán de ir hasta el producto, mientras que en una línea de producción mecanizada el producto llega por la línea hasta la posición del inspector. En algunos casos se hará necesario sacar el producto del lugar de producción para llevarlo a laboratorios, debido a que se requieran equipos y habilidades especiales o a que resulte más económico hacer esto que llevar a los inspectores a la fábrica. En definitiva, los lugares de inspección serán muy variados, y se establecerán tratando de buscar la economía y la eficacia del proceso de control.

En cuanto a cómo inspeccionar, existen dos tipos básicos de inspección: por variables y por atributos. La inspección por variables supone que se hacen mediciones precisas de las dimensiones (el peso, la longitud, la rugosidad u otras características del producto en cuestión), características que han de poderse medir en una escala continua. La inspección por atributos consiste en determinar si un producto es aceptable o rechazable en función de si sus características se encuentran dentro de ciertos límites. Los rasgos generales de ambas son:

— Por variables:

- La característica de inspección responde a una escala variable.
- Requiere dispositivos muy bien calibrados capaces de medir con precisión el producto.
- Permite conocer la magnitud de la variación.
- Requiere muestras más pequeñas.
- Acepta o rechaza una única característica.
- Exige mayores conocimientos al personal.
- Es normalmente más cara, ya que requiere más tiempo y habilidad y equipos de mayor coste que una calificación de bueno o malo, además de mayores gastos administrativos.

— Por atributos:

- Los dispositivos para comprobar los atributos están diseñados para proporcionar un veredicto rápido de la aceptación.
- La información es pobre (sirve-no sirve).
- Necesita de muestras grandes.
- En ocasiones requiere de juicios de valor subjetivos (por ejemplo, la cata de un vino).
- Precisa de menos conocimientos del inspector.
- Su coste suele ser menor.

Otra tarea a realizar a la hora de hacer un control de recepción es determinar qué se va a inspeccionar y en qué medida. No todos los atributos de un producto pueden tener relevancia a efectos de su calidad, por lo que no todos

habrán de ser controlados. Además, no todos tendrán la misma importancia, por lo que el control sobre aquellos que la tengan en mayor grado habrá de ser más estricto. Será interesante para la empresa establecer unos criterios que le permitan clasificar los atributos por su grado de importancia (por ejemplo, clasificarlos en críticos, importantes y secundarios) y determinar un nivel de exigencia distinto para cada grado.

Los costes de inspección al 100% se ven reducidos por las técnicas de muestreo estadístico. Estas técnicas se utilizarán normalmente cuando el coste de una inspección al 100% de un lote no compense con el beneficio que se obtiene por determinar qué unidades defectuosas existen en ese lote. Esto será siempre así cuando la inspección suponga la destrucción del producto.

Si llamamos C_i al coste de inspeccionar una unidad de producto, C_d al coste de dejar pasar una unidad defectuosa, N al número de elementos del lote y p a la proporción de unidades defectuosas en ese lote, habrá que inspeccionar al 100% cuando:

$$C_i \times N < C_d \times p \times N \Rightarrow \frac{C_i}{C_d} < p$$

Por tanto, en función de cuál sea la relación entre el coste de inspección, el de dejar pasar un producto defectuoso y la proporción de defectos existente en el lote, será pertinente o no realizar inspección al 100%. Conforme C_i sea más pequeño y C_d y p más grandes, la inspección al 100% será más interesante.

El problema es que normalmente p no podrá ser conocido antes de la inspección del lote. Datos obtenidos previamente sobre los productos del lote nos pueden permitir estimar ese nivel de p y, en función de ello, saber si sería necesaria una inspección al 100%. Si $C_i/C_d > p$, entonces no habrá que inspeccionar al 100%, sino que será preferible realizar un control por muestreo o no inspeccionar. El control por muestreo no se realizará cuando su coste sea superior al coste de dejar pasar unidades defectuosas, es decir, cuando:

$$C_i \times n > C_d \times p \times N$$

siendo n el número de elementos de la muestra.

En el caso contrario no necesariamente será interesante realizar control por muestreo, pues este no garantiza el que no existan unidades defectuosas una vez realizado. De hecho, cuando los materiales a ser inspeccionados se encuentran bajo control estadístico (es decir, conocemos el valor que puede tomar p con altos niveles de seguridad), nunca habrá que hacer control por muestreo. Es decir, conociendo cuál es el nivel esperado de p , no se debe hacer control por muestreo para aceptar o no el lote inspeccionado, sino control estadístico del proceso para determinar si p se mantiene constante o varía y, en cuanto al proceso del cual se obtiene el lote, tomar las medidas que se estimen oportunas

para reducir p . Es por ello que el control estadístico del proceso se plantea como alternativa a la inspección por muestreo.

El control estadístico del proceso

El objetivo del control estadístico del proceso consiste en lograr que la variable controlada se mantenga bajo control estadístico, es decir, que su variabilidad no supere lo que se marque como normal. En la producción se suelen originar variaciones en determinadas variables (por ejemplo, número de alchofas por lata, grosor, longitud o volumen de una pieza, etc.). Esa variación genera problemas, puesto que:

- Si supera las tolerancias del producto, este se convierte en defectuoso.
- Variaciones dentro de las tolerancias de distintas piezas pueden acumular sus efectos y generar un conjunto defectuoso.
- La variación es siempre negativa, pues genera problemas de control y de capacidad de planificación. Si no sabemos cómo se va a comportar una variable, no podemos conocer los resultados de aquellas medidas que estén destinadas a realizar una modificación sobre esa variable.

Por tanto, el objetivo de cualquier empresa ha de ser, en primer lugar, conocer la variabilidad de la variable a controlar y, en segundo lugar, tomar las medidas necesarias para reducir esa variabilidad.

Este proceso supone la creación de un ciclo que se inicia con la recogida de información, continúa con el análisis e interpretación de esta, sigue con la elección de las medidas correctivas y finaliza con la aplicación de las mismas al proceso. Una vez acabado el ciclo y con el proceso mejorado, se inicia un nuevo ciclo en el que se trata de mejorar el proceso aún más. Por ello se conoce como ciclo de mejora continua.

El principal método para la recogida de esa información es el uso de los diagramas de control. Estos trabajan sobre la diferenciación de dos tipos de causas de variación en la producción: causas comunes y causas especiales. Las primeras producen muchas variaciones pequeñas, que se reparten por todo el proceso y que, unidas, suponen la variación detectada. Estas variaciones debidas a causas comunes tienen un comportamiento estable que nos permite establecer una distribución de probabilidad que se les ajusta. Para disminuir su incidencia es preciso tomar medidas correctivas que no están normalmente al alcance del operario, sino que implican a la dirección, pues conllevan actuar sobre el sistema de producción. Las causas especiales de variación se manifiestan por una o pocas variaciones de gran magnitud que aparecen de forma irregular, no siendo estables en el tiempo. Esto hace que no sean previsibles y que no se adapten a la distribución obtenida para las causas comunes. La aparición de una variación

por causa especial indicará que existe algún problema en el proceso, que probablemente se deberá a una causa específica y conocida y que en muchas ocasiones podrá ser resuelta por los mismos operarios.

El objetivo principal del control estadístico del proceso será detectar y eliminar estas causas especiales de variación, para así obtener un proceso en el que las variaciones sean previsibles y cuantificables y se puedan diseñar medidas para minimizarlas. Diremos entonces que el proceso se encuentra en estado de control. Ningún proceso se encuentra espontáneamente en estado de control; llevarlo a dicho estado y mantenerlo en él es un logro. El operario es un elemento básico en este control, pues es el que mejor conoce la máquina y el proceso y, por tanto, podrá identificar mejor las causas de variación y aplicar las medidas correctivas. Una vez que el proceso está bajo control se pueden establecer sobre él las oportunas medidas rectificadoras que permitan reducir su variabilidad y centrar su media sobre el valor objetivo.

El procedimiento general a seguir a la hora de realizar un diagrama de control será el siguiente:

1. Se toman una serie de muestras de la producción.
2. Se calculan los límites de control provisionales y se dibuja el/los gráfico/s.
3. Se sitúan sobre el gráfico las mediciones de las distintas muestras y se determina si existe alguna señal de fuera de control.
4. Si el proceso se encuentra en estado de control, tales límites pueden ser usados para continuar realizando el control en momentos posteriores. Si alguna muestra se encuentra fuera de los límites, habrá que identificar la causa especial que originó tal hecho y corregirla. Una vez hecho esto, existen dos opciones:
 - a) Recalcular los límites con una nueva serie de muestras.
 - b) Recalcular los límites con los datos anteriores, eliminando los correspondientes a las muestras que indicaban un estado de fuera de control (siempre y cuando el número de muestras que queden sea suficiente).
5. Con los límites definitivos se van tomando sucesivas muestras, con el fin de determinar que el proceso sigue en estado de control y de actuar sobre las causas especiales que puedan aparecer. Aunque ningún valor de una muestra se salga de los límites, el gráfico nos puede indicar (como posteriormente veremos) cambios en las variables definitorias de su distribución de probabilidad, en cuyo caso será necesario también investigar las causas y calcular unos nuevos límites si tal situación se convierte en permanente.

Los límites de control son límites de probabilidad. Así, si establecemos un límite de probabilidad 0,001, aseguramos que, si solo actúan causas comunes, la

probabilidad de que un punto del gráfico caiga por encima del límite superior o por debajo del inferior es de uno entre mil; es decir, la probabilidad de que tengamos una falsa alarma, de que el gráfico de control nos indique una situación de fuera de control cuando esta no existe, es del 1 por mil. De hecho, es habitual, pero no necesario, establecer límites que se aproximen a 0,002. La decisión del límite a establecer dependerá del riesgo que desee correr el responsable correspondiente respecto a la fiabilidad del programa de control. Normalmente se establecen otro tipo de límites, que son los límites 3σ . Un límite 3σ establece el límite en 3 desviaciones típicas con respecto a la media. Si se trata de una distribución normal, este límite es prácticamente equivalente a un límite de probabilidad 0,0027.

En ocasiones se establecen límites 2σ e, incluso, $1,5\sigma$, ya que en determinadas circunstancias pueden ser más económicos que los 3σ . En concreto, lo serán cuando resulte posible decidir muy rápidamente y con bajo coste que no hay nada que funcione mal en el proceso cuando un punto (solo por casualidad) cae fuera de los límites de control, es decir, cuando el coste de buscar anomalías cuando estas no existen es bajo. También se utilizarán cuando el coste de que el proceso se desvíe de su objetivo sea muy alto.

Aquí también es importante (como ocurría con el control de recepción) determinar qué características del producto han de ser controladas y a qué nivel. No es lógico controlar variables cuya desviación de lo proyectado no suponga un coste que compense la realización del control. Por otro lado, habrá características que por su importancia requieran una mayor atención, que se puede traducir, por ejemplo, en el establecimiento para ellas de límites de control más estrechos. Para determinar qué características es interesante controlar y a qué nivel puede ser útil emplear el análisis de Pareto.

En cuanto a la recogida de los datos, el procedimiento de extracción de las unidades que tienen que integrar cada una de las muestras ha de asegurar que cumple los necesarios requisitos de aleatoriedad, de forma que la muestra sea representativa.

Además de la aleatoriedad, las muestras deben tomarse de forma que permitan poder identificar las causas que pueden haber generado el problema. Para ello se ha de conocer con precisión en qué condiciones se ha tomado cada muestra (en qué turno de trabajo, de qué máquina procedía, qué lote de materias primas se utilizó, la hora del día, etc.). Dado que las condiciones de producción son muy variadas de unos productos a otros, es difícil establecer un criterio general. En cualquier caso, se ha de evitar siempre que los elementos de una misma muestra hayan sido obtenidos bajo distintas circunstancias, y que las distintas muestras correspondan a las distintas circunstancias con que se trabaja normalmente (si se trabaja con dos máquinas simultáneamente para obtener un mismo producto, muestras separadas de las dos máquinas; si se trabaja con dos turnos, muestras separadas de cada turno, si se trabaja con dos proveedores de materias primas, lo mismo).

Existen muchos tipos de gráficos de control. Básicamente, se dividen en gráficos por variables y gráficos por atributos. Los primeros nos permiten conocer el comportamiento de la variable a controlar, su valor central y su variabilidad. Los segundos tienen un alcance más limitado, y lo que permiten controlar es si la cantidad de defectos o unidades defectuosas se encuentra dentro de los parámetros normales de variación.

A efectos ilustrativos sobre cómo se realizan y utilizan estos gráficos, se explica uno de ellos, el gráfico de medias y rangos.

Gráfico de medias y rangos

La desviación de una distribución de medias es menor que la de una de datos individuales, según indica la expresión:

$$\sigma_{\bar{u}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$$

donde:

$\sigma_{\bar{u}}$ = Desviación típica de la distribución de medias.

σ = Desviación típica de la distribución de valores individuales.

n = Tamaño de las muestras de donde se han extraído las medias.

Esto hace que un gráfico realizado a partir de medias de muestras de los datos, en vez de con los datos directamente, sea mucho más sensible a los cambios, es decir, la probabilidad de detectar que el proceso está fuera de control, cuando efectivamente lo está, es mayor. Además, una distribución de medias se puede aproximar a una distribución normal a partir de un número pequeño de muestras basándose en el teorema central del límite.

El inconveniente puede surgir cuando al calcular las medias encubramos mediciones que aisladamente se saldrían de los límites. Para solventar este problema el gráfico de medias se utiliza conjuntamente con el de rangos, ya que este nos permite controlar la variabilidad para cada muestra.

Para operar se toma una serie de m muestras de tamaño n (aunque el problema de la determinación del tamaño óptimo de la muestra no se ha resuelto por completo, se recomienda que n valga 4 o 5 y que $n \times m$ sea al menos igual a 100) y se calcula la media y el rango R de cada una de ellas. Una vez hecho esto se obtiene la media de las medias $\bar{x}'$ y de los rangos $\bar{R}'$. Calculados estos, se sitúan en el gráfico y se calculan los límites inferior y superior para cada uno de ellos utilizando las siguientes fórmulas (LS : límite superior y LI : límite inferior):

— Para el gráfico de las medias:

$$LS_{x'} = x' + A_2R'$$

$$LI_{x'} = x' - A_2R'$$

— Para el gráfico de rangos:

$$LS_{R'} = D_4R'$$

$$LI_{R'} = D_3R'$$

A_2 , D_3 y D_4 son parámetros cuyo valor depende de n (y se puede encontrar en tablas, cuya notación más común es la que utilizamos) y que se han determinado para unos límites de control calculados entre $-3s$ y $+3s$. Estos límites nos indican que si la variación es ocasionada únicamente por causas comunes, de cada 370 puntos del gráfico solo uno debería estar fuera de los límites. Un modelo sencillo podría ser el siguiente, en el que tenemos un gráfico de medias en la parte superior y uno de rangos en la inferior (figura 10.3):

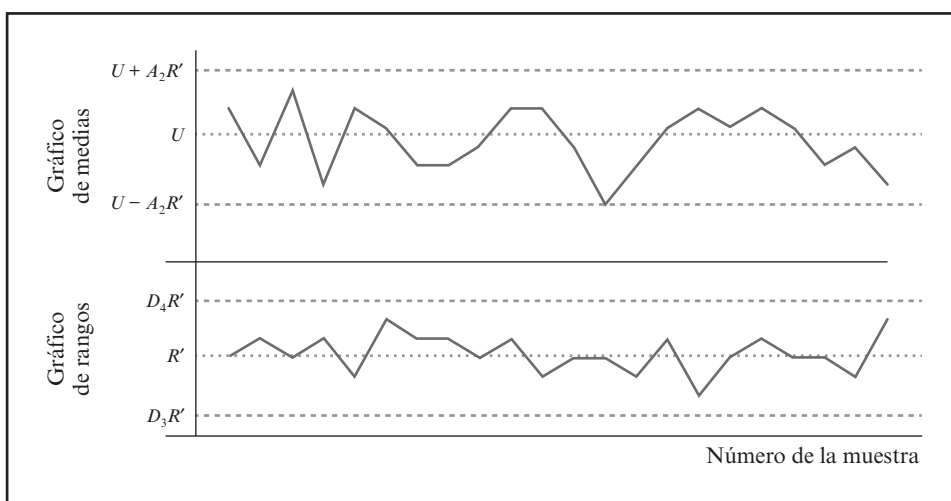


Figura 10.3. Gráficos de medias y rangos.

Diagrama causa-efecto

También se le conoce como diagrama de espina de pescado y como diagrama de Ishikawa. Fue creado en 1953 por Kaoru Ishikawa para su uso por los círculos de calidad. Su función es resumir en un esquema sencillo todas las posibles causas que puedan generar un problema en la producción o prestación de un servicio. Ishikawa propone seis pasos para la realización de estos diagramas:

1. Identificar el problema que queremos abordar (es decir, el efecto).
2. Situar el efecto en la parte derecha del diagrama, de la forma más clara posible, y dibujar una flecha horizontal que apunte hacia él.
3. Elegir unos nombres generales para las causas y anotarlas en el diagrama por medio de flechas más pequeñas, empezando por la izquierda y siguiendo el orden del proceso. Se pueden utilizar categorías generales, tales como, por ejemplo, materias primas, equipo, métodos de trabajo y personas.
4. Se desglosan las causas generales en subcausas más concretas, utilizando las ramas secundarias y terciarias. Seguir escribiendo ramas secundarias y terciarias, hasta que eventualmente se alcance una causa sobre la que se pueda actuar.
5. Cuando se hayan registrado todas las causas posibles, clasificarlas por orden según la influencia que ejercen. Para ello se puede utilizar el análisis de Pareto.
6. Anotar siempre la fecha de preparación cuando se haga un diagrama y añadir las fechas de cualesquiera revisiones, ya que estas dan una indicación de los progresos.

Normalmente se han utilizado cuatro factores fundamentales en la elaboración de estos diagramas: métodos, máquinas, materiales y mano de obra. No obstante, no constituyen un elemento inmutable, pues pueden ser modificados.

La forma del diagrama sería, con variaciones de un caso a otro, la mostrada en la figura 10.4.

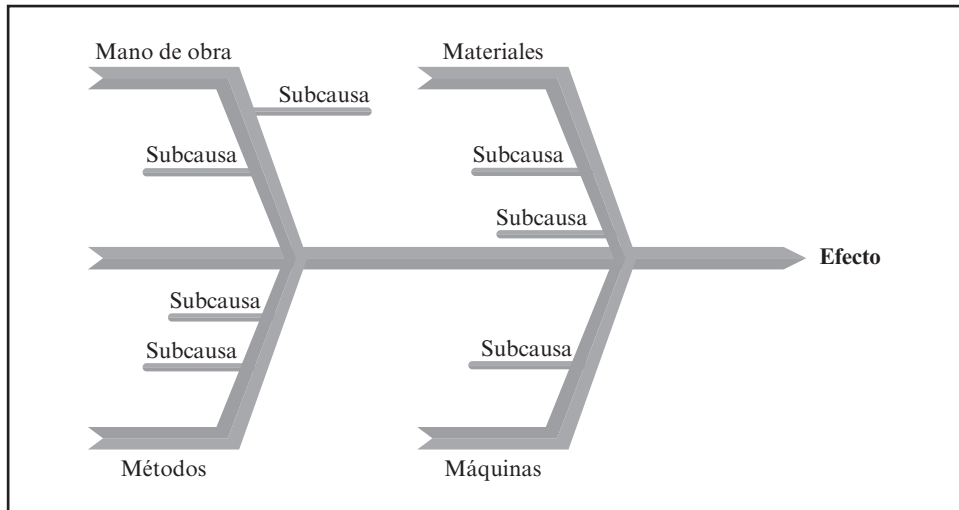


Figura 10.4. Diagrama de Ishikawa o de espina de pescado.

Análisis de Pareto o diagrama ABC

Aunque su origen corresponde a V. Pareto, fue en los años treinta cuando W. Vezlau y J. V. Talacko lo aplicaron por primera vez en el campo de la gestión de la calidad. Sin embargo, fue Juran quien lo popularizó posteriormente.

Su fundamento parte de considerar que un pequeño porcentaje de las causas producen la mayoría de los efectos. Se trataría de identificar ese pequeño porcentaje para actuar prioritariamente sobre él.

Los pasos para realizar un diagrama de Pareto son:

1. Determinar el problema a investigar.
2. Investigar los factores que provocan ese problema y cómo recoger los datos referentes a ellos.
3. Contar el número de veces que se ha producido cada uno de esos factores. Registrar los factores que apenas se producen en la categoría «otros».
4. Ordenar los factores en función del nivel de ocurrencia de cada uno de ellos.
5. Dibujar dos ejes verticales y un eje horizontal. Situar en el eje vertical izquierdo el número de veces que se ha dado cada factor, en el derecho el porcentaje acumulado de ocurrencia de los efectos y en el horizontal los factores, empezando por el de mayor importancia.
6. Construir un diagrama de barras y dibujar la curva acumulada.
7. Escribir junto al diagrama cualquier información necesaria, sea sobre el diagrama o sobre los datos.

Existen dos tipos de diagramas de Pareto:

- *Diagramas de fenómenos.* Se utilizan para determinar cuál es el principal problema que origina el resultado no deseado, problema que puede ser de calidad, coste, entrega, seguridad o de otro tipo.
- *Diagramas de causas.* Se emplean para, una vez encontrados los problemas importantes, descubrir cuáles son las causas más relevantes que los producen.

Para trabajar con los diagramas de Pareto es conveniente tener en cuenta lo siguiente:

- No es aconsejable que la categoría «otros» represente un porcentaje alto. De ser así, se debe realizar un método diferente de clasificación.
- Es preferible representar los datos (si es posible) en valores monetarios.
- Si una causa se puede solucionar fácilmente debe afrontarse de inmediato, aunque sea de poca importancia.
- Es imprescindible realizar un diagrama de causas si se quieren realizar mejoras.

Un diagrama de Pareto tipo podría ser el de la figura 10.5, en el que A, B, C, D, E, F y «otros» podrían ser tanto causas como problemas.

El procedimiento de uso conjunto de los diagramas ABC y de los diagramas de espina de pescado se basa en la utilización del primero para identificar el principal problema, para después determinar todas las causas que lo originan con un diagrama de espina de pescado, y terminar volviendo a utilizar el diagrama ABC para descubrir la principal de las causas.

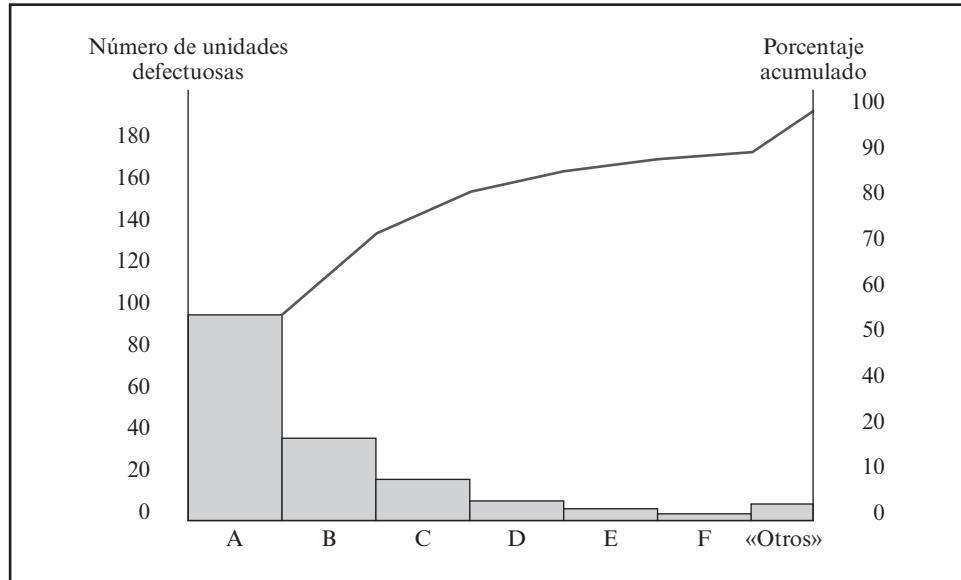


Figura 10.5. Diagrama de Pareto.

10.6. LOS CÍRCULOS DE CALIDAD

10.6.1. Fundamentos

Los círculos de calidad empezaron su andadura en las empresas gracias a la labor de Kaoru Ishikawa en Japón a partir de principios de los sesenta. En este país tuvieron un enorme éxito, y en 1970 se creó el primero en Estados Unidos, pasando a Europa ya entrados los setenta.

Podemos definirlos como «un pequeño grupo de personas dentro de una organización que se reúnen periódicamente para debatir problemas de producción y operaciones. Su objetivo es determinar los problemas específicos, crear posibles métodos para solucionarlos, analizar las consecuencias de la aplicación de tales métodos y recomendar soluciones».

Todo este planteamiento se basa en la consideración del trabajador como una persona capaz de, mediante una adecuada formación y motivación, aportar mejoras a la empresa.

Los principios por los que ha de regirse su implantación son:

- a) Aprovechar los conocimientos que el trabajador tiene sobre cómo mejorar su puesto de trabajo.
- b) Confiar en la capacidad de aportar cosas positivas de los trabajadores.
- c) Se considera que el trabajo en grupo crea sinergias que permiten aprovechar mejor las capacidades individuales de los trabajadores.
- d) Su objetivo es mejorar la productividad y la calidad, y no deben convertirse en otra cosa.

Condiciones de funcionamiento:

- *Participación voluntaria.* No se puede obligar al trabajador a que participe en algo para lo cual no ha sido contratado. Además, no se debe discriminar a los trabajadores que no participen, pues tal medida se puede interpretar como una forma de obligar a participar.
- *Formación.* Para que un círculo funcione es necesario que sus miembros dispongan de los conocimientos necesarios para realizar actividades de mejora. Eso incluye el saber utilizar algunas de las herramientas de trabajo que hemos comentado en apartados anteriores.
- *Trabajo en grupo.* Un círculo de calidad es un grupo de trabajo, y como tal su labor se realiza en equipo. Se trata de aprovechar las sinergias que genera el trabajar con otros.
- *Grupo democrático.* El funcionamiento del círculo ha de ser democrático. Eso significa que, en el momento de tomar una decisión, si no existe consenso se hará por votación de los miembros.
- *Respeto al compañero.* Cualquier organización no funcionará correctamente si no existe el debido respeto entre sus miembros. En un círculo de calidad esto se hace más patente, pues el trabajo en grupo implica una buena armonía entre sus miembros.
- *Motivación.* Si no existe una motivación explícita y formal por parte de la empresa el trabajo del círculo decaerá, ya que toda persona espera que su trabajo le sea reconocido. El problema radicará en cómo realizar este reconocimiento. En este caso, es claro que el reconocimiento ha de ser para el grupo, no para individuos concretos del círculo.
- *Tamaño del grupo.* El número de miembros que ha de tener un círculo no está claramente definido, estableciendo los distintos autores que tratan el tema diferentes intervalos posibles. Generalmente, entre cuatro y cinco miembros es una cifra razonable.
- *Duración, periodicidad y momento de las reuniones.* No se puede pretender de forma realista que los miembros de los círculos se reúnan fuera de horas de

trabajo sin obtener una compensación por ello, ya que, independientemente de cualquier otra consideración legal o sindical, sus miembros son voluntarios. No obstante, si la dirección tiene la suficiente capacidad de liderazgo como para lograrlo, podrá hacerse. En cualquier caso, una reunión semanal de una hora de duración parece una frecuencia y duración razonables.

- *Respeto al horario.* Como en cualquier actividad, el horario de las reuniones ha de respetarse escrupulosamente. Además, el trabajo del círculo ha de tener prioridad sobre otros temas que puedan surgir, ya que de no ser así podrá ser percibido por los trabajadores como algo secundario y poco valorado por la dirección, lo cual los desmotivará.
- *Apoyo de la alta dirección.* La dirección de la empresa debe ser la primera en alentar y favorecer el desarrollo de los círculos. Como después comentaremos, estos se van a enfrentar a variados problemas, algunos de ellos insalvables sin el apoyo de los directivos superiores.

10.6.2. Organización

Una forma de organizar a los círculos puede ser la siguiente:

- a) *Un comité de gobierno.* Es creado por la dirección y reúne a un grupo de responsables de la empresa, comprometido en la puesta a punto y el seguimiento del programa de círculos de calidad. Han de formar parte de él los principales responsables de cada departamento de la empresa (producción, personal, comercial, administrativo...) y los representantes de los facilitadores. Sus funciones son: definir los objetivos del programa, establecer sus líneas directrices y sus reglas de funcionamiento y controlar su desarrollo.
- b) *Facilitadores.* Son personas que actúan de puente entre los círculos y el resto de la organización. Además, aconsejan y forman a los animadores y participan en la puesta en marcha de los círculos.
- c) *Portavoz del grupo.* El grupo elegirá democráticamente un portavoz, que será quien actuará de enlace entre el grupo y el facilitador asignado.

En cuanto a la relación entre la organización de los círculos y la organización en línea, han de ser paralelas aunque muy integradas. La primera ha de respetar los niveles de decisión de la estructura jerárquica y ha de aumentar lo menos posible el número de órganos consultivos o decisorios.

10.6.3. Problemas

Es necesario conocer los problemas con los que se puede enfrentar un círculo para poder evitarlos:

- Los círculos no pueden existir sin el completo apoyo de la dirección.
- La dirección no debe realizar un excesivo control sobre ellos.
- Los directivos intermedios se suelen enfrentar a ellos, pues los ven como una amenaza a su autoridad.
- Es necesario ofrecer a los trabajadores alguna forma de participación en los beneficios para conseguir su motivación a largo plazo. Las amenazas implícitas o explícitas hacia los trabajadores no deben usarse.
- Intentar implantarlos y obtener resultados rápidamente puede originar el fracaso.

10.7. EL DEPARTAMENTO DE CALIDAD

La gestión de la calidad necesita estructurar una organización orientada en ese sentido. Si bien la calidad es responsabilidad de todos, debe existir una función de gestión cuya sola área de especialización sea la gestión de la calidad. De esta forma se evitaría el problema de que, como consecuencia de que la gestión de la calidad es responsabilidad de todos, no fuese finalmente responsabilidad de nadie.

Las formas que tome esta organización pueden ser variadas, ya que dependerán del tamaño y complejidad de la empresa. La estructuración del departamento de calidad no será la misma en una empresa pequeña, con un escaso número de directivos, que en una empresa grande con varias plantas de fabricación. No obstante, es recomendable la existencia de personas que realicen las funciones específicas de la gestión de la calidad. Si la empresa es pequeña, estas personas pueden compaginar esta labor con otras (por ejemplo, comerciales). Si la empresa es mediana o grande, debe existir un departamento que se dedique exclusivamente a estas actividades. Esto no supone que la calidad sea un tema exclusivamente suyo, ya que ha de ser preocupación de todos los miembros de la empresa. Lo que implica es que todas aquellas actividades de mejora de la calidad que no puedan ser realizadas por cada miembro de la organización en el ejercicio normal de sus funciones, habrán de ser llevadas a cabo por este departamento.

Dos hechos concitan acuerdo amplio entre todos los expertos: uno, que el responsable del departamento de calidad ha de situarse al mismo nivel jerárquico que el responsable del departamento que deba evaluar, y otro que la calidad necesita el apoyo de todos los niveles de la organización. La necesidad de equiparación de poderes entre el responsable del departamento de calidad y los responsables de aquellos departamentos cuya calidad de producción haya de ser evaluada surge por el problema de la incompatibilidad entre máxima calidad y máxima cantidad. Así, por ejemplo, el responsable de producción puede verse tentado a olvidarse un poco de la calidad con el fin de presentar unas cifras de producción diaria altas. Si el responsable de calidad es uno de sus subordinados, tal actitud no se verá limitada.

RESUMEN

La gestión de la calidad va a buscar conseguir que la empresa realice productos a satisfacción de los clientes, sin defectos, y a la vez evitar que aumenten los costes, incluso reducirlos. Para ello plantea toda una serie de recomendaciones que hemos visto en este capítulo. Empezamos revisando la historia de la problemática de la gestión de la calidad, para a continuación reflexionar sobre qué debe significar calidad para una empresa. En el siguiente apartado realizamos un resumen de los principales elementos que configuran una política de gestión total de la calidad, el enfoque que hoy día se considera más adecuado para las empresas que cuentan con trabajadores bien formados y razonablemente motivados. También se ha explicado en este capítulo el modelo de la ISO 9001, así como el de la EFQM, modelos seguidos por muchas organizaciones como forma de enfocar la gestión de la calidad. Para explicar cómo una adecuada gestión de la calidad puede mejorar esta sin incrementar los costes, se ha indicado en qué consisten los costes de la calidad. Se han explicado también brevemente las herramientas más populares para controlar y mejorar la calidad. A continuación se ha desarrollado cómo implantar círculos de calidad en la empresa y la forma en que se puede implicar a los empleados en la mejora de la calidad. Finalmente se ha comentado el papel que el departamento de calidad ha de tener en una organización.

EJERCICIOS

1. Reflexione sobre la utilidad posible de la aplicación de los principios de la GTC en las siguientes organizaciones: su universidad, un hospital público y Carrefour (u otra cadena de hipermercados).
2. Indique las razones por las cuales la calidad puede ser importante, o no, en cada uno de estos productos: una lavadora, una casa, una bolsa de pipas y un medicamento para la calvicie.
3. Acceda al siguiente enlace y describa las similitudes y diferencias entre el modelo de gestión total de la calidad aplicado por Mercadona y el explicado en este capítulo. ¿Considera que la gestión total de la calidad es aplicable a cualquier organización?

C:\Users\economia\Desktop\Angel\libro casos calidad\artículos para publicar\31- CALIDAD TOTAL MERCADONA-Universia Knowledge@Wharton.mht

BIBLIOGRAFÍA

- Garvin, D. A. (1984). *Managing Quality*. The Free Press.
- Ishikawa, K. (1994). *Introducción al control de calidad* (1.^a ed. en español; 1989, 1.^a ed. en inglés). Madrid: Díaz de Santos.
- Juran, J. M., Gryna, F. M. Jr. y Bingham, R. S. Jr. (1990). *Manual de control de calidad*. Barcelona: Reverté.
- Laboucheix, V. (ed.) (1992). *Tratado de la calidad total* (tomos I y II). Madrid: Ciencias de la Dirección.
- Ross, J. E. (1999). *Total quality management. Text, cases and readings*. Boca Ratón: St. Lucie Press.
- Stahl, M. J. (ed.) (1999). *Perspectives in Total Quality*. Blackwell Publishers.

Más información sobre el modelo EFQM en www.efqm.org.

11

La sostenibilidad ambiental de operaciones

Jerónimo de Burgos Jiménez
José Felipe Jiménez Guerrero
Jorge Tarifa Fernández

INTRODUCCIÓN

El modelo económico tradicional, que consideraba al medio ambiente como una externalidad negativa del sistema económico y que había que regular quién debía asumir este coste, está quedando desfasado. Las cuestiones ambientales amenazan con acabar con la sostenibilidad de la humanidad y deben ser consideradas por las empresas, más que reguladas a través de impuestos y sanciones. En el presente capítulo introducimos el concepto de sostenibilidad del desarrollo económico para particularizar en la sostenibilidad ambiental. Se analiza cómo se consigue esta sostenibilidad ambiental y el papel que desempeña la empresa y el área de operaciones en su consecución. En esta línea se detalla cómo se integran las cuestiones ambientales en la estrategia de operaciones, como un objetivo específico de operaciones, así como su incidencia sobre las principales decisiones de operaciones. Finalmente se indica cómo medir este rendimiento ambiental como forma de medir y controlar la consecución de este objetivo.

11.1. UNA APROXIMACIÓN A LA SOSTENIBILIDAD

Tradicionalmente se ha asumido el carácter finito y semirrenovable de muchos recursos productivos que se obtienen del medio natural, así como la capacidad limitada de este medio para absorber los residuos que genera la actividad humana. Sin embargo, en la actualidad se ha puesto de manifiesto que el ritmo de consumo de muchos de estos recursos es mayor que el de su regeneración, así como que el ritmo de producción de residuos y contaminantes supera con frecuencia al de eliminación o asimilación por el medio natural.

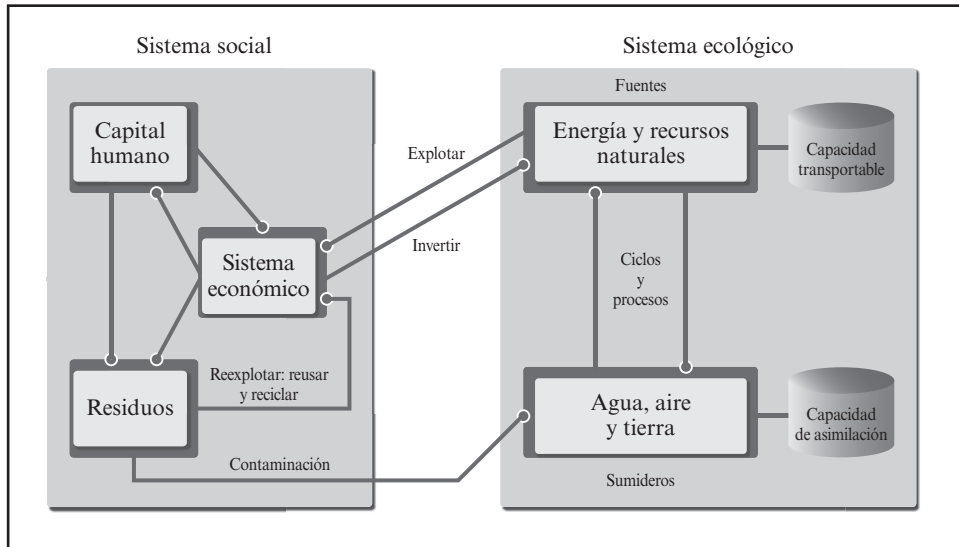
La existencia de problemas ambientales constituye uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la humanidad. En las últimas décadas hemos asistido a una mayor visibilidad de los problemas ambientales, tanto de alcance global (calentamiento global y cambio climático, incremento de contaminantes en mares y océanos, pérdida de biodiversidad, agotamiento de la capa de ozono, etc.) como de ámbito local (contaminación atmosférica en las ciudades, lluvia ácida, deforestación, etc.).

Esta reciente preocupación por los efectos ambientales no es previsible que sea una moda pasajera, sino que la presión se mantendrá o irá en aumento, dada la tendencia al crecimiento de la población mundial y del consumo de recursos por habitante (al acercar los hábitos de consumo del primer mundo a toda la población). Por tanto, se hace imprescindible considerar la sostenibilidad del desarrollo económico. En este contexto, en 1987 la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo de Naciones Unidas, por medio del conocido como informe Brundtland, define el desarrollo sostenible como aquel desarrollo que permite satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin que por ello se vean comprometidas las capacidades de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades (WCED, 1987).

El desarrollo sostenible, así definido, se consigue combinando tres dimensiones interdependientes del desarrollo: económica, social y medioambiental. No obstante, en este capítulo nos referiremos básicamente a las cuestiones referidas al medio ambiente¹. Por ejemplo, cortar árboles de un bosque es sostenible ambientalmente si se acompaña de un plan de replantación que garantice que el bosque mantenga una masa forestal equilibrada. Paralelamente, habría que evaluar la sostenibilidad económica (considerando la inversión a realizar y su rentabilidad) y social (incluyendo aspectos como el valor social de los árboles cortados o la seguridad en el trabajo).

Esta sostenibilidad ambiental implica considerar las interacciones entre el sistema social y el ecológico. Siguiendo el esquema de la figura 11.1 se obtiene la «sostenibilidad ambiental» cuando, por un lado, la extracción de recursos del sistema ecológico no excede la capacidad transportable de estos recursos básicos (energía y recursos naturales) y, al mismo tiempo, la transferencia de residuos (en forma sólida, líquida o gaseosa) del sistema social al ecológico no excede la capacidad de asimilación de este último (Jennings y Zandbergen, 1995:1018-1019). Por tanto, se hace necesario que las distintas organizaciones que integran el sistema social tengan en consideración los efectos que generan en el sistema ecológico.

¹ Aunque no existe una definición única y aceptada sobre medio ambiente que recoja su alcance, en general las definiciones existentes suelen hacer referencia a: que es el marco o entorno vital en donde vivimos, que incluye todo aquello que nos influye o afecta, que consta de un conjunto de elementos (físicos, químicos y biológicos) y también factores sociales, así como de relaciones existentes entre ellos.



FUENTE: De Burgos Jiménez (1999).

Figura 11.1. Esquema de la sostenibilidad ambiental.

Así, esta sostenibilidad ambiental también se puede resumir en el cumplimiento de tres criterios básicos en la forma de límites y ratios de consumo de recursos y producción de residuos:

- El consumo de recursos renovables es sostenible si se realiza a un ritmo inferior al de regeneración de ese recurso.
- El consumo de un recurso no renovable es sostenible si la economía sustituye una materia alternativa o tecnología a una ratio en la que el recurso no renovable es completamente reemplazado antes de que el recurso se agote.
- La emisión de contaminantes o residuos (de cualquier tipo) es sostenible si ocurre a un ritmo en el que el medio ambiente en el que se deposita pueda asimilarlos a un ritmo al que el contaminante es eliminado.

Sin embargo, estos criterios, aunque intuitivos, son difíciles de trasladar a la práctica, porque existen algunas cuestiones cuya resolución permanece abierta:

- La incertidumbre y el debate sobre cuáles son las ratios de consumo de recursos y generación de residuos sostenible (cuál es la capacidad transportable y de asimilación del sistema ecológico).
- Con frecuencia nos encontramos con objetivos locales (de consumo de recursos o de contaminación) que implican recursos compartidos (por

ejemplo, las cuestiones relativas con el cambio climático o la contaminación atmosférica).

Como consecuencia de estos desafíos, nos encontramos con que existen en la actualidad muchos aspectos en los que nuestro desarrollo no es sostenible. Así, según footprintnetwork.org (<http://www.footprintnetwork.org>), la humanidad utiliza el equivalente de 1,4 planetas cada año; es decir, la Tierra necesitaría un año y cinco meses para regenerar lo que utilizamos en un año. Además, esta situación es diferente entre países, con Estados que tienen un balance verde (positivo) y otros que lo mantienen negativo.

11.2. LA SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL EN LA EMPRESA Y EN LA DIRECCIÓN DE OPERACIONES

La consecución de este desarrollo ambientalmente sostenible conlleva la responsabilidad compartida de tres agentes económicos: los gobiernos, los consumidores y las empresas. Por un lado, los gobiernos deben establecer políticas económicas que sean ambientalmente sostenibles; por otro, los consumidores deben demandar productos ambientalmente sostenibles y estar dispuestos a consumirlos y eliminarlos de forma responsable; finalmente, las empresas deben diseñar y fabricar unos productos que, durante todas las fases de su ciclo de vida, tengan menos impacto sobre el medio ambiente, así como minimizando la cantidad y toxicidad de sus residuos.

Para intentar asegurar y estructurar este complicado equilibrio que supone el desarrollo sostenible, se ha ido articulando a lo largo de los años un extensísimo conjunto de normas de contenido ambiental que regulan la actividad económica².

Las empresas, como motores del desarrollo económico, han sido las causantes de gran parte de estos problemas ambientales, pero igualmente se están configurando como una fuente de soluciones a estos problemas.

Las empresas, ante las presiones de gobiernos y de consumidores, tratan de mejorar tanto los procesos como sus productos, de manera que el impacto medioambiental, desde el diseño del artículo fabricado hasta el final de la vida útil del mismo, sea lo menos dañino posible. Así, se suele denominar gestión

² En España la legislación nacional y/o europea tiene carácter de legislación básica o marco en aspectos tales como normativas sobre prevención y control integrados de la contaminación, calidad del aire y ruido, envases y residuos de envases, evaluación ambiental, prevención de accidentes graves, residuos y suelos contaminados, etc., mientras que las comunidades autónomas tienen competencias legislativas en materia ambiental a escala regional. Además, en el ámbito municipal se mantienen competencias relacionadas con el medio ambiente, tales como la ordenación del tráfico de vehículos y personas, ordenación del territorio, urbanismo y vivienda, o espacios naturales protegidos.

ambiental de la empresa al conjunto de todas aquellas actividades y procesos organizativos que realizan las empresas para identificar y desarrollar respuestas a los efectos de sus actividades sobre el entorno físico (o medio ambiente).

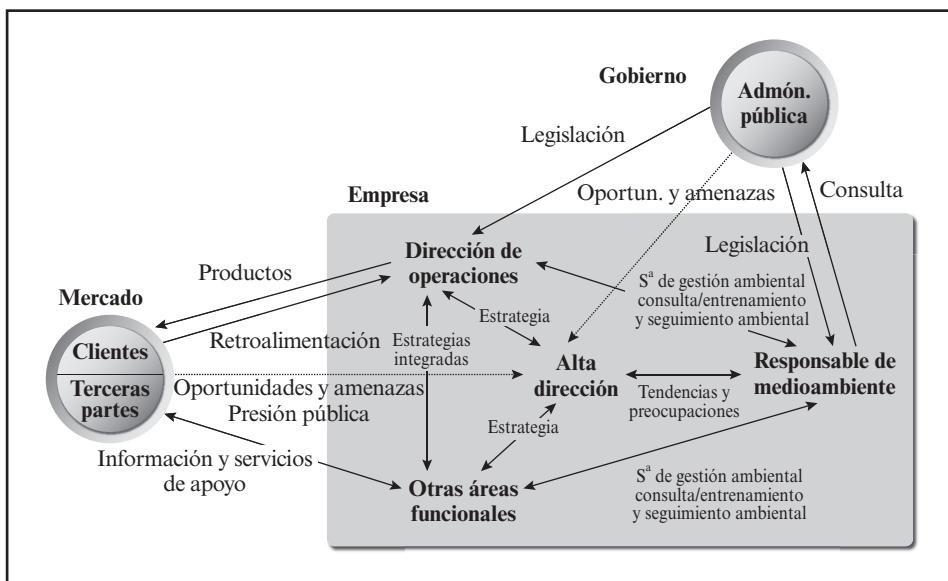
Las consideraciones medioambientales inciden sobre algunos factores que determinan la competitividad de la empresa, tanto por factores externos a la misma (legislación medioambiental, demanda de productos ecológicos, asociaciones que defienden el medio ambiente local o global...) como por factores internos a la misma (tecnología utilizada, materias primas empleadas, reciclabilidad de los productos, imagen, cultura...) que influyen en su competitividad.

Así, en los últimos años se ha hecho patente la relevancia de la gestión medioambiental en las empresas, tanto para legitimar sus actuaciones ante un entorno en el que los valores medioambientales tienen cada vez una mayor importancia, como para acumular recursos y capacidades difícilmente imitables por otras empresas, que les permitan obtener una ventaja competitiva sostenible (Russo y Fouts, 1997). En este sentido, se ponen de manifiesto posibles formas en que las empresas pueden obtener beneficios de sus actividades de protección ambiental:

- Reduciendo costes, a través de una gestión medioambiental que propicie la eficiencia.
- Introduciéndose en mercados nuevos y emergentes con la etiqueta de «verdes» o «ecológicos».
- Adquiriendo las ventajas que pueden derivarse de las empresas que son pioneras en sus respectivos sectores industriales.
- Asegurándose la rentabilidad a largo plazo derivada del cumplimiento de la normativa y de los valores sociales.
- Mejorando las relaciones con la comunidad y con aquellos grupos interesados en el funcionamiento de la empresa o grupos de interés.
- Incrementando la motivación y satisfacción del personal.
- Mejorando su imagen y reputación.

Sin embargo, la identificación de la empresa con las actividades y cuestiones relacionadas con la protección ambiental no es algo inmediato. Así, antes de asumir la empresa su responsabilidad respecto a la degradación ambiental, es normal atravesar varias etapas: ignorancia; despertar; negación; reducción de culpabilidad, cambio de conducta y política ambiental encaminada a la superficialidad; conversión e integración. Pero, tras este proceso de asimilación del cambio, el eslabón final debe ser la integración de estas consideraciones ambientales en la estrategia de la empresa, pudiendo incluso constituirse en un pilar central de la misma (Shrivastava, 1995a:134).

En la figura 11.2 puede apreciarse un proceso de integración de las cuestiones ambientales en la empresa, durante el cual suele generarse en muchas empresas un responsable o coordinador de los temas ambientales.



FUENTE: Adaptado de Klassen (1993).

Figura 11.2. Proceso de integración de las cuestiones medioambientales en la empresa.

Paralelamente a la actitud de la empresa, estos procesos organizativos suelen presentarse como una evolución de la empresa hacia una mayor integración de las consideraciones ambientales. Se pueden diferenciar tres paradigmas en la integración de las cuestiones ambientales en la empresa:

1. El control de la contaminación (*pollution control*). Se caracteriza por proteger el medio ambiente principalmente aislando los contaminantes que se liberan y utilizando depuradoras y filtros en las fuentes emisoras para reducir su cantidad. Es lo que se conoce como soluciones de fin de línea (*end of pipe*).
2. La prevención de la contaminación (*pollution prevention*). Se centra en diseñar procesos, prácticas, materiales y fuentes de energía que eviten o reduzcan la cantidad de residuos o emisiones contaminantes generados por el producto o por el proceso productivo en la propia fuente, en lugar de tener que recurrir a otras medidas de control.
3. La ecología industrial (*industrial ecology*). Considera la cadena del producto durante todo su ciclo de vida, de modo que tiene en cuenta el sistema industrial en el que se insertan, tanto el producto como la empresa y sus sistemas de transformación. De este modo, lo que inicialmente puede ser un residuo, por ejemplo restos vegetales de explotaciones agrícolas, si se integra en un sistema sostenible puede ser un

aprovisionamiento valioso para una empresa que fabrique *compost* o biocombustible.

El primer paradigma suele conllevar un planteamiento más ineficiente de los temas ambientales y suele ir asociado a una visión de que la integración de las cuestiones ambientales supone un incremento de los costes. En el extremo contrario, la ecología industrial implica una visión amplia, que conlleva una mayor integración con otros *stakeholders* y una concepción extendida de la cadena de suministro en relación con los temas ambientales.

Los aspectos ambientales han pasado a tener un papel relevante en el entorno de las empresas, debiendo dar una respuesta estratégica como una importante fuente de oportunidades y amenazas. En este sentido, las empresas están adoptando distintas estrategias en relación con las cuestiones ambientales, que van desde un enfoque proactivo, caracterizado por adelantarse a los competidores a través de innovaciones ambientales (por ejemplo, sustituyendo materiales por otros productos más ecológicos), hasta estrategias reactivas en las que las empresas solo reaccionan ante los temas ambientales cuando expresamente se lo exigen (bien los legisladores, los clientes u otros miembros de la cadena de suministro), adoptando de forma tardía soluciones ya probadas a problemas ambientales, pasando por estrategias intermedias, en las que se adaptan a los retos ambientales sin ser pioneros ni rezagados.

Diversas investigaciones han estudiado el impacto de esta proactividad sobre el rendimiento operativo y financiero, y la evidencia empírica tiende a asociar la proactividad ambiental de la empresa con un rendimiento financiero superior.

La estrategia ambiental de la empresa tiene incidencia en todas las áreas funcionales de la empresa, desde la comercialización e imagen de la empresa hasta la financiación e inversión, pasando por el área de operaciones. De hecho, la implicación del departamento se puede considerar imprescindible en el desarrollo de una estrategia ambiental consistente y sostenible: la estrategia ambiental debe tener su repercusión en unos productos y procesos más respetuosos con el medio ambiente, y el área de operaciones debe estar implicada en las decisiones sobre producto y proceso. Es por ello que la estudiamos específicamente a continuación.

11.3. LA INTEGRACIÓN DE LAS CUESTIONES AMBIENTALES EN OPERACIONES

La integración de las cuestiones ambientales en las operaciones se puede explicar por medio de un sistema abierto, donde el área de operaciones debe aplicar los principios de sostenibilidad ambiental y desarrollar actividades de protección ambiental, impulsado tanto por su interacción con el exterior (fundamentalmente gobierno y el mercado considerado en un sentido amplio) como

por factores internos (responsables ambientales, alta dirección y otras áreas funcionales). Estos principios de sostenibilidad pueden resumirse en tres criterios muy sencillos:

1. Ningún recurso renovable deberá ser usado a un ritmo superior al de su generación.
2. Ningún contaminante deberá producirse a un ritmo mayor al que pueda ser reciclado, neutralizado o en su defecto absorbido por el medio ambiente.
3. Ningún recurso no renovable deberá ser aprovechado a una mayor velocidad de la necesaria para sustituirlo por un recurso renovable utilizado de manera sostenible.

El área de operaciones tiene un papel clave en el consumo de recursos (renovables y no renovables), ya que está implicada en diseñar los productos y configurar los procesos de manera que se reduzca la peligrosidad, volumen y peso de los materiales utilizados y de los residuos resultantes, así como para que se facilite su reutilización y reciclaje, incorporando además todas aquellas medidas conducentes a prolongar la vida útil de los artículos y su facilidad de reparación.

La integración de las cuestiones ambientales en la función de operaciones debe realizarse de forma coherente con el resto de decisiones y áreas funcionales de la empresa, y no considerarse como una serie de medidas aisladas. En este sentido, es necesario incorporar las cuestiones de sostenibilidad ambiental en la estrategia de la empresa y, en particular, en la estrategia de operaciones. De este modo, los planes, programas y decisiones de operaciones que se realizan puedan tener presentes las oportunidades y amenazas que pueden generar las consideraciones medioambientales. Así, por ejemplo, la utilización de materiales con alto poder contaminante (tales como el mercurio, CFC o el amianto) pueden ser una amenaza de la empresa cuando una normativa ambiental restringe o prohíbe su uso. En este caso la empresa debe trazar un plan para sustituir una materia prima contaminante por otra menos peligrosa con el medio ambiente. Este plan podrá afectar a distintas decisiones de operaciones, como el diseño del producto, el aprovisionamiento, y seguramente a otras como la formación del personal (con necesidades de formación y procedimientos de trabajo), la tecnología de fabricación (cambios en la maquinaria que manipula la materia prima) e incluso la distribución en planta.

Las cuestiones medioambientales están vinculadas con la mayoría de las decisiones estratégicas de operaciones, tanto de estructura como de infraestructura. En la tabla 11.1 se relacionan de forma esquemática las principales decisiones estratégicas de operaciones, presentadas siguiendo el conocido esquema de Wheelwright y Hayes (1985) con algunas cuestiones de base medioambiental.

TABLA 11.1
Decisiones estratégicas en operaciones

Área de decisión de operaciones			Contenido medioambiental
Decisiones en estructura	Tecnología de proceso productivo.		Tecnologías limpias, innovaciones en procesos verdes, innovación en menor consumo de materiales, fabricación avanzada.
	Instalaciones.	Localización.	Evaluación de impacto medioambiental del emplazamiento. Energía del transporte. Suelos contaminados.
		Capacidad.	Consumo de materiales y energía. Evaluación de impacto ambiental.
		Distribución en planta.	Consumo de suministros y energía. Logística inversa. Ensamblaje y desensamblaje. Gestión de residuos.
	Grado de integración vertical de actividades.		Ecología industrial. Criterios de compra verdes. Auditoría ambiental de proveedores. Integración con proveedores y logística inversa.
Decisiones en infraestructura	Nuevos productos.		Diseño para el medio ambiente, desensamblaje y refabricación. Reciclabilidad. Evaluación del impacto ambiental en todas las fases del ciclo de vida. Sustitución de materiales.
	Recursos humanos.		Información y formación ambiental. Motivación e iniciativas ambientales.
	Planificación y control de la producción.		Gestión y control de residuos. Aprovisionamiento inverso. Sistemas de gestión y certificación ambiental.
	Calidad.		Gestión de la calidad total y el medio ambiente (TQEM). Eliminación de residuos (igual que defectos). Certificación ambiental (ISO 14001 y EMAS).
	Mantenimiento.		Evaluación de impacto ambiental. Gestión de residuos.

Así, en la consideración de las cuestiones ambientales la tecnología de producción juega un papel clave, por ejemplo incorporando tecnologías limpias o las innovaciones tecnológicas que reduzcan el impacto ambiental en el marco de la dirección de operaciones. También es posible relacionar el tipo de proceso productivo con el impacto ambiental; por ejemplo, qué proceso es más eficiente energéticamente para fabricar un determinado producto. Por otro lado, algunas formas de organización de la producción, como la producción ajustada (*lean production*), pueden focalizar su reducción del despilfarro en los residuos y emisiones, dando lugar a lo que se conoce como *lean and green*.

En relación con las instalaciones, las consideraciones ambientales pueden influir tanto en la localización como en la capacidad y/o en la distribución en planta. En relación con la primera de ellas, la ubicación, además de determinar la legislación ambiental aplicable (donde la diferencia entre países puede ser muy importante), puede tener incidencia sobre su estrategia ambiental. Por ejemplo, una papelera situada cerca de las materias primas (papel de los bosques) debe cambiar su centro de producción para nuevas líneas del negocio, como sería procesar papel reciclado (cerca de las nuevas fuentes de aprovisionamiento y de su mercado). Igualmente, cualquier cambio significativo en la capacidad de producción debería tener en cuenta los aspectos medioambientales, y de hecho suele exigir una evaluación del impacto ambiental que relacione la actividad industrial con la capacidad de asimilación del medio natural. También la distribución en planta puede verse condicionada por cuestiones ambientales, como la reordenación de la planta para los flujos inversos (relacionados con la reutilización, refabricación o reciclaje).

Los temas ambientales pueden reforzar la necesidad de integración vertical en la cadena de suministro para controlar el impacto de los productos a lo largo de todo su ciclo de vida (desde los aprovisionamientos hasta la distribución y mantenimiento). Cuando la gestión o la recuperación y/o el tratamiento de los residuos o los envases adquiere un volumen de actividad significativo, la empresa puede incluso optar por que estas actividades constituyan una línea de negocio propio.

La incidencia de los temas ambientales en todas las fases del diseño y desarrollo de nuevos productos ha dado lugar a la aparición de una gama de productos «ecológicos», así como a técnicas para el diseño para el medio ambiente o para algunos aspectos específicos como el desmontaje, la reciclabilidad, la reutilización o la refabricación. Algunas técnicas, como el análisis del ciclo de vida del producto (desde la cuna a la tumba o de la cuna a la cuna), han obligado a analizar el impacto medioambiental de los productos desde la obtención de las materias primas hasta el consumo o eliminación del producto, pasando por las fases de producción, distribución y utilización. Este análisis de los impactos medioambientales se ha configurado como una excelente fuente de ideas para incorporar innovaciones ecológicas en los productos.

La implicación de los recursos humanos es clave para el éxito de las iniciativas ambientales en operaciones. La gestión de los recursos humanos en opera-

ciones se ha visto influida al incorporar los valores ambientales en la cultura de la organización, haciéndose visible en múltiples aspectos que van desde la formación o la motivación hasta la evaluación del rendimiento.

La incorporación de los aspectos ambientales se hace visible también en la estructura organizativa, donde los aspectos ambientales pueden incorporarse como un departamento independiente, que asume frecuentemente otros aspectos de seguridad y responsabilidad social corporativa e incluso a veces cuestiones de calidad. En cualquier caso, deben gestionarse los mecanismos de comunicación y coordinación adecuados entre este departamento y el de operaciones en cuestiones clave como diseño de productos y procesos.

Las cuestiones ambientales también se hacen visibles a través de los sistemas de planificación y control de la producción, que deben diseñar estructuras, iniciativas y procedimientos que previenen, limitan y controlan los impactos medioambientales. Así, el aspecto más elemental tiene que ver con el control de residuos y emisiones contaminantes, cuya información es obligatoria para muchas empresas. Además, muchas empresas establecen sus propios planes, programas y sistemas de gestión medioambiental, que deben integrarse con los correspondientes planes de operaciones. Con frecuencia las empresas adoptan estándares de gestión medioambiental como ISO 14000 o EMAS, los cuales constituyen una guía para desarrollar estos sistemas de planificación.

Por lo que respecta a la calidad, guarda múltiples paralelismos en cuanto a filosofía, técnicas y herramientas con la protección medioambiental, considerando que los residuos o emisiones son para el medio ambiente como los defectos para la calidad. Así, la calidad medioambiental total (TQEM) extiende diseñar sistemas para la mejora continua de la calidad a la protección del medio ambiente (o al menos a la minimización del impacto sobre el medio ambiente de la actividad) con una orientación al cliente en sentido amplio (incluiría comunidades locales y grupos ecologistas), enfatizando la prevención y hacer bien las cosas a la primera frente a los sistemas de control de emisiones.

Finalmente, el mantenimiento se relaciona con las cuestiones ambientales, en el sentido de que la protección medioambiental debe gestionarse integrada a los procesos donde se originan los impactos, por lo que el mantenimiento asegura la fiabilidad de los equipos e instalaciones donde se ejecutan y controlan la mayoría de las actividades que pueden ocasionar daños al medio ambiente.

Por tanto, la integración medioambiental en operaciones afecta tanto a nivel táctico como a nivel operativo, y consiste en aplicar los criterios de sostenibilidad ambiental en todas las áreas de operaciones. La incidencia de los aspectos ambientales en múltiples decisiones estratégicas de operaciones ha dado lugar a que la propia estrategia de operaciones esté cambiando la forma en la que se analizan las cuestiones ambientales. En este sentido, desde finales del siglo XX se ha empezado a considerar que la sostenibilidad ambiental puede ser conside-

rada un objetivo estratégico (o prioridad competitiva) de la Dirección de operaciones. Así, para incorporar un aspecto como objetivo estratégico de operaciones se exigen dos requisitos básicos: que pueda contribuir a aportar una ventaja competitiva sostenible (por ejemplo, diferenciando a la empresa de sus competidores) y que sea competencia de operaciones. Como se ha podido comprobar por lo expuesto hasta ahora, ambos requisitos están debidamente acreditados en las cuestiones ambientales, por lo que el medio ambiente ha adquirido entidad propia y se ha constituido como un objetivo (o prioridad competitiva) de operaciones. Siguiendo a de Burgos Jiménez (1999) el medio ambiente se define, como objetivo de operaciones, como la «minimización de las repercusiones de la actividad productiva sobre los diversos componentes medioambientales», entendiendo que tal minimización lleva implícita la evaluación, prevención, reducción y control de dichas repercusiones. Es decir, el objetivo sería el rendimiento ambiental de la empresa.

Por tanto, la protección del medio ambiente está pasando a ser un objetivo incluido al mismo nivel que otros objetivos estratégicos «clásicos» de operaciones, como los relacionados con el coste, la calidad, la flexibilidad o el cumplimiento de entregas.

La ampliación de los objetivos de operaciones para incluir los aspectos medioambientales conlleva la consideración explícita de los mismos como un argumento competitivo. El nivel a alcanzar en el objetivo medioambiental para que pueda constituir una ventaja competitiva, al igual que con el resto de objetivos estratégicos (o prioridades competitivas) de operaciones, lo determina en cada momento la situación del mercado. Por ejemplo, la cantidad de energía necesaria para fabricar un producto o la huella de carbono del mismo, no será buena ni mala en sí misma, sino que dependerá en cada momento del valor que tengan los competidores sobre ese aspecto ambiental. Por tanto, es imprescindible abordar la problemática de la medición y control de este objetivo ambiental. Esta medición de la repercusión medioambiental de las operaciones de la empresa es imprescindible para poder evaluar el objetivo de operaciones y compararlo. En general, este objetivo ambiental se conoce como rendimiento ambiental o desempeño ambiental y tiene una gran complejidad.

11.4. LA MEDICIÓN DEL OBJETIVO AMBIENTAL

En primer lugar, siguiendo a de Burgos-Jiménez et al. (2013) debemos diferenciar entre los conceptos de gestión y rendimiento ambiental. Mientras que el primero hace referencia a todas las actividades técnicas y organizativas para reducir el impacto sobre el medio ambiente, el rendimiento ambiental se refiere al resultado de estas actividades, es decir, al impacto real sobre el medio ambiente de la actividad de la empresa. Por tanto, el rendimiento ambiental o desempeño ambiental determina cómo de efectivas han sido las acciones de la empresa para re-

ducir o minorar los efectos que tiene su actividad sobre el medio ambiente. De este modo, el rendimiento ambiental de la empresa es el resultado de las actividades de contenido ambiental en las que está involucrada la misma, mientras que, su rendimiento económico es el resultado de las actividades de contenido económico en las que está implicada.

Sin embargo, a diferencia de lo que sucede con las actividades de contenido económico, donde las unidades monetarias permiten homogeneizar datos y realizar comparaciones a partir de los mismos, en las actividades de contenido ambiental no existe ninguna unidad que nos permita homogeneizar datos sobre cómo incide el conjunto de las actividades que realiza la empresa sobre el medio ambiente.

Este efecto sobre el medio ambiente se compone de un efecto directo y de otro indirecto. El efecto directo se deriva de las emisiones generadas y de los recursos, renovables y no renovables, utilizados directamente en la actividad productiva. El efecto indirecto hace referencia al efecto medioambiental derivado de los productos o actividades de la empresa, pero no generados directamente en la misma. Este efecto indirecto puede deberse tanto por el efecto sobre el medio ambiente de los factores productivos empleados por la empresa (energía, agua, materiales...), como de los productos o servicios de la empresa una vez que han abandonado la misma (durante su almacenamiento, transporte, uso y eliminación). Así, por ejemplo, una empresa cementera tendrá impacto ambiental directo en la erosión del área de sus canteras donde se extrae la piedra caliza, en el transporte (de la piedra a la planta y de la planta al mercado), en la planta (por las emisiones de polvo provocado por el triturado de la piedra) y durante la calcinación en el horno (al generarse diversos contaminantes en el aire, como monóxido de carbono y de nitrógeno y partículas), todo ello dependiendo del tipo de carburante y del proceso empleado. Los efectos indirectos son mucho más difíciles de estimar, como el origen de la energía utilizada o el uso que se vaya a realizar del cemento y los residuos del mismo una vez comercializados.

Adicionalmente a estos efectos indirectos, debemos tener presentes algunas dificultades propias de la medición de las cuestiones ambientales (Welford, 1995):

- Asociar los efectos sobre el medio ambiente a las causas que los provocan y cuantificar esta relación, lo que implica en muchos casos determinar la responsabilidad de la empresa sobre los mismos.
- Localizar y medir correctamente los efectos sobre el medio ambiente, ya que en muchos casos estos efectos no se manifiestan hasta transcurrido un tiempo (por ejemplo, aguas contaminadas por metales pesados o mercurio).
- Definir el nivel de análisis con el que se desean investigar los efectos medioambientales, analizando todos los posibles impactos de todos los materiales utilizados o solo algunos de ellos: los más significativos, los que influyen sobre la calidad del medio ambiente local, etc.

- La combinación de determinadas sustancias o productos que libera una empresa con otros que libera otra empresa distinta, de modo que productos cuyos efectos sobre el medio ambiente no son especialmente nocivos por sí solos, sí que pueden serlo al juntarse, así como la cuestión sobre la responsabilidad de dichos efectos.
- El problema de comparar distintos tipos de efectos sobre el medio ambiente, por ejemplo contaminación atmosférica, consumo de agua, emisiones contaminantes en el agua, etc.

Ante estas dificultades, surgen diversas aproximaciones para medir el rendimiento ambiental que adoptan varios enfoques y que pueden centrarse en aspectos parciales o globales. Los enfoques parciales se focalizan en aspectos como la utilización que se hace de algunos recursos naturales (renovables y no renovables), las emisiones, residuos y contaminantes realizados, el cumplimiento de la legislación medioambiental, seguridad del personal, accidentes e incidentes relacionados con las personas y el medio ambiente, reconocimientos, iniciativas e innovaciones ambientales introducidas.

Entre los enfoques globales para medir el rendimiento ambiental se pueden incluir la implantación/certificación de sistemas de gestión ambiental (a veces vinculados con programas de seguridad y salud en el trabajo), los costes o inversiones realizadas en protección ambiental, los premios o distinciones recibidas por el comportamiento ambiental de la empresa o algún tipo de medida de impacto o riesgo ambiental agregado (normalmente expresado en términos relativos por unidad de producto, por empleado o por cifra de ventas).

Especial atención merece la existencia de un sistema de gestión medioambiental (SGMA), organizado y certificado como forma de evaluar el rendimiento ambiental. Estos SGMA son el marco o método empleado para orientar a una organización a alcanzar, mantener y mejorar un funcionamiento en temas ambientales que sea capaz de responder a los cambios de presiones reglamentarias, sociales, financieras y competitivas, así como a los riesgos medioambientales. La empresa puede optar por implantar su propio SGMA de acuerdo a sus necesidades y motivaciones, pero un SGMA homologado facilita dar una orientación sistemática en el comportamiento medioambiental que ya ha sido probada en múltiples organizaciones y que permite medir la actuación de la empresa con unos criterios aceptados internacionalmente, además de que se lanza una señal al mercado del compromiso formal de la organización por reducir el impacto ambiental. Además, la certificación o verificación por una entidad reconocida y acreditada para ello proporciona una mayor seguridad en el funcionamiento efectivo del SGMA. Los dos SGMA más reconocidos en España son la serie de normas ISO 14000 (edición 2015) y el Programa Europeo de Ecogestión y Ecoauditoría (EMAS, *Eco-Management and Audit Scheme*).

Ambos estándares se justifican en la necesidad de una guía que permita a las organizaciones mejorar su comportamiento ambiental y, mediante una certifica-

ción o verificación independiente, acceder a un reconocimiento formal, que puede considerarse como señal al mercado de ese esfuerzo por reducir el impacto al medio ambiente. EMAS e ISO14000 coinciden en que son sistemas de gestión ambiental de carácter voluntario, revisados por un tercero independiente con reconocimiento internacional, que parten de un diagnóstico inicial para identificar problemas ambientales y necesidades de la organización en temas ambientales. Sin embargo, estos modelos presentan algunas diferencias, básicamente porque el EMAS es más exigente en algunos puntos:

- En ISO 14001 se realiza una auditoría externa, que puede resultar en la certificación de la conformidad del sistema de gestión ambiental con el estándar de referencia. En el EMAS tiene lugar una inscripción en el registro europeo —por parte de la administración ambiental—, previa verificación por parte de una empresa independiente similar (o la misma) a las que hacen las auditorías para las certificaciones ISO 14001. En EMAS la verificación —más ambiciosa que la certificación— es el proceso de evaluación de la conformidad —llevado a cabo por un verificador medioambiental— para demostrar si el análisis medioambiental, la política medioambiental, el sistema de gestión medioambiental y la auditoría medioambiental interna de una organización y su aplicación se ajustan a los requisitos del Reglamento.
- EMAS es un modelo público, basado en un registro en el que no pueden entrar las organizaciones que no estén al día con la legislación ambiental. La norma ISO 14001:2015 ya incluye el cumplimiento de la legislación ambiental como uno de los objetivos del sistema de gestión. Si una empresa está en EMAS es porque la propia Administración ambiental se ha pronunciado sobre su situación, mientras que el único impedimento para que una organización esté en ISO 14001 sin contar con alguna licencia ambiental es el criterio de la certificadora que concede el sello. Quizá pronto dejemos de ver empresas que incumplen legislación ambiental en ISO 14001, pero de momento ISO 14001 no es garantía de este sentido.

En la tabla 11.2 se indica esquemáticamente la estructura y contenido de la ISO 14001:2015, que incorpora como aspectos novedosos respecto a la edición de 2004 una incorporación de principios de Responsabilidad Social, una mayor implicación de los grupos de interés, una atención a los impactos ambientales a lo largo de la cadena de valor (incorporando los principios del análisis del ciclo de vida del producto), una mayor relevancia de la evaluación del riesgo y del cumplimiento de la legislación ambiental (aunque por ahora no sea requisito imprescindible para la certificación) y, sobre todo, se refuerza la necesidad de mejoras reales en el desempeño ambiental de la empresa. Este punto hace que la ISO 14001 se acerque a su equivalente europeo, el Reglamento EMAS.

TABLA 11.2
Estructura de la ISO 14001:2015

0. Introducción. 1. Objeto y campo de aplicación. 2. Referencias normativas. 3. Términos y definiciones. 4. Contexto de la organización: 4.1. Conocimiento de la organización y de su contexto. 4.2. Comprensión de las necesidades y expectativas de las partes interesadas. 4.3. Determinación del alcance del SGA. 4.4. Sistema de gestión ambiental. 5. Liderazgo: 5.1. Liderazgo y compromiso. 5.2. Política ambiental. 5.3. Roles, responsabilidad y autoridades en la organización. 6. Planificación: 6.1. Acciones para tratar riesgos y oportunidades: 6.1.1. Generalidades. 6.1.2. Aspectos ambientales. 6.1.3. Requisitos legales y otros requisitos. 6.1.4. Plan de acción. 6.2. Objetivos ambientales y planificación para lograrlos: 6.2.1. Objetivos ambientales. 6.2.2. Plan de acción para lograr los objetivos ambientales. 7. Apoyo: 7.1. Recursos. 7.2. Competencia.	7.3. Toma de conciencia. 7.4. Comunicación: 7.4.1. Generalidades. 7.4.2. Comunicación interna. 7.4.3. Comunicación externa. 7.5. Información documentada: 7.5.1. Generalidades. 7.5.2. Creación y actualización. 7.5.3. Control de la información documentada. 8. Operación: 8.1. Planificación y control operacional. 8.2. Preparación y respuestas frente a emergencias. 9. Evaluación del desempeño: 9.1. Seguimiento, medición, análisis y evaluación. 9.1.1. Generalidades. 9.1.2. Evaluación del cumplimiento. 9.2. Auditoría interna: 9.2.1. Generalidades. 9.2.2. Programa de auditoría interna. 9.3. Revisión por la dirección. 10. Mejora: 10.1. Generalidades. 10.2. No conformidad y acción correctiva. 10.3. Mejora continua.

Ambos esquemas solicitan que sea la empresa la que defina los aspectos ambientales a evaluar dentro de ese diagnóstico, y que preferiblemente se haga un seguimiento cuantitativo de este rendimiento o desempeño ambiental. El se-

guimiento cuantitativo de los objetivos ambientales es un área de gran complejidad, ya que son múltiples los aspectos del medio ambiente a evaluar y los posibles indicadores a construir.

El Ministerio de Medio Ambiente del Reino Unido identifica 22 indicadores clave de rendimiento (KPI, *Key Performance Indicators*) que pueden utilizar las empresas para construir su rendimiento ambiental, y que se estructuran en cuatro categorías (Defra, 2006):

- *Emisiones atmosféricas* de gases responsables del efecto invernadero, lluvia ácida, eutrofización y precursora de la niebla, polvo y partículas, componentes orgánicos o las emisiones atmosféricas y/o de compuestos orgánicos volátiles.
- *Vertidos o contaminación acuática*: nutrientes y contaminantes orgánicos y emisión de metales en al agua.
- *Emisiones a la tierra*, tales como pesticidas y fertilizantes, generación de elementos metálicos, ácidos y contaminantes orgánicos, residuos (vertedero, incinerados o reciclados) y residuos radioactivos.
- *Utilización de recursos*: uso de agua, gas natural, metálicos, carbón, minerales, bosques, agricultura, etc.

Cada empresa, en función de su impacto, puede considerar qué aspectos del desempeño ambiental debe evaluar y construir una batería de medidas de indicadores clave del rendimiento ambiental (KPI). Para cada uno de estos aspectos, por ejemplo gases de efecto invernadero, se deben establecer indicadores específicos para las principales sustancias que genera la empresa, tales como dióxido de carbono, metano, dióxido de nitrógeno y CFC. Sin embargo, para aspectos como la lluvia ácida las sustancias serían otras, como el dióxido de azufre, amoníaco, monóxido de carbono u óxidos nitrosos. A su vez, los valores de las emisiones para estos aspectos pueden calcularse directamente si la empresa dispone de un sistema de seguimiento continuo de las emisiones (para grandes instalaciones) o bien estimando la cantidad emitida en función de la actividad, por ejemplo transformando el consumo de electricidad en kw/h a kg de CO₂ emitidos, mediante los factores de conversión (aunque estos factores cambian según el país y la situación de la tecnología; por ejemplo, actualmente un consumo eléctrico de 1.000 kw/h equivaldría a 385 kg de CO₂).

Aunque prácticamente todas las empresas tienen impacto sobre algunos indicadores, como los efectos de gases invernadero (derivados del consumo eléctrico o de la utilización de combustibles), el impacto es mucho menor en otros, como el uso de pesticidas y fertilizantes o la generación de residuos radiactivos. Defra (2006) establece una guía sobre qué sectores de actividad tiene incidencia cada uno de los indicadores de rendimiento ambiental.

En España existe un registro sobre las emisiones a la atmósfera, al agua y al suelo de las sustancias contaminantes, datos de transferencias de residuos de las

principales industrias, y otras fuentes puntuales y difusas. Así, PRTR-España es el Registro Estatal de Emisiones y Fuentes Contaminantes. En este registro se pone a disposición del público, para su consulta, información a nivel de complejo industrial o agregado por sectores de actividad, sustancias contaminantes, tipo de residuo y ámbito geográfico.

Esta cuantificación de los residuos es un requisito indispensable para la mejora del rendimiento ambiental que debe guiar a las operaciones. No obstante, no debemos olvidar que, además de estos indicadores objetivos y cuantificables para evaluar el objetivo ambiental, también es posible incorporar otros indicadores, como la implantación de actividades o procesos diseñados para mejorar el medio ambiente, la relación con otros grupos de interés externos en temas ambientales (como ecologistas, asociaciones vecinales u otras comunidades) o el grado de cumplimiento de la legislación ambiental.

RESUMEN

En este capítulo se ha puesto de manifiesto la necesidad de incorporar las cuestiones ambientales en la empresa, y en la función de operaciones en particular. Las cuestiones ambientales influyen y condicionan las decisiones de operaciones, pero también las decisiones de operaciones condicionan la situación del medio ambiente. Además, existen varias formas de abordar las cuestiones ambientales, donde los enfoques de fin de línea deben dar paso a sistemas más eficientes, como son la prevención de la contaminación y los ecosistemas industriales, los cuales pueden permitir a la función de operaciones contribuir a la sostenibilidad y obtener ventajas competitivas. Finalmente se ha puesto de manifiesto la importancia de medir el rendimiento ambiental de la empresa como forma de realizar un objetivo estratégico de operaciones, y se han proporcionado distintos mecanismos para medir el mismo, entre los que se deben incluir indicadores cuantitativos para facilitar el seguimiento y mejora de los aspectos ambientales.

EJERCICIOS

1. Explique en qué consiste la sostenibilidad ambiental y qué criterios básicos deben cumplirse para alcanzarla.
 2. Señale brevemente cómo incide el medio ambiente sobre el programa de mantenimiento de la empresa.
 3. Discuta con su compañero cómo se puede medir el rendimiento ambiental en un establecimiento hotelero y en una fábrica de papel.
 4. Señale las principales diferencias entre el sistema de normas ISO 14001 y el Programa Europeo de Ecogestión y Ecoauditoría (EMAS).
 5. Explique por qué es difícil medir el rendimiento ambiental en la empresa.
 6. Justifique cómo puede la empresa obtener beneficios de sus actividades de protección ambiental.
-

BIBLIOGRAFÍA

De Burgos Jiménez, J. D. (1999). Una aproximación a la integración del medio ambiente como objetivo de la dirección de operaciones. *Cuadernos de Economía y Dirección de la Empresa*, 4, 259-283.

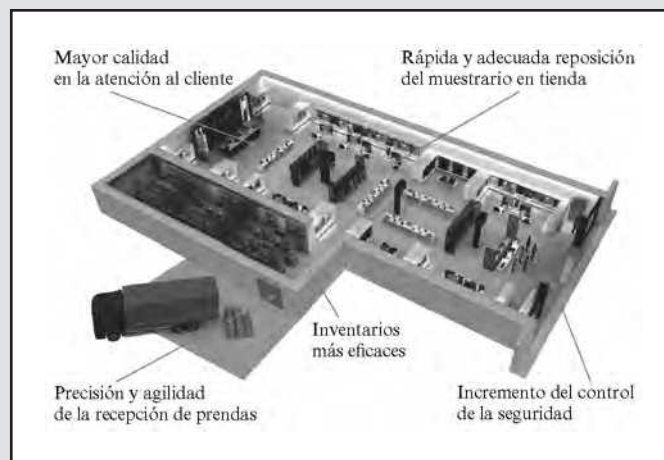
- De Burgos-Jiménez, J., Vázquez-Brust, D., Plaza-Úbeda, J. A. y Dijkshoorn, J. (2013). Environmental protection and financial performance: an empirical analysis in Wales. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(8), 981-1018.
- Department for Environment, Food and Rural Affaire (DEFRA) (2006). *Environmental Key Performance Indicators*. Reporting Guidelines for UK Business.
- Jennings, P. D. y Zandbergen, P. A. (1995). Ecologically sustainable organizations: an institutional approach. *Academy of Management Review*, 20(4), 1015-1052.
- Klassen, R. D. (1993). Integration of environmental issues into manufacturing: Toward an interactive open systems. *Production and Inventory Management Journal*, 34(1), 82-88.
- Welford, R. (1995). *Environmental strategy and sustainable development. The corporate challenge for the 21st century*. Londres y Nueva York: Routledge.
- Wheelwright, S. C. y Hayes, R. H. (1985). Competing through manufacturing. *Harvard Business Review*, 63(1), 99-109.
- World Commission on Environment and Development (WCED) (1987). *Our Common future*. Nueva York: Oxford University Press.
- <http://www.prtr-es.es/>.
-

Laura Guitart Tarrés
Mercè Bernardo Vilamitjana
Natalia Jaría Chacón
Ana María Núñez Carballosa

INTRODUCCIÓN

EJEMPLO 12.1. El Gran Hermano que controla Zara

Las tiendas de Inditex reciben mercancía nueva dos veces por semana (mientras que el resto de firmas de ropa suelen renovar sus colecciones entre cuatro y seis veces al año). Se trata de un sistema que funciona muy rápido, pues solo tarda dos o tres semanas en llevar un diseño nuevo de la mesa de dibujo a los escaparates. El modelo de trabajo era similar en 1975, cuando Amancio Ortega abrió en A Coruña su primer Zara. Tan solo cuatro años más tarde, cuando en el entorno gallego tenía ya seis tiendas, todas recibían dos entregas de género a la semana y los dependientes debían estar muy atentos a



los gustos de las clientas para informar inmediatamente a la fábrica por teléfono. «Dime qué demandan los clientes que se lo fabrico», decía Ortega. Es decir, el modelo no ha cambiado, pero el engranaje tecnológico sí ha tenido que hacerlo para mantener la misma rapidez. Si en los setenta las tiendas llamaban a la central para comentar tendencias, y hasta finales de los noventa el grupo se valía del fax para informar diariamente de sus pedidos y sus ventas, ahora un sofisticado sistema de *big data* permite un control total del flujo de la información.

Cuando los lunes y los jueves la encargada de tienda del Zara coruñés de Marineda recibe la nueva mercancía ya sabe exactamente cuáles son las 4.000 unidades que entran en su tienda. Un algoritmo predice las tallas que más se van a vender según la tienda, para anticiparse a la demanda y reducir el stock del almacén. Antes ese trabajo lo hacía la encargada a ojo, y su intuición sigue siendo necesaria para afinar pedidos y detectar tendencias. Pero en vez de llamar por teléfono o mandar un fax a Arteixo, ahora tiene un *iPod Touch* en la muñeca que conecta en tiempo real todas las tiendas del grupo con la central, que detecta inmediatamente sus superventas. Tarda unos cinco segundos en comprobar, solo con acercar levemente a la caja este aparato de radiofrecuencia, que dentro están las 164 prendas previstas. Antes se necesitaba un día entero para hacer el inventario de la tienda (y hacían falta entre 20 y 24 personas), y ahora con seis personas se resuelve en tres horas. Cada vez que se vende una prenda, el chip emite una orden inmediata al almacén para que se reponga.

En 2014 Zara adquirió 500 millones de chips RFID (identificación por radiofrecuencia). Gracias a este sistema, el trabajo de los dependientes cada vez tiene más que ver con la informática que con saber doblar bien un pantalón. Hay que asegurarse de que en tienda haya siempre un producto por talla, ni más ni menos. Lo que permite saber en cada momento cuántas prendas hay y dónde están es ese chip que lleva cada una insertado en la alarma desde que sale del almacén central hasta el momento de la venta, en que se desactiva automáticamente. Todo está perfectamente milimetrado.

Un *software* de análisis de *big data*, desarrollado por la compañía, permite al departamento de Medio Ambiente medir los consumos energéticos de cualquier tienda del mundo desde su ordenador en Arteixo. Si a un encargado se le olvidara apagar las luces en Ciudad del Cabo, en Berlín la humedad del aire no fuera la adecuada o en Nueva York se dejaran el aire acondicionado encendido por la noche, una alarma avisaría inmediatamente de la irregularidad.

Un artículo de *The Economist* de 2005, titulado *The Future of Fast Fashion*, cuestionaba que Zara pudiera crecer por todo el mundo con este esquema de producción basado en la cercanía a Galicia. Afirmaba que a medida que se alejara de casa, más difícil sería mantener su moda instantánea. Sin embargo, se equivocaba. La informática combinada con la logística ha sido el aliado perfecto para lograrlo. Inditex siempre ha ido un paso por delante en logística,

pero el momento diferenciador se produjo cuando en 2000 decidió desarrollar su propio *software* para hacer su carrusel más eficiente. El algoritmo permite que el carrusel reparta miles de prendas por las cajas no solo en función del tipo de prenda y de talla que necesita cada tienda, sino en el orden en que lo va a necesitar reponer la tienda. Para lograr el sistema matemático que permite este nivel de optimización de los envíos, Inditex empezó a trabajar con el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) en 2008. Cuanto más afinan, más tiempo se ahorra el personal de la tienda y más se reducen los costes de stock.

El equipo del Centro Tecnológico, inaugurado en 2014, es la cara más desconocida de Inditex y uno de sus pilares fundamentales. Es la cristalización de la inversión de más de 1.000 millones de euros en tecnología que ha realizado el grupo en los últimos cinco años. Varios centenares de ingenieros, 100 kilómetros de cable y 13.000 kilómetros de fibra óptica que interconectan los servidores velan para que el modelo Inditex siga funcionando. Todos los procesos de las más de 7.000 tiendas en 88 países se centralizan aquí. Desde ahí también se controlan todas las ventas *online*. Y si alguien se está preguntando por dónde vendrá la siguiente revolución de la compañía, no le quepa duda de que pasa por los algoritmos y el internet móvil. En cuatro años la empresa prevé duplicar su volumen de ventas *online*. El 80 % de las visitas a su web y el 50 % de sus ventas ya se realizan desde el teléfono o la *tablet*.

FUENTE: adaptado de García Aller, M. (2016). El gran hermano que controla Zara, *Expansión*, 11 de marzo de 2016. Disponible en: <http://www.expansion.com/actualidadeconomica/analisis/2016/03/11/56e1936fe2704e6c588b4575.html>.

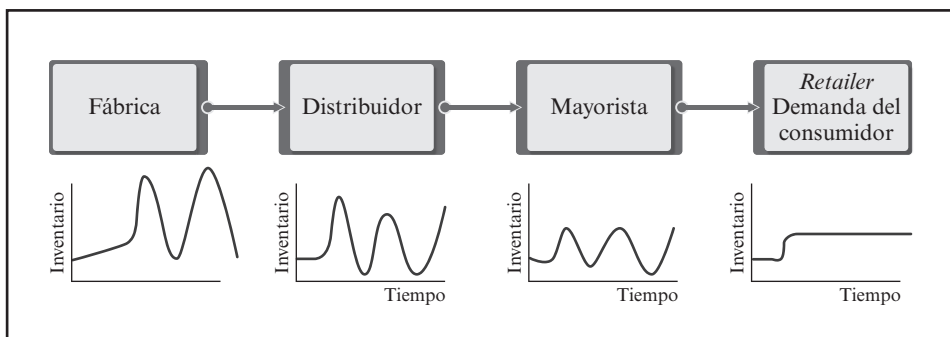
«Dime qué demandan los clientes que se lo fabrico», decía Ortega. Esa ha sido siempre su filosofía empresarial. En 1979 las seis tiendas de Zara ubicadas en Galicia recibían género dos veces por semana. Varias décadas después, y con más de 2.000 tiendas repartidas por todo el mundo, se mantiene el mismo sistema. Lo único que ha cambiado es la forma de transmitir esos gustos de los consumidores. Lo que comenzó con un simple teléfono se ha convertido ya en un **sofisticado sistema de big data** que permite un control total del **flujo de la información**. La identificación mediante radiofrecuencia con chips incorporados a la alarma de cada prenda ha permitido mejorar la codificación en los centros logísticos, optimizando el trabajo en las plataformas de distribución y facilitando una gestión más ágil y exacta del inventario. El objetivo que hay detrás de este *mimo* a la información es seguir mejorando la atención al cliente.

El denominado «efecto látigo»

Debido a que la demanda de los productos por parte del cliente suele ser variable y no conocida con certeza, las empresas deben basarse en previsiones para disponer convenientemente de los recursos e inventario necesarios en cada momento. Sin embargo, incluso las previsiones están sujetas a situaciones imprevistas, por lo que las compañías suelen recurrir a los denominados stocks de seguridad para evitar las temidas rupturas de inventario.

El **efecto látigo** (en inglés, *bullwhip effect*) es el fenómeno según el cual pequeñas variaciones en la demanda conllevan progresivamente, a medida que se aleja del mercado, mayores variaciones cuando se avanza hacia atrás a lo largo de la cadena de suministro. Estas variaciones se amplifican cuando nos vamos alejando del consumidor final, como consecuencia de falta de coordinación y sincronización entre los agentes implicados (proveedor, fabricante, distribuidor, mayorista o minorista).

Ello genera una tendencia de cambios más y más grandes de los niveles de inventario en respuesta a los cambios en la demanda del cliente, al ir hacia la parte trasera de la cadena de suministro para un producto. El efecto látigo se genera básicamente por problemas de ineficiencia en la comunicación y por previsiones erróneas de demanda.



FUENTE: <http://www.gestiondeoperaciones.net/gestion-de-la-cadena-de-suministro/que-es-el-efecto-latigo-o-bullwhip-effect-en-la-gestion-de-la-cadena-de-suministro-scm/>.

En este sentido, **el juego de la distribución de la cerveza**, desarrollado por profesores del *MIT Sloan School of Management* a principios de los años sesenta, es un juego de simulación usado en entornos de enseñanza-aprendizaje para poner de manifiesto algunos de los principios dominantes de la gestión de la cadena de suministro.

A partir de la demanda incierta de cerveza, y a través de una cadena de suministro gradual, los jugadores deben intentar evitar que el producto no pueda abastecer al mercado, a la vez que evitan la generación de inventarios eleva-

dos. En consecuencia, visualiza el efecto látigo y permite reflexionar sobre posibles soluciones para mitigarlo.

Así, se simula una cadena de suministro con un fabricante, un mayorista, un distribuidor y un detallista, donde cada uno vende cerveza. Cada eslabón participante de la cadena de suministro toma decisiones sobre la cantidad a aprovisionar exclusivamente a partir de la información que recibe de sus respectivos clientes (frecuentemente la única forma de comunicación de un cliente con su proveedor es a través de la emisión de una orden de compra o pedido).

EJEMPLO 12.2.

El equipo de fútbol de una pequeña localidad ha ganado, contra todo pronóstico, el partido de la liga regional de este fin de semana.

Para celebrar la importante victoria, el modesto club ha organizado una fiesta de celebración para la cual se precisa, entre otras cosas, la compra de cervezas. Para el aprovisionamiento de estas bebidas los organizadores se dirigen a la tienda detallista más cercana y compran todas las cervezas disponibles (un total de diez). Sin embargo, dado que esa cantidad es insuficiente, se dirigen a otros establecimientos y compran todas las cervezas que los detallistas tenían, en esos momentos, en stock.

Dado que la fiesta es ampliamente comentada en la localidad y también entre los propietarios de las tiendas de cerveza, estos estimaron que la cantidad de cerveza adquirida en total fue de 100 unidades. En este sentido, cada detallista pensó que sería una buena estrategia realizar un pedido de 100 unidades al mayorista para el próximo fin de semana de partido, de manera que si se organizaba una nueva fiesta por una nueva victoria del equipo de fútbol podrían abastecer la totalidad de la demanda.

Así, en consecuencia el mayorista recibió pedidos de cerveza de los diferentes detallistas por cantidades superiores, ya que si antes los pedidos eran de diez unidades semanales, ahora aumentaron a 100 botellas de cerveza por semana.

Ante ese incremento de demanda, el mayorista hizo también la siguiente reflexión: si diez comerciantes detallistas solicitaban diez unidades semanales y ahora los pedidos son de 100 unidades, las necesidades totales semanales han aumentado a 1.000 unidades. Por ello el mayorista decide realizar un pedido de 1.500 cervezas al distribuidor de las bebidas para garantizar el suministro y en previsión de posibles nuevos incrementos de demanda.

A su vez, al recibir el nuevo pedido por parte del mayorista, el distribuidor considera que debe aumentar la cantidad a solicitar en su pedido al fabricante para evitar tener rupturas de stock y satisfacer totalmente la demanda del mayorista. En consecuencia, solicita 3.000 cervezas al fabricante de cerveza.

Finalmente, llega el pedido de 3.000 cervezas a fábrica. El director de operaciones establece un nivel de producción de 5.000 cervezas para satisfacer el pedido del distribuidor y con el objetivo de tener capacidad de respuesta en el caso de que los requerimientos por parte de este se incrementaran.

Este pequeño ejemplo sobre la distribución de la cerveza visualiza que las varianzas en los pedidos de un producto se amplifican a medida que se retrocede en la cadena de suministro. Es decir, este caso ejemplifica el denominado efecto látigo, según el cual las pequeñas variaciones al comienzo de la cadena (a nivel de establecimientos minoristas o detallistas) se amplifican y transforman en grandes variaciones al final de la cadena (al llegar al fabricante).

Una de las causas del efecto látigo, según Lee et al. (1997), es la **distorsión de la información** y la **falta de comunicación**.

A medida que la información sobre la demanda final fluye aguas arriba esta se distorsiona, dado que cada eslabón basa sus pedidos y sus previsiones en la demanda que recibe de su cliente inmediato y no en la demanda del cliente final (Moscoso y Lago, 2016). Uno de los motivos que lo ocasiona es la falta de protocolos de gestión de la información comunes y ágiles entre los eslabones, lo cual implica que la información fluya muy lentamente. Ante este hecho, las compañías suelen reaccionar tarde y mal ante cambios de la demanda. A más eslabones y mayor complejidad en la cadena, las distorsiones serán mayores.

Por tanto, la gestión de la información debe ser común y transparente a lo largo de la cadena de suministro. Disponer de información compartida sobre la demanda final evita las distorsiones en los pedidos y ayuda a planificar mucho mejor la producción y los inventarios en toda la cadena (Moscoso y Lago, 2016). En industrias con cadenas largas y de cierta complejidad (como por ejemplo la automoción o la alimentación) se han creado sistemas para compartir información, con la intención de que la información sobre la demanda final llegue a todos los eslabones de la cadena. En este sentido, los sistemas ERP o CRM extendidos a clientes y proveedores son una herramienta que permite una **gestión de la información integral y transparente**.

Veamos qué pueden ofrecer los sistemas de información para mejorar la gestión de la información y, en consecuencia, mejorar la dirección de operaciones.

12.1. SISTEMAS DE INFORMACIÓN

En los últimos años no para de crecer la cantidad de información a la que tienen acceso los usuarios, tanto relevante como irrelevante. Esto plantea una situación de exceso de información o infoxicación, término acuñado por Alfons Cornellà consistente en recibir centenares de informaciones cada día, a las que no se puede dedicar el tiempo necesario. La creciente y continua necesidad de poner orden a tanto volumen de información es la que ha obligado a buscar métodos para gestionarla.

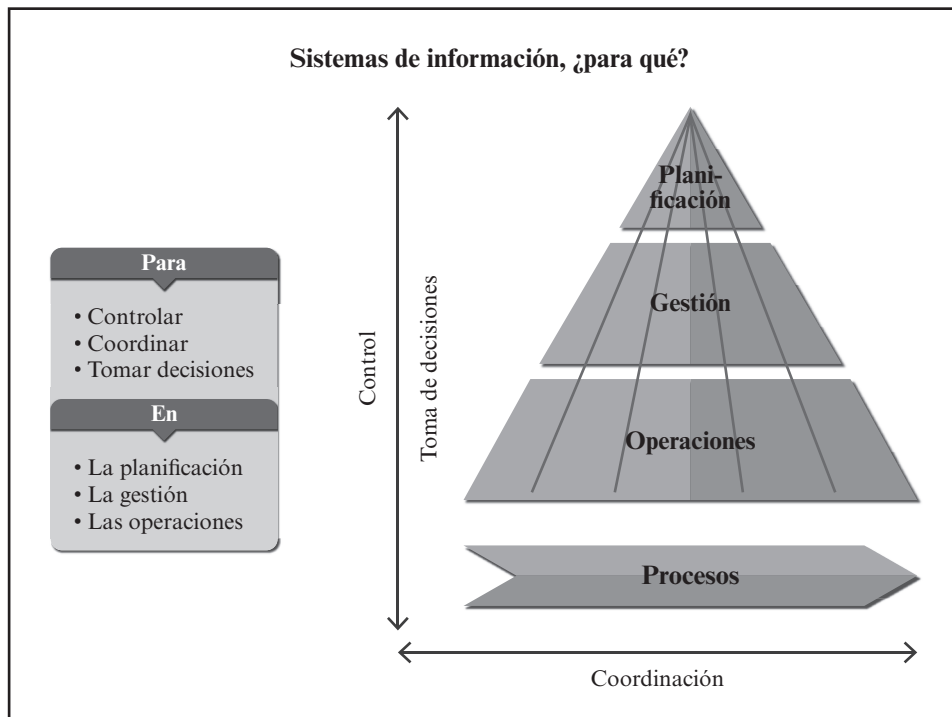
La revolución del conocimiento y la información empezó con el cambio de siglo y se ha ido acelerando de manera gradual. Tanto es así, que conocimiento e información se están convirtiendo en la base de muchos nuevos servicios y productos. Además, el agitado entorno de negocios actual se ha visto alterado por algunos cambios importantes a nivel mundial, entre ellos el surgimiento y la fortaleza de la economía global y la transformación de las economías y sociedades industriales en economías de servicios basadas en el conocimiento y la información (Laudon y Laudon, 2004).

Datos, información y conocimiento son tres de los conceptos básicos que fundamentan cualquier sistema de información (Cobarsí-Morales, 2013):

- Los **datos** son hechos objetivos sobre acontecimientos, que no tienen un significado inherente y que no han sido seleccionados. En inglés a veces se utiliza la expresión *Raw Data* (datos en bruto) para subrayar que por sí solos no siempre tienen sentido.
- La **información** es un mensaje entre un emisor y un receptor, que modifica las expectativas o la disposición del receptor con un significado o un propósito. Este mensaje está basado en datos que han sido procesados para que la información tenga este significado o propósito para el receptor.
- El **conocimiento** es una combinación fluida de experiencia asimilada, valores e información contextualizada, calidad que proporciona un marco para evaluar e incorporar nuevas experiencias e información. Una parte del conocimiento de las empresas se encuentra documentada explícita y directamente, por ejemplo en manuales, procedimientos o protocolos. Sin embargo, una gran parte del conocimiento de las empresas no está documentado, sino que se integra en rutinas, procesos, prácticas o normas que practican las personas.

Los directivos necesitan información para la toma de decisiones. De hecho, hoy en día se ha transformado en un aspecto fundamental para que cualquier organización pueda sobrevivir y prosperar, dado el nivel tan elevado de competencia al que se enfrentan en un entorno cada vez más globalizado. A diferencia de otros recursos, la información no es algo escaso. La cantidad creciente de información disponible de libre acceso hace pensar, erróneamente, que siempre es un recurso gratuito. Sin embargo no lo es, aunque sus costes son difíciles de detectar y medir, ya sean costes asociados al sistema de información o al tiempo que los individuos dedican a la búsqueda, selección y tratamiento de la información (Cobarsí-Morales, 2013). Por eso es importante disponer de un sistema de información cada vez más afinado que facilite información de valor que ayude a controlar, coordinar y tomar decisiones, tal como se aprecia en la figura 12.1.

Una definición clásica de **sistema de información (SI)** puede ser la de Andreu et al. (1996), según los cuales se trata de «el conjunto formal de procesos que,



FUENTE: Cano (2007).

Figura 12.1. Utilidad de los sistemas de información.

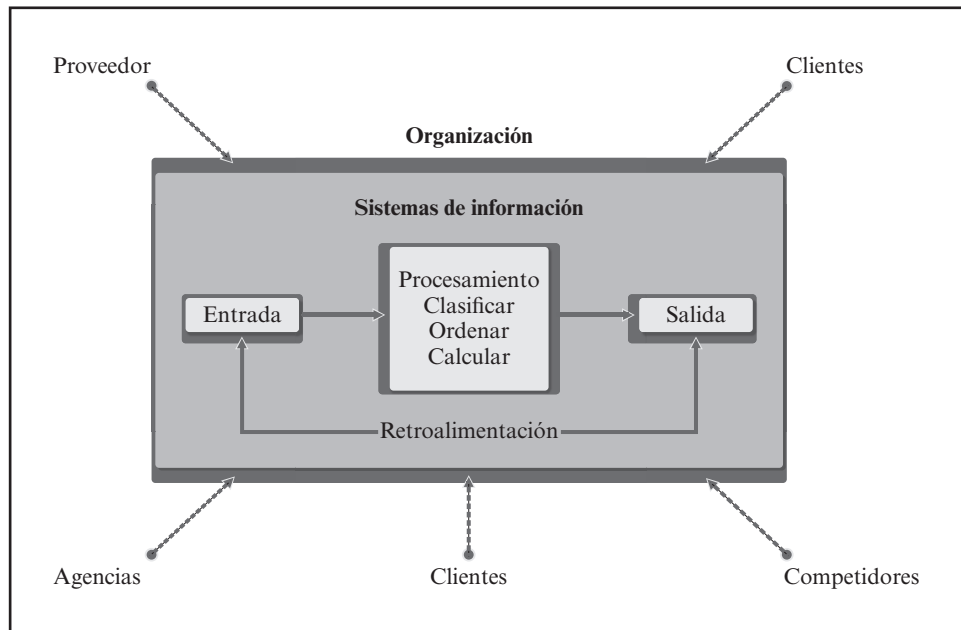
operando sobre una colección de datos estructurada de acuerdo con las necesidades de una empresa, recopila, elabora y distribuye (parte de) la información necesaria para la operación de dicha empresa y para las actividades de dirección y control correspondientes, apoyando, al menos en parte, la toma de decisiones necesaria para desempeñar las funciones y procesos de negocio de la empresa de acuerdo con su estrategia». Esta definición incluye solamente el sistema de información formal, puesto que los sistemas informales son por naturaleza menos planificables y menos dirigibles.

Para Cobarsí-Morales (2013) se trata de «un conjunto coordinado de contenidos y servicios, basados en tecnologías digitales y en red, que una organización pone a disposición de sus *stakeholders* (personas con intereses en la misma) internos y externos, para facilitarles la producción y el consumo de conjuntos estructurados y selectos de datos, orientados a convertirse en información de valor para la actividad de la organización».

Un sistema de información empresarial ejecuta al menos tres actividades claramente diferenciadas para alcanzar sus objetivos (De Pablos Heredero et al., 2011):

- Recibe datos de fuentes internas o externas como elementos de entrada a un proceso (*inputs*). La recogida y registro de la información es la actividad de capturar la información para que pueda ser utilizada de forma adecuada con posterioridad, sin errores y con el menor coste posible. Esta fase se materializa en la creación de un soporte físico adecuado al tipo de información a captar. El problema principal de la recogida de información consiste en la identificación de dicho soporte, lo cual supone además la elección de un código eficiente de representación de la información.
- Almacena información y actúa sobre los datos para generar y producir información (proceso).
- Distribuye información elaborada para el usuario final (*outputs*).

De manera complementaria, tal como se aprecia en la figura 12.2, los sistemas de información también requieren una etapa de **retroalimentación**, que es la salida que se devuelve al personal adecuado de la organización para ayudarle a evaluar o corregir la etapa de entrada, es decir, permite saber cuándo son erróneos los conceptos del sistema y qué ajustes deberán realizarse en el mismo (Laudon y Laudon, 2004).

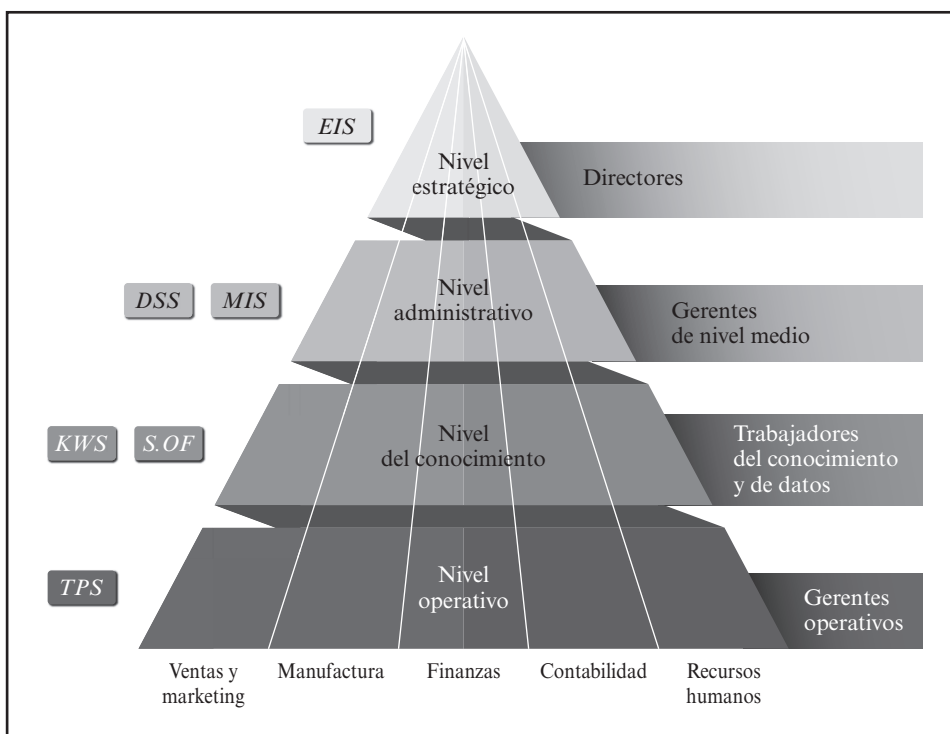


FUENTE: Laudon y Laudon (2004).

Figura 12.2. Funciones de un sistema de información.

Dado que hay intereses, especialidades, objetivos y niveles diferentes en una organización, también existen diferentes tipos de sistemas de información que se relacionan directamente con cada uno de los niveles organizativos, como se recoge en la figura 12.3 (Laudon y Laudon, 2004):

- Sistemas de apoyo a ejecutivos (**EIS o ESS**, *Executive Information/Support System*): utilizados por los directivos para tomar decisiones a nivel estratégico. Son sistemas que facilitan información valiosa interna y externa de la empresa, con el objetivo de ayudar a los directivos en la toma de decisiones no rutinarias y a conseguir una mejor comprensión de los factores clave de éxito y mejorar su posición actual. Normalmente este tipo de sistemas son sobre todo receptores de datos de los sistemas de nivel inferior.
- Sistemas de información gerencial (**MIS**, *Management Information System*): sirven de apoyo a mandos intermedios para dar soporte a decisiones relacionadas con las funciones de planificación y control. Se



FUENTE: adaptado de Laudon y Laudon (2004).

Figura 12.3. Tipos de sistemas de información y niveles organizativos.

basan en datos y flujos de datos ya existentes y ayudan a tomar decisiones basándose en datos del pasado y del presente. Tienen una orientación más interna que externa y dan servicio a funciones a nivel administrativo.

- Sistemas de apoyo a la toma de decisiones (**DSS**, *Decision Support System*): también dan servicio al nivel administrativo de la organización. Ayudan en la toma de decisiones exclusivas, que cambian de manera muy rápida y que no están previstas con antelación.
- Sistemas de trabajo del conocimiento (**KWS**, *Knowledge Work System*) y **sistemas de oficina**: satisfacen las necesidades de información a nivel del conocimiento de la organización. Promueven la creación de conocimiento nuevo y garantizan que este y la experiencia técnica se integren en la empresa de manera adecuada. Los sistemas de oficina son aplicaciones de la tecnología de la información diseñadas como centro de procesamiento para los flujos de información y conocimiento. Los KWS dan soporte a los trabajadores del conocimiento, mientras que los sistemas de oficina lo hacen a los trabajadores de datos (estos tienden más a procesar la información que a crearla).
- Sistemas de procesamiento de transacciones (**TPS**, *Transaction Processing Systems*): son los sistemas básicos de negocios que dan servicio al nivel operativo de la organización. Por lo general, son la mayor fuente de datos para los demás sistemas. Están diseñados especialmente para procesar inmensos volúmenes de datos provenientes de las actividades regulares o rutinarias del negocio.

Los diversos tipos de sistemas de la organización son interdependientes. Es muy útil que puedan integrarse de algún modo para que la información pueda fluir con mayor facilidad entre las diversas partes de la organización.

12.2. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

Los sistemas de información proporcionan apoyo a las operaciones empresariales, la gestión y la toma de decisiones, facilitando a las personas la información que necesitan mediante el uso de las tecnologías de la información. De hecho, cualquier organización los utiliza como elemento estratégico para conseguir innovar, competir y alcanzar sus objetivos en un entorno cada vez más globalizado. Los sistemas de información integran personas, materiales, procesos, datos y tecnología para conseguir colaborar de forma más eficiente con proveedores, distribuidores y clientes.

Los sistemas de información se componen de diferentes elementos que deben trabajar de manera conjunta y deben estar plenamente integrados para proporcionar valor a una organización (Bourgeois, 2014):

- Recursos humanos.
- Recursos tecnológicos.
- Procesos.

Recursos humanos

Son todas aquellas personas que interactúan con los sistemas de información. Se puede diferenciar principalmente dos tipos. Por un lado, el **usuario técnico** o especialista, que es aquella persona experta que manipula el equipo y le da un uso experimentado, como por ejemplo los analistas de sistemas, trabajadores del servicio de asistencia de primera línea y diseñadores y programadores que se encargan de crear y desarrollar los sistemas de información. Por otra parte se encuentra el **usuario final**, también llamado cliente, que puede ser cualquiera que interactúe o utilice un sistema de información previamente generado.

Recursos tecnológicos

La tecnología puede considerarse como la aplicación del conocimiento científico para fines prácticos. Actualmente los sistemas informáticos y las tecnologías de la información son la principal base en la que se apoya la gran mayoría de sistemas de información. El uso de este tipo de recursos se considera imprescindible para conseguir alcanzar los mejores resultados en el menor tiempo posible.

La esencia de los recursos tecnológicos viene determinada por el uso de **datos**. A priori, puede parecer que se trata simplemente de una colección de hechos. En realidad, son secuencias de hechos en bruto (sin tratar) que representan eventos que ocurren en las organizaciones o en el entorno físico antes de ser organizados y ordenados en una forma que las personas puedan entender y utilizar (Laudon y Laudon, 2004). Por sí solos, los datos no son realmente útiles, pero tratados y ordenados pueden convertirse en una poderosa herramienta para la toma de decisiones en las empresas.

Los sistemas informáticos basan su existencia y funcionalidad en dos componentes principales, que son el *hardware* y el *software*.

El **hardware** es la parte que se puede tocar, es decir, son los componentes físicos de la tecnología. En cambio, el **software** abarca todo lo intangible, lo no físico. Está formado por el conjunto de programas y rutinas que permiten al *hardware* realizar determinadas tareas, es decir, se trata de un conjunto de instrucciones que le trasladan al *hardware* lo que ha de hacer. Dependiendo de su función dentro de los sistemas informáticos, se puede hablar de sistemas operativos, lenguajes informáticos y aplicaciones, entre otros.

Además de los datos, el *hardware* y el *software*, que durante mucho tiempo han sido considerados la tecnología principal de los sistemas de información, de ma-

nera gradual se ha venido incorporando también otro componente: la **comunicación**. Un sistema de información puede existir sin la capacidad de comunicarse (de hecho, los primeros ordenadores que existieron eran máquinas autónomas que no tenían acceso a Internet). Sin embargo, en el actual mundo hiperconectado es prácticamente impensable que un dispositivo no tenga capacidad para conectarse a otro dispositivo o a una red. Las tecnologías de la información son las que incorporan a los sistemas informáticos el concepto de comunicación. Principalmente se realiza mediante redes, que se utilizan con el objetivo de intercambiar datos e información de una manera eficiente y precisa. Las tecnologías de la información permiten, por ejemplo, que las organizaciones integren los procesos de aprovisionamiento y producción de tal forma que las operaciones se activen gracias a los pedidos de los clientes y no como resultado de unos planes de producción que empujan a los productos y servicios a través de la cadena de valor. Un sistema integrado desde los pedidos de los clientes hasta los proveedores de materias primas permite que todas las unidades de la organización que se encuentran a lo largo de la cadena de suministro obtengan unas enormes mejoras en coste, calidad y tiempo de respuesta. También es importante no olvidar que el *cloud computing* o nube es una de las transformaciones más radicales de la industria informática, al revolucionar el consumo de tecnología y haber beneficiado a todo tipo de empresas y a sus estrategias con la posibilidad de disponer de una nueva herramienta que permite acelerar la innovación de procesos y reducir costes. Este modelo de tecnología se adapta a las necesidades de la empresa en todo momento, ya que, en vez de afrontar costosas inversiones en centros de datos, les permite alquilar capacidades informáticas (cómputo, almacenamiento, plataformas de desarrollo, aplicaciones) acogiéndose a la fórmula de pago por uso (Prieto, 2016).

Procesos

El último componente de los sistemas de información es el proceso. Un proceso se refiere a una serie de pasos realizados con la intención de lograr un objetivo deseado. Los sistemas de información se están integrando cada vez más en los procesos organizativos, aportando más productividad y mejor control a esos procesos. Pero la simple automatización de las actividades mediante la tecnología no es suficiente. El uso de la tecnología para administrar y mejorar los procesos, tanto dentro de una empresa como externamente a nivel de proveedores y clientes, es el objetivo final. Palabras clave de la tecnología como «reingeniería de procesos empresariales», «gestión de procesos empresariales» y «planificación de recursos empresariales» tienen relación directa con la mejora continua de estos procedimientos empresariales y la integración de la tecnología con ellos. Las empresas que buscan mejorar y obtener ventajas sobre sus competidores están cada vez más concentradas en este componente de los sistemas de información.

EJEMPLO 12.3.

La forma en que los objetos son actualmente fabricados y suministrados globalmente no es sostenible. Es necesario reducir el consumo global de energía y la contaminación asociados a la logística, la producción y el transporte. Pero no se puede dar respuesta a este reto con las mismas soluciones que han creado la situación de insostenibilidad. El paradigma logístico actual debe ser reemplazado por uno nuevo que aporte soluciones y corrientes de pensamiento creativas.



La *European Technology Platform ALICE* pretende desarrollar una estrategia global para la investigación y la innovación en la gestión de la cadena de suministro en Europa. Se

basa en el reconocimiento de la necesidad de una visión global de la cadena, con una estrecha colaboración entre sus diferentes agentes para aumentar su eficiencia. Su objetivo es alcanzar el llamado *Internet físico* en el año 2050. En <http://www.logistop.org/index.php/es/internet-fisico> se puede visualizar un vídeo que muestra la planificación por etapas de este horizonte a largo plazo.

Este *Internet físico* persigue lograr un sistema logístico global abierto, fundamentado en una interconectividad física, digital y operacional, a través de interfaces y diseño de protocolos, con el fin de producir, mover y almacenar objetos físicos a través del mundo de una manera económica, ambiental y socialmente eficiente y sostenible. Y qué duda cabe de que los sistemas de información juegan un papel clave en este proceso.

Hace décadas la comunidad de las tecnologías de información se enfrentó a retos similares, con una rápida evolución desde un mundo dominado por grandes centros de computación aislados hasta el mundo hiperconectado actual. El mundo digital buscó el camino para conceptualizar su propia transformación, basándose en un concepto puramente físico inspirado en una metáfora logística y del transporte: construir autopistas de información. De la misma manera que el mundo digital explotó una metáfora del mundo físico, se propone que el mundo físico se inspire en el digital para encontrar una respuesta al gran reto planteado anteriormente. La visión se concreta en utilizar un *Internet físico* como solución a los grandes retos globales de sostenibilidad logística.

FUENTE: <http://www.logistop.org/index.php/es/internet-fisico> y <http://www.etp-logistics.eu/>.

12.3. CLASIFICACIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN

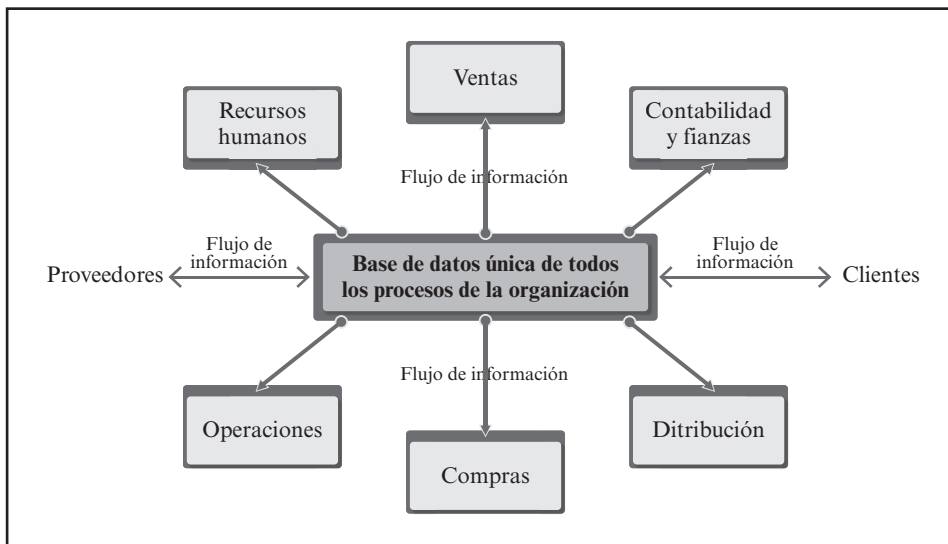
En la parte inicial de este capítulo se han explicado los diferentes sistemas de información existentes. En Cobarsí-Morales (2013) estos sistemas de apoyo se clasifican en dos grupos: los sistemas de apoyo a la gestión integrada y los sistemas de apoyo a la toma de decisiones. Estos últimos se han definido ante-

riormente, en el apartado 12.1, por lo que se describen a continuación los sistemas de apoyo a la gestión integrada:

- Gestión de la relación con el cliente (**CRM**). Facilita la relación personalizada y a largo plazo con el cliente, y permite lograr la optimización de la interacción con el cliente, la coordinación de todos los implicados para mayor eficiencia y rentabilidad (CRM operacional), así como la gestión de la información del cliente (CRM analítico).
- Gestión de la cadena de suministro (**SCM**). Facilita el flujo de los productos a través de los diferentes procesos, tanto internos como externos, así como la gestión del mismo, y permite un mejor ajuste de la producción a la demanda, mejora del servicio al cliente, minimización de costes de mantenimiento, etc.
- Gestión integrada de los recursos de la empresa (**ERP**). Facilita la gestión integrada de las plantas, la planificación de la producción, la planificación de la cadena de suministro, mercado, etc. Puede incluir CRM y SCM. Permite una mejor gestión de todos los datos e información de la empresa en una única base de datos. Mejora el control de los informes de dirección, el servicio al cliente, facilita la reducción del *Time to Market*, etc.

Siguiendo con la propuesta de Cobarsí-Morales (2013), hay dos aspectos adicionales a tener en cuenta. El primero es el gestor documental, que garantiza el acceso a los documentos que se generan, y el segundo es el gestor de contenidos, utilizado para crear, editar, gestionar y publicar contenido en diferentes formatos.

De entre los sistemas de información descritos anteriormente, el más implantado y analizado es el sistema de planificación de los recursos de la empresa, más conocido por sus siglas en inglés ERP (*Enterprise Resource Planning*). De acuerdo a la definición de Miranda González et al. (2005), ERP «es una solución integrada de gestión, de carácter modular, que cubre las necesidades de las distintas áreas de negocio de una empresa cualquiera, aportando conexión con aplicaciones complementarias, una metodología de control de los proyectos de implantación del producto, con control de todos los recursos necesarios, y una garantía de evolución con las necesidades globales informáticas del mercado y las últimas tecnologías». Laudon y Laudon (2004) lo definen como «sistemas de información integrados a nivel empresarial que coordinan los procesos internos clave de la empresa, conjuntando los datos de manufactura y distribución, finanzas, ventas y recursos humanos». En la figura 12.4 se muestra gráficamente su funcionamiento. El antecedente en materia de producción es la planificación de materiales, MRP por sus siglas en inglés (*Materials Requirements Planning*).



FUENTE: adaptado de Laudon y Laudon (2004).

Figura 12.4. Sistemas empresariales.

Toda la información de los procesos clave de la organización se integra en una única base de datos, que está disponible, a su vez, para los diferentes departamentos o unidades funcionales, de manera que la información fluye y es conocida por toda la organización, permitiendo una mayor eficiencia en el desarrollo de la actividad (Laudon y Laudon, 2004). El propósito inicial es mejorar la gestión de la información dentro de la organización, aunque es posible también disponer de la información de otras plantas situadas en cualquier lugar del mundo (como por ejemplo hace Zara para controlar el stock de todas las tiendas). La edición y accesibilidad a esta información se puede limitar, de manera que puede ser que solo la dirección acceda a cierta información o la pueda editar (Chase y Jacobs, 2014).

Otro aspecto que es necesario destacar es el nivel de integración de la información. Un sistema ERP será más eficiente si la información está integrada totalmente o al nivel más elevado posible, lo que significa que es común a toda la organización. Cuanto menor sea el nivel de integración (parcial, alineado o no integrado), menor será la parte común de información y menor será la eficiencia de la herramienta.

Entre los principales beneficios de estos sistemas empresariales (Laudon y Laudon, 2004; Miranda González et al., 2005) destaca la información integrada, actualizada y disponible, la mejora del control de costes, la mayor velocidad de respuesta y seguimiento del cliente y de los pedidos, una visión conjunta de la organización y ser fuente de ventaja competitiva por la mejora en los procesos y la gestión de la organización. Aun con estas ventajas, la implantación de estos

sistemas requiere de una inversión elevada, y no solo a nivel económico, ya que diseñar y crear la base de datos y formar a todo el personal en el manejo del sistema precisa tiempo y esfuerzo. Ello debe gestionarse de la manera más eficiente posible para evitar el rechazo de los trabajadores y para contar con la colaboración de todos los departamentos, ya que la implantación es integrada y todos deben estar implicados, con el fin de poder obtener así todos los beneficios posibles del sistema (Laudon y Laudon, 2004).

Existen diferentes empresas que ofrecen soluciones de *software* para implantar ERP, pero la más exitosa ha sido SAP AG, una empresa de origen alemán que está presente en todo el mundo (SAP, 2017). Chase y Jacobs (2014) analizan las soluciones que propone esta empresa para explicar qué es y cómo funciona un ERP, muestra de la importancia e impacto de este *software* en el mundo empresarial. Aun así, existen otras soluciones estandarizadas, así como otras personalizadas, mejor valoradas por su mayor grado de adaptabilidad a las funciones de la organización (Miranda González et al., 2005).

La empresa SAP AG proporciona información sobre sus clientes a través de la «Historia de éxito de clientes SAP». A continuación se presentan dos casos, uno sobre una empresa de proyectos de construcción y conservación, Guerola, con una implantación a nivel interno, y el otro sobre servicios médicos, SEM, con la implantación de la administración electrónica.

EJEMPLO 12.4.

The logo for GUEROLA, featuring the word "GUEROLA" in a bold, black, sans-serif font. A small registered trademark symbol (®) is located at the top right of the letter "A".

La empresa *Guerola* opera en el sector de la construcción de obra pública y privada. La empresa necesitaba una herramienta potente y centralizada, con capacidad para poder ejecutar con agilidad los procesos de sus diversos negocios y que, al mismo tiempo, supusiera un modelo coordinado de trabajo entre sus diferentes empresas. Con este objetivo apostó por una herramienta robusta, que fuese capaz de almacenar la información en un único repositorio de forma segura y fiable. Además, se esperaba un sistema que fuera funcional, con el fin de aglutinar los diferentes procesos de negocio de las empresas del grupo. Al mismo tiempo debía ser completo, para dar respuesta a todos los procesos con total funcionalidad, y sencillo, de manera que los usuarios pudieran llevar su trabajo del día a día de una forma rápida y sin complicaciones.

Gracias a las herramientas de SAP, Guerola ha conseguido unificar procesos de trabajo de diferentes negocios y dar la misma semántica a la información, sea cual sea el origen de los datos. Desde el principio del proyecto buscó una solución que fuera capaz de generar cuentas de resultados financieros y analíticos de forma rápida, evitando errores y trabajo manual excesivo. Se tenía que dar un salto cualitativo en herramientas tecnológicas y poder cubrir las necesidades de toma de decisiones de forma precisa y rápida. Era rele-

vante poder disponer de una solución que facilitara la labor de control de gestión y seguimiento analítico y presupuestario de la compañía a través de un sistema integral y estándar. En definitiva, una respuesta completa a todas las necesidades de Guerola.

Durante el año 2011 se realizó el dimensionamiento y análisis del módulo de finanzas, siendo efectiva su implantación y comenzando la empresa a trabajar en enero de 2012. Durante ese año se comenzó la fase de análisis del resto de procesos productivos de la empresa, realizándose un estudio previo y una definición de las tareas por parte de la empresa, que culminó en el trabajo conjunto con los técnicos y responsables. Durante el primer semestre del año 2013 se acometió la parte de personalización y adaptación del ERP a las necesidades específicas de Guerola, realizando la implantación y comenzando a trabajar el 1 de julio de 2013 con los módulos de *controlling*, gestión de proyectos (obras públicas y privadas), gestión de compras y materiales, ventas, logística y servicio al cliente y producción.

El *software* es una herramienta con capacidad de actuar en todos los procesos de la compañía. En lo relativo al trabajo en el departamento de Construcción, cubre todos los procesos que se pueden llevar a cabo:

- Creación de proyectos de construcción de obra civil (pública) y edificación.
- Planificación económica y temporal de los mismos con base en su estructura.
- Apertura de procesos de licitación (solicitudes de pedido interno al departamento de compras, solicitud de precios a los subcontratistas y proveedores, revisión del comparativo de ofertas y aprobación de la oferta ganadora, generación de los pedidos y contratos en firme, impresión de contratos, entrada de mercancías / certificación de los proveedores y registro de facturas logísticas).
- Notificación de avances de obra (notificación y control de la ejecución real de la obra, y ejecución aprobada para la facturación a cliente, tanto por acopios como por notificación de avance de certificación aprobada por la dirección facultativa).
- Procesos de replanificación de obra (actualización de últimos precios de compra, actualización de mediciones pendientes y replanificación temporal de la medición pendiente de ejecutar por partida).
- Procesos de cierre (contabilización, producción y certificación, provisiones de albaranes y existencias de obra).

Todos los departamentos (finanzas, compras, costes, ventas, producción y gestión de proyectos de construcción) poseen ahora información ágil y rápida, que permite una toma de decisiones adecuada y basada en datos reales y comparaciones históricas. Cada departamento de Guerola tenía diferentes necesidades y SAP cubría toda la casuística que surgió en el desarrollo del proyecto. Se ha logrado de forma inmediata una unificación, en una misma plataforma de la información, de procesos de trabajo e información analítica de cada empresa del grupo. Además, se han unificado los procesos de negocio

comunes y adecuados para una empresa del sector de la construcción, consiguiendo una adaptación completa a los procesos de gestión de obra predefinidos en el programa. Todo ello supone una reducción del trabajo, al ahorrarse cada departamento la elaboración independiente de la información necesaria en cada proyecto, ya que toda la información confluye en un sistema de *reporting* centralizado. Ahora se obtiene con suma facilidad y de forma instantánea.

FUENTE: adaptación de SAP (2017).

EJEMPLO 12.5.



El segundo caso es el *Sistema de Emergencias Médicas (SEM)*, una empresa pública dedicada a la gestión de las urgencias y emergencias sanitarias extrahospitalarias de toda Cataluña, con recursos como atención telefónica, ambulancias terrestres y helicópteros medicalizados.

Hace un tiempo, el SEM se propuso mejorar sus procesos internos y aumentar la transparencia hacia ciudadanos y proveedores. Para ello optó por la incorporación del concepto de *administración electrónica*, apoyándose para su implantación en la tecnología SAP.

La razón de ser de SEM es la prestación de servicios sanitarios y, en particular, dar respuesta a las situaciones de urgencia y emergencia prehospitalarias, así como ofrecer información y consejo sanitario a los ciudadanos de Cataluña, tanto en situaciones ordinarias como extraordinarias. El SEM aborda todas estas tareas desde unos principios éticos y de responsabilidad social que se apoyan en ocho pilares básicos: honestidad, respeto, profesionalidad, accesibilidad, transparencia, eficacia, calidad y compromiso, todo ello asegurando un nivel de acceso público universal y eficiente.

Con el fin de dar cumplimiento a todos estos objetivos, el SEM entendió que era necesario apoyarse en las nuevas tecnologías y, en particular, avanzar hacia la introducción del concepto de *administración electrónica*. De esa manera podría mejorarse la eficiencia y eficacia de los procesos, así como aumentar la transparencia de sus actividades para los ciudadanos y los proveedores. Antes de la implantación de las soluciones SAP, el SEM utilizaba diferentes sistemas para realizar las tareas de contabilidad, en su mayoría obsoletos y no integrados. Esto acarreaba limitaciones a la hora de capturar eficazmente la información y asegurar la trazabilidad, y ocasionaba altos costes de mantenimiento. Por lo general eran soluciones a medida, que exigían importantes presupuestos de mantenimiento y generaban una enorme dependencia de los proveedores tecnológicos. Una de las principales razones para que el SEM se decantase por SAP fue la estandarización de sus soluciones y porque SAP estaba presente en el sector público, al igual que las condiciones de funcionalidad y rápido retorno de la inversión que caracterizan a las aplicaciones de la empresa alemana. En el proyecto se evitó emplear solucio-

nes a medida, y en su lugar se valoró mucho que los productos que fueran a emplearse hubieran sido ya testados en otros proyectos.

El proyecto se puso en marcha en marzo de 2011 y concluyó en junio de 2012, desarrollándose en dos fases: la primera fase abarcó hasta diciembre de 2011, y la segunda, que consistió en la implementación de la solución PPS, finalizó en junio de 2012. En total, el número de usuarios del sistema es de 150. Los objetivos generales que el SEM se había fijado con su implementación fueron:

- Aumentar la productividad y reducir los costes de explotación del sistema.
- Mejorar el acceso a la información.
- Avanzar en la administración electrónica.
- Introducir la corresponsabilidad en lo que se refiere a la gestión de recursos en las diferentes divisiones de la empresa. La posibilidad de alinear la información entre la base operativa del negocio y la información económica resultaba imprescindible para hacer una buena gestión de los recursos.

Asimismo, como objetivos funcionales se planteó:

- Aumentar la facturación.
- Mejorar la eficacia y eficiencia de los procesos.
- Lograr la trazabilidad, transparencia, integración y descentralización de la información relativa a la contabilidad analítica.

Con toda seguridad, el caso protagonizado por el SEM es uno de los primeros que se llevan a cabo en el territorio español dentro del ámbito de la administración electrónica. En la práctica, la organización ha prescindido del papel como soporte documental, y ha integrado toda su operativa con las áreas funcionales que gestiona el ERP, como son finanzas, gestión presupuestaria y contabilidad analítica. Además, la solución permite interactuar con la plataforma de contratación de la Generalitat de Cataluña.

El nuevo sistema se emplea en las funciones de contabilidad, almacén y compras, y contratación del sector público; es decir, en las funciones propias de la gestión económico-financiera de la empresa, que son de enorme utilidad para la adecuada gestión operativa de la empresa.

El SEM ha introducido una enorme agilidad en la gestión de los trámites administrativos. Asimismo, ha logrado una mayor accesibilidad de los ciudadanos y de los proveedores hacia la empresa, y ha conseguido que esta permanezca interconectada con la plataforma informática de la administración pública y, en particular, de la Consejería de Economía. De esta manera, se han agilizado todos los procesos. Como consecuencia de la implantación del nuevo sistema, el SEM ha logrado incrementar su facturación en 2 millones de euros, y en menos de un año ha conseguido recuperar la inversión inicial. Estos resultados han sido posibles por el hecho de haber mejorado el acceso y la calidad de la información

que permite realizar la factura y haber logrado una reducción de los plazos de su emisión. A este respecto, es interesante aclarar que, en el campo de las urgencias, los datos relativos a la persona que recibe los servicios deben cumplimentarse a posteriori, y que el nuevo sistema permite mejorar la calidad de los datos que se precisan e incrementar la rapidez a la hora de identificarlos. Esta agilidad viene facilitada por la interconexión del nuevo sistema con las bases de datos de las policías locales, hospitales y empresas aseguradoras. De media, se ha reducido en 25 días el plazo de emisión de facturas, y se ha incrementado la calidad de las mismas, lo que ha hecho disminuir de una forma drástica el nivel de incidencias o errores que motivaban su devolución y nueva emisión. Desde el punto de vista de los gastos, la disponibilidad de una información económica completa y de calidad permite al gestor disponer de instrumentos precisos para llevar a cabo una correcta asignación de los recursos.

En la actualidad, los empleados de la compañía recurren a una base de datos centralizada y accesible para gestionar la información económica, hecho que permite minimizar la gestión personalizada y departamentalizada, para maximizar la gestión en equipo. SAP ha permitido unificar todos los criterios de la gestión de la información económica. El hecho de haber implantado SAP dota al SEM de libertad para decidir qué estrategia de futuro desea seguir para continuar manteniendo los procesos controlados, un aspecto muy importante para una empresa pública que necesita adaptarse continuamente al cambio y expectativas de sus ciudadanos. Además, el haber implantado SAP de manera estándar permite a la empresa estar abierta a cualquier ampliación futura, ya que contará con soporte directo y actualizaciones durante toda la vida del producto.

FUENTE: adaptación de SAP (2017).

12.4. DISEÑO DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN

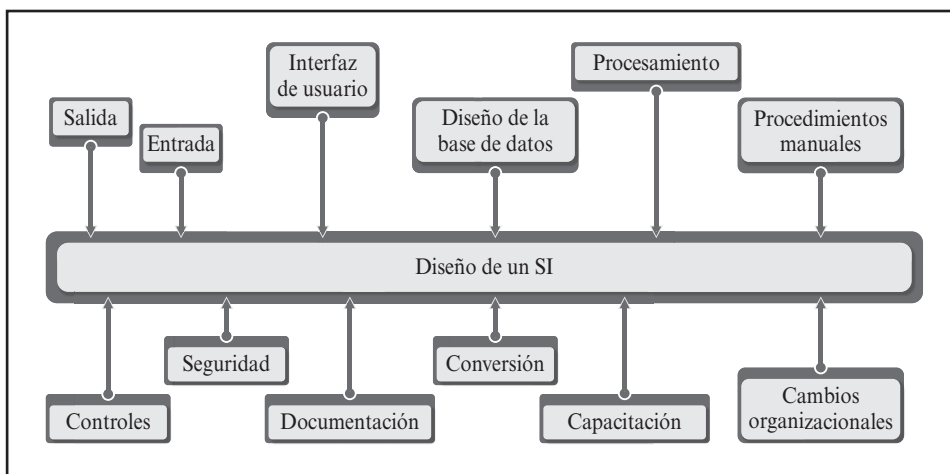
El diseño de todo sistema de información debe tener en cuenta aspectos como el entorno en el que opera la organización, la estructura (jerarquía y especialización), cultura y políticas de la misma, el tipo de organización y liderazgo, o los *stakeholders* y su actividad (Laudon y Laudon, 2004). Por tanto, el sistema de información debe:

- Ser flexible y con múltiples opciones de manejo y evaluación de la información.
- Tener la capacidad para apoyar diversos estilos, habilidades y conocimiento.
- Ser sensible a los requisitos burocráticos y políticos de la organización.

El desarrollo de un sistema de información consta de siete etapas (Fernández, 2006):

1. Identificación de requerimientos, en la que se identifican los objetivos del sistema de información y su relación con la estrategia de la organización.
2. Análisis, por el que se analizan los requisitos de la etapa anterior para identificar y valorar la viabilidad de la implantación.
3. Diseño, que tiene por objetivo validar si el desarrollo del sistema de información cumple con los requerimientos funcionales (la figura 12.5 muestra las diferentes especificaciones del diseño de un sistema de información) y si los responsables están establecidos. Es necesario tener en cuenta que existen múltiples metodologías de diseño.
4. Desarrollo y configuración, donde se construye el sistema de información diseñado previamente mediante la generación de códigos de programación.
5. Pruebas y formación, etapa en la que se verifica la capacidad del sistema de información para satisfacer los requisitos de los usuarios.
6. Puesta en marcha, en la que será necesaria una etapa de preparación del sistema de información (migración de datos, formación de los usuarios, etc.) y otra etapa de arranque.
7. Soporte y documentación, etapa en la que se da apoyo al sistema de información para que pueda funcionar correctamente.

En la planificación del desarrollo del sistema de información es necesario que se decida cuál será el nivel de integración de la información que la organización desea implantar. La mejora continua será necesaria para poder mantener y mejorar el sistema de información de una organización.



FUENTE: adaptado de Laudon y Laudon (2004).

Figura 12.5. Especificaciones del diseño de un sistema de información.

EJEMPLO 12.6.

Un aspecto con creciente importancia en relación con los sistemas de información es la gestión de la seguridad de la información. La Organización Internacional para la Estandarización (ISO) ha publicado la familia ISO 27000 de sistemas de gestión de seguridad de la información (SGSI). Aunque consta de diferentes normas, las principales son la ISO/IEC 27000:2009, que consta de la visión de conjunto y vocabulario, la ISO/IEC 27001:2005, sobre los requisitos de los SGSI, la ISO/IEC 27003, que es la guía para la implementación de los SGSI, y la ISO/IEC 27004 sobre métricas. Según la norma ISO 27000, la seguridad de la información es «la preservación de la confidencialidad, la integridad y la disponibilidad de la información, pudiendo además abarcar otras propiedades, como la autenticidad, la imputabilidad, la fiabilidad y el no repudio» (ISO, 2009). Las organizaciones deberán tener en cuenta que en un contexto en el que se debe gestionar el riesgo, es importante poder garantizar la seguridad de la información, y una herramienta que les puede ayudar a gestionarla son estos sistemas de gestión.

FUENTE: ISO (2009). ISO/IEC 27000:2009: *Sistemas de gestión de seguridad de la información: visión global y vocabulario*. Madrid: AENOR.

12.5. BUSINESS INTELLIGENCE

Sea cual sea el tamaño de una organización, todas tienen en común una misma necesidad: tomar decisiones que repercutan de forma positiva en el negocio. El contexto actual ha propiciado la necesidad de tener mejores, más rápidos y más eficientes métodos para extraer y transformar los datos de una organización en información y distribuirla a lo largo de la cadena de valor. Para tomar decisiones eficientes ya no es suficiente con el uso de la intuición o la experiencia, sino que es necesario apoyarse en información precisa. Los sistemas de inteligencia de negocio, o *Business Intelligence*, aparecen como respuesta a esta necesidad.

La expresión ***Business Intelligence (BI)*** fue acuñada por Howard Dresner, consultor de Gartner (consultora internacional especializada en tecnologías de información y comunicación), para referirse a un conjunto de conceptos, aplicaciones prácticas y métodos enfocados a la creación y administración de conocimiento a través del análisis de los datos existentes en una organización, con el fin de ayudar a tomar mejores decisiones (Cano, 2010). Es decir, es un proceso mediante el cual se recogen los datos con que cuenta una organización provenientes de diferentes sistemas, que se procesan y se analizan para obtener información y conocimiento más detallado de la realidad del negocio y así facilitar la toma de decisiones y estrategias para el futuro.

En definitiva, los sistemas de *Business Intelligence* buscan responder a las preguntas: ¿qué pasó?, ¿qué pasa ahora?, ¿por qué pasó?, ¿qué pasará? (Conesa Caralt y Curto Díaz, 2011).

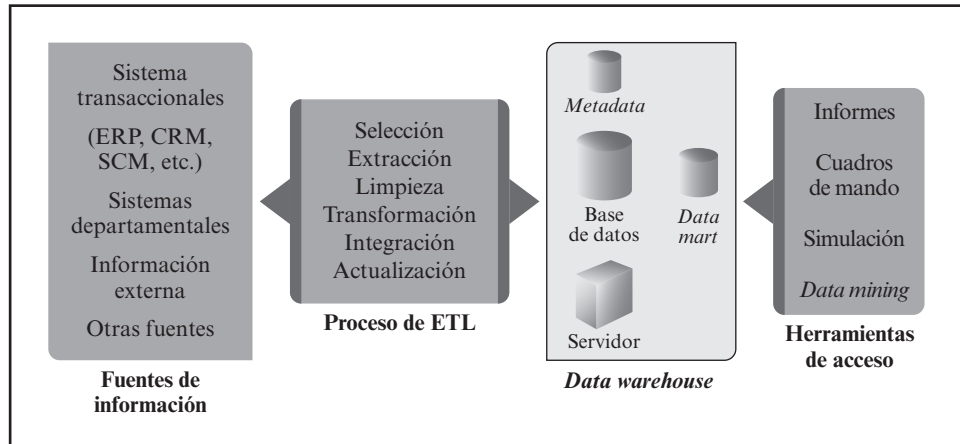
Según Thomas H. Davenport, hay organizaciones que basan su estrategia competitiva en el uso intensivo de las soluciones de *Business Intelligence* para competir en áreas concretas, como por ejemplo la mejora de la cadena de suministro, la selección de personal o la fijación de precios dinámicos (Cano, 2010).

Tal como se recoge en la figura 12.6, los componentes principales de un proyecto de *Business Intelligence* son los siguientes (Cano, 2010):

- Fuentes de información, de las que se partirá para alimentar el almacén de datos (llamado habitualmente *data warehouse*).
- Proceso de ETL (siglas en inglés de extracción, transformación y carga de los datos en el *data warehouse*). Antes de almacenar los datos deben ser seleccionados, depurados, transformados, integrados y actualizados.
- El propio *data warehouse* o almacén de datos.
- Herramientas de acceso, que permitirán analizar esos datos y navegar a través de ellos. Algunas de las principales herramientas de acceso, a las cuales se volverá en apartados posteriores, son las siguientes:
 - Generadores de informes: permiten generar informes estándar para grupos, departamentos o el conjunto de la organización.
 - Herramientas o cubos OLAP (*Online Analytical Processing*): permiten tratar la información de forma multidimensional, para explorarla desde distintas perspectivas y en distintos períodos de tiempo. Se trata de una estructura que puede mostrar y sumar grandes cantidades de datos, de manera que se pueden resumir o reorganizar según sea necesario para procesar una amplia variedad de preguntas de interés para el usuario. Por ejemplo, sirve para detectar tendencias y patrones en las ventas de una empresa según varias dimensiones (tiempo, geografía, producto, etc.) a partir de la información registrada sobre dichas ventas.
 - Cuadro de mando (*dashboard*) y cuadro de mando integral (*scorecard*): permiten a los usuarios finales consultar información crítica para el rendimiento de la organización con un simple vistazo, con la posibilidad de acceder a información más detallada y a más informes si así lo desean.
 - Herramientas de *data mining*: permiten descubrir e interpretar patrones desconocidos en la información con los que resolver problemas.

La implantación de estas prácticas proporciona diversos beneficios, entre los que podemos destacar (Conesa Caralt y Curto Díaz, 2011):

- Crear un círculo virtuoso de la información (los datos se transforman en información, la cual genera un conocimiento que permite tomar mejores



FUENTE: Cano (2010).

Figura 12.6. Componentes tecnológicos de los proyectos de *Business Intelligence*.

decisiones, que se traducen en mejores resultados y que generan nuevos datos).

- Crear y manejar indicadores clave de desempeño (KPI, *Key Performance Indicator*) e indicadores claves de metas (KGI, *Key Goal Indicator*), fundamentales para la empresa.
- Mejorar la competitividad de la organización como resultado de ser capaces de diferenciar lo relevante de lo superfluo, de acceder más rápido a la información y de tener mayor agilidad en la toma de las decisiones.

EJEMPLO 12.7.

¿Información *push* o *pull*? En la información *push* (empujar), la iniciativa corresponde al proveedor a partir de una acción inicial de suscripción del usuario, por ejemplo la opción RSS que ofrecen muchos sitios web. En cambio, en la información *pull* (tirar) la iniciativa la tiene el usuario, por ejemplo cuando busca en una base de datos a partir de una necesidad informativa (Cobarsí-Morales, 2013).

El uso de las herramientas de *Business Intelligence* está provocando la reducción de los «silos de información» que se generan cuando dentro de las organizaciones no se comparte toda la información necesaria entre los distintos departamentos o centros, lo que evidentemente genera a la larga conflictos entre los mismos. El uso de la información proveniente de las herramientas de BI está invirtiendo la tendencia de enviar la información (*push*) a los destinatarios, por un aumento de los usuarios que utilizan estas tecnologías para acceder (*pull*) a las herramientas de *Business Intelligence* (Cano, 2007).

12.6. EL CUADRO DE MANDO: UNA HERRAMIENTA CLAVE DE *BUSINESS INTELLIGENCE*

Se denomina cuadro de mando (*dashboard*) al sistema que informa de la evolución de los parámetros fundamentales de una organización o de un área de la misma. Es una herramienta muy popular, dado que permite entender muy rápidamente la situación del negocio.

A pesar de la similitud de los nombres, no se debe confundir el cuadro de mando con el cuadro de mando integral (*balanced scorecard*). Este último fue desarrollado por los economistas norteamericanos Robert Kaplan y David Norton, viendo la luz en 1992 en la publicación *Harvard Business Review*.

Las organizaciones se enfrentan actualmente al reto de definir y desplegar sus estrategias en entornos cada vez más competitivos, globales y dinámicos. Para plantear su estrategia, concretarla en objetivos y traducirla en decisiones de actuación que puedan ser posteriormente monitorizadas, deben tener en cuenta otras dimensiones más allá de la tradicional información financiera. El cuadro de mando integral (CMI) surgió ante esta necesidad, con el objetivo de establecer un nuevo modelo de medidas que permitiera conocer mejor las organizaciones, ya que incluye indicadores clave de negocio en cuatro grandes grupos o perspectivas: financiera, cliente, interna e innovación y aprendizaje (Kaplan y Norton, 2009).

El CMI debe transformar el objetivo y la estrategia de una unidad de negocio en objetivos e indicadores tangibles. Estos indicadores representan un equilibrio entre aquellos de tipo externo, para accionistas y clientes, y los internos de los procesos críticos de negocios, innovación, formación y crecimiento. Además, están equilibrados entre los indicadores de resultados (los resultados de esfuerzos pasados) y los inductores que impulsan la actuación futura (Kaplan y Norton, 2009).

La herramienta principal de un cuadro de mando integral son los **indicadores de desempeño** o **KPI**, imprescindibles en todas las esferas de la gestión empresarial. Se trata de un conjunto de instrumentos de medida que proporcionan datos cuantificables para verificar el nivel de cumplimiento de un objetivo. El valor del indicador está directamente relacionado con un objetivo fijado de antemano y normalmente se expresa en valores porcentuales (véase tabla 12.1).

Para que un KPI sea útil debe cumplir una serie de condiciones, que en el mundo anglosajón se conocen con el acrónimo SMART:

- *Specific*: específico.
- *Measurable*: medible.
- *Achievable*: alcanzable.
- *Relevant*: relevante.
- *Timely*: oportuno.

EJEMPLO 12.8.

Distintas empresas de un mismo sector pueden tener distintos KPI en función de sus modelos de negocio, de sus objetivos o de su propia idiosincrasia. KPI Library (<http://www.kpilibrary.com>) es un repositorio que recopila indicadores por áreas de negocio y temáticas.

TABLA 12.1

Ejemplo de KPI empleados para el control de la cadena de suministro

Área/descripción		Descripción indicador	Clase de indicador
Almacén	Ocupación real/Calidad total (en m ² o m ³ , huecos palet y por zonas [picking, estanterías, silo, etc.]).	Nivel de ocupación del almacén = Capacidad ocupada/Capacidad total.	Operativo
	Unidad o volumen/Tiempo (puede ser día/semana/mes).	Coste por unidad de almacenaje (según unidad de trabajo).	Económico
	Coste de entrada por unidad de almacenaje (puede ser unidad, línea, caja, kilogramo, metro cúbico o palet).	Euro por unidad de entrada (IN) = Coste de entrada de almacén.	Económico
	Índice de control de entrada.	Número de unidades con diferencia con albarán/total unidades entradas.	Calidad
	Coste de salida por unidad de almacenaje (puede ser unidad, línea, caja, kilogramo, metro cúbico o palet).	Euro por unidad de entrada (OUT) = Coste de salida en almacén.	Económico
	SKU = Número de referencias vivas.	El número de referencias vivas respecto al número de referencias totales.	Operativo
	Medir la productividad en la recepción de mercancía.	Unidades recepcionadas/Horas de trabajo sección de entradas.	Operativo
Preparación de pedidos	Coste total por unidad de trabajo (coste directo).	Coste por unidad reparada.	Económico
	El objetivo del ratio es medir el nivel de servicio asociado a los pedidos de los clientes expresado en líneas: líneas servidas <i>versus</i> líneas solicitadas.	Total de unidades servidas de período/Total de unidades solicitadas en período.	Operativo
	Indicador de preparación de pedidos.	Pedidos preparados correctamente/Pedidos totales (unidades o líneas o clientes).	Calidad

TABLA 12.1 (continuación)

Área/descripción		Descripción indicador	Clase de indicador
Preparación de pedidos	Productividad en preparación de pedidos.	Pedidos preparados por persona, línea y hora (unidades o líneas diferenciando por familia de productos o clientes).	Operativo
	Indicador de rotura de stock en preparación de pedido.	Porcentaje de líneas con falta antes de lanzamiento/total líneas preparadas (la diferencia entre el anterior y este último será indicador de errores).	Operativo
	Indicador de preparaciones no planificadas.	Número de salidas no planificadas/Total tareas día.	Operativo
	Nivel de servicio en pedidos.	Porcentaje de pedidos (o líneas o unidades) preparadas en plazo/Total de pedidos (o líneas o unidades).	Calidad
Gestión stocks	Fiabilidad de inventario y stock.	Número de unidades corregidas por inventario en valor absoluto (unidades logísticas, ubicaciones, euros).	Calidad
Transporte	Coste por unidad entregada.	Según unidad a medir (expedición, bulto, kilómetro, metro cúbico o kilogramo por ruta o zona de distribución).	Económico
	Optimización de vehículos.	Capacidad utilizada/Capacidad disponible (medido en kilogramo, MMA, metro cúbico, etc.).	Operativo
	Nivel de servicio.	Expediciones entradas a tiempo/Total de expediciones.	Calidad
	Rentabilidad de expedición.	Facturación/coste.	Económico
	Nivel de incidencias.	Porcentaje de incidencias en reparto/Sobre reparto total.	Calidad
	Incidentes en reparto.	Incidentes de datos y condiciones de destino (ausente, desconocido, etc.). Incidentes en las entregas (parciales, demoras). Incidentes por averías (roturas, etc.). Incidentes económicos.	Operativo o calidad
	Devoluciones.	Porcentaje de devoluciones sobre el total de expediciones.	Operativo o económico
	Emisión de CO ₂ .	Kilogramos emitidos/kilogramos entregados.	Calidad

FUENTE: Fundación ICIL (2014). Indicadores de gestión y control de los operadores logísticos. *Supply.net*, junio de 2014, 11-13. Disponible en: http://www.icil.org/wp-content/files_mf/sl62.pdf.

EJEMPLO 12.9.

Uno de los proyectos de mayor demanda en las compañías está relacionado con el *Real Time Decision*. En las empresas existe una necesidad imperiosa de disponer de indicadores clave de negocio (KPI) que se calculen en tiempo real, lo que implica cambios importantes no solo en la tecnología, sino también en los procesos y en la organización. Las compañías pueden modificar en tiempo real, y para todos sus productos y geografía, características como precios, condiciones, situaciones de stocks e incluso producción, y podrán llegar a retener un 40 % más de clientes.

FUENTE: Serrano, E. (2016). Las tres grandes modalidades del *Big Data*. *Expansión*, 4 de agosto de 2016. Disponible en: <http://www.expansion.com/economia-digital/protagonistas/2016/08/04/5759b4e0e5fdea7a648b463b.html>.

12.7. OTRAS HERRAMIENTAS DE *BUSINESS INTELLIGENCE*

Gracias a los avances tecnológicos a niveles exponenciales tanto en el área de cómputo como en la de transmisión de datos, producidos a partir de mediados del siglo XX y maduros en la actualidad, la información fluye al instante y está omnipresente en nuestro entorno de trabajo cotidiano. Además, hay dos líneas de avances en rápido desarrollo y susceptibles de hacer que los sistemas de información den un salto cualitativo en los próximos años (Cobarsí-Morales, 2013):

- Los progresos para facilitar la interacción con dispositivos de información en facetas como la búsqueda y la navegación, la visualización y la presentación de información.
- La posibilidad de extraer automáticamente información para crear conocimiento a partir de grandes cantidades de datos en bruto.

12.7.1. *Big data*

EJEMPLO 12.10.

Los datos siempre han existido y se han usado para tomar decisiones. Pero una berlina actual tiene un poder de procesamiento mayor que el Apolo XI que aterrizó en la Luna, y nunca antes un solo coche era capaz de generar 25 *gigabytes* de datos por hora, unas doce películas en alta definición.

FUENTE: Arroyo, D. (2015). «Big data»: los automóviles guardan un secreto. *Expansión*, 30 de octubre de 2015. Disponible en: http://www.expansion.com/empresas/motor/2015/08/24/55daeaf7268e3e876d8b4574.html?intcmp=NOT003&s_kw=big_data_los_automoviles_guardan_un_secreto.

Desde el inicio de la digitalización masiva de todo tipo de contenidos y servicios, las organizaciones han sido conscientes del potencial de todos esos datos almacenados y han empezado a plantearse la necesidad de extraer información y conocimiento de los datos recogidos, con el objetivo de comprender mejor la realidad. No obstante, solo desde recientemente existe la posibilidad de gestionar y analizar dichas cantidades ingentes de datos. La capacidad de cálculo de los ordenadores actuales, unida a la posibilidad de disponer de datos almacenados en la nube a una gran velocidad, permiten hacer frente a las necesidades de una inteligencia de negocio basada en *big data*.

Lo que se conoce como *big data* es, básicamente, el resultado de disponer de muchos datos de muchas muestras a lo largo de mucho tiempo. Este triplete puede generar enormes volúmenes de datos, con el objetivo de mejorar la comprensión y la toma de decisiones.

EJEMPLO 12.11.

Amazon ha patentado un nuevo método de trabajo llamado *Method and System for Anticipatory Package Shipping*, con el que pretende minimizar el tiempo transcurrido entre el momento en que se realiza una compra y el pedido llega a casa. Con el método de envíos anticipados será posible enviar un producto antes de que el cliente lo compre, permitiendo reducir el tiempo de entrega a tan solo unas horas.

A lo largo del proceso de compra, Amazon recoge valiosos datos sobre las preferencias y hábitos de sus clientes. La clave del sistema está precisamente aquí, en la información almacenada en las bases de datos de Amazon y en el uso de la tecnología de *big data*, para establecer modelos teóricos de comportamientos futuros basándose en el historial de compra de cada cliente y sus hábitos de consumo. Amazon es consciente del valor estratégico de *big data*. La predicción de los hábitos de consumo de un determinado barrio o área urbana se materializará en los denominados envíos especulativos de productos a los centros de distribución, con el objetivo de anticiparse al acto de compra de los usuarios de la zona y reducir a la mínima expresión los tiempos de entrega.

FUENTE: adaptado de Why Amazon's Anticipatory Shipping is Pure Genius, *Forbes*, 28 de enero de 2014. Disponible en: <https://www.forbes.com/sites/onmarketing/2014/01/28/why-amazons-anticipatory-shipping-is-pure-genius/#670e10c34605>.

Sin duda, uno de los nuevos ámbitos de expansión del *big data* es el llamado **Internet de las cosas** (*Internet of Things*, o **IoT**, por sus siglas en inglés), concepto que nació en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) y que ha revolucionado las relaciones entre los objetos y las personas. Ha significado el nacimiento de una conexión de las cosas y aparatos que nos rodean y con los

que interactuamos día a día, ofreciendo datos en tiempo real. Parece por tanto que ha llegado el momento de la digitalización del mundo físico. Gracias a la identificación por radiofrecuencia, bastará con integrar un chip en cualquier objeto para poder procesar y transmitir información a partir de él constantemente, con datos en tiempo real. Por tanto, lo que la IoT revolucionará es la forma en que las empresas utilizan y se benefician de una amplia gama de datos y aplicaciones, incluyendo el análisis de *big data*. Por ejemplo, en el sector de la logística, una etiqueta inteligente adherida a un cartón puede enviar actualizaciones acerca de la temperatura, humedad, orientación y colocación de un objeto frágil a medida que se mueve desde su origen a su destino.

EJEMPLO 12.12.

Mientras que las pulseras o los hogares conectados generan muchas más expectativas, el potencial de la aplicación del IoT en los negocios es mucho mayor, ya que ayudará a crear valor en muchas industrias, básicamente en mercados *business-to-business* a nivel global, facilitando la optimización de las operaciones, y permitirá la creación de nuevos modelos de negocio innovadores. Los responsables del diseño del producto, por su parte, podrán conocer en qué condiciones se usa el producto y si estas le permiten dar las mejores prestaciones o no; también podrán recoger información de las funcionalidades más o menos utilizadas, o localizar los problemas que esté dando para ver cómo solucionarlos. Para aquellos que lo comercializan, la información sobre quién utiliza cada una de las funciones y qué usos le da, o dónde pueden ofrecer mejoras del producto en función de los usos del cliente, serán algunas de las aplicaciones del IoT. Respecto al servicio de mantenimiento, si el producto presenta algún problema de mal funcionamiento o una avería, se podrá avisar al cliente y enviar los componentes que deben ser reparados al taller que le corresponda para minimizar el tiempo en el que el usuario no dispondrá del producto. Así, se observa que es necesario desarrollar nuevos procesos y que las implicaciones sobre los distintos departamentos son muchas y de gran calado, por lo que la estrategia se debe establecer de manera global en la organización. En muchos casos, el cambio cultural y organizativo es una condición *sine qua non* para abordar una estrategia de IoT.

FUENTE: Cano, J. LI. (2016). La revolución del Internet of Things (IoT). *Harvard Deusto Business Review*, 256, 36-43.

12.7.2. Minería de datos y minería de textos

La **minería de datos** (*data mining*) nació con la idea de aprovechar la ingente cantidad de datos que se almacenan en diversas áreas y la potencia de los nuevos ordenadores para realizar operaciones de análisis sobre esos datos. Se

trata del proceso de detectar información no trivial y potencialmente útil, es decir, descubrir conocimiento oculto a partir de grandes conjuntos de datos. Utiliza el análisis matemático para deducir los patrones y tendencias que existen en los datos y que no se pueden detectar mediante la exploración tradicional, porque las relaciones son demasiado complejas o porque hay demasiados datos. Por tanto, si nos encontramos en la situación de no saber cuál es la pregunta exacta, sino que se pretende explorar patrones o vínculos a priori desconocidos, la herramienta adecuada es la minería de datos.

Tanto las herramientas OLAP, mencionadas anteriormente, como la minería de datos actúan sobre información estructurada en multitud de registros. En cambio, la **minería de textos** (*text mining*) actúa sobre información no estructurada, correspondiente a gran cantidad de texto. Por ejemplo, pueden analizarse las transcripciones de las llamadas o los correos electrónicos para analizar los temas principales de quejas o reclamaciones.

Otra técnica interesante es la **minería web** (*web mining*), y en particular la minería relativa al uso de la web corporativa. Todos los que visitan un sitio en Internet dejan huellas digitales (direcciones de IP, navegador, *cookies*, etc.) que los servidores automáticamente almacenan. Esto permite, por ejemplo, analizar el comportamiento de los clientes u otros visitantes para reforzar las acciones de marketing y de ventas o la imagen general de la empresa.



R es uno de los lenguajes más empleados en investigación por la comunidad estadística, siendo además muy popular en el campo de la minería de datos.

RESUMEN

Los directivos necesitan **información para la toma de decisiones**, siendo hoy en día un aspecto fundamental para que cualquier organización pueda sobrevivir y prosperar, dado el nivel tan elevado de competencia al que se enfrentan en un entorno cada vez más globalizado.

Un **sistema de información** es el conjunto formal de procesos que, a partir de un conjunto estructurado de datos, de acuerdo con las necesidades de una organización, recopila, elabora y distribuye la información necesaria para su actividad, ayudando a la toma de decisiones necesaria para llevar a cabo los procesos de negocio de acuerdo con su estrategia (Andreu et al., 1996).

Los sistemas de información proporcionan apoyo a las operaciones empresariales y a la gestión y la toma de decisiones, facilitando a las personas la información que necesitan mediante el uso de las tecnologías de la información.

El sistema de información más implantado y analizado es el sistema de planificación de los recursos de la empresa, más conocido por sus siglas en inglés **ERP** (*Enterprise Resource Planning*), utilizado para coordinar los procesos internos clave de la empresa, conjuntando los datos de producción y distribución, finanzas, ventas y recursos humanos.

Los sistemas de inteligencia de negocio, o **Business Intelligence (BI)**, aparecen como respuesta a la necesidad de tomar decisiones eficientes basadas en información precisa. Se refieren al proceso mediante el cual se recogen los datos con que cuenta una organización, procedentes de diferentes sistemas, se procesan y se analizan, para obtener información y conocimiento más detallado de la realidad del negocio y así facilitar la toma de decisiones y estrategias para el futuro.

Una herramienta clave del *Business Intelligence* es el cuadro de mando (*dashboard*), referido al sistema que informa de la evolución de los parámetros fundamentales de una organización o de un área de la misma. En el marco de un cuadro de mando integral cabe destacar los **indicadores de desempeño** o **KPI**, imprescindibles en todas las esferas de la gestión empresarial. Se trata de un conjunto de instrumentos de medida que proporcionan datos cuantificables para verificar el nivel de cumplimiento de un objetivo.

Otras herramientas de *Business Intelligence* son el denominado **big data** (el resultado de disponer de muchos datos de muchas muestras a lo largo de mucho tiempo), la **minería de datos** (aprovechar la ingente cantidad de datos que se almacenan en diversas áreas, y la potencia de los nuevos ordenadores para realizar operaciones de análisis sobre esos datos) y la **minería de textos** (que actúa sobre información no estructurada correspondiente a gran cantidad de texto).

EJERCICIOS

1. Indicar si las siguientes afirmaciones son verdaderas o falsas. En este último caso, justificar la respuesta.
 - 1.1. La información se refiere a los hechos objetivos sobre acontecimientos que no tienen un significado inherente, y que no ha sido seleccionada.
 - 1.2. Una gran parte del conocimiento de las empresas no está documentado, sino que se integra en rutinas, procesos, prácticas o normas que practican las personas.
 - 1.3. La información es un recurso gratuito.
 - 1.4. El sistema de información más implantado y analizado es el sistema de planificación de los recursos de la empresa, más conocido por sus siglas en inglés ERP (*Enterprise Resource Planning*).
 - 1.5. El *cloud computing* o nube es una de las transformaciones más radicales de la industria informática, al revolucionar el consumo de tecnología, y ha beneficiado a todo tipo de empresas y a sus estrategias con la posibilidad de disponer de una nueva herramienta que permite acelerar la innovación de procesos y reducir costes.
 - 1.6. El usuario técnico, también llamado cliente, es cualquiera que interactúe o utilice un sistema de información previamente generado.
 - 1.7. Una de las causas del efecto látigo es la distorsión de la información y la falta de comunicación.
 - 1.8. La minería de datos (*data mining*) actúa sobre información no estructurada correspondiente a gran cantidad de texto.
2. Indicar cuál de las posibles cuatro respuestas es la correcta en relación con el enunciado de cada pregunta:
 - 2.1. Para alcanzar sus objetivos, un sistema de gestión empresarial debe ejecutar la actividad de:
 - a) Recibir datos de fuentes internas o externas, como elementos de entrada a un proceso (*inputs*).
 - b) Almacenar información y actuar sobre los datos para generar y producir información (proceso).
 - c) Distribuir información elaborada para el usuario final (*outputs*).
 - d) Todas las respuestas anteriores son ciertas.

2.2. Los sistemas que utilizan los directivos para tomar decisiones a nivel estratégico de la organización se denominan:

- a) Sistemas de información gerencial.
- b) Sistemas de procesamiento de transacciones.
- c) Sistemas de apoyo a ejecutivos.
- d) Sistemas de apoyo a la toma de decisiones.

2.3. Un sistema de información debe:

- a) Ser flexible y con múltiples opciones de manejo y evaluación de la información.
- b) Tener la capacidad para apoyar diversos estilos, habilidades y conocimiento.
- c) Ser sensible a los requisitos burocráticos y políticos de la organización.
- d) Todas las respuestas anteriores son ciertas.

2.4. Los sistemas de apoyo que facilitan la gestión integrada de las plantas, planificación de la producción, planificación de la cadena de suministro, mercado, etc., se refieren a la:

- a) Gestión de la relación con el cliente (CRM).
- b) Gestión de la cadena de suministro (SCM).
- c) Gestión integrada de los recursos de la empresa (ERP).
- d) Ninguna de las respuestas anteriores es cierta.

2.5. Los sistemas de información se componen de:

- a) Recursos humanos.
- b) Recursos tecnológicos.
- c) Procesos.
- d) Todas las respuestas anteriores son ciertas.

3. Completar las siguientes frases añadiendo el término correspondiente en el espacio indicado.

3.1. El resultado de disponer de muchos datos de muchas muestras a lo largo de mucho tiempo es lo que se conoce como _____.

3.2. Uno de los nuevos ámbitos de expansión del *big data* es el denominado _____, concepto que ha revolucionado las relaciones entre los objetos y las personas. Ha significado el nacimiento de una conexión de las cosas y aparatos que nos

rodean y con los que interactuamos día a día ofreciendo datos en tiempo real.

- 3.3. El proceso mediante el cual se recogen los datos con que cuenta una organización, provenientes de diferentes sistemas, se procesan y se analizan para obtener información y conocimiento más detallado de la realidad del negocio, y así facilitar la toma de decisiones y estrategias para el futuro, es lo que se conoce como _____.
 - 3.4. Los sistemas informáticos basan su existencia y funcionalidad en dos componentes principales. El _____ es la parte que se puede tocar, es decir, son los componentes físicos de la tecnología. En cambio, el _____ abarca todo lo intangible, lo no físico.
 - 3.5. La herramienta principal de un cuadro de mando integral son los _____, imprescindibles en todas las esferas de la gestión empresarial.
4. **Caso de estudio: Luna del Caribe agiliza sus operaciones comerciales internacionales con SAP Business One**

FUENTE: http://www.ausape.es/ausape/Media/Publicaciones/Revistas/2014/R33_Ausape.pdf?ext=.pdf



De la mano de la consultora Seidor, conocemos cómo la empresa española Luna del Caribe, dedicada a la importación y comercialización de marisco congelado en todo el mundo, ha implementado la solución *SAP Business One* para unificar los datos y homogeneizar los procesos.

Constituida en 2003, y con sede en Valladolid, la empresa Luna del Caribe se dedica a la importación y comercialización de marisco congelado en todo el mundo. Su negocio estrella se basa en la importación de langostino Vannamei —especie característica de las aguas con lodo y temperaturas medias anuales en torno a los 20 grados centígrados— de los caladeros del Caribe y Sudamérica (Venezuela, Colombia, Perú, Panamá, Ecuador, Nicaragua y México).

En España, Luna del Caribe trabaja principalmente con el canal mayorista, aunque también comercializa un importante volumen de gamba roja y del Mediterráneo a los minoristas. En los últimos meses ha empezado a trabajar con el mercado asiático para abastecer a sus clientes en todo el mundo, dado el activo papel de esta región en la explotación y venta de marisco. Distribuye el 60% de sus productos a mayoristas desde grandes frigoríficos, situados estratégicamente para garantizar la calidad y servicio al cliente. El 40% restante lo vende a minoristas y lo distribuye desde el

centro logístico de la compañía en Valladolid, donde dispone de vehículos especialmente preparados que atienden el mercado nacional.



Dada la intensa actividad internacional de la compañía, Luna del Caribe necesitaba una herramienta de gestión integral que le permitiese trabajar con capacidades multimonedada y multiidioma, puesto que en la mayoría de los casos compran los productos en una moneda diferente a la que los venden. Tras recurrir a Seidor como *partner* de im-

plantación, por la amplia experiencia en proyectos de *rollout* internacional y numerosas referencias entre empresas distribuidoras y logísticas, Luna del Caribe se decantó por la herramienta SAP *Business One* como plataforma ideal para unificar los datos y homogeneizar los procesos.

Como explica Jesús Redondo Alvaredo, Gerente de Luna del Caribe, «SAP *Business One* nos ayuda a mejorar la visibilidad sobre nuestras operaciones, algo que, al final, se traduce en una reducción de los costes y en una mayor capacidad para anticiparnos a la demanda de nuestros clientes en los diferentes mercados en los que estamos presentes, gestionando nuestros recursos de forma más inteligente».

SAP *Business One* es la solución de SAP para pequeñas empresas, que facilita la gestión de forma integral todos los aspectos de una empresa, desde las ventas y las relaciones con los clientes hasta las finanzas y las operaciones. Este *software* permite:

- Recopilar toda la información empresarial en un único sistema escalable.
- Automatizar y acelerar los procesos empresariales.
- Mejorar la toma de decisiones y la satisfacción de los clientes con información en tiempo real.
- Multiplicar el rendimiento de las aplicaciones y los análisis.
- Acceso a los empleados desde cualquier ubicación a través de un dispositivo móvil.

Explotar los datos en tiempo real

Dentro del proyecto de implantación, una de las piezas clave ha sido el despliegue de SAP Lumira para SAP *Business One*, una herramienta que permite acceder a los datos, transformarlos y visualizarlos de forma sen-

cilla, automatizada y personalizada. Gracias a su interfaz de fácil uso y a las atractivas visualizaciones que suministra para analizar con rapidez los datos, la dirección de Luna del Caribe tiene perfectamente controlada la gestión desde cualquier ubicación y puede tomar decisiones de forma muy ágil. «La información en tiempo real es vital para nosotros, ya que nos hace ganar o perder con cada compra. El mercado del marisco congelado funciona un poco como la Bolsa: necesitamos manejar muchas variables a la hora de tomar decisiones», explica Jesús Redondo Alvaredo.

Las visualizaciones, cuadros de mando e indicadores que suministra SAP Lumira aprovechan toda la información de las aplicaciones de ventas, compras y finanzas de la compañía. Con esta solución, los responsables de Luna del Caribe no solo tienen la posibilidad de realizar análisis e informes desde sus dispositivos móviles, sino que pueden compartirlos de forma sencilla y segura con todos los miembros de la organización.



Se trata de una herramienta muy personalizable y que funciona en modo «autoservicio», lo que permite desde enriquecer las consultas con nuevos campos a generar de manera sencilla agrupaciones, cálculos o nuevas visualizaciones. Ofrece además una visión general del negocio y respuestas inmediatas y entendibles (basadas en hechos) a preguntas de negocio que pueden ser complejas y multidimensionales.

«SAP Lumira simplifica nuestra realidad empresarial, ciertamente compleja, convirtiendo las variables en datos claros y actualizados sobre los que podemos tomar decisiones sin temor a equivocarnos», concluye el Gerente de Luna del Caribe.

Para más información:

<http://www.seidor.com/content/seidor-com/es.html>
<http://lunadelcaribe.es/index.html>

Preguntas

1. ¿Qué tipo de sistema de información es SAP *Business One*?
2. ¿Qué necesidades de la compañía Luna del Caribe se quisieron satisfacer con la implantación de SAP *Business One*?
3. ¿Qué ventajas ha aportado este sistema para esta empresa?
4. ¿Qué beneficios conlleva la implantación del sistema en el sector de la alimentación? ¿Y en el sector del alimento congelado?

SOLUCIONES A LOS EJERCICIOS DE 1 A 3

1.

- 1.1. Falsa. La definición se refiere a los datos.
- 1.2. Verdadera.
- 1.3. Falsa. La cantidad creciente de información disponible de libre acceso puede hacer pensar, erróneamente, que siempre es un recurso gratuito. Sin embargo no lo es, aunque sus costes sean difíciles de cuantificar, ya sean costes asociados al sistema de información o al tiempo que los individuos dedican a la búsqueda, selección y tratamiento de la información.
- 1.4. Verdadera.
- 1.5. Verdadera.
- 1.6. Falsa. Es el usuario final, también llamado cliente, el que puede ser cualquiera que interactúe o utilice un sistema de información previamente generado. En cambio, el usuario técnico o especialista es aquella persona experta que manipula el equipo y le da un uso experimentado, como por ejemplo los analistas de sistemas, trabajadores del servicio de asistencia de primera línea, diseñadores y programadores que se encargan de crear y desarrollar los sistemas de información.
- 1.7. Verdadera.
- 1.8. Falsa. Es la minería de textos (*text mining*) la que actúa sobre información no estructurada correspondiente a gran cantidad de texto. La minería de datos (*data mining*) actúa sobre información estructurada en multitud de registros.

2.

- 2.1. d)
- 2.2. c)
- 2.3. d)
- 2.4. c)
- 2.5. d)

3.

- 3.1. *Big data*.
- 3.2. *Internet* de las cosas (*Internet of Things*, o IoT, por sus siglas en inglés).
- 3.3. *Business Intelligence*.
- 3.4. *Hardware/software*.
- 3.5. Indicadores de desempeño o KPI.

BIBLIOGRAFÍA

- Andreu, R., Ricart, J. E. y Valor, J. (1996). *Estrategia y sistemas de información*. Madrid: McGraw-Hill.
- Bourgeois, D. T. (2014). *Information Systems for Business and Beyond*. Saylor Academy.
- Cano, J. Ll. (2007). *Business intelligence: competir con información*. Fundación Banesto y ESADE.
- Cano, J. Ll. (2010). La industrialización de la información directiva: Business Intelligence. *Harvard Deusto Marketing y Ventas*, 98, 26-33.
- Chase, R. B. y Jacobs, F. R. (2014). *Administración de operaciones. Producción y cadena de suministro*. México: McGraw-Hill.
- Cobarsí-Morales, J. (2013). *Sistemas de información en la empresa*. Barcelona: UOC.
- Conesa Caralt, J. (coord.) y Curto Díaz, J. (2011). *Introducción al Business Intelligence*. Barcelona: UOC.
- De Pablos Heredero, C. et al. (2011). *Organización y transformación de los sistemas de información en la empresa*. Madrid: ESIC.
- Fernández, V. (2006). *Desarrollo de sistemas de información: una metodología basada en el modelado*. Barcelona: Ediciones UPC.
- Kaplan, R. S. y Norton, D. P. (2009). *El cuadro de mando integral. The Balanced Scorecard*. Madrid: Gestión 2000.
- Laudon, K. C. y Laudon, J. P. (2004). *Sistemas de información gerencial* (8.^a ed). México: Pearson Educación.
- Lee, H., Padmanabhan, V. y Whang, S. (1997). The bullwhip effect in supply chain. *MIT Sloan Management Review*, Spring.
- Miranda González, F. J., Rubio Lacoba, S., Chamorro Mera, A. y Bañegil Palacios, T. M. (2005). *Manual de dirección de operaciones*. Madrid: Paraninfo.
- Moscoso, P. y Lago, A. (2016). *Gestión de operaciones para directivos*. Madrid: McGraw Hill Education.
- Prieto, M. (2016). Amazon, Microsoft, Google e IBM libran la gran batalla del *cloud computing*. *Expansión*, 1 de noviembre de 2016. Disponible en: <http://www.expansion.com/economia-digital/companias/2016/11/01/581381d8e5fdea8e3e8b4587.html>.
- SAP (2017). SAP AG, <https://www.sap.com/index.html> (consultada en enero de 2017).
-

TÍTULOS RELACIONADOS

ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, *M.ª J. Hernández Ortiz (Coord.)*.

ADMINISTRACIÓN Y GESTIÓN DE ORGANIZACIONES DEPORTIVAS, *G. Cepeda y S. Martelo*.

ÁRBOLES DE DE DECISIÓN Y ELECTRA I. Casos en empresas turísticas, *M. Ruiz, S. Martínez, José M.ª Biedma y A. Martín*.

CASOS PRÁCTICOS DE ADMINISTRACIÓN Y DIRECCIÓN DE EMPRESAS, *A. M.ª Castillo, I. M.ª Abad y M.ª Á. Rastrullo*.

CÓDIGO FRANQUICIA, *G. Burgos Pavón, J. P. Garbayo Blanch y M. Alonso Prieto (Coords.)*.

CREACIÓN DE EMPRESAS (2 VOLS.), *J. A. Jiménez Quintero (Coord.)*.

CREACIÓN DE EMPRESAS. De la *start-up* a la empresa, *I. Castro Abacéns*.

DE LA *START-UP* A LA EMPRESA, *I. Castro Abancéns*.

DECISIONES EMPRESARIALES CON HOJA DE CÁLCULO, *D. Villalba y Y. Bueno*.

DIRECCIÓN ESTRATÉGICA (2 VOLS.), *J. A. Jiménez Quintero*.

DIRECCIÓN DE EMPRESAS, *A. M.ª Castillo Clavero e I. M.ª Abad Guerrero*.

DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES. Decisiones estratégicas, *D. Arias y B. Minguela (Coords.)*.

DIRECCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y OPERACIONES. Decisiones operativas, *D. Arias y B. Minguela (Coords.)*.

DIRECCIÓN ESTRATÉGICA. Desarrollo de la estrategia y análisis de casos, *E. Bueno, M.ª P. Salmador, C. Merino y J. I. Martín*.

DIRECCIÓN ESTRATÉGICA. Nuevas perspectivas teóricas, *E. Bueno, P. Morcillo y M.ª P. Salmador*.

DIRECCIÓN ESTRATÉGICA INTERNACIONAL, *J. A. Jiménez Quintero e I. Aldeanueva Fernández*.

DIRECCIÓN ESTRATÉGICA DE LOS RECURSOS HUMANOS. Teoría y práctica, *E. Albizu y J. Landeta (Coords.)*.

DIRECCIÓN Y GESTIÓN DE EMPRESAS DEL SECTOR TURÍSTICO, *I. Martín Rojo*.

DIRECCIÓN Y ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS TURÍSTICAS, *M.ª Á. Gallego Águeda y C. Casanueva Rocha*.

ECONOMÍA DE LA EMPRESA, *C. Barroso Castro (Coord.)*.

ECONOMÍA Y GESTIÓN BANCARIA, *J. López Pascual, A. de F. Sebastián González*.

EMPRESAS Y ORGANIZACIONES TURÍSTICAS, *C. Casanueva Rocha y M.ª A. Gallego Águeda*.

ESTRATEGIA Y POLÍTICA DE EMPRESA. Lecturas, *S. Garrido Buj y J. M. Rodríguez Carrasco*.

FUNDAMENTOS DE ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, *Ó. Gutiérrez Aragón*.

FUNDAMENTOS DE DIRECCIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE EMPRESAS, *M.ª del M. Fuentes y E. Cordon*.

FUNDAMENTOS DE ECONOMÍA DE LA EMPRESA, *F. J. González Domínguez y J. D. Ganaza Vargas (Coords.)*.

GESTIÓN DE LA CALIDAD EMPRESARIAL, *F. J. Lloréns Montes y M.ª del M. Fuentes Fuentes*.

GESTIÓN DE LA CALIDAD Y GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL, *E. Claver, J. F. Molina y J. J. Tarí*.

GESTIÓN CLÍNICA, *J. E. del Llano, V. Ortún y F. Raigada (Dirs.)*.

GESTIÓN DE LA FORMACIÓN EN LA EMPRESA, *M.ª P. Andrés Reina*.

GESTIÓN DE LA LOGÍSTICA EN LA EMPRESA, *J. Velasco Sánchez*.

GESTIÓN DE LA PRODUCCIÓN EN LA EMPRESA, *J. Velasco Sánchez y J. A. Campins Masriera*.

GESTIÓN DE PROYECTOS EN LA EMPRESA, *J. Velasco Sánchez y J. A. Campins Masriera*.

LA FRANQUICIA. Tratado práctico y jurídico, *M.ª S. Fernández Iglesias*.

LA GESTIÓN DE LA INNOVACIÓN Y LA TECNOLOGÍA EN LAS ORGANIZACIONES, *A. Hidalgo, G. León y J. Pavón*.

LA GESTIÓN DE LOS SISTEMAS DE INFORMACIÓN EN LA EMPRESA, *S. J. Arjonilla y J. A. Medina*.

MEJORANDO LA PRODUCCIÓN CON LEAN THINKING, *J. Santos, R. A. Wysk y J. M. Torres*.

ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS, *E. Bueno Campos*.

ORGANIZACIÓN DE LA PRODUCCIÓN, *J. Velasco Sánchez*.

PRINCIPIOS Y FUNDAMENTOS DE GESTIÓN DE EMPRESAS, *F. J. González y J. D. Ganaza (Coords.)*.