

# UN MODELO PARA LA GESTIÓN ESTRATÉGICA DE LOS RECURSOS TECNOLÓGICOS

## EL CICLO DE MEJORA Y DESPLIEGUE DE MATRICES QFD(\*)

**CARLOS A. BENAVIDES VELASCO**

Profesor Titular de Universidad

**CRISTINA QUINTANA GARCÍA**

Profesora Titular de Universidad

La riqueza de las economías modernas depende en buena medida de su capacidad de generar nuevo conocimiento y de su posición tecnológica. En el contexto de cambio tecnológico es posible distinguir dos niveles de actuación: uno de ellos es la creación de conocimiento científico que frecuentemente es llevado a cabo por organismos públicos

de investigación; esto representa la base para el segundo nivel, que es el desarrollo de innovaciones tecnológicas en la forma de nuevos o mejorados productos y procesos de producción. Esta última fase está estrechamente relacionada con el sector industrial, y en particular, con las empresas intensivas en tecnología.

Tales empresas tienen que hacer frente a una creciente globalización de los mercados y complejidad de las innovaciones, por lo que necesitan desarrollar o tener acceso a nuevas y múltiples tecnologías e integrarlas en sus bases de conocimiento para ser competitivas (Subramaniam y Youndt, 2005). En este sentido, interesa conocer cómo desarrollan las estrategias tecnológicas, cómo movilizan y acceden a los recursos tecnológicos, cómo dirigen sus proyectos de investigación, desarrollo e innovación, etc. Sin embargo, no ha sido muy relevante el esfuerzo dedicado a estudiar éstos y otros aspectos que confor-

man la gestión estratégica de la tecnología en las empresas innovadoras, especialmente las de reciente creación.

Es posible señalar que las nuevas empresas de base tecnológica (NEBT) cumplen una función complementaria a las ejercidas por las ya establecidas (generalmente de gran dimensión), y ambas coexisten en el desarrollo tecnológico y en los procesos de innovación. En general, las NEBT suelen acometer los procesos de innovación tecnológica de mayor riesgo, mayoritariamente ligados a tecnologías disruptivas (Bower y Christensen, 1995), representando además mecanismos de transferencia de tecnología desde laboratorios y centros públicos de investigación hacia el mercado (Hidalgo, León y Pavón, 2002:478; Kassicieh, Kirchhoff, Walsch y McWhorter, 2002). Aunque pueden presentar limitaciones de recursos, tales empresas en sus estados iniciales de desarrollo disfrutan de ventajas organizativas únicas

(flexibilidad, escasez de burocracia) asociadas a su habilidad de reaccionar y adaptarse a las condiciones cambiantes del entorno. Por su parte, en las empresas consolidadas el desarrollo tecnológico suele estar asociado a procesos más formalizados e incrementales.

Mientras que han sido numerosos los estudios que analizan la dinámica de la innovación (Christensen, 2002), no sucede igual con las investigaciones y contribuciones que, de manera sistemática, y desde el enfoque de competencias dinámicas, profundizan en la dimensión estratégica de la tecnología aplicable a ambos tipos de empresas. En efecto, para llevar a cabo la gestión de la tecnología, se han desarrollado numerosos métodos e instrumentos, casi todos destinados a su aplicación en grandes departamentos de I+D. La mayoría de tales métodos son diseñados desde una perspectiva racional, y están relacionados con una variedad de cuestiones tales como los tipos de innovación tecnológica a desarrollar, la asignación de recursos, el momento y posicionamiento de la introducción de la tecnología en el mercado, etc. Este enfoque de gestión racional ayuda a estructurar los problemas e identificar variables relevantes, así como apoya los procesos de toma de decisiones (Chiesa, 2001:50). Pero al mismo tiempo, tanto para las nuevas empresas de base tecnológica como para las ya establecidas, se hace necesario dotar a la gestión de la

tecnología de cierta flexibilidad y abordarla desde una perspectiva estratégica que permita la adaptación de la actividad innovadora a los contextos dinámicos.

Por ello, en el presente artículo, tras una caracterización de las trayectorias tecnológicas y la descripción del proceso genérico de dirección estratégica de la tecnología, se propone un modelo destinado a facilitar su utilización en las empresas de base tecnológica. Para conseguirlo, hemos adaptado dicho proceso al ciclo de Shewart, la denominada «rueda de Deming», ciclo que se ha combinado con el despliegue de la función calidad (QFD). Como resultado final, se llega a constituir lo que denominamos *ciclo de mejora de la tecnología* (Benavides 2000:163-171).

## TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS SECTORIALES †

Las empresas y sectores industriales difieren en sus regímenes tecnológicos. Cada sector involucra distintas tecnologías, cada una de las cuales presenta una ruta histórica de desarrollo diferente y unos requerimientos estratégicos particulares. Es por ello que existe una gran dificultad para establecer un marco de aplicación general que integre la tecnología en el análisis estratégico y que contemple eficazmente la diversidad corporativa y sectorial. En un

CUADRO 1  
TRAYECTORIAS TECNOLÓGICAS

Categorías de sectores	Actividades típicas	Principales fuentes de tecnología	Actividades principales en la estrategia de innovación
<b>Dominados por los proveedores</b>	Industria textil, agricultura, editoriales	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Proveedores</li> <li>– Aprendizaje por la práctica (<i>learning-by-doing</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Explotar tecnología creada por otros agentes para reforzar otras ventajas competitivas</li> </ul>
<b>De producción intensiva en escala</b>	Equipos de transporte, manufactura de metales, electrodomésticos	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ingeniería de producción</li> <li>– Aprendizaje por la práctica (<i>learning-by-doing</i>)</li> <li>– Proveedores</li> <li>– Diseño industrial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mejorar de forma incremental los productos y sistemas complejos de producción</li> </ul>
<b>De base científica</b>	Electrónica, biotecnología, química	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Investigación y desarrollo (I+D)</li> <li>– Investigación básica (<i>learning before doing</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Explorar, vigilar y explotar avances emergentes para la investigación básica</li> <li>– Adquirir activos complementarios</li> <li>– Desarrollar productos tecnológicamente avanzados</li> </ul>
<b>Intensivos en información</b>	Publicidad, agencias de viajes, finanzas	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Departamentos de sistemas y <i>software</i></li> <li>– Proveedores de tecnologías de la información</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Desarrollo y aplicación de sistemas complejos para el procesamiento de información</li> <li>– Desarrollo de nuevos servicios</li> </ul>
<b>Proveedores especializados</b>	Maquinarias, instrumentos, <i>software</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Diseño</li> <li>– Usuarios avanzados (<i>learning by using</i>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Introducir en los usuarios más avanzados las tecnologías emergentes ajustadas a sus necesidades</li> </ul>

FUENTE: Elaboración propia a partir de Tidd, Bessant y Pavitt, 2001: 113-116

intento de identificar rutas sectoriales con características tecnológicas similares, Pavitt (1984) y más recientemente Tidd, Bessant y Pavitt (2001), formulan una taxonomía de las cinco principales trayectorias tecnológicas (véase cuadro 1).

En este artículo, el tratamiento que vamos a realizar sobre la gestión estratégica de la tecnología se centrará en las empresas de base científica y los proveedores especializados, al ser las que presentan mayor intensidad tecnológica. En el contexto de los dos sectores seleccionados, se encuadran las NEBT, a menudo de reducida dimensión, que suelen emerger en sectores relacionados con la electrónica, informática o biotecnología, para el desarrollo de invenciones de alto riesgo; éstas pueden nacer como *spin-offs* de grandes empresas o laboratorios públicos de investigación. La gestión de las NEBT debe hacer frente a diversos problemas estratégicos relacionados con las perspectivas de crecimiento a largo plazo, ya que su ciclo de vida puede ser corto si fracasa el proyecto empresarial caracterizado por una elevada incertidumbre, o es absorbida por grandes empresas para internalizar sus conocimientos tecnológicos; ello dependerá de la habilidad de desarrollar sucesivas generaciones de productos y competencias gerenciales ajustadas a cada fase del ciclo de vida (Quintana, 2001).

En las empresas de base científica y proveedores especializados, los resultados de innovación dependen de las actividades de investigación y desarrollo (generadas internamente o en el marco de acuerdos de cooperación), de modo que la gestión estratégica de los recursos tecnológicos se erige como una dimensión crítica. En este sentido, el rendimiento del proceso innovador se relaciona con la ejecución eficaz de una gran diversidad de actividades tales como la selección y gestión de proyectos, la coordinación de los *inputs* de las diferentes funciones, la canalización de las necesidades del mercado, el diseño de la cartera tecnológica, la selección de los medios de protección del conocimiento, etc. Por ello, desarrollar un conjunto integrado de rutinas garantiza la construcción de competencias dinámicas distintivas de innovación que permiten a las empresas introducir nuevos productos o tecnologías de procesos más velozmente que la competencia (Brown *et al.*, 2000).

Tal integración es esencial en tres direcciones (Tidd, Bessant y Pavitt, 2001): la coordinación de las actividades de I+D con el resto de funciones de la empresa, la consideración de las actividades de I+D y funciones relacionadas en la asignación de los recursos financieros, y de manera especial, la vinculación de la estrategia de innovación y tecnológica a la estrategia corporativa. Esta última cuestión implica que la

gestión de la tecnología sea mucho más que una función meramente técnica, y reconoce que la estructura organizativa y la dirección estratégica de la empresa desempeñan un papel importante en la formación de la estrategia tecnológica (Pavitt, 1990).

Partiendo de esta asunción, y para superar las limitaciones de aquellos enfoques que no consideran el contexto dentro del cual la estrategia tecnológica es generada, seleccionada e implantada, en el siguiente epígrafe proponemos un modelo que recoge las diferentes etapas y actividades que conforman un proceso de dirección estratégica de la tecnología.

### DIRECCIÓN ESTRATÉGICA DE LA TECNOLOGÍA ¶

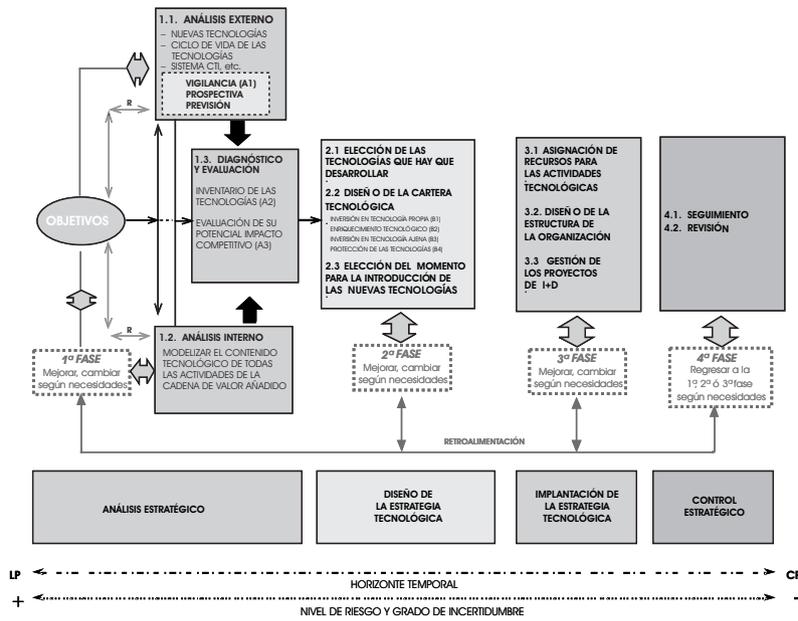
La dirección estratégica de la tecnología supone la implantación en la empresa de los instrumentos de gestión necesarios para poder responder a la complejidad y la incertidumbre estructural en que se desenvuelve hoy día la empresa, dentro de un entorno cambiante, que le exige una integración de la tecnología en su estrategia.

Elo es así por diversas razones: en primer lugar, la gestión estratégica de la tecnología le permite a la empresa anticipar la evolución y desarrollo que la tecnología va a experimentar; en segundo lugar, hace que se considere a ésta como un activo empresarial que se puede gestionar, y no como una variable externa; y, en tercer lugar, permite asegurar la congruencia entre las inversiones en tecnología y las estrategias de negocio y corporativa, optimizando así los recursos de la empresa.

La empresa deberá integrar en su Plan Estratégico sus estrategias tecnológicas y los cursos de acción necesarios para llevarlas a cabo. Se han formulado algunos modelos aplicables a la gestión de la tecnología de la empresa (Harris, Shaw y Somers, 1981; Porter, 1983; Friar y Horwitch, 1985; Bulgerman, Maidique y Wheelwright, 2001). Especial interés ofrece el propuesto por Morin (1985:85-110) y Morin y Seurat (1991, 1998) que agrupa bajo la denominación de «Gestión de Recursos Tecnológicos» el conjunto de métodos utilizados para la evaluación y gestión del patrimonio tecnológico que se desarrolla a través de tres funciones activas (optimización, enriquecimiento y protección de la tecnología), y tres funciones de apoyo (inventario tecnológico, evaluación y vigilancia tecnológica). Nosotros proponemos el modelo que denominamos Dirección Estratégica de la Tecnología (gráfico 1).

En su desarrollo podemos distinguir las siguientes fases:

**GRÁFICO 1**  
**EL PROCESO DE DIRECCIÓN ESTRATÉGICA DE LA TECNOLOGÍA**



FUENTE:  
Elaboración propia a partir de Benavides, 1998: 329

■ **Análisis estratégico.** Supone la realización de tres actividades:

*Análisis externo.* Se centra en el estudio de la información derivada de diversos aspectos, como son: los sistemas de patentes, el examen de las nuevas tecnologías, la confección y estudio del ciclo de vida de las tecnologías, la valoración del estado del Sistema de Ciencia, Tecnología e Industria, etc. Se pretende determinar el marco estratégico de la empresa evaluando el papel estratégico de las distintas tecnologías que configuran el sistema tecnológico vigente, considerando tanto los efectos de estas tecnologías sobre la estructura de la competencia, como sobre las propias actividades de la empresa. Juega un papel determinante en este análisis la utilización de la denominada *vigilancia tecnológica (A1)*. Consiste en la aplicación de un conjunto de técnicas para organizar de manera sistemática la recogida, análisis, difusión y explotación de la información tecnológica. Esta preocupación por la información da origen a la organización de la función de alerta tecnológica (Morcillo, 1997:110; Escorsa y Maspons, 2001) o a la implantación y desarrollo del sistema de vigilancia tecnológica, definido recientemente en la norma UNE 166006 EX:2006 (AENOR, 2006a), así como a su participación en redes de alianzas estratégicas. Éstas son redes de información y de intercambio de conocimientos tecnológicos. La vigilancia tecnológica se completa con acciones de prospectiva y previsión.

*Análisis interno.* Tiene como fin la modelización del contenido tecnológico de todas las actividades de la

cadena de valor de la empresa, y pretende detectar las fortalezas y debilidades de la empresa frente a sus competidoras. Persigue indicar cómo, a cada actividad concreta de la cadena de valor, tanto a las primarias como a las de apoyo, se le puede asociar una tecnología determinada que puede ser generadora de ventajas en costes o en diferenciación capaces de mejorar la posición competitiva de la empresa.

*Diagnóstico y evaluación.* Consiste en la realización de un inventario de los recursos tecnológicos de la empresa, de su patrimonio tecnológico, así como la evaluación de su potencial, esto es, de su posible impacto competitivo. En esta subfase del análisis estratégico podemos incluir, junto con la vigilancia tecnológica, la ejecución de dos funciones preliminares o de apoyo, a saber (Morin, 1985; Morin y Seurat, 1998):

(A2) *Inventario de las tecnologías.* Analizar las tecnologías de la empresa, tanto aquéllas que utiliza porque dispone de las mismas, como las que no, pero que podría llegar a aprovechar, bien mediante su desarrollo o adquisición a otras empresas. En el inventario deben figurar: los procesos, estén patentados o no, las tecnologías dominadas y los instrumentos necesarios para su ejecución. Este inventario tiene como objetivo exponer la coherencia interna de las tecnologías, de los nexos que las unen y del propio sistema tecnológico de la empresa. El principal problema en su confección es el de la clasificación de las tecnologías; al respecto, es útil la taxonomía basada en su carácter interno-externo a

la empresa, así como en su madurez y en el grado de diferenciación que le aporta. Las «herramientas» que facilitan la confección del inventario son: la *matriz tecnologías/productos* y el *árbol de decisión para la clasificación de las tecnologías* (véase Escorsa y Valls, 1997:52-54; Benavides, 1998:333).

(A3) *Evaluación de su potencial impacto competitivo*. Su objetivo es el estudio y análisis de la competitividad que proporcionan ciertas tecnologías, así como la determinación de su potencial. Evaluar obliga a un debate sin competencias entre los distintos expertos y entre las diferentes funciones de la empresa, debate cuyo objetivo es llegar a conocer a fondo las tecnologías. Como «herramientas» para llevar a cabo la evaluación de la tecnología podemos citar: la *matriz de riesgo tecnológico de Arthur D. Little*; las *matrices de posición tecnológica de la empresa/posición competitiva de la empresa*; el *árbol tecnológico dual*; y la *matriz de atractivo tecnológico/posición tecnológica de la empresa*.

Esta última, constituye un desarrollo de la *matriz McKinsey* o de la *General Electric*, en cuyos ejes se sitúan: a) el *atractivo tecnológico*, que incluye un amplio conjunto de variables representativas de la tecnología, sobre las que la empresa no puede ejercer influencia, tales como: el potencial para la generación de nuevos productos, para reducir costes, para cambiar las posiciones competitivas de las empresas, los riesgos asociados a cada tecnología, etc; b) en el otro eje se representa la *posición tecnológica de la empresa*, que expresa el dominio conseguido por la empresa sobre cada tecnología, medido a través de los gastos registrados en I+D, el liderazgo en la introducción de la tecnología, la competencia del equipo investigador, el número de patentes obtenidas, etc. En la matriz, representada en el cuadro 2, se recogen las diversas opciones a seguir, según las variables consideradas.

■ **Diseño de la estrategia tecnológica.** Sobre la base de los resultados del análisis estratégico, del diagnóstico tecnológico y de la evaluación del patrimonio tecnológico, en una segunda fase hay que considerar tres acciones básicas:

*Elección de las tecnologías que hay que desarrollar.* La elección de las tecnologías sobre las que la empresa desarrollará sus actuaciones es una consecuencia directa de sus estrategias, de la medida en que las distintas tecnologías contribuyen al logro de los objetivos empresariales, punto de partida del proceso de *dirección estratégica de la tecnología*, aunque éstos, como se desprende de la gráfico 1, pueden y deben verse sometidos a una revisión tras el análisis estratégico.

*Diseño de la cartera tecnológica.* Se trata de elegir las vías para el acceso a nuevas tecnologías. Determinar el modo en que la empresa obtendrá la tecnología necesaria plantea una amplia problemática. Podemos utilizar para decidir al respecto, entre otras herramientas, la *matriz de inversión en tecnología* (véanse Nieto, 1995:363; Benavides, 1998:339). Su confección consta de cuatro actividades:

(B1) *Inversión en tecnología propia.* Persigue la obtención del mayor partido posible de los recursos tecnológicos y potencialidades de la empresa. Se trata de una actuación ofensiva, propia de una dirección emprendedora y creativa que busca la optimización de sus tecnologías. Una herramienta importante utilizada en esta fase es el modelo del *bonsai tecnológico* (o racimos tecnológicos), desarrollado por el GEST (1986); desde una segmentación producto/mercado inicial, se pueden determinar los conocimientos comerciales y las tecnologías industriales que domina la empresa para ocupar estas posiciones. Estos conocimientos se anclan, a

CUADRO 2  
MATRIZ DE ATRACTIVO TECNOLÓGICO/POSICIÓN TECNOLÓGICA DE LA EMPRESA

		Atractivo tecnológico	
		(+)	(-)
Posición tecnológica de la empresa	(+)	Invertir para mantener el liderazgo Proteger Encontrar nuevas aplicaciones	Mejorar Conceder licencias
	(-)	Invertir para fortalecer la posición Alianzas	Vender Abandonar Mantener su inversión Sustituir

FUENTE: Escorsa y Valls, 1997: 59

su vez, y se ponen de manifiesto en forma de las raíces de un árbol, que representan el dominio de unas tecnologías genéricas. El tronco permite delimitar la vocación de la empresa, aquella para la cual dispone de un potencial tecnológico de conjunto. Tras esta modelización se detectan en muchas ocasiones oportunidades que obligan a redefinir la orientación de la empresa de acuerdo con un potencial tecnológico e industrial que tiene que aprovecharse.

*(B2) Enriquecimiento tecnológico.* Mediante la inversión en tecnología propia y ajena se atenderá el objetivo de *enriquecimiento tecnológico*, que pretende incrementar el patrimonio tecnológico, o al menos, mantener su valor. Para conseguirlo, las actividades de I+D se presentan como las mejores actuaciones ya que satisfacen las necesidades tecnológicas particulares de la empresa, aunque dado su elevado coste, no debe menospreciarse la adquisición de tecnología ajena. Si se opta por invertir en tecnología ajena, habrá que considerar las diversas vías de adquisición, entre las que podemos citar las licencias, los contratos de cooperación, las alianzas, las adquisiciones de empresas, etc. La tecnología que se adquiere del exterior es generalmente mucho más estandarizada que la internamente generada para poder adaptarse a las necesidades generales de los potenciales consumidores; por lo tanto, hay que sumar un coste de adaptación al precio directo de la tecnología importada (Beneito, 2002). Por su parte, los acuerdos de cooperación desempeñan un importante papel como medio para propagar, compartir y generar conocimientos entre las empresas, reforzando sus procesos de aprendizaje, a la vez que permiten consolidar y desarrollar competencias tecnológicas (Benavides y Quintana, 2003a:105 y 2003b). Con respecto a la decisión entre la inversión en tecnología propia, desarrollada *intramuros* mediante actividades de I+D, o la adquisición externa, Nieto (1995:361-362) indica la conveniencia de considerar el máximo de factores posibles y agrupa estos agentes en seis dimensiones, a saber: actitud innovadora de la empresa, grado de autonomía estratégica proporcionado por la tecnología, grado de dominio que se desea obtener sobre la tecnología, grado de familiaridad de la tecnología, potencial de desarrollo de la tecnología y plazo de desarrollo de la misma. Cuando estas seis dimensiones para una determinada tecnología se dan en un grado máximo, la tendencia es a desarrollarla internamente mediante actividades de I+D; desde otro extremo, si las seis dimensiones se dan en un grado mínimo es más propio la adquisición externa mediante licencias.

*(B3) Inversión en tecnología ajena.* Es una opción distinta a la anterior, ya que en este caso se realiza una adquisición que no se orienta al enriquecimiento

tecnológico de la empresa, pues no tiene como objetivo el incremento del patrimonio tecnológico, sino que persigue la utilización inmediata de una tecnología que es cedida bajo licencia. Este tipo de inversión conlleva una fuerte dependencia de *royalties*, por lo que su empleo como alternativa para la configuración de la cartera tecnológica debe limitarse al máximo.

*(B4) Protección de las tecnologías.* Con esta actividad se busca salvaguardar los desarrollos tecnológicos logrados por la empresa, utilizando como *herramientas* los diversos mecanismos legales de regulación de la propiedad industrial, complementados con la utilización del *know-how* y de otros medios aplicables a la protección del desarrollo de tecnologías e innovaciones. Esta actividad se culmina con una correcta organización del almacenamiento, transmisión y reparto de los conocimientos tecnológicos de la empresa.

*Elección del momento para la introducción de las nuevas tecnologías.* Esta elección depende de la actitud de la empresa con respecto a la innovación. Es una decisión asociada a la formulación de las estrategias de innovación, y decididas éstas, hay que analizar sus relaciones con las estrategias tecnológicas y obrar en consecuencia.

■ **Implantación de la estrategia tecnológica** Una vez definidas con precisión las estrategias tecnológicas, se requiere su implantación y puesta en funcionamiento, lo cual exige tres actividades básicas:

*Asignación de recursos para las actividades tecnológicas.* Es necesario elaborar un presupuesto mediante el cual se asignen los fondos necesarios para la ejecución de cada proyecto. Su confección es una tarea ardua y difícil, y para su elaboración puede recurrirse a diversos procedimientos (Benavides, 1994).

*Diseño de la estructura de la organización.* La implantación y desarrollo de la estrategia tecnológica precisa de las modificaciones necesarias en la estructura organizativa tendentes a facilitar la comunicación, a permitir el desarrollo de *interfaces* entre las áreas de I+D, marketing, producción, etc., a favorecer el trabajo en equipo (Quintana, 1999) y la aplicación de técnicas como la *ingeniería del valor*, la *ingeniería concurrente* o el *despliegue de la función calidad* (Benavides, 1994).

*Gestión de los proyectos de I+D.* La implantación de las estrategias tecnológicas supone la ejecución por parte de la empresa de actividades de I+D que se llevan a cabo mediante la ejecución de proyectos. Éstos se configuran como un conjunto de activida-

des no repetitivas, efectuadas por técnicos y especialistas de diferentes áreas y grupos de trabajo, que deben realizarse dentro de unos costos y plazos fijados hasta conseguir unas especificaciones, prestaciones o resultados predeterminados. El tratamiento de los proyectos de I+D y su gestión es compleja y exige, por una parte, la clasificación de los proyectos, su posterior evaluación y selección, así como el seguimiento de la ejecución de los mismos para lo que se requiere la aplicación de técnicas *ad hoc* que permitan una optimización de la cartera de I+D de la empresa (Benavides, 1994).

■ **Control estratégico.** El proceso de dirección estratégica de la tecnología se cierra con el control estratégico, mediante el cual se diseñan y aplican los mecanismos necesarios para asegurar el éxito de dicho proceso a través de dos actividades: el seguimiento (4.1) de todas las actuaciones previas y, cuando proceda, su revisión (4.2). Se pretende garantizar el adecuado *feedback* que permita corregir disfuncionalidades y problemas en la implantación y posterior desarrollo de las estrategias tecnológicas. En el gráfico 1, se detallan los canales de retroalimentación por medio de los cuales se ejercerá el correspondiente control, del que se derivarán las mejoras y correcciones pertinentes.

Estas fases del proceso de dirección estratégica de la tecnología son interdependientes e interactúan entre sí, debido a lo cual, la secuencia descrita no debe considerarse como una serie de etapas rígidas a desarrollar, sino que pueden combinarse entre sí, siendo posible alterar su orden. Además, las «herramientas» aplicables en cada fase pueden ser útiles a más de una de ellas, e incluso es frecuente combinarlas entre sí o bien complementarlas con otros análisis. Así,

por ejemplo, mientras que el método del *bonsai tecnológico* facilita el análisis externo de la empresa, en un intento de optimizar su tecnología seleccionando los segmentos producto/mercado más acordes con ella, la *cadena de valor* de Porter posibilita el análisis de la tecnología en relación con la estructura interna de la empresa, permitiendo su optimización con respecto a las actividades de explotación.

### CICLO DE MEJORA Y DESPLIEGUE DE MATRICES QFD PARA LA GESTIÓN DE LA TECNOLOGÍA ↓

En un intento de fomentar y simplificar la utilización del modelo de dirección estratégica de la tecnología, hemos adaptado el mismo al ciclo de Shewart, la denominada «rueda de Deming», autor que lo difundió usándolo como ciclo de mejora para la gestión. Dicho ciclo lo hemos combinado con el despliegue de la función calidad (QFD), proponiendo el modelo de síntesis para la gestión de la tecnología que se representa en el gráfico 2, cuyas etapas constituyen el que denominamos *ciclo de mejora de la tecnología* (Benavides 2000:163-171).

Con la finalidad de hacer más sencilla la aplicación del modelo para la gestión estratégica de la tecnología, éste lo hacemos operativo a partir del despliegue de la función calidad desarrollando dos instrumentos:

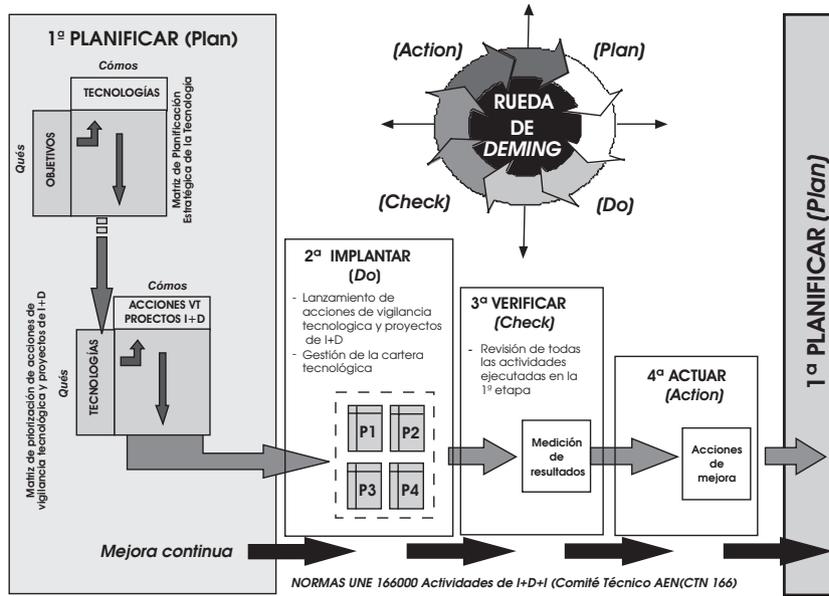
- ✓ La *matriz de planificación estratégica de la tecnología* (véase el gráfico 4): pretende identificar y priorizar las tecnologías que pueden ser relevantes para los objetivos de la empresa.
- ✓ La *matriz de priorización de acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D* (véase el gráfico



GRÁFICO 2

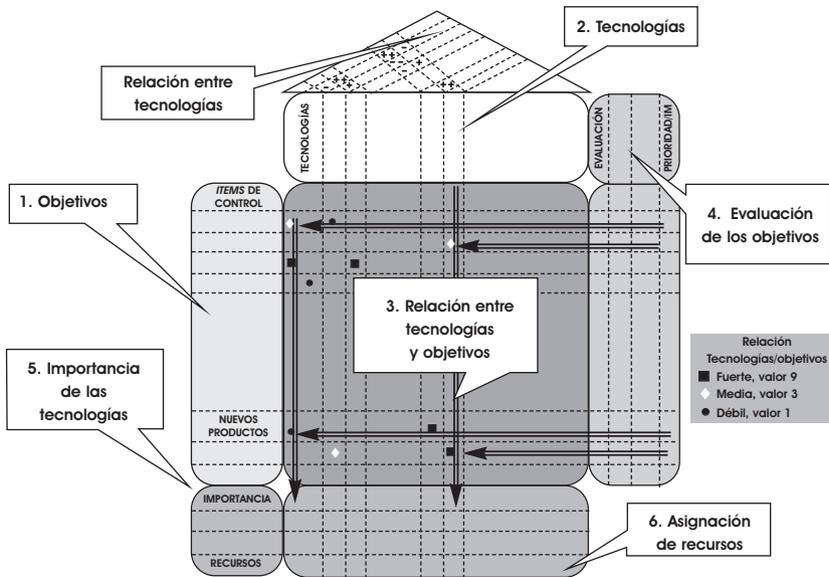
### CICLO DE MEJORA DE LA TECNOLOGÍA

FUENTE:  
Elaboración propia a partir de Benavides, 2000: 164



**GRÁFICO 3**  
 DESPLIEGUE DE MATRICES QFD PARA LA APLICACIÓN DEL CICLO DE MEJORA DE LA TECNOLOGÍA

FUENTE:  
 Elaboración propia



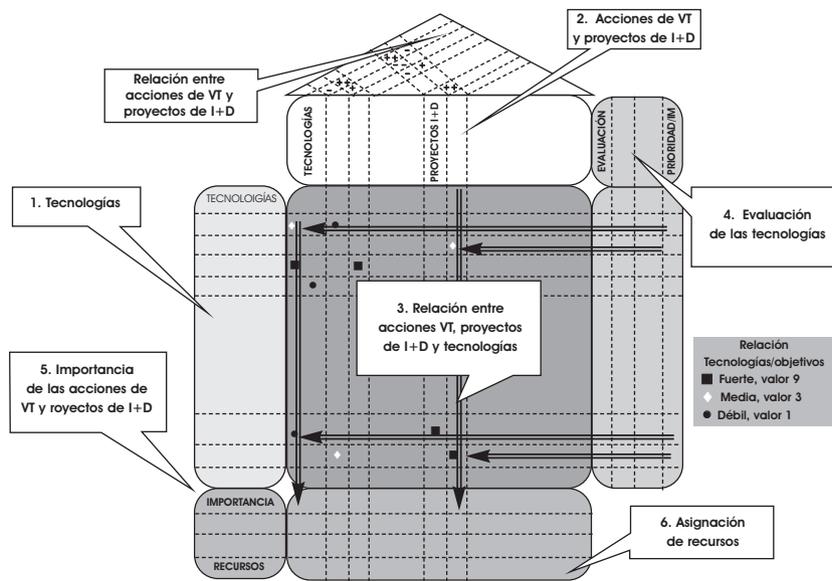
**GRÁFICO 4**  
 MATRIZ DE PLANIFICACIÓN ESTRATÉGICA DE LA TECNOLOGÍA

FUENTE:  
 Elaboración propia

co 5): tiene el propósito de identificar y priorizar las acciones de vigilancia tecnológica y los proyectos de I+D que la empresa debe emprender en relación con las tecnologías seleccionadas.

La utilización de estas dos matrices como instrumentos de gestión dentro del ciclo de mejora de la tecnología se ejecuta incorporándolas a un despliegue efectuado en cuatro etapas (gráfico 3):

**1ª Planificar.** Es la primera etapa del ciclo de mejora de la tecnología comienza con una definición del problema tecnológico y la recopilación de los datos necesarios para su análisis. Se trata de responder a dos preguntas básicas en relación con las tecnologías ¿qué hacer?, ¿qué tecnologías seleccionar y desarrollar? y ¿cómo hacerlo?, ¿cómo desarrollar las tecnologías? Implica la realización de dos actividades:



**GRÁFICO 5**  
**MATRIZ DE PRIORIZACIÓN DE**  
**ACCIONES DE VIGILANCIA**  
**TECNOLÓGICA Y**  
**PROYECTOS DE I+D**

FUENTE:  
 Elaboración propia

✓ *Elaboración de la matriz de planificación estratégica de la tecnología.* Se utiliza para inventariar las tecnologías o competencias tecnológicas de la empresa y ponerlas en relación con los objetivos que ésta tiene, expresados mediante los ítems de control de negocio o «cuadro de mando» de la dirección, así como por los productos que quiere desarrollar. Esta matriz permite priorizar las tecnologías que se deben desarrollar para alcanzar los objetivos empresariales. Sintéticamente su confección requiere los siguientes pasos (gráfico 4):

Primero. Incorporación de los objetivos de la empresa, expresados por medio de los ítems de control del cuadro de mando del negocio y la relación de productos que se pretenden obtener o desarrollar.

Segundo. Elaboración del inventario tecnológico de la empresa.

Tercero. Determinación de la relación entre las tecnologías y los objetivos (ítems de negocio y nuevos productos) indicando mediante símbolos su carácter fuerte (tecnología/objetivo valor 9), medio (tecnología/objetivo valor 3), o débil (tecnología/objetivo valor 1).

Cuarto. Incorporación de los criterios de evaluación correspondientes a los objetivos de la empresa (ítems de negocio y nuevos productos), tales como: situación actual, dificultad que entraña su mejora, objetivo respecto a la situación actual, ratio de mejora, importancia estratégica, importancia/prioridad, etc.

Quinto. Priorización de las tecnologías en función de su contribución a los diferentes objetivos de la empresa,

para ello se multiplica la importancia/prioridad de cada objetivo por la relación existente entre cada tecnología y objetivo. La suma de los valores correspondientes a cada tecnología proporciona la puntuación total de la misma que permite su priorización.

Sexto. Asignación de recursos para el desarrollo de cada una de las tecnologías evaluadas.

✓ *Elaboración de la matriz de priorización de acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D.* Se utiliza para el diseño de la cartera tecnológica y define la relación entre las acciones de vigilancia tecnológica y los proyectos de I+D, y las tecnologías o competencias tecnológicas que la empresa ha priorizado en función de sus objetivos. Esta matriz permite priorizar las acciones de vigilancia y proyectos de I+D que se deben ejecutar para desarrollar las tecnologías o competencias tecnológicas que son prioritarias en función de sus objetivos. Sintéticamente su confección requiere los siguientes pasos (gráfico 5):

Primero. Incorporación de las tecnologías priorizadas por medio de la matriz de planificación estratégica de la tecnología.

Segundo. Elaboración del inventario de acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D a ejecutar por la empresa.

Tercero. Determinación de la relación entre tales acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D y las tecnologías priorizadas, indicando mediante símbolos su carácter fuerte (acción VT o proyecto

de I+D/tecnología valor 9), medio (acción o proyecto/tecnología valor 3) o débil (acción o proyecto/tecnología valor 1).

Cuarto. Incorporación de los criterios de evaluación correspondientes a las tecnologías, tales como: fortaleza, estado evolutivo, dificultad y riesgo de su desarrollo, importancia/prioridad.

Quinto. Priorización de las acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D a ejecutar por la empresa en función de su contribución al desarrollo de las tecnologías; para ello se multiplica la importancia/prioridad de cada tecnología por la relación existente entre cada acción de VT o proyecto de I+D y tecnología. La suma de los valores correspondientes a cada acción o proyecto proporciona la puntuación total de acciones de VT y proyectos de I+D que permite su priorización.

Sexto. Asignación de recursos para el desarrollo de cada una de las acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D a ejecutar por la empresa.

**2ª Implantar.** Constituye la segunda etapa del ciclo de mejora de la tecnología. Consiste en ejecutar lo planificado, lo que exige la realización de dos actividades:

✓ *Lanzamiento de las acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D.* A partir de las prioridades establecidas en la etapa anterior, una vez que se han asignado los recursos del presupuesto de I+D a las diferentes acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D, se adoptan las medidas de carácter organizativo necesarias para su desarrollo, se abordan las acciones formativas que se consideran precisas para el éxito de las acciones y proyectos, y se inicia su ejecución.

✓ *Gestión de las acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D.* Consiste en la ejecución y seguimiento de todas las actividades relativas a la cartera tecnológica de la empresa.

**3ª Verificar.** Tercera etapa del ciclo de mejora de la tecnología. A través de la medición de los resultados obtenidos en la etapa anterior se pretende dar contestación a la pregunta ¿las cosas pasaron según se planificaron? En este punto es preciso revisar todas y cada una de las actividades que se realizaron al confeccionar las matrices de la primera etapa así como las sucedidas en su implantación y ejecución.

**4ª Actuar.** El ciclo de mejora de la tecnología se cierra con esta etapa en la que se plantea ¿cómo mejorar la próxima vez? Para responder a ello es necesario tomar las acciones pertinentes para mejorar continua-

mente, realimentando el comienzo de una nueva vuelta en el ciclo; éste tiene un carácter iterativo de forma que se convierta en un proceso continuo de mejora sostenida. En esta etapa, la evaluación de las tecnologías, la valoración del impacto competitivo de las acciones y proyectos desarrollados, la efectividad de los mecanismos de protección de las tecnologías, y los resultados de su explotación proporcionan los *inputs* para reiniciar una nueva vuelta en el ciclo con una planificación adecuadamente corregida.

Al despliegue de matrices QFD descrito contribuirá positivamente, favoreciendo el proceso de mejora continua, la implantación y desarrollo de un sistema de gestión de la I+D+I ajustado a los contenidos y requisitos establecidos en la norma UNE 166002 (AENOR, 2006b), elevada, en febrero de 2006, a definitiva por el Comité Técnico de Normalización 166 Actividades de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación (I+D+i) cuya Secretaría desempeña AENOR. El grupo genérico de normas UNE de la serie 166000, de cuya contribución a la gestión estratégica de la tecnología nos hemos ocupado en otros trabajos (Benavides y Quintana, 2005; Quintana y Benavides, 2005), supone un valioso instrumento que ayuda a la empresa tanto a la organización y gestión de sus actividades de I+D+I, como a la de los proyectos concretos que configuran su cartera tecnológica, y al establecimiento y aplicación de las actividades necesarias para la vigilancia tecnológica.

En relación con las referidas normas, cabe destacar la importancia que la propia Administración les ha concedido. Recientemente, la ORDEN ITC/632/2007, de 13 de marzo, establece las bases para la concesión de ayudas para el fomento y la implantación de sistemas de gestión de la I+D+I. En su introducción, se indica que la aplicación de la norma UNE 166002:2006 puede reportar para las empresas las siguientes ventajas: «fomenta y sistematiza las actividades de I+D+I, mejora la gestión de la cartera de proyectos de I+D+I, mejora la imagen empresarial, favorece el acceso a los instrumentos de apoyo público a la I+D+I, y en definitiva, potencia la I+D+I como un factor diferencial de competitividad». Diez días después de aparecer la disposición citada, se aprobó la Orden ITC/759/2007 por la que se regula la convocatoria del año 2007, para la concesión de las ayudas para el fomento la implantación de sistemas de gestión de la I+D+I.

## CONCLUSIONES ↓

Existe un gran acuerdo al reconocer la representatividad de las empresas de base tecnológica en la economía europea. Tales empresas juegan un papel destacado en la asunción de proyectos de

I+D de elevado riesgo e incertidumbre, que de tener éxito, dan lugar a innovaciones radicales, principalmente de producto. Precisamente este perfil incierto de la actividad innovadora demanda un proceso sistemático, pero sencillo, para gestionar los recursos tecnológicos. La mayoría de los instrumentos, métodos y modelos desarrollados han sido diseñados para abordar de manera independiente las actividades relacionadas con la innovación. Con ello, es posible que ciertas empresas muestren elevadas competencias en la realización de ciertas fases del proceso innovador, pero en cambio manifiesten una eficacia limitada en otras dimensiones relevantes. En este sentido, son relativamente escasas las investigaciones que analizan la dimensión estratégica de la tecnología y reconocen la necesidad de gestionarla de manera integral y vinculada a la estrategia corporativa.

De este modo, en el presente trabajo se formula, en primer lugar, un modelo que posibilita la aplicación de un proceso de dirección estratégica de la tecnología en las empresas de base tecnológica, ya sean de nueva creación (NEBT) o consolidadas, pertenecientes a sectores basados en la ciencia o relativos a proveedores especializados. Tras su descripción, se propone una metodología que facilite su utilización. En esta labor, hemos adaptado dicho proceso al ciclo de Shewart, la denominada «rueda de Deming», ciclo que se ha combinado con el despliegue de la función calidad (QFD). Como resultado final, se llega a constituir lo que denominamos *ciclo de mejora de la tecnología*, el cual agrupa el modelo genérico en cuatro fases: planificar, implantar, verificar y actuar. Este ciclo de mejora de la tecnología se hace operativo mediante dos matrices (matriz de planificación estratégica de la tecnología y matriz de priorización de acciones de vigilancia tecnológica y proyectos de I+D) que permiten identificar y priorizar con mayor claridad las diversas actividades relacionadas con la gestión de los recursos tecnológicos.

**(\*) Este trabajo se ha realizado en el marco del Grupo de Investigación «Innovación Tecnológica y Calidad» (SEJ 414 del Plan Andaluz de Investigación, Desarrollo e Innovación) financiado por la Consejería de Innovación, Ciencia y Empresa de la Junta de Andalucía. Los autores agradecen al evaluador anónimo de la revista *Economía Industrial* los interesantes comentarios que han ayudado a mejorar la versión inicial del presente artículo.**

## BIBLIOGRAFÍA ↓

AENOR (2006a): *Gestión de la I+D+I: Sistema de VT UNE 166006 EX*. Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid.

AENOR (2006b): *Gestión de la I+D+I: Requisitos del Sistema de Gestión de la I+D+I. UNE 166002*. Asociación Española de Normalización y Certificación, Madrid.

BENAVIDES VELASCO, C.A. (1994): *Las actividades de I+D en la empresa industrial*. Colección Papeles de Trabajo, número 15. Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Málaga, Málaga.

BENAVIDES VELASCO, C.A. (1998): *Tecnología, innovación y empresa*. Pirámide, Madrid.

BENAVIDES VELASCO, C.A. (2000): «Hacia un paradigma de síntesis en la gestión de la tecnología. El despliegue de la función calidad». En VV.AA.: *Noves tendències en administració d'empreses davant el canvi de segle. Perspectives empresarials a Lleida*, Departament d'Administració d'Empreses i Gestió dels Recursos Naturals de la Universitat de Lleida. Ruiz i González (Editor), Lleida, pp. 151-176.

BENAVIDES VELASCO, C.A. y QUINTANA GARCÍA, C. (2003a): *Gestión del Conocimiento y Calidad Total*, Díaz de Santos y Asociación Española para la Calidad, Madrid.

BENAVIDES VELASCO, C.A. y QUINTANA GARCÍA, C. (2003b): «Aprendizaje interorganizativo en el marco de la cooperación empresarial». *Revista Europea de Dirección y Economía de la Empresa*, vol. 12, nº 3, pp. 149-162.

BENAVIDES VELASCO, C.A. y QUINTANA GARCÍA, C. (2005): «Gestión de las actividades de I+D+I. Dimensión estratégica de la norma UNE 166002 EX». *Forum Calidad*, nº 161, mayo, año XVII, pp. 26-35.

BENEITO, P. (2002): «Choosing among alternative technological strategies: an empirical analysis of formal sources of innovation». *Research Policy*, vol. 32, nº 4, pp. 693-713.

BOWER, J.L. y CHRISTENSEN, C.M. (1995): «Disruptive technologies: catching the wave». *Harvard Business Review*, vol. 73, nº 1, pp. 43-53.

BROWN, S.; LAMMING, R.; BESSANT, J. y JONES, P. (2000): *Strategic Operations Management*, Butterworth Heinemann, Oxford.

BULGERMAN, R.; MAIDIQUE, M. y WHEELWRIGHT, S. (2001): *Strategic Management of Technology and Innovation*, McGraw-Hill, Nueva York.

CHIESA, V. (2001): *R&D Strategy and Organisation. Managing Technical Change in Dynamic Contexts*, Imperial College Press, Londres.

CHRISTENSEN, J.F. (2002): «Building innovate assets and dynamic coherence in multi-technology companies». En FOSS, N.J. y ROBERTSON, P.L. (Eds.), *Resource, Technology and Strategy. Explorations in the resource-based perspective*, Routledge, Londres, pp. 123-152.

ESCORSA CASTELLS, P. y MASPONS BOSCH, R. (2001): *De la Vigilancia Tecnológica a la Inteligencia Competitiva*, Prentice-Hall, Madrid.

ESCORSA CASTELLS, P. y VALLS PASOLA, J. (1997): *Tecnología e innovación en la empresa. Dirección y gestión*, Ediciones UPC, Barcelona.

FREEL, M.S. (2000): «Strategy and Structure in Innovative Manufacturing SMEs: The Case of an English Region». *Small Business Economics*, vol. 15, pp. 27-45.

FRIAR, J. y HORWITCH, M. (1985): «The Emergence of Technology Strategy: A New Dimension of Strategic Management». *Technology in Society*, vol. 7, pp. 143-178.

G.E.S.T. (Groupe d'Etudes des Stratégies Technologiques) (1986): *Grappes technologiques. Les nouvelles stratégies d'entreprise*, McGraw-Hill, París.

HARRIS, J.M.; SHAW, R.W. y SOMERS, W.P. (1981): *The Strategic Management of Technology*, Booz Allen Hamilton, Nueva York.

HIDALGO NUCHERA, A.; LEÓN SERRANO, G. y PAVÓN MOROTE, J. (2002): *La gestión de la innovación y la tecnología en las organizaciones*, Pirámide, Madrid.

KASSICIEH, S.; KIRCHHOFF, B.; WALSCH, S. y MCWHORTER, P. (2002): «The role of small firms in the transfer of disruptive technologies». *Technovation*, vol. 22, pp. 667-674.

MORCILLO ORTEGA, P. (1997): *Dirección Estratégica de la Tecnología e Innovación*, Civitas, Madrid.

MORIN, J. (1985): *L'excellence Technologique*, Publi-Union, París.

MORIN, J. y SEURAT, R. (1991): «La Gestión de los Recursos Estratégicos». *Economía Industrial*, nº 281, pp. 109-113.

MORIN, J. y SEURAT, R. (1998): *Gestión de los Recursos Tecnológicos*, Fundación Cotec para la innovación tecnológica, Madrid.

NIETO ANTOLÍN, M. (1995): «Decisiones relevantes en la formulación de estrategias tecnológicas». En VV.AA.: *Dirección de Empresas de los noventa. Libro homenaje al profesor Marcial-Jesús López Moreno*. NAVAS LÓPEZ, J.E. (coordinador editorial), Civitas, Madrid, pp. 351-367.

ORDEN ITC/632/2007, de 13 de marzo, por la que se regulan las bases para la concesión de ayudas para el fomento y la implantación de sistemas de gestión de I+D+i. (BOE núm. 65 de 16 de marzo).

ORDEN ITC/759/2007, de 23 de marzo, por la que se efectúa la convocatoria del año 2007, para la concesión de las ayudas para el fomento y la implantación de Sistemas de Gestión de I+D+i. (BOE núm. 75 de 26 de marzo).

PAVITT, K. (1984): «Patterns of technical change: towards a taxonomy and a theory». *Research Policy*, vol. 13, nº 6, pp. 343-374.

PAVITT, K. (1990): «What We Know about the Strategic Management of Technology». *California Management Review*, vol. 32, nº 3, pp. 17-26.

PORTER, M.E. (1983): «The Technological Dimension of Competitive Strategy». *Research on Technological Innovation, Management and Policy*, vol. 1, pp. 1-33.

QUINTANA GARCÍA, C. (1999): *La Organización Creativa. Dirigir para la innovación*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga, Málaga.

QUINTANA GARCÍA, C. (2001): «Entrepreneurship Research through Organizational Life Cycle». En VV.AA.: *Founding Conference of the European Academy of Management. European Management Research: Trends and Challenges*, European Academy of Management [cd-rom], Barcelona.

QUINTANA GARCÍA, C. y BENAVIDES VELASCO, C.A. (2005): «Clusters tecnológicos: su incidencia en los sistemas de gestión de la I+D+i. (Normas UNE 166000)». *Boletín de Estudios Económicos*, vol. LX, nº 186, diciembre, pp. 431-454.

SUBRAMANIAM, M. y YOUNDT, M.A. (2005): «The influence of intellectual capital on the types of innovative capabilities». *Academy of Management Journal*, vol. 48, nº 3, pp. 450-463.

TIDD, J.; BESSANT, J. y PAVITT, K. (2001): *Managing Innovation. Integrating technological, market and organizational change*, John Wiley & Sons, Chichester.