

LA EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN EN TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE FABRICACIÓN (AMT): TENDENCIAS RECIENTES Y PROPUESTA DE UNA METODOLOGÍA

Álvarez Gil, M.J.

Résumé

Étant donné que les résultats attribués à l'incorporation des technologies avancées de fabrication sont fondamentalement de caractère stratégique, le choix de ce type d'investissement devrait se baser sur des critères stratégiques, plus que tactiques ou opératifs. La tactique la plus employée dans l'entreprise consiste en général en une prise de décision fondée surtout sur les informations recueillies en appliquant des critères classiques de choix des investissements tels que le VAN ou le TIR. Une telle pratique n'est pas dénuée de problèmes, dont les plus importants seront mentionnés dans cette étude. Depuis 1985 une nouvelle orientation a commencé à se généraliser. Elle se caractérise par une tendance à partager le processus de prise de décision entre les différents services fonctionnels. Dans ce but, il a été créés des modèles permettant d'évaluer les nouvelles techniques à acquérir en fonction de leur contribution aux objectifs de chaque service et de l'ensemble de l'entreprise. L'étude de ces modèles nous permet de tracer les lignes directrices d'une méthodologie d'évaluation et de sélection ayant pour but d'intégrer les apports les plus intéressants des publications récentes tout en insistant sur le besoin de réviser la pratique habituelle appliquée à la définition et au calcul des variables explicatives des critères classiques.

Summary

Since most of the advantages of the AMTs are related to their strategic impacts, the criteria for the evaluation and selection of these kind of investments should obey to strategic reasons. However, the information obtained from the application of models like Net Present Value or Internal Rate of Return use to be the critical factor taken into account by manufacturing companies when they make those decisions devoted to the acquisition of an advanced manufacturing technology. Some of the problems caused by this practice are considered in this paper. A new trend has recently appeared, which is characterised by its attitude towards a more participative process, where the different organizational areas have to exploit their particular points of view concerning any acquisition of new manufacturing technology. This paper revises the new models and uses them together with the unsolved problems showed by the classic models as the guidelines for the proposal of a methodology for the evaluation and selection of these strategic investments. It also pursues to stress on the change needed by current decision making processes and managerial attitudes.

1. INTRODUCCIÓN

Los sectores industriales están atravesando un fuerte proceso de cambio. La fuerte y creciente segmentación del mercado, la reducción de los ciclos de vida de los productos, la globalización de la economía..., por citar algunos de los factores determinantes de dicho proceso,

hacen necesario que tales sectores se replanteen su estrategia competitiva y consideren el grado de adecuación de su estructura productiva a la nueva estrategia.

Durante las últimas décadas la mayoría de los equipos productivos de la industria han respondido en su concepción y diseño a las exigencias planteadas por la producción en masa tradicional, por lo que es muy limitada su adecuación para la fabricación de los productos que actualmente se demandan.

Esta nueva demanda se caracteriza por requerir una variedad de productos muy superior a la convencional y porque el volumen solicitado de cada producto es inferior. A ello se añade la exigencia de un menor tiempo de entrega y unos niveles de calidad superiores, tanto en diseño como en conformidad técnica.

Ello ha dado lugar a que tales equipos, sin que necesariamente hayan agotado su vida técnica, se encuentren obsoletos.

Ante esta situación, las empresas han de considerar la posibilidad de adquirir una tecnología más adecuada y ello supone la necesidad de efectuar una selección entre diferentes proyectos de inversión.

Esta selección es muy importante porque implica el compromiso de una importante inmovilización de recursos financieros y puede tener repercusiones capitales sobre la capacidad de obtención de beneficios de la empresa y su viabilidad competitiva.

La tecnología productiva más reciente ha sido concebida con la intención de dotar a la

industria de una mayor capacidad de respuesta a las modificaciones de la demanda y ha sido diseñada para aprovechar al máximo los beneficios derivados de la aplicación de la informática en el entorno industrial.

Los avances logrados en el desarrollo de esta tecnología han dado lugar a la aparición de nuevas tendencias relacionadas con el modo en que ha de abordarse la gestión de las operaciones productivas, entre las que destaca la referida a la fabricación integrada por ordenador (CIM). La integración concebida precisa de la existencia tanto de sistemas informáticos que sirvan de apoyo para la toma de decisiones (software especialmente diseñado para la planificación y control de la producción, por ejemplo) como de unos equipos productivos, herramientas y sistemas de transporte internos capaces de trabajar en entornos altamente automatizados y que aporten la flexibilidad necesaria para atender a la cambiante demanda. Al conjunto formado por estos elementos técnicos se le ha denominado AMT (Tecnologías avanzadas de fabricación) con el fin de establecer una relativa distinción entre los sistemas de apoyo a la fabricación y los directamente vinculados al proceso de transformación.

Las aplicaciones específicas de software para la toma de decisiones, como los paquetes MRP o MRP II, de contabilidad, o de gestión de tesorería, por citar algunos de los más conocidos, así como el hardware necesario para su uso, son ya una realidad en la mayoría de las empresas¹. Sin embargo, la automatización de los equipos sigue un proceso más lento, motivado, en buena medida, por las dificultades existentes para su justificación financiera.

La continua presión ejercida por la innovación tecnológica, la necesidad de invertir en I+D, la cada vez mayor competencia a nivel nacional e internacional, han dado lugar, como recoge Galbraith (1990), a que muchas entidades que operan con nuevas tecnologías se enfrenten a una era de "prosperidad sin beneficios" o, lo que es lo mismo, a un ciclo costoso e inacabable de desarrollo de nuevos productos, un interés intensivo por las opiniones y deseos de los clientes, el incremento de la diversidad de los pedidos, demanda de un mayor esfuerzo innovador..., sin que este ciclo esté acompañado de los

fondos financieros necesarios para la reinversión.

Esta situación es muy diferente a la que constituye la referencia obligada para la aplicación de las técnicas "clásicas" de selección de proyectos de inversión, en las que es necesario que tales proyectos den lugar a "prosperidad con beneficios" para que sean seleccionados. A ello se añade que los beneficios derivados de la aplicación de las nuevas tecnologías de fabricación no siempre se pueden valorar en términos monetarios.

La consideración de estos dos aspectos ha dado lugar a que el consenso sobre la conveniencia de utilizar tales criterios clásicos para su evaluación y selección sea cada vez menor y a que las críticas sean cada vez más frecuentes.

El objetivo del presente trabajo es llamar la atención sobre algunos problemas encontrados al intentar utilizar tales técnicas, así como proponer alguna solución a éstos. En el segundo epígrafe se describen aquellas características de las AMT que las hacen aconsejables como medio para afrontar la difícil situación que atraviesa el sector industrial. En el tercero se señalan los problemas que plantea la utilización de las técnicas clásicas de evaluación y selección de proyectos de inversión cuando se aplican a las nuevas tecnologías. En cuarto y quinto lugar se abordan algunas posibles modificaciones tendentes a su resolución, se discuten algunas propuestas contenidas en la literatura, y se plantean una serie de problemas no resueltos. En el sexto y último epígrafe se propone una nueva metodología y se plantean líneas futuras de investigación.

2. VENTAJAS ESPERADAS DE LA IMPLANTACIÓN DE LAS AMT

Bajo el término AMT se recoge una amplia variedad de tecnologías productivas que abarcan desde máquinas herramientas controladas por ordenador hasta sistemas automáticos de almacenado y distribución de materiales (AS/RS) o vehículos guiados automáticamente (AGV's)².

La importancia de la incorporación de estas tecnologías avanzadas de fabricación se ha asociado fundamentalmente a sus posibles repercusiones estratégicas (Roth y Gaimon, (1986)), entre las que destacan:

1. Afectan al nivel de capacidad productiva de la empresa.
2. Afectan al tipo de tecnología de procesos.
3. Pueden incidir sobre las características y tamaño del mercado a largo plazo.
4. Dan lugar a un fuerte efecto aprendizaje.
5. Pueden surgir importantes costes de oportunidad asociados a la no inversión.
6. Generan ahorros de costes en función de su sinergia con otras tecnologías.

Considerándolas desde el punto de vista de las prioridades competitivas de la gestión de operaciones, podríamos decir que las AMT posibilitan alcanzar:

- Un aumento de la flexibilidad.
- Un aumento de la fiabilidad y rapidez de las fechas de entrega.
- Niveles superiores en la calidad de los artículos.
- Niveles de costes inferiores a los de la tecnología productiva convencional³.

Junto a estos factores han de considerarse las ventajas operativas, de entre las cuales podemos seleccionar la reducción de los siguientes elementos:

1. Coste variable unitario de producción.
2. Coste de inventario de la producción en curso.
3. Tiempo de desarrollo de nuevos productos.
4. Ciclos de fabricación de nuevos productos.
5. Consumo de materias primas.
6. Niveles de piezas defectuosas y de trabajo a rehacer.
7. Costes de inspección y de control de procesos.

A ello se añade el incremento de la productividad, favorecido por las reducciones anteriores. Si optamos por el punto de vista del análisis financiero y contable, se puede apreciar la disminución que experimentaría la necesidad de capital circulante, originada como consecuencia de la reducción de los costes de producción y de la menor duración del periodo medio de maduración de la empresa.

Se ha de prestar asimismo atención a la posibilidad de lograr unos mejores cash-flows, motivados por el esperado aumento de la cuota de mercado, las sucesivas reducciones de costes que se pueden alcanzar debido a la sinergia entre nuevas tecnologías y al efecto aprendizaje.

Todas estas ventajas no deben, sin embargo, hacernos olvidar que la inversión inicial puede suponer un elevado compromiso de fondos (aún cuando el menor valor de las necesidades de capital circulante pueda reducirlo en alguna medida) y que el contexto en el que se ha de considerar la adopción de las AMT está fuertemente marcado por el riesgo.

Ha de tenerse en cuenta por último que las citadas ventajas aumentan conforme mayor sea el nivel de integración de las AMT que la empresa vaya incorporando.

3. ALGUNOS PROBLEMAS ASOCIADOS A LA UTILIZACIÓN DE LAS TÉCNICAS CLÁSICAS DE EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE INVERSIONES

Los modelos de "capital budgeting" han sido tradicionalmente los más utilizados para elegir la inversión en bienes de equipo para la fabricación más conveniente para la empresa⁴.

Entre los motivos que justifican su utilización están la facilidad de su aplicación, la racionalidad de las suposiciones financieras en las que se fundamentan y la consideración de la influencia del tiempo sobre el valor del dinero.

Sin embargo, aunque puedan ser definidos como unas buenas técnicas de evaluación en relación con cuestiones tácticas de la selección de un proyecto, fallan en la consideración de los aspectos estratégicos asociados al entorno competitivo al que se enfrenta la industria en la actualidad. (Gurrad y Belser, 1992).

Un primer grupo de críticas en relación a la idoneidad de la aplicación de estas técnicas en el nuevo contexto industrial es el que señala su limitada adecuación ante situaciones en las que han de tomarse decisiones atendiendo a múltiples objetivos, se da la concurrencia de factores no monetarios que afectan a la toma de decisiones (Shaiken, (1985), Sharif y Sundararajan (1983)) y/o existe incertidumbre ambiental y falta de precisión en las estimaciones (Sullivan (1986)). Un segundo grupo de críticas están referidas principalmente a los supuestos de partida de tales técnicas, como por ejemplo:

— Puesto que según estos criterios la valoración de los proyectos se efectúa sobre las bases de su rentabilidad a corto plazo y el nivel de riesgo incorporado, resulta muy difícil justificar, empleando la teoría financiera tradicional, la repercusión a medio y largo plazo de la implantación de las AMT (Mitchel, 1990).

— Dado que el coste de capital asociado al proyecto a evaluar es el punto de referencia obligado para determinar la conveniencia de llevar a cabo un proyecto, pueden rechazarse inversiones de gran importancia para la empresa en función del coste de su financiación (Morone y Paulson, 1991).

El tercer grupo de críticas está asociado al hecho de que, pese a lo anterior, estos modelos se siguen utilizando profusamente, lo que da lugar a la aparición de fricciones entre los que defienden la adquisición, basándose en motivos no estrictamente financieros, y aquellos que la desaconsejan apoyándose en tales motivos. Lo habitual es que la situación de conflicto se suela resolver por la vía de "jugar el juego" de finanzas. Esto quiere decir que la traducción de un proyecto a sus términos financieros se podría maquillar intencionadamente con la finalidad de obtener la aprobación financiera (Currie, 1989).

4. ALGUNAS PROPUESTAS PARA LA RESOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS ANTERIORES

Las debilidades observadas en los modelos financieros en lo que respecta a la consideración

del impacto estratégico de las AMT han dado lugar a la aparición de una línea de investigación complementaria, la cual engloba trabajos que responden a muy distintas orientaciones⁵.

En términos generales puede decirse que el propósito comúnmente compartido por estos investigadores es el de la justificación de la adopción de las nuevas tecnologías de fabricación atendiendo no sólo a los criterios financieros sino también considerando:

- aspectos estratégicos,
- aspectos técnicos,
- aspectos de complementariedad.

La idea subyacente es la de que el proceso de selección de una inversión en cualquier AMT ha de incorporar este conjunto de criterios, otorgándoles mayor o menor prioridad en función de la estrategia competitiva diseñada por la empresa. Ello no supone en ningún caso el rechazo de la utilización del análisis financiero, lo que se discute es la importancia que se ha de otorgar a éste y qué modificaciones se podrían introducir para mejorarlo. En este sentido, la observación efectuada de las prácticas empresariales más comunes llevada a cabo en los trabajos citados, permite poner de manifiesto los siguientes puntos:

— La importancia del análisis financiero varía en sentido inverso a la habilidad percibida de la empresa para satisfacer a sus accionistas.

— El análisis financiero conduce a mejores resultados cuando el coste del capital no se considera la mayor restricción en la fase de selección de una nueva tecnología.

— El análisis financiero es más tenido en cuenta cuando la empresa no se encuentra en una posición de liderazgo o cuando dificultades financieras previas le impiden o restringen el acceso a nuevos capitales.

— Las empresas en posición de liderazgo consideran el aspecto financiero de sus proyectos de inversión con gran imaginación, diseñando, si es necesario, políticas financieras ad-hoc que permitan justificar sus decisiones. Lo im-

portante para ellas es la viabilidad estratégica del proyecto y no la forma de financiarlo. Esto no quiere decir que no se preocupen por la relación entre rentabilidad del activo y coste del pasivo.

— La presión ejercida por el departamento financiero depende en gran medida del diseño organizacional y de la forma en que éste afecta al proceso de diseño de la estrategia y a la implantación de la misma.

Partiendo de estos hechos y de las sugerencias relativas a los criterios a tener en cuenta, se ha procedido a efectuar una revisión de aquellas propuestas contenidas en la literatura que pudieran permitir:

— una revisión constructiva de los criterios clásicos, tales como el VAN o el TIR, a partir de la cual se les pudiera dotar de una visión más amplia en relación a los efectos a largo plazo de las AMT, con lo que se recogerían los aspectos estratégicos, técnicos y de complementariedad que motivan la adquisición de las nuevas tecnologías,

— plantear las bases para el diseño de un sistema de evaluación más participativo, que incorpore los aspectos mencionados y que llevaría a un nuevo diseño organizacional en lo que se refiere al papel a desempeñar por las distintas áreas funcionales de la empresa en este proceso de evaluación y selección de proyectos.

La literatura comprende, como ya se señaló, muy diferentes orientaciones. En su mayoría, cada trabajo suele responder a un enfoque concreto, prestando especial atención a algún aspecto justificativo. Sólo algunos de estos trabajos están dedicados a la consideración conjunta de varios de ellos. El interés de la revisión era el de encontrar propuestas que recogieran todos los elementos a tener en cuenta. Sin embargo, al no ser esto posible, se han establecido los siguientes criterios para su selección:

1. Sólo se revisarán aquellos modelos que sean más completos por sí mismos y que se complementen mejor.

2. Ha de tratarse de aportaciones que no revistan problemas en lo que se refiere a la facilidad de su interpretación y a la aceptación por parte de aquéllos que presumiblemente habrán de utilizarlos. De acuerdo con ello se ha huído de aquellas propuestas cuya formalización escapa de la terminología y procedimientos empleados habitualmente por los gerentes y que están más preocupadas por la belleza formal que por su capacidad operativa y resolutive.

Atendiendo a tales criterios, los modelos seleccionados han sido los de Nelson (1986), Monahan y Smunt (1987), Meredith y Camm (1989), Kleindorfer y Partovi (1990) y Azzone, Bertele y Masella (1992). Pasamos a continuación a su descripción sucinta.

4.1. EL MODELO DE NELSON

Se trata de una propuesta que amplía el proceso de toma de decisión relativo a la adopción de una o varias AMT considerando:

- El VAN asociado al proyecto, ajustado por riesgo, (v_i^*),
- evaluación técnica de la tecnología necesaria (t_i^*),
- necesidad de modernización de la tecnología disponible (e_i^*),
- elasticidad de la capacidad total ante variaciones en la carga de trabajo (c_i^*),
- análisis coste/beneficio de la introducción de la/s nueva/s AMT (b_i^*),

El modelo toma la forma de una combinación lineal de los términos anteriores:

$$S_i = t_i^* + e_i^* + c_i^* + b_i^* + v_i^*$$

S_i es la puntuación alcanzada por cada proyecto i , y puede tomar valores entre 0 y 5. Supone que las diferentes variables sólo toman valores entre 0 y 1, pero los pesos pueden variar según las características de la empresa y del proyecto. Se emplea la forma aditiva por ser la comúnmente empleada para la selección de proyectos en I+D y por el limitado uso que los modelos de programación matemática han demostrado tener para la selección de proyectos.

(La descripción del proceso de cálculo del valor tomado por las distintas variables puede encontrarse en el propio artículo).

Esta propuesta satisface parcialmente los objetivos de este trabajo. Por una parte, considera la participación en el proceso de diferentes departamentos empresariales, y, por su expresión formal, parece recomendable desde el punto de vista de las preferencias y usos empresariales. A ello hay que añadir que tiene en cuenta aspectos técnicos (recogidos a través de las variables relacionadas con las características de la tecnología), estratégicos y financieros. Por otra parte, sin embargo, como todos los modelos que atribuyen ponderaciones a los diferentes criterios a evaluar, existe una dificultad intrínseca asociada a la correcta determinación de estas ponderaciones.

El modelo en sí podría ser más adecuado a los fines perseguidos si:

1) Se mejora el cálculo del Van, para lo cual habría que considerar los ahorros de costes debidos a posibles sinergias y efectos aprendizaje, así como los efectos estratégicos a medio y largo plazo vinculados a la adopción de las AMT.

2) Se revisa la evaluación de t_i^* , e_i^* y c_i^* incorporando al análisis de estas variables su relación con las prioridades competitivas de la dirección de operaciones y analizando más ampliamente las características técnicas de las AMT así como la complementariedad entre éstas.

4.2. EL MODELO DE MONAHAN Y SMUNT

Sus autores proponen un sistema de apoyo a la decisión, cuya aplicación requiere la participación de los distintos niveles organizacionales de toma de decisión, a saber, estratégico, táctico y operativo. La descripción de las fases, muy sucintamente, es la siguiente:

A) En el nivel operativo, a partir de las estimaciones de demanda propuestas por el nivel estratégico, se llevan a cabo una serie de simulaciones cuyo fin es la determinación de las

tecnologías productivas más convenientes para la satisfacción de la demanda desde un punto de vista técnico.

B) El nivel táctico evalúa las propuestas resultantes de la fase anterior atendiendo a los costes de inventario y producción generados por cada propuesta seleccionada y considerando sus viabilidades desde el punto de vista del sistema de planificación y control de la producción.

Con la selección resultante se proponen cambios al nivel operativo y se envían las alternativas ya validadas al nivel estratégico.

C) En esta fase se evalúan las propuestas de la etapa anterior teniendo en cuenta los costes totales asociados, la tasa de interés, estimaciones revisadas de demanda, etc. Tras calcular la viabilidad de las propuestas, se selecciona la más conveniente en función de los objetivos de la empresa.

Esta aportación resulta interesante en la medida en que tiene muy en cuenta los efectos técnicos y efectúa un adecuado seguimiento de los costes de producción asociados a las distintas opciones de inversión, a la par que considera su adecuación a los sistemas de planificación y control de la producción que imperan en la empresa.

Presenta la ventaja frente a la propuesta anterior de determinar cómo afectan las AMT objeto de estudio a los programas y planes de producción y especialmente, al coste de los mismos. A partir de estos datos se podrían estimar los presupuestos de tesorería y de capital para el primer año, información que resulta de suma utilidad para la evaluación financiera.

El modelo no tiene en cuenta, tampoco lo hacía el anterior, las previsible mejoras en costes y los aumentos esperados de la cuota de mercado, lo cual dificulta la estimación de los presupuestos de los diferentes años en que las nuevas tecnologías evaluadas estarían en funcionamiento.

Hay que mencionar que no se considera el entorno de riesgo que acompaña a cada propuesta, ni los beneficios intangibles. A ello se añade que el análisis financiero se lleva a cabo de forma residual. (De la explicación del mismo

brindada por sus autores no se puede deducir si ello se debe a la carencia de datos suficientes, como aquí se acaba de mencionar o, simplemente, a que carece de interés para éstos).

4.3. EL MODELO DE MEREDITH Y CAMM

En esta propuesta se trata de determinar qué nuevas tecnologías resultarían más interesantes para una empresa desde el punto de vista de su contribución a la mejora de los niveles de sinergia y del reforzamiento del efecto aprendizaje.

Las premisas en las que descansa son:

1) Cuando las islas de automatización se integran a través del uso compartido de una base de datos común, se pueden obtener importantes sinergias en el sentido de Radell (1983)⁶.

2) Se dan situaciones de complementariedad entre las AMT y otras variables organizacionales. (Esta premisa ha sido posteriormente probada por Milgrom y Roberts (1990)).

3) Se observa un fuerte efecto aprendizaje en las AMT⁷.

4) Las posibles interacciones entre sinergia y aprendizaje no han sido objeto de estudio. Muchas inversiones secuenciales no se llevan a cabo por no haberse cuantificado estas interacciones.

El modelo pretende:

- a) Ilustrar la importancia de las interacciones.
- b) Predeterminar los rangos de beneficios asociados a la sinergia existente entre un conjunto de tecnologías que la empresa podría alcanzar utilizándolas en condiciones normales.
- c) Evaluar situaciones concretas en las que una empresa está utilizando un conjunto dado de tecnologías bajo unas condiciones específicas.

Los datos requeridos son:

- Estimación de los posibles ahorros de costes debidos a la introducción de las nuevas tecnologías C_A .
- Tasas de aprendizaje i^A .
- Factores fraccionales de sinergia f_{AB} ⁸.

La expresión general es:

$$Z_i = \sum_j C_j i^{t_j} \prod_{k \neq j} [1 - f_{kj} (1 - i_k^{t_k})]$$

donde Z_i es el coste de producción de la unidad i empleando la tecnología j o k , y donde:

- $i_t = i - qt$ (para todo t)
- t es la tecnología (j, k)
- q_t es la cantidad de producción acumulada cuando se incorpora la tecnología t ,
- i es la cantidad de producción acumulada hasta ese momento.

Una contribución importante de este modelo en relación a los objetivos del presente trabajo es que indica el orden óptimo en que deberían adquirirse las distintas AMT de forma que se minimicen los costes de producción.

Puede ser útil para efectuar una selección previa entre distintos proyectos a partir de su interacción y grado de complementariedad con la tecnología ya existente en la empresa. También puede resultar de ayuda para recalcular los costes de producción asociados al proyecto que se quiera analizar. No obstante, si los objetivos prioritarios de la empresa fueran otros además de los de mantener una ventaja en costes, el modelo resultaría insuficiente, dado que se concentra únicamente en tal aspecto.

A modo de resumen puede decirse que a partir de esta propuesta podrían tenerse en cuenta los aspectos de complementariedad entre diferentes tecnologías y las repercusiones financieras de los efectos sinergia y aprendizaje.

4.4. EL MODELO DE KLEINDORFER Y PARTOVI

La metodología propuesta comienza con el análisis de la estrategia competitiva de la empresa, a partir de la cual se establecerán los objeti-

vos de la gestión de operaciones, particularmente en lo que se refiere a la definición de la importancia que tienen los criterios de costes, calidad, fiabilidad y rapidez de los envíos y flexibilidad para la obtención de beneficios a largo plazo (Cohen y Lee (1987)).

Estas consideraciones conducen al establecimiento de una jerarquía de rendimientos de la empresa o de la unidad de negocio de que se trate. Partiendo de ésta y aplicando una metodología de evaluación basada en el modelo AHP de Saaty (1982), se puede llegar a una jerarquización de las oportunidades de inversión en las diferentes nuevas tecnologías⁹.

La bondad de esta aproximación a efectos de los objetivos de este trabajo está relacionada con el hecho de que permite la incorporación de los modelos de Meredith y Camm —en el que lo importante, como se ha visto, son las posibles reducciones en costes (una de las prioridades competitivas de la estrategia de operaciones)— y de Monahan y Smunt —dedicado a otras variables que afectan a estas prioridades y que repercuten en la fiabilidad y rapidez de entrega, calidad y flexibilidad además de los costes— y, adicionalmente, facilitaría la revisión de los valores de las variables no estrictamente financieras que aparecen en el modelo de Nelson.

El conocimiento de aquellas tecnologías más recomendables desde el punto de vista de la estrategia de operaciones así como de los posibles efectos de su implantación a medio y largo plazo, al incorporar los modelos señalados, permite que la evaluación financiera sea más sencilla y sus resultados más acertados, en cuanto que:

- la selección y evaluación se concentra en este grupo de tecnologías,
- las estimaciones de costes son más fiables,
- los escenarios futuros están más definidos,
- la determinación del horizonte de evaluación también resulta más sencilla y adecuada a la "realidad",
- la información sobre el rendimiento económico de estos activos productivos responde a sus características técnicas y de mercado.

Si se tiene además en cuenta que el análisis financiero entra a formar parte de un proceso participativo, parte de las críticas señaladas en el segundo epígrafe desaparecerían.

4.5. EL MODELO DE AZZONE, BERTELE Y MASELLA

Esta propuesta recoge parcialmente la idea de la participación de los diferentes departamentos empresariales, intentando incluirla en la estructura de un modelo financiero como el VAN.

Se trata de una aproximación básicamente financiera, ampliada con la introducción de las que podrían considerarse variables estratégicas críticas.

La metodología propuesta es la siguiente:

1) Se define un conjunto de variables estratégicas críticas (E_n) con el concurso de los diferentes departamentos organizacionales. (En el modelo éstas presentan una clara orientación hacia los aspectos de marketing).

2) Puesto que las variables pueden tomar distintos valores (por ejemplo, la cuota de mercado puede crecer o decrecer y, dentro de esta doble posibilidad, con diferente intensidad), se diseña un conjunto de escenarios con el fin de recoger el mayor número de situaciones posibles (N_j). Asimismo, a cada uno de estos escenarios se le asigna una probabilidad de ocurrencia.

3) Con la información anterior se procede a determinar la repercusión de los posibles escenarios (j^M) sobre las variables explicativas tradicionales de un proyecto de inversión.

4) Por último, con este conjunto de información, se calcula el VAN correspondiente a cada situación y el valor medio del conjunto de valores, su desviación típica, la probabilidad de que el VAN medio sea positivo y el peor caso que se podría presentar.

Este modelo se amplía con la consideración de inversiones complementarias posteriores, efectuando el mismo procedimiento anterior

desde la conveniencia de adoptar la primera decisión. En este caso, el VAN total medio debería calcularse considerando la situación de incrementalidad.

El planteamiento del problema resulta novedoso e interesante al incorporar las consideraciones estratégicas en el cálculo del VAN, cuantificando de algún modo los beneficios a medio y largo plazo de las AMT, a la par que por la forma en que incorpora el riesgo. No obstante, el modelo presenta algunas limitaciones técnicas, entre las que podemos señalar:

- 1) El horizonte de evaluación empleado (un año) no parece adecuado para evaluar las AMT.
- 2) No se especifican las posibles relaciones de dependencia entre las variables explicativas.
- 3) El coste de capital no incorpora la oportuna corrección por riesgo
- 4) La aplicación del modelo de Hertz para la evaluación de inversiones en contextos de riesgo como la aquí analizada ofrece mejores resultados. (Durbán Oliva (1984)).

A estas limitaciones debemos añadir las siguientes, relacionadas con la naturaleza del problema analizado:

1) Las variables estratégicas críticas están orientadas fundamentalmente hacia cuestiones de marketing, con lo que la atención prestada a otras cuestiones como la viabilidad y oportunidad técnica, el análisis coste-beneficio, posibles complementariedades (en el sentido de sinergias y efectos aprendizaje) con los equipos existentes, etc.. es sólo residual.

2) A partir del modelo es difícil establecer relaciones entre las variables estratégicas y las modificaciones experimentadas por los costes de producción o los valores residuales.

5. OBSERVACIONES SOBRE ASPECTOS AÚN NO RESUELTOS

El estudio llevado a cabo permite señalar la inexistencia, por el momento, de una única

metodología que posibilite la evaluación y selección de proyectos de inversión en tecnologías avanzadas de automatización y considere conjuntamente los criterios estratégicos, de complementariedad, técnicos y financieros.

Puede señalarse asimismo que los intentos para su logro son cada vez más fructíferos y parecen ir orientados en la misma línea, a saber, la necesidad y conveniencia de modificar los criterios clásicos para que puedan tener en cuenta las repercusiones estratégicas de los diferentes proyectos, a la par que las consideraciones explícitas de la adecuación técnica del proyecto y su complementariedad con la tecnología existente en la empresa y/o con futuras adquisiciones.

Quedan, no obstante, varios problemas pendientes de solución que no han sido explícitamente considerados por ninguno de los modelos anteriores y que están directamente relacionados con los propios criterios clásicos. Los más relevantes son los siguientes:

- 1) Papel desempeñado por el coste de capital como tasa de corte para la aceptación de un proyecto.
- 2) Estimación del coste de capital a utilizar.
- 3) Horizonte temporal de evaluación a considerar.
- 4) Necesidades de capital circulante.
- 5) Viabilidad financiera de un proyecto.

Por lo que respecta al primer punto, parece oportuno recordar que los motivos que inducen a considerar la posibilidad de incorporar alguna AMT suelen estar relacionados con el mantenimiento y la mejora, si ello es posible, de una determinada posición en el mercado. Lo importante no es, pues, cuánto costará y cómo se financiará la AMT, sino la posición que permitirán mantener y cuál se mantendría en el caso de no llevar a cabo la inversión.

De ello parece desprenderse que el coste de la financiación no debe convertirse en la restricción principal, con lo que la tasa de corte debería fijarse atendiendo a la señalada posición competitiva.

En relación a la estimación del coste del capital, la repercusión estratégica de las inversiones en AMT nos lleva a sugerir la conveniencia de proceder a su cálculo teniendo como referencia obligada el entorno financiero del

sector en el que opera la empresa que evalúa la inversión. En este sentido, cada entidad debería conocer:

- el coste de capital que afrontan sus principales competidores,
- el coste de capital que dicha entidad habrá de soportar en el futuro si no lleva a cabo la inversión y sus competidores sí lo hacen,
- capacidad empresarial negociadora del coste de capital si el proyecto permite alcanzar los objetivos deseados.

Con esta información, el coste de capital utilizado sería más realista.

Sin embargo y como es sobradamente conocido, la dificultad asociada a la determinación del mismo es, hoy por hoy, muy elevada, por lo que sería muy recomendable realizar un mayor esfuerzo investigador en este campo, orientando éste a la búsqueda de los procedimientos que permitan la obtención de unos valores más fiables y representativos.

El tercer problema pendiente de solución es el relacionado con el horizonte temporal a utilizar en la evaluación de las inversiones en nuevas tecnologías de fabricación. La complejidad de su elección radica en el hecho de que mientras que su vida útil puede ser relativamente corta, los efectos de su implantación se producen a medio y largo plazo.

La literatura no ofrece una clara respuesta a esta cuestión. Las publicaciones existentes apuntan hacia la conveniencia de fijar este horizonte en función del tiempo que la empresa necesitaría para volver a alcanzar su situación actual en el mercado, caso de que no llevase a cabo la inversión y sí lo hicieran sus competidores, o bien en función del tiempo que la empresa podría mantener esta posición gracias a haber acometido el nuevo proyecto. (Los modelos descritos en este trabajo utilizan un horizonte anual, lo cual nos parece absolutamente inadecuado en cualquier caso).

La decisión a adoptar dependerá en gran medida de los problemas asociados a la estimación tanto de los efectos a medio y largo plazo y su cuantificación en términos monetarios, como de la capacidad de respuesta de la empre-

sa y sus competidores ante los cambios previstos en las estructuras productivas y los tipos de tecnologías incorporados. La necesidad de participación de las diferentes áreas funcionales en este proceso de estimación resulta obvia.

Por lo que respecta a la necesidad de capital circulante a considerar, resulta conveniente recordar en este momento que es relativamente frecuente encontrar en la práctica empresarial ejemplos de evaluaciones de proyectos que no tienen en cuenta la inmovilización de recursos asociada a la financiación de la necesidad de capital circulante que todo proyecto de inversión conlleva aparejada, a pesar del grave error que esa práctica supone.

Para el caso concreto de la evaluación y selección de inversiones en proyectos con nuevas tecnologías de fabricación, este error se agrava todavía más.

Téngase en cuenta que la utilización de estas nuevas tecnologías favorece la reducción de los ciclos de producción, inventarios, costes de producción distintos a los de inventarios y permite la aparición de sinergias y efectos aprendizaje. Todo ello conduce a que tanto el periodo medio de maduración de la empresa como la cuantía de las partidas a financiar durante el mismo puedan disminuir, lo cual da lugar a una menor necesidad de inmovilización de fondos no sólo en el momento de acometer la inversión sino a lo largo de la vida de la misma.

Dicha menor necesidad de capital circulante debe ser tenida en cuenta al evaluar estos proyectos, en la medida en que, además de suponer un reflejo más ajustado de la realidad, puede contribuir a resolver en cierta medida alguno de los problemas financieros como, por ejemplo, el de buscar la forma de financiación más adecuada.

Piénsese a este respecto que, si la empresa, tras comparar las necesidades netas de capital circulante correspondientes a la situación previa a la inversión y a las requeridas por la inversión en nuevas tecnologías, observa que tales necesidades son inferiores en el segundo caso, se puede contar con una fuente financiera adicional, hecho que tiene una repercusión favorable sobre el coste de capital del proyecto.

A ello se ha de añadir la posible influencia sobre la viabilidad económica del proyecto

analizado, dado que la inversión inicial sería menor que la estimada sin tener en cuenta esta variación. Considerar estas cuestiones es de vital importancia, dado que el valor que el VAN y el TIR tomarían en uno u otro caso podría diferir, modificando la jerarquía de proyectos alternativos y la decisión final.

Por último y en quinto lugar ha de recordarse que la información proporcionada por los criterios anteriores hace referencia a la viabilidad económica de un proyecto, pero no a su viabilidad financiera.

Esta última, cuyo análisis es olvidado en numerosas ocasiones, arroja una luz muy interesante sobre aquella forma de retribuir y devolver los fondos financieros utilizados que resulte más conveniente para la empresa a partir de los cash-flows que el proyecto puede generar. Esta información es de gran importancia en cuanto que sirve de elemento de apoyo para la selección de la forma de financiación que resulte más adecuada, no sólo por su coste, sino también por la distribución de sus cargas.

Como se ha podido apreciar, ninguno de los modelos presentados ha acertado a resolver los puntos anteriores.

6. UNA PROPUESTA DE METODOLOGÍA Y LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Como es bien sabido, una de las condiciones previas necesarias para llegar a alcanzar el éxito en cualquier proyecto empresarial es que todos los departamentos organizacionales participen en él, debiendo darse esta participación en todos los niveles y para todas las decisiones, incluyendo la de evaluar y seleccionar proyectos alternativos de inversión.

Sólo así las variables que conducen a tal selección serán representativas de la influencia y efectos de cada proyecto sobre la empresa en su conjunto y únicamente procediendo de este modo se podrá comprobar posteriormente la coincidencia entre los resultados alcanzados y las expectativas, detectar la naturaleza y razón de las desviaciones y tomar las posibles acciones correctoras.

Partiendo de esta premisa y considerando las ventajas e inconvenientes de los modelos y

observaciones presentadas en los epígrafes tercero y cuarto respectivamente, se ha desarrollado la propuesta de metodología que se sugiere a continuación.

1) La empresa debe identificar, de acuerdo con sus objetivos estratégicos, aquellas inversiones en AMT que mejor contribuyan a la consecución de tales objetivos.

2) Se ha de considerar para cada alternativa seleccionada el grado de complementariedad técnica que presenta con la tecnología ya existente, las restricciones que incorpora y la posibilidad de atender a las mismas. La adecuación a los planes de producción de la empresa o la necesidad de alterarlos será otro de los elementos a incluir en el análisis. Para ello será preciso realizar un seguimiento técnico exhaustivo.

3) Una vez comprobada la idoneidad técnica de las alternativas, habrá de tenerse en cuenta qué combinación de la tecnología existente y de las nuevas tecnologías dará lugar a una mayor sinergia y a un mayor efecto aprendizaje. Esto permitirá determinar la secuenciación óptima de las inversiones a efectuar.

4) Partiendo del calendario de inversiones recomendado por la aplicación de los pasos anteriores se procederá a su evaluación financiera. Para ello es preciso interpretar los criterios anteriores desde el punto de vista de su repercusión sobre las variables explicativas de un proyecto de inversión. De esta forma, tales variables gozarán de representatividad y el proceso de evaluación y selección financiero responderá mejor a las exigencias planteadas por las características de las nuevas tecnologías.

5) Se recogerán de forma explícita las modificaciones a que presumiblemente dará lugar la introducción de una o varias AMTs, con el fin de su posterior control, del análisis de las desviaciones y de la toma de medidas correctoras.

La representación formal de esta propuesta es la de una combinación lineal de variables indicativas similar a la descrita en el modelo de

Nelson (1986). Así, para cada proyecto de inversión en nuevas tecnologías de fabricación i , la puntuación total obtenida en el proceso de evaluación y selección P_i , depende de los valores normalizados obtenidos en cada uno de los siguientes criterios:

- E_i^* : Valor estratégico,
- CT_i^* : Conformidad y complementariedad técnica,
- S_i^* : Posición en la secuencia óptima de adquisiciones,
- V_i^* : VAN ajustado por el efecto del riesgo.

Siendo la expresión general:

$$P_i = E_i^* + CT_i^* + S_i^* + V_i^*$$

Para el cálculo de cada una de estas variables se procede del siguiente modo:

1) El valor estratégico de las diferentes tecnologías se determina aplicando el modelo de Kleindorfer y Partovi (1990). La jerarquía de inversiones así obtenida se normaliza para que cada proyecto lleve asignado un valor susceptible de ser empleado en la formulación propuesta. (La puntuación obtenida, entre 0 y 1, se recoge en E_i^*).

2) La jerarquía anterior no recoge la conformidad técnica de las nuevas tecnologías ni el grado de complementariedad entre éstas y las ya existentes, por lo que se acude al empleo del modelo de Monahan y Smunt (1989). Se ha optado por esta aproximación frente a la sugerida por Nelson (1986) porque el análisis técnico sugerido es más riguroso y tiene en cuenta las repercusiones de las inversiones sobre los planes de producción y los costes de éstos.

Como resultado se obtendría información sobre la adecuación técnica de cada proyecto y las posibles modificaciones a que su adopción daría lugar sobre los planes de producción y costes esperados de producción.

La clasificación de proyectos así obtenida se normaliza para obtener CT_i^* .

3) Los procesos anteriores se han efectuado sin tener en cuenta las repercusiones que sobre

los costes de producción pueden tener los efectos sinergia y de aprendizaje. Como Meredith y Camm (1989) señalan en su trabajo, el ahorro alcanzado no es indiferente a la secuenciación seguida en la adquisición de las nuevas tecnologías, por lo que en esta tercera etapa se ha de determinar el orden o secuencia óptima. Utilizando el modelo de estos autores obtendríamos una nueva clasificación de proyectos que, tras su normalización, daría lugar a la obtención de S_i^* . La información obtenida sobre ahorros en costes será tenida en cuenta, junto a la facilitada por el modelo de Monahan y Smunt, para el cálculo del VAN.

4) Con el fin de tener en cuenta los aspectos económicos y financieros asociados a cada proyecto de inversión, se ha incluido dentro de la metodología propuesta el VAN normalizado correspondiente a cada proyecto. Para el cálculo de dicho VAN se han de considerar los siguientes elementos:

4.A.- En la determinación de la inversión inicial no puede olvidarse la consideración de la necesidad de capital circulante incremental. Para ello se deben analizar en profundidad las modificaciones en costes a que darán lugar las características técnicas de los equipos y los efectos de la curva de aprendizaje, así como las variaciones en la duración de los diferentes ciclos que conforman el periodo medio de maduración de la empresa. Esta información se obtiene utilizando los datos obtenidos en las fases segunda y tercera de nuestra metodología. La estimación ajustada y fiable de esta necesidad de financiación es una tarea compleja que no se podrá resolver sin el concurso de la nueva contabilidad de costes y el apoyo de los expertos del área de operaciones.

4.B.- La sinergia y efectos de la curva de aprendizaje que la empresa puede alcanzar con la introducción de las nuevas tecnologías podrían dar lugar a un mayor valor de la misma en el mercado (bien bajo la forma de know-how, fondo de comercio o incluso en algún caso como mayor valor de las instalaciones) lo cual debería verse reflejado en la estimación del valor residual del proyecto. Hasta la fecha

ningún modelo recoge este fenómeno y y no se cuenta con estimaciones ni tan siquiera aproximadas de cuál podría ser su valor, por lo que se entiende que es un campo necesitado de un mayor estudio.

4.C.- Los niveles superiores de calidad que se pueden alcanzar con la incorporación de las AMT pueden influenciar los valores de los cash-flows e irlos mejorando conforme aumenta el nivel de complementariedad e integración de las plantas productivas. Esta influencia no se ha analizado todavía con suficiente detenimiento a pesar de que la información que arrojaría sería de gran valor para la obtención de un VAN más ajustado a la realidad. Surge pues la necesidad de interpretar las mejoras en nivel de calidad en términos tales como modificaciones en el volumen de ventas y de ingresos y costes de explotación con el objetivo de poder estimar los cash-flows con un mayor grado de fiabilidad.

4.D.- El análisis de la viabilidad económica y financiera debe realizarse separadamente, con el doble fin de, por un lado, conocer en qué medida los activos adquiridos responden a los objetivos de la empresa, y, por otro, determinar la forma más recomendable de financiarlos. Esta propuesta no supone realmente ninguna novedad, pero dada la frecuencia con que no se lleva a cabo el estudio de la viabilidad financiera, se ha estimado oportuno mencionarlo una vez más.

4.F.- La evaluación de un proyecto en términos de incrementalidad cobra en el contexto analizado una importancia aún mayor que en el caso de inversiones en equipos convencionales. Es por ello que se debe profundizar desde esta perspectiva en el tratamiento de las variables explicativas relacionadas con el coste de capital y el horizonte temporal de evaluación del proyecto.

4.G.- El establecimiento de un conjunto de escenarios representativos de las oportunidades estratégicas que se pueden presentar ante una empresa en virtud de la incorporación de una o varias AMT es una tarea que, a pesar de ser ardua, debe llevarse a cabo. Una vez logrado, deben incorporarse al proceso de

evaluación, para lo cual se puede acudir a los criterios clásicos para la selección de proyectos de inversión en contexto de riesgo.

4.H.- Con estos factores en mente, la determinación del VAN podría llevarse a cabo siguiendo las orientaciones recogidas en el modelo de Azzone et al. (1992). Como ya se comentó en el epígrafe 3.5 esta aproximación puede ser mejorada. Entre las mejoras a introducir, aparte de las proporcionadas por los nuevos datos disponibles, habrán de considerarse las siguientes:

H.1. El horizonte de evaluación no puede ser de un año. Aunque todavía no existe un único criterio relativo a la elección de éste, se propone desde esta metodología la utilización de un horizonte temporal igual al utilizado al efectuar la evaluación estratégica de los proyectos.

H.2. Los elementos tenidos en cuenta al efectuar tal evaluación serán los que sirvan de orientación para la construcción de los escenarios propuestos por Azzone et al (1992).

H.3. Los datos sobre inversión inicial, cash-flows esperados antes de considerar escenarios y valores residuales serán los obtenidos del seguimiento de los puntos más arriba mencionados (4A a 4G) relativos al cálculo del VAN.

H.4. El coste de capital a utilizar debe tener en cuenta el riesgo que afecta al proceso evaluado. Este ajuste no aparece en el modelo de referencia. Como ya se ha señalado a lo largo de este trabajo, en la determinación del coste más representativo se ha de atender al coste empleado por la competencia y al coste de oportunidad para la propia empresa. Supuesto que se dispusiera de ambos costes y a pesar de no existir un criterio definitivo sobre cuál ha de ser utilizado, se propone desde aquí la selección del mayor. No obstante, este punto no está resuelto, por lo que constituye una de las líneas futuras de investigación.

H.5. El modelo de Hertz (1964) genera mejores resultados que el de Hillier (1963).

Como se puede apreciar, el éxito que alcance esta metodología estará altamente condicionado por la bondad de las estimaciones efectuadas -relativas a los ahorros en costes ocasionados por los efectos sinergia y de aprendizaje, cuotas de mercado futuras, mejoras en el nivel de calidad, modificaciones de los ciclos de vida de los productos, reducciones en los tiempos de fabricación,...- por una parte, mientras que por otra dependerá de la capacidad que reúnan los criterios financieros para trabajar adecuadamente con las mismas.

En lo que se refiere a las estimaciones a realizar, su cálculo precisará del concurso de los expertos de todas las áreas implicadas y de la utilización de un conjunto multidisciplinar de conocimientos. El estudio de las nuevas medidas de rendimiento de la fabricación propuestas por la nueva contabilidad de gestión, la teoría de juegos, los nuevos enfoques de la dirección estratégica, etc. -por citar algunos de los ejemplos más representativos- junto a su repercusión sobre las variables explicativas de los proyectos de inversión, constituye una línea de investigación obligada.

Por lo que respecta a la capacidad de los modelos financieros para actuar en contextos de riesgo, las últimas tendencias están encaminadas a revisar los modelos existentes con el propósito de aprovechar la capacidad computacional con que ahora se cuenta y que no estaba disponible en los años sesenta.

Esta revisión está dando lugar a un análisis más detallado de las posibles dependencias que se pueden dar entre las variables explicativas, habida cuenta de que los modelos clásicos que incorporaban el riesgo, como las conocidas contribuciones de Hillier (1963) o Hertz (1964), asumían relaciones bastante simplistas. Las investigaciones efectuadas en empresas que han ido incorporando sucesivamente nuevas tecnologías de producción demuestran que los correspondientes cash-flows no son independientes entre sí ni con respecto a las diferentes inversiones. Lo mismo puede decirse de su relación con los valores residuales.

Esta sería la segunda línea de investigación a incluir.

A las líneas anteriores se añaden forzosamente las asociadas a la mejora de la propia

metodología propuesta. En este sentido, el trabajo que ahora se está llevando a cabo está relacionado con la conveniencia de utilizar combinaciones aditivas frente a las multiplicativas, la determinación de los pesos a asignar a cada una de las variables incluidas en la metodología, la observación de posibles redundancias en las variables y la búsqueda de mejores procedimientos para la determinación de las mismas. Otro campo en el que se está profundizando es el vinculado a la selección del coste de capital y del horizonte de evaluación a utilizar en el cálculo del VAN.

A pesar de los numerosos aspectos que quedan por resolver antes de encontrar la metodología óptima y de las consiguientes importantes limitaciones operativas que plantea la aquí propuesta, entendemos que ésta puede ser de gran utilidad como punto de arranque para el desarrollo de versiones más completas y consistentes. También se entiende que puede servir como elemento para la reflexión empresarial desde el momento en que se plantea un proceso participativo, procedimiento no muy extendido en la práctica habitual de las empresas y una revisión del proceso seguido normalmente en el cálculo del VAN.

NOTAS

1. Pueden verse los trabajos de Carlsson (1992), Darrow (1987), Hayes y Jaikumar (1988), Kaplan (1984, 1985 y 1986), Ovrin et al. (1990) o Vastag (1990), por citar algunos ejemplos.
2. Para una definición detallada de este concepto puede acudir a Adler (1988).
3. Ver Leong (1990), Meredith y Camm (1989) o Solot (1990).
4. Pueden verse los trabajos de Chakravarty y Lorange (1991), Díaz (1986) o Swindle (1985).
5. Entre ellos, Azzone, Bertelle y Masella (1992), Blois (1986), Chakravarty (1990), De Silva et al. (1990), Jelinek y Goldhar (1983), Kleindorfer y Partovi (1990), Meredith y Camm (1989), Monahan y Smunt (1989), Morone y Paulson (1991), Nelson (1986), Roth y Gaimon (1986), Stecke y Raman (1986), Swamidass (1987) o Tombak (1992).

6. Este aspecto ha sido intensamente estudiado por Ayres (1985) y Meredith (1987).
7. Ver Baudin (1985), Chen (1983), Ettlíe (1984), Jaikumar (1984), Muth (1986) o Rosenthal (1984).
8. Para los detalles técnicos véase el artículo de Meredith y Camm (1989).
9. Los autores no hacen una consideración explícita del nivel de riesgo que cada tecnología podría aportar, ni llevan a cabo el análisis teniendo en cuenta las repercusiones financieras, ellos mismos sugieren la conveniencia de su incorporación.

BIBLIOGRAFÍA

- ADLER, P.S. (1988). "Managing Flexible Automation", *California Management Review*, 30/3, pp. 34-56.
- AYRES, R.U. (1985). "Rejuvenating the life cycle concept", *Journal of Business Strategy*, 6/1, pp. 66-77.
- AZZONE, G.; BERTELE, U.; MASELLA, C. (1992). "Strategic Management and Financial Accounting: an option based approach", *Proceedings of the 15th Annual Congress of the European Accounting Association*. Madrid, 22-24 Abril.
- BAUDIN, M. (1985). "Experience curve theory: A technique for quantifying CIM benefits", *CIM Review*, 1/4, pp. 51-55.
- BLOIS, K.J. (1986). "Manufacturing technology as a competitive weapon", *Long Range Planning*, 19/4, pp. 63-70
- CARLSSON, B. (1992). "Management of Flexible Manufacturing: An International Comparison", *Omega*, 20/1, pp. 11-22
- CHAKRAVARTY, B.S. (1990). "Management Systems for innovation and productivity", *European Journal of Operational Research*, 47, pp. 203-213
- CHAKRAVARTY, B.S.; LORANGE, P. (1991). *Managing the Strategy Process*. Englewood Cliffs, NJ.: Prentice-Hall.
- CHEN, J.T. (1983). "Modelling learning curve and learning complementarity for resource allocation and production scheduling", *Decision Sciences*, 14, pp. 170-186.
- COHEN, M.A.; LEE, H.L. (1985). "Manufacturing Strategy concepts and methods", en: *The Management of Productivity and Technology in Manufacturing*, R. Kleindorfer [ed.]. New York: Plenum Press.
- CURRIE, W.L. (1989). "The art of justifying New Technology to Top Management", *Omega*, 17/5, pp. 409-418.
- DARROW, W.P. (1987). "An International Comparison of Flexible Manufacturing Systems Technology", *Interfaces*, Special Issue on FMS.
- DE SILVA, A.; DE LEO, G.; GENNARI, N. (1990). "An interactive framework for formulating and evaluating a system incorporating new technologies", *European Journal of Operational Research*, 47, pp. 162-171
- DÍAZ, A.E. (1986). "The software portfolio: priority assignment tool provide basic for resource allocation", *Industrial Engineering*, pp. 58-65
- DURBAN OLIVA, S. (1984). *La empresa ante el riesgo*. Madrid: Ibérico Europea de Ediciones.
- ETTLIE, J.A. (1984). *Facing the factory of the future*. Working paper. Ann Arbor, Michigan: Industrial Technology Institute.
- GALBRAITH, C.S. (1990). "Transferring Core Manufacturing Technologies in High-Technology Firms", *California Management Review*, 32/4, pp. 56-70
- GURRAD, J; BELSER, S. (1992). "Taking Strategy to the Bottom Line", *The Journal of Business Strategy*, 13/2, pp. 18-23.
- HAYES, R.H.; JAIKUMAR, R. (1988). "Manufacturing Crisis: New Technologies, Obsolete Organizations", *Harvard Business Review*, 66/5, 77-85.
- HERTZ, D.R. (1964). "Risk analysis in capital investment", *Harvard Business Review* 42/1, 95-106
- HILLIER, F.S. (1963). "The derivation of probabilistic information for the evaluation of risky investments", *Management Science*, 9/3, 443-457.
- JAIKUMAR, R. (1984). *Flexible Manufacturing Systems: A management perspective*. Working Paper 1-748-078. Cambridge, MA: Division of Research, Harvard Business School.
- JELINEK, M.; GOLDHAR, J.D. (1983). "The interface between strategy and manufacturing technology", *Columbia Journal of World Business*, pp. 26-36.
- KAPLAN, R.S. (1984). "Yesterday's accounting undermines production", *Harvard Business Review*, July/August, pp. 95-101.
- KAPLAN, R.S. (1985). *Financial justification for the factory of the future*. Harvard Business School, Working Paper 9-785-078.

- KAPLAN, R.S. (1986). "Accounting lag: the obsolescence of cost-accounting systems", *California Management Review*, 28/2, pp. 174-199
- KLEINDORFER, P.R.; PARTOVI, F.Y. (1990). "Integrating manufacturing strategy and technology choice", *European Journal of Operational Research*, 47, pp. 214-224.
- LEONG *et al.* (1990). "Manufacturing Strategy", *Omega* 18/2, pp. 109-122
- MEREDITH, J. (1987). "The strategic advantages of the factory of the future", *California Management Review*, 29/3, pp. 27-41
- MEREDITH, J.; CAMM, J. (1989). "Modelling synergy and learning under multiple advanced manufacturing technologies", *Decision Sciences*, 20, pp. 258-271
- MILGROM, P.; ROBERTS, J. (1990). "The Economics of Modern Manufacturing: technology-strategy and organization", *American Economic Review*, 80/3, pp. 511-528
- MITCHEL, G.R. (1990). "Alternative frameworks for technology strategy", *European Journal of Operational Research*, 47, pp. 153-161.
- MONAHAN, G.E.; SMUNT, T.L. (1987). "A multilevel decision support system for the financial justification of automated FMS", *Interfaces*. Special Issue on FMS.
- MORONE, J.; PAULSON, A. (1991). "Cost of Capital: The Managerial Perspective", *California Management Review*, 33/4, pp. 9-32.
- MUTH, J.F. (1986). "Search Theory and the manufacturing progress function", *Management Science*, 32, pp. 948-962.
- NELSON, C.A. (1986). "A scoring model for flexible manufacturing systems project selection", *European Journal of Operational Research*, 24, pp. 346-359
- OVRIN, P.; OHLAGER, J.; RAPP, B. (1990). "Computer-based manufacturing planning and control systems in small companies", *European Journal of Operational Research*, 45, pp. 106-112.
- ROSENTHAL, S. (1984). "Progress toward the factory of the future", *Journal of Operations Management* 4, pp. 203-230.
- ROTH, A.; GAIMON, CH. (1986). *Strategic adoption of flexible technology for the competitive advantage*. Working Paper 1-86. School of Management. Boston University.
- SAATY, T.L. (1982). *Decision Making for Leaders*. Belmont, CA: Lifetime Learning Publications.
- SHAIKEN, H. (1985). "The automated factory: the view from the shop floor", *Technology Review*, pp. 17-27.
- SHARIF, M.N.; SUNDARARAJAN, V. (1983). "A quantitative model for the evaluation of technological alternatives", *Technological Forecasting and Social Change*, 24, pp. 15-29.
- SOLOT, P. (1990). "A concept for planning and scheduling in an FMS", *European Journal of Operational Research*, 45, pp. 85-95.
- STECKE, K.E.; RAMAN, N. (1986). *Production flexibilities and their impact on manufacturing strategy*. Working Paper 484. Ann Arbor, Michigan: Graduate School of Business Administration.
- SULLIVAN, W.G. (1986). "Models IEs can use to include strategic, non-monetary factors in automation decisions", *Industrial Engineering*, 18/3, pp. 42-50.
- SWAMIDASS, P.M. (1987). "Manufacturing strategy, environmental uncertainty and performance: a path analytical model", *Management Science*, 33/4, pp. 509-524.
- SWINDLE, R. (1985). *Financial justification of capital projects*. Proceedings of the Autofact, 85 Conference, Detroit, MI.
- TOMBAK, M.M. (1990). "A strategic analysis of Flexible Manufacturing Systems", *European Journal of Operational Research*, 47, pp. 225-238
- VASTAG, G. (1990). "Planning for CIM in Hungary: Facts about and attitudes to implementation". *European Journal of Operational Research*, 45, pp. 96-105.