

Resumen

Este artículo estudia el impacto de la tecnología y la cualificación de la fuerza del trabajo sobre la productividad utilizando una muestra de empresas de la industria española, analizando si este impacto depende de la configuración del sistema de producción mayoritariamente utilizado por las empresas y si existen posibles complementariedades entre las nuevas tecnologías de fabricación y las habilidades de los trabajadores. Los resultados indican que tanto la utilización de tecnologías avanzadas de fabricación como la cualificación de la fuerza del trabajo tienen un efecto significativo sobre la productividad. Asimismo, se detectan efectos sinérgicos significativos dependiendo del sistema productivo utilizado por la empresa.

Palabras clave: sistema productivo, tecnologías avanzadas de fabricación, cualificación de la fuerza de trabajo.

Abstract

This paper analyzes the impact of technology and the workforce skills on the productivity using a sample of Spanish manufacturing firms. Likewise the paper aims to analyze whether this impact relies on the configurations of the manufacturing system mainly used by firms and the existence of possible complementarity between new manufacturing technologies and workforce skills. Results indicate both advanced manufacturing technologies and workforce qualification have a positive and significant effect on the productivity. Additionally, synergistic effects are observed especially when the manufacturing system used is the mass customization.

Key words: manufacturing system, advanced manufacturing technologies, workforce skills.

JEL classification: J24, M11, M15.

LA TECNOLOGÍA, LA CUALIFICACIÓN DE LA FUERZA DEL TRABAJO Y LOS SISTEMAS PRODUCTIVOS: IMPACTO EN LA PRODUCTIVIDAD EN LA EMPRESA MANUFACTURERA ESPAÑOLA (*)

Alejandro BELLO PINTADO

Teresa GARCÍA MARCO

Universidad Pública de Navarra

I. INTRODUCCIÓN

La globalización de la competencia ha intensificado de forma notable la presión competitiva sobre las empresas. Como consecuencia, se ha producido una constante incorporación de innovaciones tecnológicas y organizativas en las empresas industriales, que han transformado la empresa tradicional y modificado notablemente la forma en que estas se organizan para competir con éxito (Osterman, 2000).

En este trabajo se analiza el impacto que la adopción de innovaciones tecnológicas tiene sobre la productividad en una muestra de empresas industriales españolas con gran representatividad. Concretamente, estudiamos el impacto de la implementación de nuevas tecnologías de fabricación (TAF) en la productividad del trabajo. Las TAF son un grupo de tecnologías aplicadas a los procesos de producción que incluyen tecnologías de diseño (por ejemplo, herramientas CAD), tecnologías de procesos de fabricación (por ejemplo, robótica o sistemas de fabricación flexible) y tecnologías aplicadas a la administración de los sistemas productivos (por ejemplo, redes locales o sistemas ERP) (Boyer *et al.*,

1996). Una vista rápida a la literatura relacionada con este tema permite observar que existen numerosos trabajos que han analizado esta relación en diversos entornos. Sin embargo, nuestro trabajo contribuye a la literatura existente porque aborda dos cuestiones hasta ahora muy poco analizadas.

En primer lugar, tanto la utilización de las TAF como la definición de la fuerza del trabajo están condicionadas en gran medida por una decisión estratégica superior, que define el sistema de producción adoptado por la empresa, del que dependen en gran medida los resultados empresariales alcanzados. Sorprendentemente, esta decisión no ha recibido mucha atención en los análisis sobre tecnología y organización en empresas industriales. La matriz producto-proceso propuesta por Hayes y Wheelwright (1984) es sin duda el marco teórico más difundido y aceptado para este análisis. La matriz define un conjunto de estrategias producto-proceso eficientes que van desde la producción por lotes o proyectos (bajo volumen-baja estandarización), los sistemas de producción en masa y, finalmente, los sistemas de producción continua (alto volumen-alta estandarización). Sin

embargo, a pesar de la amplia difusión y reconocimiento de este marco, varios autores señalan que ha sido validada empíricamente solo de forma parcial (Bozarth y McDermott, 1998; Deveraj *et al.*, 2001), e incluso que puede ser ampliada incorporando más dimensiones (Kotha y Orne, 1989; Deveraj *et al.*, 2001). Asimismo, varios autores ponen de manifiesto la necesidad de más evidencia empírica que permita medir y hacer un mejor ajuste entre la elección de producto-proceso en las plantas de fabricación y avanzar en el conocimiento de los nuevos paradigmas de los sistemas de producción como es la personalización en masa (Ahmad y Schroeder, 2002; Kempainen *et al.*, 2008). Entendemos que es particularmente interesante observar si la adopción de TAF y la definición de la estructura de la fuerza de trabajo en lo que se refiere a la cualificación y las habilidades contribuye a reducir el *trade-off* de los distintos sistemas de producción y ampliar así el área de eficiencia que señala la matriz producto-proceso (Ahmad y Schroeder, 2002; Ariss y Zhang, 2002).

En segundo lugar, si bien en general el análisis del impacto de las TAF sobre los resultados empresariales se realiza de forma aislada (Huselid, 1995; Boyer *et al.*, 1996; Swink y Nair, 2007), nuestro trabajo contribuye a este análisis considerando que estos efectos dependerán en gran medida de las habilidades de los trabajadores. En este sentido, la investigación empírica en ciencias sociales viene reconociendo desde hace años la existencia de interrelaciones entre los elementos organizativos y la disponibilidad de recursos, entre ellos la tecnología. Dado que la implementación de TAF en la empresa

no se realiza de forma aislada, su estudio y evaluación debería considerar la posible existencia de interrelaciones con otros factores asociados de la fuerza del trabajo. Si bien las evidencias empíricas en esta línea son más escasas, los resultados señalan que el éxito en la incorporación de nuevas tecnologías está condicionado a la existencia de inversiones en innovaciones organizativas y de infraestructura (Bayo *et al.*, 2008).

En resumen, el objetivo de este trabajo es analizar el impacto de la tecnología y su interacción con la cualificación de los trabajadores sobre la productividad del trabajo en una muestra representativa de empresas de la industria española, en la cual distinguimos según los sistemas de producción utilizados. De forma concreta, estimamos los posibles efectos directos de las TAF, así como la posible existencia de complementariedad de estas tecnologías con la presencia de un mayor porcentaje de licenciados y técnicos en la empresa en un total de 1.896 empresas industriales.

Avanzar sobre estas cuestiones contribuye a la literatura existente de varias formas. En primer lugar, nuestro trabajo ofrece evidencia que confirma la existencia de *trade-off* en la elección estratégica de los sistemas de producción, ya que observamos diferencias en los resultados financieros de las empresas que integran la muestra. Estas diferencias podrían ser el resultado de los distintos niveles de adopción de TAF. En segundo lugar, hemos observado que, en general, las TAF contribuyen a la mejora de los resultados en la mayoría de los sistemas de producción. Asimismo, hemos detectado la presencia de interacciones que confirman la comple-

mentariedad entre las TAF y la cualificación de los trabajadores.

El trabajo se organiza de la siguiente forma. En la sección II se presenta una breve descripción de la literatura previa. La sección III presenta el análisis empírico. En este apartado se describe la muestra analizada, se presenta la estadística descriptiva, las variables a utilizar y el modelo propuesto. La sección IV presenta los resultados. Por último, la sección V recoge la discusión y las conclusiones.

II. INVESTIGACIONES PREVIAS

1. Sistemas de producción, tecnología y productividad

Dentro de las decisiones estratégicas en el campo de las operaciones, las decisiones asociadas a la definición de los procesos productivos tienen gran relevancia debido principalmente a sus implicaciones en diversos aspectos como la elección de la tecnología que debe aplicarse a dichos procesos o la forma de organizar a los trabajadores en torno a la producción.

La matriz producto-proceso propuesta por Hayes y Wheelwright (1979) señala distintas alternativas estratégicas (sistemas de producción) a seguir por las empresas respecto a la amplitud y el volumen de productos. Estos autores han razonado que el lugar donde se posiciona una empresa en la matriz, es decir en producto y proceso, tiene implicaciones en los resultados de manufactura. Si una empresa se localiza fuera de la «banda» de eficiencia, por ejemplo, si un producto *commodity* se produce en pequeños lotes incurriría en cos-

tes de oportunidad que le impedirían competir con los precios de la competencia. Una empresa que siga una estrategia de liderazgo en costes probablemente se focalice en alcanzar economías de escala, y por tanto defina ciclos de producción largos, con pocos cambios, y buscando economías de experiencia en la utilización de tecnologías durante periodos de tiempo más prolongados.

Los sistemas productivos se caracterizan, entre otras cosas, por la mayor o menor intensidad tecnológica aplicada. En general, los sistemas de producción continua son sistemas muy intensivos en el uso de capital y menos dinámicos en la implementación de nuevas tecnologías de fabricación, mientras que en un extremo contrario, los sistemas de producción en pequeños lotes requieren el uso de tecnologías más avanzadas que permitan adaptar de forma rápida el proceso productivo para pequeños lotes de producción. Por ello, en estos sistemas las herramientas de diseño asistido por ordenador o las células de fabricación flexible son más frecuentes.

Si bien existe cierto consenso en reconocer que la matriz tiene un buen poder predictivo sobre los resultados de la empresa (Devaraj *et al.*, 2002), recientemente algunos autores han puesto énfasis en las limitaciones del modelo, señalando, por ejemplo, que las nuevas TAF permiten a las empresas optar por un abanico más amplio de opciones de producto-proceso que las que ofrece la matriz original (McDermott *et al.*, 1997; Ariss y Zhang, 2001). Una evidencia de esta situación son los sistemas de producción de personalización en masa, cuya característica principal es la de soportar una mayor variabilidad

de producto manteniendo altos volúmenes de producción y por tanto unos costes eficientes (Pine II, 1992). A modo de ejemplo, Safizadeh *et al.* (1996) han constatado que plantas con sistemas de producción de flujo continuo que adoptaron TAF han salido de la zona de eficiencia alcanzando mayores niveles de personalización y mejores resultados empresariales.

Estas evidencias ponen de manifiesto que la adopción de TAF pueden contribuir a construir una ventaja competitiva empresarial en tanto mejoran la productividad, la eficiencia de los procesos y facilitan una mayor flexibilidad con la que responder a los clientes y proveedores (Swink y Nair, 2007). A modo de ejemplo, la incorporación de tecnología informática en las plantas industriales puede reducir la rigidez de los procesos internos de diseño, ensamblaje o gestión de materiales, y contribuir eficientemente a un rápido ajuste de los volúmenes de producción en respuesta a los cambios de demanda. Sin embargo, si bien las TAF son recursos de mucho valor, según la teoría de recursos y capacidades, desde un punto de vista estratégico su capacidad para generar ventajas competitivas es cuestionable. Estos recursos no son raros, en general tampoco son escasos, y están sujetos a una continua sustitución como consecuencia del avance tecnológico. Por ello, el potencial de ventaja competitiva asociado a las TAF no se relaciona únicamente a su presencia en los centros de producción sino que depende en gran medida de su encaje en el sistema de producción elegido y, de forma más operativa, de cómo se diseña la organización para explotar todo su potencial.

Respecto al impacto de las TAF en los resultados de eficien-

cia y productividad, *a priori* es esperable que las inversiones en tecnologías avanzadas permitan alcanzar mejoras que rentabilicen estas inversiones. Sin embargo, la evidencia no es del todo concluyente ya que algunos autores han contrastado relaciones positivas (Dean y Snell, 1996; Gordon y Sohal, 2001), otros no han encontrado relación o incluso relaciones negativas con los resultados de fabricación (Boyer *et al.*, 1997; Koc y Bozdog, 2009). Estas discrepancias en los resultados pueden ser consecuencia de que muchos trabajos analizan los efectos de las TAF de forma aislada, sin considerar su relación con el sistema productivo o la puesta en práctica de otras prácticas organizativas que interaccionan con las tecnologías. Este trabajo intenta contribuir a la literatura existente en esta dirección; no obstante, a partir de las evidencias actuales, el efecto esperado de las TAF sobre los resultados empresariales es una cuestión abierta (Sacristán-Díaz *et al.*, 2003).

En cuanto a la evidencia empírica en España, son escasos los trabajos que analizan la adopción de TAF, así como su impacto en los resultados. Huerta *et al.* (2003), utilizando una muestra representativa de toda la industria manufacturera española, señalaban que en general las tecnologías avanzadas tenían una difusión escasa, siendo las que facilitan menor capacidad de adaptabilidad y ajuste al sistema productivo (como las redes locales de datos), las más difundidas, mientras que las más sofisticadas (robótica, sistemas flexibles o tecnología CIM), tenían una menor difusión. Los autores señalaban la importante brecha con países como Estados Unidos o Japón. En esta misma línea, Bayo *et al.* (2010), utilizando una muestra

de 203 empresas industriales navarras de más de 20 trabajadores, señalan bajos niveles de utilización de TAF (3,26/10). Más recientemente, Bello *et al.* (2011), utilizando una muestra de 401 empresas industriales españolas de más de 50 trabajadores, observan niveles mayores de utilización, de media 6,75/10, siendo las herramientas CAD y los sistemas ERP los de mayor difusión, y la tecnología láser, los sistemas de visión artificial y las células de fabricación flexibles las de menor difusión. En este mismo trabajo los autores elaboran un índice de mejora de resultados operativos (calidad, productividad, flexibilidad, etc.) y encuentran una correlación positiva con el índice de utilización de TAF. González Benito (2005), analizando el impacto de ciertas innovaciones de fabricación sobre la *performance*

operativa y financiera de 180 empresas industriales españolas, no encuentra una relación significativa entre las TAF y la rentabilidad de los activos.

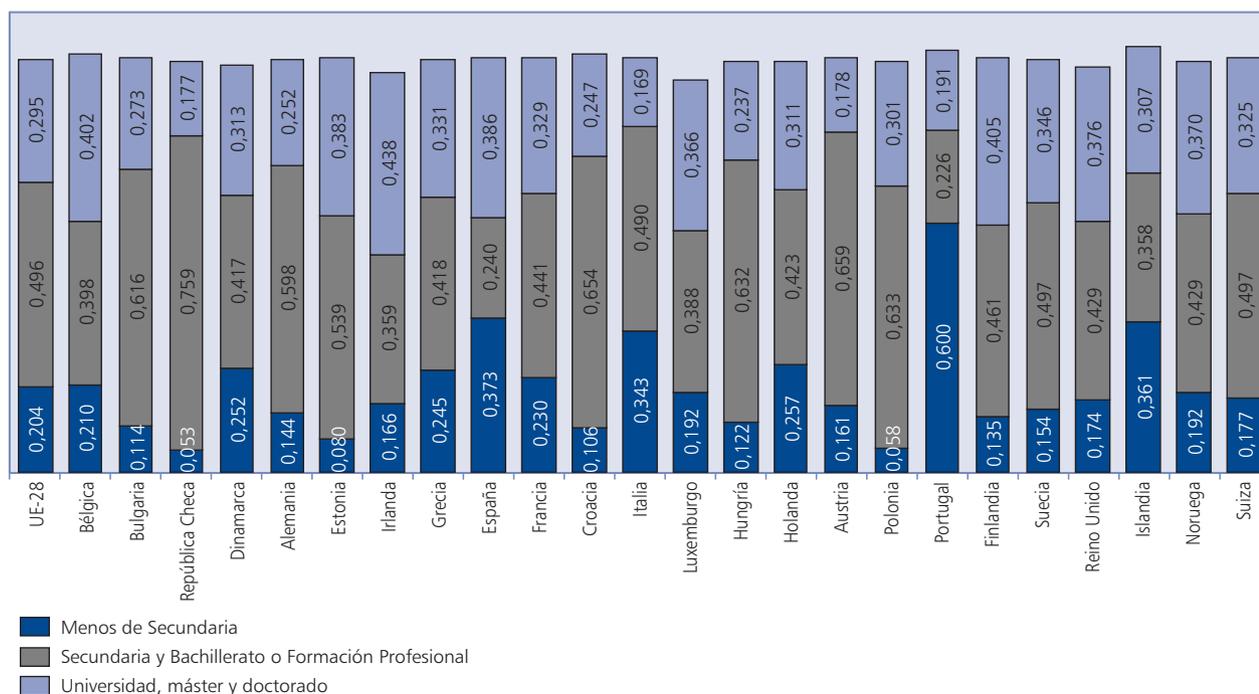
2. Sistemas productivos, tecnología, cualificación de la fuerza del trabajo y productividad

El incremento de la complejidad de los procesos productivos, principalmente como consecuencia de la creciente implementación de TAF, requiere la presencia de un conjunto de conocimientos y habilidades de la fuerza del trabajo superior y diferente. Así, los avances tecnológicos han modificado la composición de las habilidades de la fuerza de trabajo que ha experimentado cambios importantes en las últimas dé-

cadadas en los países de la OCDE (Machin y Van Reenen, 1998), tendiendo a una alta cualificación de la fuerza del trabajo impulsada por la demanda y la utilización de tecnologías más avanzadas (Bayo *et al.*, 2008), y por la sustitución de trabajadores de baja cualificación (Siegel *et al.*, 1997).

La cualificación de la fuerza de trabajo en los países de la Unión Europea es muy variada, como se observa en el gráfico 1. El caso de España es muy significativo y diferente al resto de los países de la Unión Europea: su fuerza de trabajo la componen principalmente trabajadores cuya máxima titulación son los estudios primarios (37,3 por 100) y trabajadores con titulación universitaria (38,6 por 100), siendo este porcentaje uno de los más altos de Europa, mientras que la cualificación me-

GRÁFICO 1
NIVEL DE EDUCACIÓN DE LA FUERZA DEL TRABAJO EN EUROPA



dia que hace referencia a estudios medios o formación profesional es una de las más bajas de Europa (24 por 100). En sentido opuesto nos encontraríamos países con un fuerte tejido industrial, como Alemania, donde la fuerza de trabajo se caracteriza por un nivel de educación medio y una potente formación profesional (58,9 por 100), mientras que los trabajadores con un nivel educativo de estudios primarios o inferior tienen un porcentaje muy bajo (14,4 por 100).

Las evidencias empíricas señalan la existencia de una relación positiva entre TAF y habilidades de los trabajadores, tal y como se ha constatado en algunos entornos industrializados (Patterson *et al.*, 2004; Spits-Oener, 2006). En el fondo, las tareas asociadas a la utilización de TAF son más sofisticadas y requieren de mayores conocimientos y habilidades (Mital y Pennathur, 2004). Así, en línea con Milgrom y Roberts (1995), es de esperar que las TAF y la alta cualificación de los trabajadores sean recursos complementarios en tanto los efectos asociados a la presencia de uno se asocian a la presencia del otro (1). En esta línea, analizando el impacto de las TAF sobre la flexibilidad, asocia la ausencia de relaciones significativas entre ambos elementos a las bajas habilidades de los administradores y los operarios. La implicación de los trabajadores en la solución de problemas asociados a la tecnología (paradas, reparaciones, etcétera) requiere de conocimientos y habilidades para poder actuar de forma autónoma (Das y Jayaran, 2003). La utilización de la información que manejan los sistemas ERP o las redes locales de datos requiere de conocimientos avanzados y de capacidades para trabajar en equipo (Bayo *et al.*, 2008).

Sin embargo, no es tan evidente que la relación entre TAF y la cualificación de los trabajadores sea la misma en los distintos sistemas de producción. De hecho, en lo que alcanza a nuestro conocimiento, no existen evidencias que hayan explorado cómo los sistemas de producción pueden moderar la relación entre tecnología y cualificación. Si observamos los sistemas de producción continua, generalmente caracterizados por una alta automatización y fuertes inversiones en tecnología y capacidad instalada para alcanzar economías de escala, la presencia de una alta cualificación de la fuerza del trabajo no parece ser tan determinante como en los sistemas de producción que personalizan más producción y producen pequeños lotes. En estos, la mejora continua de los procesos es determinante para minimizar los tiempos de cambio, las paradas, la asistencia en planta a los operarios en nuevos proyectos, etcétera. Por tanto, conforme la empresa busque maximizar la eficiencia personalizando productos para sus clientes, la interacción entre las TAF y la proporción de trabajadores cualificados será mayor.

En España, las evidencias relacionadas con esta cuestión son muy escasas y un tanto contradictorias. Bayo y Merino (2004), utilizando una muestra de 965 empresas industriales de más de 50 trabajadores, descartan la existencia de relaciones de complementariedad entre la adopción de TAF y prácticas organizativas que favorecen la implicación de los trabajadores para explicar la mejora en los resultados operativos. Huerta y García (2008), utilizando la misma muestra de empresas y aplicando un análisis clúster, encuentran que las empresas españolas que adoptan de forma simultánea diversos cambios or-

ganizativos y tecnológicos son las que encuentran mejores resultados operativos.

III. EVIDENCIA EMPÍRICA EN EMPRESAS MANUFACTURERAS ESPAÑOLAS

El análisis del papel que la tecnología y la cualificación de la mano de obra tienen en los resultados empresariales es particularmente relevante para el caso español en tanto las evidencias empíricas son muy escasas. El efecto de los distintos sistemas de producción sobre la *performance* de las empresas manufactureras españolas y cómo la adopción de las TAF explican estas diferencias es el objeto de este estudio. Para abordar estas cuestiones, utilizamos los datos que provienen de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) que realiza anualmente la Fundación SEPI. La población de referencia de la ESEE son las empresas españolas con 10 o más trabajadores de lo que se conoce habitualmente como industria manufacturera, con una estructura de panel, y el periodo temporal disponible es 1990-2012. Este estudio se realiza con datos del año 2010. Una de las características más destacadas de esta encuesta es su alta representatividad; la selección se realizó mediante criterios aleatorios y estratificada según el sector y el tamaño de la empresa. El objetivo principal de esta encuesta es captar información acerca de las estrategias de las empresas y proporcionar información sobre mercados, clientes, productos, empleo, resultados, estrategia empresarial, recursos humanos y actividades tecnológicas.

Las variables utilizadas en este estudio son las siguientes:

— Productividad del trabajo

La variable utilizada como variable dependiente para medir la *performance* de la empresa es la productividad por trabajador (*PTN*), que se calcula como el valor añadido en miles de euros, dividido por el personal total medio. En el cuadro n.º 1 se recogen los descriptivos de las variables utilizadas en este estudio. Con respecto a la variable *PTN* se observa que se encuentran en torno al 50 por 100 para toda la muestra.

— Sistemas de fabricación

Con la base de datos de la ESEE hemos creado una variable que recoge los distintos sistemas de fabricación (*SF*). Esta variable toma el valor 1 si el sistema de fabricación utilizado por las empresas para más del 50 por 100 de la producción es de unidades o lotes, 2 si es de fabricación en masa, 3 si es de producción continua y 4 si es de personalización masiva.

Tal y como se recoge en el cuadro n.º 1, en el conjunto de 1.944 empresas que integra la muestra, el sistema de producción predominante es el sistema por lotes que se aplica mayoritariamente en 923 empresas

(47 por 100), seguido de los sistemas en masa utilizado en 498 empresas (26 por 100), los sistemas de personalización en masa en 383 empresas (20 por 100) y, finalmente, los sistemas de producción continua que predomina en 146 empresas de la muestra (7 por 100).

La producción de pocas unidades o lotes suelen ser habituales cuando las instalaciones se organizan en torno a proyectos, lo que facilita la producción de pequeñas cantidades y gran variedad de producto. En la fabricación en masa, el volumen de producción se incrementa y disminuye la variedad del producto. Es de esperar que la necesidad de automatización se incremente en este tipo de fabricación. La fabricación continua es el caso extremo de la matriz, productos muy uniformes con poca variabilidad, altamente estandarizados pero con un gran volumen de producción. El último sistema de producción es la personalización en masa (2), y corresponde a un sistema productivo en masa pero incrementando la variedad y la personalización de los productos. Es en este sistema productivo donde se prevé que la cualificación de los trabajadores afecte más sobre la *performance* final.

— Tecnologías Avanzadas de Fabricación (TAF)

La ESEE dispone de información sobre las TAF, en concreto la utilización de máquinas de control numérico (*MCN*), robótica (*RB*), diseño asistido por ordenador (*CAD*) en el proceso productivo, la utilización de un ordenador central para combinar las máquinas de control numérico, la robótica y el diseño, es decir, un sistema flexible de fabricación (*SFF*) y la utilización de redes locales en la fabricación (*LAN*). Todas estas variables son dicotómicas y toman el valor 1 si las empresas las utilizan en el proceso de fabricación y cero en el resto. Como aparece en el gráfico 2 y en el cuadro A.1 del anexo, en nuestra muestra casi un 54 por 100 de las empresas utilizan máquinas de control numérico, siendo esta tecnología la más utilizada seguida por el *CAD* con un 40 por 100 aproximadamente. Cuando diferenciamos por sistemas de fabricación, el sistema de personalización masiva es el que utiliza mayor porcentaje en todas las tecnologías de fabricación.

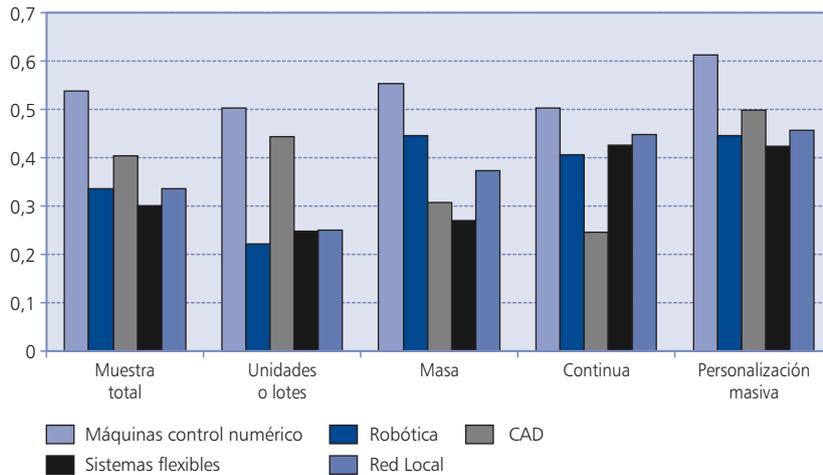
La variable *TAF* comprende la suma de todas las tecnologías de fabricación. Para garantizar la fiabilidad de esta variable se ha calculado el alfa de Cronbach y el

CUADRO N.º 1

DESCRIPTIVOS DE LAS VARIABLES

	NÚMERO EMPRESAS	PTN		PIL		TAF		EDAD		TAMAÑO	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Es.	Media	Desv. Es.	Media	Desv. Es.
Muestra total	1.944	49,843	48,362	6,337	7,999	1,914	1,618	28,890	19,420	193,880	662,916
Unidades o lotes	923	39,690	27,886	5,605	8,246	1,665	1,553	26,983	17,948	104,310	534,210
Masa	498	57,136	43,164	6,895	8,271	1,947	1,600	31,283	20,713	333,718	986,850
Continua	146	68,741	44,927	8,305	7,367	2,028	1,686	33,559	25,883	251,052	368,410
Personalización masiva	383	57,819	79,877	6,643	7,021	2,434	1,643	28,632	17,702	208,958	436,690
Krusk-Wallis X ² (p-valor)		184,919 (0,0001)		59,301 (0,0001)		60,325 (0,0001)		17,116 (0,0007)		269,109 (0,0001)	

GRÁFICO 2
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y TECNOLOGÍAS AVANZADAS
DE FABRICACIÓN EN ESPAÑA (ESEE, 2010)



valor obtenido de 0,7042 corrobora la fiabilidad de la escala empleada. En el cuadro n.º 1 aparecen los primeros descriptivos y se observa que las empresas, de media, utilizan alrededor de dos de estas tecnologías en sus procesos de fabricación.

— Cualificación de la mano de obra

Para medir la cualificación de la mano de obra introducimos una variable que recoge el porcentaje que los ingenieros superiores y licenciados representan sobre el total del personal de la empresa (*PIL*). La estadística descriptiva indica que existen diferencias en la variable *PIL* según sistemas de producción. Así, observamos que en los sistemas de producción continua y en masa el porcentaje de ingenieros y licenciados es mayor que en el resto de sistemas. Una posible explicación de estas observaciones es que la alta automatización que requieren estos procesos de fabricación ha modificado la composición de las habilidades de la

fuerza de trabajo tendiendo a una alta cualificación y una sustitución de trabajadores de baja cualificación en línea con los trabajos de Siegel *et al.* (1997) y Bayo *et al.* (2008).

— Variables de control

En el estudio se han introducido algunas variables de control. Las primeras de ellas miden el tamaño de la empresa y son variables dicotómicas: *PEQ* toma el valor 1 si es una empresa de menos de 50 trabajadores y cero en el resto, *MED* toma el valor 1 si la empresa tiene entre 51 y 250 trabajadores y cero en el resto y, finalmente, se consideran empresas grandes (*GDE*) aquellas que tienen más de 250 trabajadores. En el cuadro n.º 1 se recoge sin embargo el número de trabajadores (*Tamaño*), para analizar si existen diferencias significativas entre los distintos sistemas productivos. El efecto del tamaño en la *performance* empresarial ha sido ampliamente introducido en muchos estudios y sus resultados no son concluyentes.

La segunda variable es la edad de la empresa (*Edad*). El efecto de las nuevas tecnologías de fabricación sobre la *performance* de la empresa puede ser diferente dependiendo del grado de experiencia que posea esta. Por último, se han introducido variables dicotómicas que miden si el sector al que pertenece la empresa es de alta, media alta, media-baja y baja intensidad tecnológica (*IT*) según la clasificación de la OCDE (2001) (ver el cuadro A.1 del anexo).

Los descriptivos de las variables aparecen en el cuadro n.º 1, tanto de la muestra total como de cada una de las submuestras, que corresponden a las empresas cuyo sistema de fabricación mayoritario es en unidades o lotes, en masa, continua o de fabricación masiva. En este cuadro también se incluye el test Kruskal-Wallis (test de rangos de igualdad de poblaciones).

Este test es un método no paramétrico para probar si un grupo de datos proviene de la misma población. Intuitivamente, es idéntico al ANOVA con los datos reemplazados por categorías. Es una extensión de la prueba de la U de Mann-Whitney para tres o más grupos. En este cuadro se observa que existen diferencias significativas entre las poblaciones según los distintos sistemas de fabricación para todas las variables, incluidas las de control.

Respecto a la *performance* empresarial, se observa que los valores más altos de productividad por trabajador se obtienen cuando el sistema de fabricación mayoritariamente utilizado es de fabricación continua (*PTN*, media = 68,741), seguido por el sistema de fabricación de personalización masiva (*PTN*, media = 57,819). El test de Kruskal-Wallis

señala la existencia de diferencias significativas en la productividad por trabajador entre las empresas que siguen distintos sistemas de fabricación.

La cualificación del trabajador medido como porcentaje de ingenieros y licenciados presenta asimismo diferencias significativas según el sistema de fabricación mayoritariamente seguido por la empresa. La fabricación continua y en masa son las que mayor tasa de personal cualificado poseen ($PIL = 8,305$ y $PIL = 6,895$).

Por otra parte, las técnicas avanzadas de fabricación se aplican en mayor medida en aquellas empresas cuyo sistema productivo se basa principalmente en la personalización masiva (TAF , media = 2,434). Es decir, las empresas con un sistema de fabricación que personaliza la producción en masa utilizan un promedio de 2,4 técnicas avanzadas de fabricación.

Respecto a las variables de control, en el cuadro n.º 1 se observa que la edad media de las empresas es de 29 años, y además muestra que las empresas de mayor tamaño y más antiguas son aquellas que siguen procesos de fabricación continuos y en masa, mientras que las más pequeñas y más jóvenes tienen un proceso de fabricación dominante por unidades y lotes.

IV. RESULTADOS

Los cuadros n.ºs 2 y 3 recogen las estimaciones de los modelos de regresión que miden el efecto de las tecnologías avanzadas de fabricación (TAF) sobre una medida de *performance* relacionada con la productividad de la empresa (PTN) y si la presencia de per-

sonal cualificado (PIL) modera este efecto. En el cuadro n.º 2 se analiza la muestra total y se han introducido variables dicotómicas que recogen los diferentes sistemas de fabricación que mayoritariamente siguen las empresas (modelos 2 y 3), tomando el valor 1 si la empresa sigue dicho sistema de fabricación en más del 50 por 100 de las ocasiones. El cuadro n.º 3 presenta el análisis para los distintos sistemas de fabricación.

En el cuadro n.º 2 se observa claramente el efecto positivo de la TAF sobre la productividad y el efecto moderador de la variable PIL . Para ello se realiza una regresión únicamente con las variables

de control (modelo 1), posteriormente se introduce la variable TAF (modelo 2), se amplía este modelo con la variable PIL (modelo 3), introduciéndose en el último el efecto complementario ($TAF \times PIL$). Los resultados indican que en los modelos (2), (3) y (4) la disponibilidad de TAF tiene un impacto positivo y significativo sobre la productividad por trabajador. Asimismo, la incorporación de la cualificación de personal (PIL) tiene un efecto positivo y significativo (modelos 3 y 4). Por otra parte, conforme se introducen nuevas variables en los modelos, el R^2 ajustado se incrementa. Este hecho, junto con el signo positivo y significativo del PIL , indica la existencia de un

CUADRO N.º 2

ESTIMACIONES UTILIZANDO LA MUESTRA TOTAL.
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD POR TRABAJADOR

	PRODUCTIVIDAD POR TRABAJADOR			
	(1)	(2)	(3)	(4)
TAF	-	4,017*** (0,000)	3,369*** (0,000)	3,221*** (0,000)
PIL	-	-	1,484*** (0,000)	1,349*** (0,000)
$TAF \times PIL$	-	-	-	0,658*** (0,000)
MED	7,831*** (0,002)	4,257 (0,106)	3,209 (0,212)	4,491* (0,076)
GDE	15,854*** (0,000)	11,004*** (0,000)	8,862*** (0,002)	8,037*** (0,003)
$EDAD$	0,3754*** (0,000)	0,351*** (0,000)	0,2811*** (0,000)	0,276*** (0,000)
IT media-baja	3,4898 (0,159)	1,775 (0,471)	1,1741 (0,625)	1,753 (0,458)
IT media-alta	11,319*** (0,000)	7,878** (0,010)	3,694 (0,220)	4,134 (0,163)
IT alta	26,004*** (0,000)	26,232*** (0,000)	10,633*** (0,009)	11,678*** (0,004)
$S.F.$ Masa	11,746*** (0,000)	11,556*** (0,000)	11,109*** (0,000)	12,110*** (0,000)
$S.F.$ Continua	20,5416*** (0,000)	20,693*** (0,000)	18,831*** (0,000)	19,599*** (0,000)
$S.F.$ Personalización Masiva	12,750*** (0,000)	10,901*** (0,000)	11,129*** (0,000)	12,424*** (0,000)
N.º observaciones	1.944	1.944	1.944	1.944
R^2 ajustado	0,1141	0,1303	0,1779	0,2059

Nota: (*) p-valor entre paréntesis. * $p < 0,1$; ** $p < 0,05$; *** $p < 0,01$.

CUADRO N.º 3

ESTIMACIONES DISTINGUIENDO POR SISTEMAS DE FABRICACIÓN.
VARIABLE DEPENDIENTE: PRODUCTIVIDAD POR TRABAJADOR

	PRODUCTIVIDAD POR TRABAJADOR							
	Unidades o lotes		Masa		Continua		Personalización masiva	
TAF	2,939*** (0,000)	2,472*** (0,000)	6,966*** (0,000)	5,931*** (0,000)	1,007 (0,657)	1,558 (0,519)	3,876 (0,146)	1,996 (0,389)
PIL	–	0,664*** (0,000)	–	1,755*** (0,000)	–	0,504 (0,343)	–	2,911*** (0,000)
TAF x PIL	–	0,199*** (0,004)	–	0,1281 (0,330)	–	–0,227 (0,441)	–	2,469*** (0,000)
MEDIANA	5,323** (0,015)	5,527** (0,010)	5,991 (0,206)	5,745 (0,206)	6,835 (0,458)	6,522 (0,483)	–1,556 (0,884)	0,468 (0,960)
GRANDE	7,877*** (0,002)	5,656** (0,022)	6,954 (0,159)	5,866 (0,218)	29,158*** (0,003)	28,435*** (0,004)	13,101 (0,245)	6,238 (0,525)
EDAD	0,315*** (0,000)	0,268*** (0,000)	0,172* (0,055)	0,116 (0,187)	0,337** (0,015)	0,316 ** (0,024)	0,765*** (0,001)	0,353* (0,075)
IT media-baja	6,7126*** (0,001)	6,533*** (0,001)	–6,812 (0,154)	–5,508 (0,229)	–0,841 (0,914)	–0,773 (0,923)	0,714 (941)	–2,428 (0,769)
IT media-alta	14,451*** (0,000)	11,157*** (0,000)	–7,625 (0,203)	–6,275 (0,283)	–	–	8,914 (0,432)	3,037 (0,758)
IT alta	21,631*** (0,000)	13,970*** (0,000)	17,592*** (0,003)	–1,999 (0,749)	19,963* (0,050)	14,179 (0,211)	55,267*** (0,001)	5,824 (0,700)
N.º observaciones	926		508		146		380	
R ² ajustado	0,1801	0,2477	0,1105	0,2020	0,1527	0,1426	0,0681	0,3171

Nota: (*) p-valor entre paréntesis. * p < 0,1; ** p < 0,05; *** p < 0,01.

efecto moderador, sinérgico, de la cualificación de personal de la empresa y las TAF sobre la productividad por trabajador. Este resultado estaría indicando que las tareas asociadas a la utilización de las TAF probablemente requieren de mayores conocimientos y habilidades, por ejemplo en la solución de problemas asociados a la tecnología, o la utilización de la información que manejan las redes locales de datos.

Respecto a las variables de control, los resultados indican que el tamaño tienen un efecto positivo sobre la productividad por trabajador, pues las empresas más grandes incrementan la productividad por trabajador. Este efecto se observa también con la edad y el sector tecnológico al que pertenece la empresa, pues aquellas empresas más an-

tiguas y pertenecientes a un sector tecnológico alto incrementan la productividad por trabajador. El sistema de fabricación también es relevante a la hora de determinar la productividad por trabajador, pues, como era previsible, una empresa con un sistema mayoritario de fabricación continua y una alta estandarización de producto incrementa su productividad por trabajador con respecto a otras empresas con diferentes sistemas de fabricación. Como aspecto relevante, después de la fabricación continua el sistema de fabricación que más afecta a la productividad por trabajador sería el de personalización masiva, donde la estandarización del producto es baja. Este resultado corrobora los modelos teóricos que apuntan que este sistema de fabricación basado en innovaciones organizativas, cualificación de personal y tecnologías

avanzadas consigue una alta personalización del producto junto con una alta productividad

En el cuadro n.º 3 se recogen los resultados obtenidos distinguiendo entre sistemas de fabricación. En este cuadro se analiza si el papel moderador de la cualificación de personal en el efecto positivo de las tecnologías avanzadas sobre la productividad por trabajador varía dependiendo del sistema de fabricación mayoritario seguido por la empresa. Las estimaciones sobre la productividad por trabajador (cuadro n.º 3) ponen de manifiesto que el impacto de las tecnologías avanzadas de fabricación (TAF) es significativo y positivo cuando el sistema es de unidades o lotes o en masa. En contra de lo esperado, no observamos un efecto significativo en los sistemas de producción continua y de perso-

nalización masiva, debido probablemente a que el nivel de las TAF es muy elevado en todas las empresas que siguen este tipo de sistema de fabricación (cuadro número 1) pero muy similar. Asimismo, la variable *PIL* es significativa y positiva en todos los modelos excepto cuando el sistema de fabricación utilizado mayoritariamente por la empresa es continuo. En cuanto al efecto moderador de la cualificación del personal se observa claramente que es en el sistema de personalización masiva cuando este efecto es mayor ($TAF \times PIL, \beta = 2,469$); los resultados muestran que las tecnologías avanzadas de fabricación por sí solas no tienen un efecto significativo sobre la productividad por trabajador en un sistema de fabricación de personalización masiva, pero conjuntamente con la cualificación del personal el efecto se vuelve positivo y significativo, siendo el coeficiente mayor que en el resto de los sistemas de fabricación. En los únicos que no se observa este efecto mediador es en los sistemas de producción continua y en masa. En estos sistemas, generalmente caracterizados por una alta automatización y fuertes inversiones en capacidad instalada y tecnología, la presencia de una alta cualificación de trabajadores no parece ser tan determinante como en los otros sistemas de producción, como en unidades o lotes, o sobre todo en el de personalización masiva. En estos, la mejora continua de los procesos es determinante para minimizar los tiempos de cambio, las paradas, la asistencia en planta a los operarios en nuevos proyectos, etc. Por tanto, conforme la empresa busque maximizar la eficiencia personalizando productos para sus clientes, la interacción entre las TAF y la proporción de trabajadores cualificados será mayor.

V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ha analizado el impacto que la tecnología y la cualificación de la fuerza de trabajo tiene sobre una medida de *performance* empresarial como es la productividad por trabajador en una muestra de empresas industriales españolas con alta representatividad del total de la industria. Un aspecto innovador del trabajo es que para estudiar los distintos efectos (directos y de complementariedad) entre tecnología y cualificación de la fuerza de trabajo se ha distinguido entre empresas en función del sistema de producción mayoritariamente aplicado al proceso productivo.

La estadística descriptiva arroja unos resultados que conviene remarcar. En primer lugar, observamos que, de media, existen diferencias significativas en la productividad por trabajador en función del sistema de producción utilizado. El sistema de producción continua, seguido por el de personalización en masa, es el que obtiene niveles de productividad más elevados. Si bien este resultado era esperable en aquellas empresas que siguen el sistema de producción continua, el alto resultado de las que siguen un sistema de personalización masiva caracterizado por una baja estandarización del producto apunta a que se puede conseguir una importante ventaja competitiva realizando productos más personalizados pero con una producción muy eficiente. Las empresas que han aplicado este sistema de fabricación de personalización masiva presentan un tamaño menor que las de fabricación continua, pero una mayor aplicación de las tecnologías avanzadas de fabricación (2,43 sobre 5 tecnologías considera-

das), lo que podría ser la causa del alto grado de productividad alcanzada. En general, observamos que en toda la muestra, de media, la utilización de las tecnologías avanzadas de fabricación es de 1,92 sobre 5 tecnologías consideradas, lo cual pone en evidencia que los niveles de avance tecnológico en la industria española son todavía muy limitados, y por tanto existe un camino importante por recorrer en este sentido.

Con respecto a la utilización de personal cualificado, la media de las empresas españolas está en el 6,3 por 100 y los resultados muestran que existen diferencias significativas entre las empresas con distintos sistemas de fabricación. Las empresas que aplican sistemas de fabricación continua son las que presentan niveles más altos de cualificación de la mano de obra. Esta evidencia estaría señalando un intenso proceso de automatización y sustitución de mano de obra, principalmente poco cualificada, lo que arroja un porcentaje más alto en este tipo de sistemas de fabricación.

En resumen, la estadística descriptiva indica que en general la empresa industrial española presenta escaso avance tecnológico aplicado a sus procesos productivos. Solamente aquellas empresas que aplican sistemas de personalización en masa, es decir, que buscan reducir la estandarización manteniendo altos volúmenes de producción, aplican altos niveles de tecnología.

Los resultados de las estimaciones econométricas se alinean en parte con las observaciones preliminares. Las estimaciones indican que la utilización de las TAF tiene un efecto significativo en productividad por trabajador del conjunto de empresas de la

muestra. Además, observamos que existen efectos sinérgicos significativos entre tecnología y la cualificación de la mano de obra para explicar los resultados financieros.

Por último, cuando distinguimos entre distintos sistemas de producción, las estimaciones arrojan resultados interesantes. En primer lugar, se observa que el impacto de la utilización de las técnicas avanzadas de fabricación es positiva y significativa en los sistemas de producción por unidades o lotes y en masa. Por otra parte, la cualificación de la mano de obra tiene un impacto más generalizado, y su efecto es significativo en todas las empresas excepto en aquellas que aplican mayoritariamente sistemas de producción continua. Por otra parte, se ha detectado el papel de moderador que realiza la cualificación de personal en el efecto de las tecnologías avanzadas de fabricación sobre la productividad por trabajador. Este efecto es positivo y significativo para los distintos sistemas de fabricación, a excepción de las empresas que aplican mayoritariamente fabricación continua. El caso más relevante es el de la personalización en masa, donde el efecto es mayor que en el resto, lo cual indicaría que únicamente la presencia de personal altamente cualificado hace que la aplicación de las tecnologías avanzadas de fabricación surta efecto sobre la productividad por trabajador. El doble objetivo buscado por estos sistemas, de fabricación de alta eficiencia unida a un producto más personalizado y poco estandarizado, se consigue precisamente utilizando una mano de obra cualificada junto con las tecnologías avanzadas de fabricación.

Este trabajo presenta algunas limitaciones relacionadas con la

base de datos utilizada. La primera es que hemos considerado exclusivamente el año 2010. Por otra parte, el estudio se limita a una medida de productividad. Introducir datos de otras medidas de productividad y de *performance* empresarial nos permitiría tener una visión global del efecto de las tecnologías avanzadas de fabricación y de la cualificación de la mano de obra, sin embargo los resultados obtenidos sobre la productividad por trabajador nos dan una buena aproximación de la importancia que estas técnicas y métodos tienen en la gestión de las empresas.

NOTAS

(*) Este trabajo se ha beneficiado de la financiación procedente del proyecto ECO2010-21393-C04-03 del Ministerio de Economía y Competitividad.

(1) Las relaciones de complementariedad pueden ser sinérgicas, cuando la presencia de un recurso magnifica los efectos de otro, o supresora, cuando la presencia de un recurso o el fallo en su implementación disminuye el beneficio potencial de otro (JEFFERS *et al.*, 2009).

(2) Esta variable la hemos construido porque no aparece como tal en la ESEE. Hemos considerado que aquellas empresas con un sistema de fabricación en masa o continua y con una baja estandarización correspondería a los sistemas de fabricación de personalización masiva. Mientras que en fabricación en masa y continua hemos dejado aquellas empresas con sistemas productivos de alta estandarización. Por último hemos suprimido de la muestra aquellas que presentaban sistemas de producción mixtos, es decir que no tenían un sistema de fabricación predominante (más del 50 por 100 de la fabricación).

BIBLIOGRAFÍA

- AHMAD, S., y SCHROEDER, R. (2002), «Refining the product-process matrix», *International Journal of Operations & Production Management*, 22(1): 103-124.
- ARISS, S., y ZHANG, Q. (2002), «The impact of flexible process capacity on the product-process matrix: an empirical examination», *International Journal of Production Economics*, 76(2): 135-145.
- BAYO, A.; BELLO, A., y MERINO, J. (2010), «The effects of Integrated Manufacturing on job characteristics», *New Technology, Work and Employment*, 25: 53-79.

- BAYO, A.; BILLÓN, M., y LERA, M. (2008), «Skills, technology and organisational innovation in Spanish firms», *International Journal of Manpower*, 29(2): 122-145.
- BAYO, A., y MERINO, J. (2004), «Employee involvement: its interaction with advanced manufacturing technologies, quality management, and interfirm collaboration», *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing*, 14(3): 117-134.
- BELLO, A.; BAYO, A.; MERINO, J., y KAUFMANN, R. (2011), *El reto de la innovación en la empresa industrial: la experiencia uruguaya. Un largo camino hacia la competitividad*, Granica, Buenos Aires.
- BOYER, K.K.; WARD, P.T., y LEONG, K.G. (1996), «Approaches to the Factory of the Future. An Empirical Taxonomy», *Journal of Operations Management*, 14: 297-313.
- BOZARTH, C., y McDERMOTT, C. (1998), «Configurations in manufacturing strategy: a review and directions for future research», *Journal of Operations Management*, 16: 427-439.
- DAS, A., y JAYARAM, J. (2003), «The relative importance of contingency variables for advanced manufacturing technology», *International Journal of Production Research*, 41(18): 4429-4452.
- DEAN, J., y SNELL, S. (1996), «The strategic use of integrated manufacturing: an empirical examination», *Strategic Management Journal*, 17(6): 459-480.
- DEVARAJ, S.; HOLLINGWORTH, D., y SCHROEDER, R. (2001), «Generic manufacturing strategies: an empirical test of two configurational typologies», *Journal of Operations Management*, 19(4): 427-452.
- GONZÁLEZ-BENITO, J. (2005), «A study of the effect of manufacturing pro-activity on business performance», *International Journal of Operations and Production Management*, 25(3): 222-241.
- GORDON, J., y SOHAL, A.S. (2001), «Assessing manufacturing plant competitiveness», *International Journal of Operations and Production Management*, 21(1/2): 233-253.
- HAYES, R.H., y WHEELWRIGHT, S.C. (1984), *Restoring our Competitive Edge*, Wiley, Nueva York.
- HUERTA, E.; BAYO, A.; GARCÍA, C., y MERINO, J. (2003), *Los desafíos de la competitividad: La innovación organizativa y tecnológica en la empresa industrial española*, Fundación BBVA, Bilbao.
- HUERTA, E., y GARCÍA, C. (2008), «La frontera de la innovación: la hora de la empresa industrial española», *Working Paper* n.º 139/2008, Fundación Alternativas, Madrid.

<p>HUSELID, M.A. (1995), «The Impact of Human Resource Management Practices on Turnover, Productivity, and Corporate Financial Performance», <i>Academy of Management Journal</i>, 38(3): 635-672.</p> <p>JEFFERS, P.I.; MUHAMMA, W.A., y NAULT, B.R. (2008), «Information Technology and Process Performance: An Empirical Investigation of the Interaction Between IT and Non-IT Resources», <i>Decision Sciences</i>, 39(4): 703-735.</p> <p>KEMPPAINEN, K.; VEPSA, A., y TINNIL, M. (2008), «Mapping the structural properties of production process and product mix», <i>International Journal of Production Economics</i>, 111: 713-728.</p> <p>KOC, T., y BOZDAG, E. (2009), «The impact of am practices on firm performance in manufacturing SMES», <i>Robotics and Computer-Integrated Manufacturing</i>, 25(2): 303-313.</p> <p>KOTHA, S., y ORNE, D. (1989), «Generic manufacturing strategies: a conceptual synthesis», <i>Strategic Management Journal</i>, 10(3): 211-231.</p> <p>MACHIN, S., y VAN REENEN, J. (1998), «Technology and changes in skill structure: Evidence from seven OECD countries», <i>Quarterly Journal of Economics</i>, 113: 1215-1244.</p>	<p>MCDERMOTT, C.; GREIS, N., y FISHER, W. (1997), «The diminishing utility of the product/process matrix: an empirical study», <i>International Journal of Operations and Production Management</i>, 17(1): 65-83.</p> <p>MILGROM, P., y ROBERTS, J. (1995), «Complementarities and fit. Strategy, structure, and organizational change in manufacturing», <i>Journal of Accounting and Economics</i>, 19: 179-208.</p> <p>MITAL, A., y PENNATHUR, A. (2004), «Advanced technologies and humans in manufacturing workplaces: an interdependent relationship», <i>International Journal of Industrial Ergonomics</i>, 33(4): 295-313.</p> <p>OSTERMAN, P. (2000), «Work reorganization in an era of restructuring: trends in diffusion and effects on employee welfare», <i>Industrial and Labor Relations Review</i>, 53: 179-199.</p> <p>PATTERSON, M.G.; WEST, M.A., y WALL, T.D. (2004), «Integrated manufacturing, empowerment and company performance», <i>Journal of Organizational Behavior</i>, 25(5): 641-665.</p> <p>PFEFFER, J. (1998), <i>The Human Equation: Building Profits by Putting People First</i>, Harvard Business School Press, Boston, MA.</p>	<p>PINE II, J. (1992), <i>Mass Customization: The New Frontier in Business Competition</i>, Harvard Business School Press, Boston, MA.</p> <p>SACRISTÁN, M.; MACHUCA, J.A.D., y ÁLVAREZ GIL, M.J. (2003), «A view of developing patterns of investment in AMT through empirical taxonomies: new evidence», <i>Journal of Operations Management</i>, 21(5): 577-606.</p> <p>SIEGEL, D.S.; WALDMAN, D.A., y YOUNGDAHL, W.E. (1997), «The adoption of advanced manufacturing technologies: human resource management implications», <i>IEEE Transactions on Engineering Management</i>, 44(3): 288-298.</p> <p>SPITZ-OENER, A. (2006), «Technical change, job tasks, and rising educational demands: looking outside the wage structure», <i>Journal of Labor Economics</i>, 24(2): 235-270.</p> <p>SUBRANOYM, M. (2008), «A Meta-Analytic Investigation on the Relationship Between HRM Bundels y Firm Performance», <i>Human Resource Management</i>, 48(5): 745-768.</p> <p>SWINK, M., y NAIR, A. (2007), «Capturing the competitive advantage of AMT: Design-manufacturing integration as a complementary asset», <i>Journal of Operations Management</i>, 25(3): 736-754.</p>
--	--	---

ANEXO

TABLA A.1

TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE FABRICACIÓN

	N.º EMPRESAS	MÁQUINAS CONTROL NUMÉRICO		ROBÓTICA		CAD		SISTEMAS FLEXIBLES		RED LOCAL	
		Media	Desv. Est.	Media	Desv. Est.	Media	Desv. Es.	Media	Desv. Es.	Media	Desv. Es.
Muestra total	1.944	0,5370	0,4987	0,3364	0,4726	0,4043	0,4909	0,3009	0,4588	0,3359	0,4724
Unidades o lotes	923	0,5027	0,5003	0,2221	0,4159	0,4431	0,4970	0,2481	0,4321	0,2492	0,4328
Masa	498	0,5522	0,4978	0,4458	0,4976	0,3072	0,4618	0,2691	0,4439	0,3735	0,4842
Continua	146	0,5035	0,5017	0,4056	0,4927	0,2448	0,4315	0,4266	0,4963	0,4476	0,4990
Personalización masiva	383	0,6132	0,4877	0,4447	0,4976	0,4974	0,5007	0,4237	0,4948	0,4553	0,4987

TABLA A.2

SECTORES DE ALTA INTENSIDAD EN I+D SEGÚN LA OCDE. LISTA VIGENTE DESDE 2001

	Periodo 1991-1997	ISIC Rev.3
Alta tecnología		
1. Fabricación de aeronaves y naves espaciales		353
2. Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática		30
3. Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones		32
4. Industria farmacéutica		2.423
5. Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión		33
Media-alta tecnología		
6. Fabricación de vehículos automotores, remolques y semirremolques		34
7. Fabricación de sustancias y productos químicos		24-2.423
8. Fabricación de maquinaria y equipo mecánico n.c.p.		29
9. Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p.		31
10. Fabricación de material ferroviario y otro material de transporte		352+359
Media-baja tecnología		
11. Fabricación de otros productos minerales no metálicos		26
12. Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear		23
13. Construcción y reparación de buques y otras embarcaciones		351
14. Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo		28
15. Fabricación de metales comunes		27
16. Fabricación de productos de caucho y plástico		25
Baja tecnología		
17. Fabricación de papel y productos de papel y actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones		21+22
18. Elaboración de productos alimenticios, bebidas y de productos de tabaco		15+16
19. Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles; Fabricación de artículos de paja y materiales trenzables		20
20. Fabricación de productos textiles, curtido y adobo de cuero; Fabricación de maletas, bolsos de mano, artículos de talabartería y cuarnicionería y calzado		17+19
21. Fabricación de muebles, industrias manufactureras n.c.p. y reciclamiento		36+37

Nota: ISIC: International Standard Industrial Classification.

Fuente: INE. Instituto Nacional de Estadística.