

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y
EMPRESARIALES
Departamento de Organización de Empresas



TESIS DOCTORAL

La influencia de las tecnologías avanzadas de manufactura y las habilidades en el incremento del *performance* de las empresas de manufactura españolas

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Marcela H. Ruiz Vázquez

Directores

Antonio Rodríguez Duarte
Francesco D. Sandulli

Madrid, 2018

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y EMPRESARIALES
DEPARTAMENTO DE ORGANIZACIÓN DE EMPRESAS



**LA INFLUENCIA DE LAS TECNOLOGÍAS AVANZADAS DE
MANUFACTURA Y LAS HABILIDADES EN EL INCREMENTO DEL
PERFORMANCE DE LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA
ESPAÑOLAS**

TESIS DOCTORAL

Presentada por Doña Marcela H. Ruiz Vázquez

**Dirigida por el Profesor Doctor D. Antonio Rodríguez Duarte y el Profesor
Doctor D. Francesco D. Sandulli**

Madrid, 2017

La realización de esta tesis doctoral no habría sido posible sin el apoyo y colaboración de diversas entidades y personas a las que quiero manifestar mi agradecimiento en estas líneas.

Al Prof. Antonio Rodríguez Duarte, asesor de este proyecto, por todo el tiempo dedicado a guiarme en la realización de esta investigación, por su constante estímulo y disposición.

Al Prof. Francesco D. Sandulli, asesor de este proyecto, por brindarme la oportunidad de realizar este proyecto bajo su supervisión.

A la Fundación Carolina y la Secretaría de Relaciones Exteriores (México), por todo el apoyo brindado para venir a España y poder comenzar mis estudios de doctorado.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de México, por todo el apoyo económico brindado y la confianza depositada en mí para poder llevar a cabo mis estudios de doctorado.

A mi familia, especialmente a mis padres que siempre han confiado en mí y me han respaldado en todos los proyectos importantes de mi vida. A mi hermana Natalia, que con su alegría me simplificó la decisión de emprender esta aventura tan lejos de mi país.

A mi hijo Santiago, mi compañerito de vida, por darme la mejor razón para querer dar lo mejor de mí.

Por último, a mi “familia española”, todos esos amigos que me adoptaron como si formara parte de su familia. Por hacerme sentir todo este tiempo en casa.

Muchas gracias a todos.

INDICE

LISTA DE TABLAS	7
LISTA DE FIGURAS	8
LISTA DE CUADROS	9
RESUMEN ESPAÑOL	11
ENGLISH SUMMARY	15
INTRODUCCIÓN	17
CAPÍTULO I: MODELO GENERAL	25
1.1 MARCO TEÓRICO	28
1.1.1 <i>Skill Biased Technical Change</i> (SBTC).....	28
a) Desde el factor neutral al factor de cambio técnico sesgado.....	29
b) Antecedentes: el cambio técnico, las habilidades y los salarios.....	30
c) La prima salarial de la universidad / bachillerato.....	31
d) Niveles de salarios reales por grupo de habilidad.....	34
1.1.2 Polarización del empleo.....	35
a) Los cambios en la estructura ocupacional.....	36
b) Polarización en España.....	45
1.1.3 <i>Routine Biased Technical Change</i> (la hipótesis de la rutinización).....	47
1.1.4 ¿SBTC o RBTC?.....	52
1.2 TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN (TIC) Y PERFORMANCE	55
1.2.1 La importancia de las TIC como impulsoras de la productividad.....	55
1.2.2 TIC y habilidades.....	56
1.3 REVISIÓN DE LA LITERATURA	60
1.3.1 La relación TIC y <i>performance</i>	60
a) Países en vías de desarrollo.....	63
b) El caso de las PYMES.....	64
c) TIC medidas como TAM.....	66
1.3.2 Complementariedad entre habilidades, TIC y <i>performance</i>	71
a) TIC medidas como TAM.....	78
CAPÍTULO II: MODELO ESPECÍFICO	83
2.1 LAS EMPRESAS DE MANUFACTURA FLEXIBLES	85
2.1.1 Definiciones de TAM.....	86
2.1.2 Las tecnologías avanzadas de manufactura como fuente de flexibilidad.....	87
2.2 TAM Y PERFORMANCE	88

2.3 TAM Y HABILIDADES.....	89
2.3.1 Razones por las que importan las habilidades de las personas.....	90
2.3.2 Problemas causados por la automatización en las habilidades de los trabajadores.....	91
2.3.3 Otras razones: SBOC (<i>Skill biased organizational change</i>).....	94
2.4 RELACIÓN TAM, HABILIDADES Y PERFORMANCE.....	95
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA.	
3.1 HIPÓTESIS.....	101
3.2 MUESTRA.....	105
3.3 MODELO.....	106
3.4 VARIABLES.....	106
3.4.1 Habilidades o <i>skills</i>	106
a) Alta, mediana y baja cualificación.....	107
b) Grado de formación.....	108
c) Medición de la variable: habilidades o <i>skills</i>	108
3.4.2 TAM (Tecnologías avanzadas de manufactura).....	112
3.4.3 <i>Performance</i>	115
3.4.4 Variables de control.....	117
3.5 RESULTADOS.....	118
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES.	
4.1 CONCLUSIONES.....	131
4.1.1 El caso de España.....	132
4.1.2 Sumario SBTC o RBTC.....	137
4.2 LIMITACIONES.....	138
4.3 FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN.....	138
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141

LISTA DE TABLAS

TABLA 1: CLASIFICACIÓN DE TIPO DE CUALIFICACIÓN DE ACUERDO A LAS TAREAS REALIZADAS.....	59
TABLA 2: NOMBRE Y TIPO DE VARIABLES UTILIZADAS.....	117
TABLA 3: REGRESIÓN PARA CONTRASTAR LA HIPÓTESIS 1: TAM Y <i>PERFORMANCE</i>.....	118
TABLA 4: REGRESIÓN PARA CONTRASTAR LA HIPÓTESIS 2: TAM, ALTAS HABILIDADES Y <i>PERFORMANCE</i>.....	120
TABLA 5: REGRESIÓN PARA VERIFICAR HIPÓTESIS 2: TAM, BAJAS HABILIDADES Y <i>PERFORMANCE</i>.....	122
TABLA 6: REGRESIÓN PARA CONTRASTAR HIPÓTESIS 3: TAM, ALTAS Y BAJAS HABILIDADES Y <i>PERFORMANCE</i>. TEORÍA DEL RBTC.....	124
TABLA 7: REGRESIÓN PARA CONTRASTAR HIPÓTESIS 3 CON LA FÓRMULA DE SPARREBOOM & TARVID (2016).....	127
TABLA 8: RESUMEN DE LA VALIDACIÓN EMPÍRICA DE LAS HIPÓTESIS.....	128

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: COMPOSICIÓN AJUSTADA UNIVERSIDAD / BACHILLERATO, LOG RATIO DE SALARIO SEMANAL.....	32
FIGURA 2: LOG DE SUMINISTRO RELATIVO.....	32
FIGURA 3: CAMBIOS SUAVIZADOS EN EL EMPLEO POR PERCENTIL DE ACUERDO A LA HABILIDAD PROFESIONAL.....	37
FIGURA 4: CAMBIOS EN LA PROPORCIÓN DEL EMPLEO POR OCUPACIÓN EN 16 PAÍSES EUROPEOS. LAS OCUPACIONES ESTÁN AGRUPADAS POR TERCILES DE SALARIO EN: BAJA, MEDIANA Y ALTA.....	37
FIGURA 5: CAMBIOS EN PORCENTAJE DEL EMPLEO POR OCUPACIÓN.....	39
FIGURA 6: POLARIZACIÓN DEL MERCADO DE TRABAJO EN 15 PAÍSES EUROPEOS, CAMBIOS SUAVIZADOS EN PROPORCIÓN DE HORAS POR PERCENTIL DE HABILIDADES. 1980-2010.....	40
FIGURA 7: POLARIZACIÓN DEL MERCADO DE TRABAJO EN 15 PAÍSES EUROPEOS, CAMBIOS SUAVIZADOS EN PROPORCIÓN DE HORAS POR PERCENTIL DE HABILIDADES. 1994-2010.....	41
FIGURA 8: DESARROLLO DEL EMPLEO RESPECTO A GRUPOS OCUPACIONALES POR SALARIOS EN ALEMANIA. 2000-2010.....	42
FIGURA 9. PROPORCIÓN DEL EMPLEO POR OCUPACIÓN EN FINLANDIA. (2000 VS 2009).....	43
FIGURA 10. POLARIZACIÓN DEL EMPLEO EN DINAMARCA. (1999-2009).....	44
FIGURA 11: CAMBIOS EN LA PROPORCIÓN DE EMPLEO EN EL SECTOR PRIVADO POR OCUPACIÓN.....	46
FIGURA 12: COMPONENTES PRINCIPALES DEL SBTC Y DEL RBTC.....	52
FIGURA 13: RELACIÓN TIC Y <i>PERFORMANCE</i> DE ACUERDO A LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	61
FIGURA 14: RELACIÓN TAM Y <i>PERFORMANCE</i> DE ACUERDO A LA REVISIÓN DE LA LITERATURA.....	66
FIGURA 15: MODELO PARA LA CONTRASTACIÓN DE LAS HIPÓTESIS PLANTEADAS.....	106

LISTA DE CUADROS

CUADRO 1: HALLAZGOS EN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA DE LA RELACIÓN TIC Y <i>PERFORMANCE</i>.	65
CUADRO 2: HALLAZGOS EN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA DE LA RELACIÓN TAM Y <i>PERFORMANCE</i>.	70
CUADRO 3: HALLAZGOS EN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA DE LA RELACIÓN TIC, HABILIDADES Y <i>PERFORMANCE</i>.	76
CUADRO 4: HALLAZGOS EN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA DE LA RELACIÓN TAM, HABILIDADES Y <i>PERFORMANCE</i>.	82
CUADRO 5: RESULTADOS OBTENIDOS EN LA REVISIÓN DE LA LITERATURA SOBRE EL IMPACTO DE LAS TAM Y LAS HABILIDADES EN EL <i>PERFORMANCE</i>.	98
CUADRO 6. MEDICIÓN DE LAS HABILIDADES O <i>SKILLS</i> EN LA LITERATURA.	110
CUADRO 7. MEDICIÓN DE LAS TAM EN LA LITERATURA.	113
CUADRO 8. MEDICIÓN DEL <i>PERFORMANCE</i> EN LA LITERATURA.	116

RESUMEN ESPAÑOL

La presente tesis doctoral lleva por título: “La influencia de las tecnologías avanzadas de manufactura y las habilidades en el incremento del *performance* de las empresas de manufactura españolas”.

En los últimos tiempos, el mercado laboral alrededor del mundo ha mostrado cambios debido a la introducción de nuevas tecnologías. Tanto en EE.UU como en varios países europeos se ha presentado un fenómeno de polarización del empleo, es decir, un aumento en la demanda de trabajadores de alta y baja cualificación y, una disminución en la demanda de trabajadores con mediana cualificación. Este fenómeno de polarización laboral ha sido observado también en España y ha sido documentado por algunos autores (Anghel et al., 2014; Fernández et al., 2015). Con el fin de explicar este fenómeno han surgido dos marcos teóricos: el *Skill Biased Technical Change* (SBTC de aquí en adelante) y el *Routine Biased Technical Change* (RBTC de aquí en adelante). Aunque ambas teorías comparten dos componentes principales (las tecnologías de información y comunicación y, la alta cualificación de los trabajadores), el RBTC añade la necesidad de contar también con personal con baja cualificación para realizar aquellas tareas no-rutinarias que son necesarias en las empresas y que no necesariamente están directamente ligadas con el uso de las nuevas tecnologías. El RBTC está fundamentado en la hipótesis de la rutinización, la cual argumenta que: mientras las máquinas no pueden sustituir fácilmente las tareas interactivas no-rutinarias ubicadas en la parte más baja de la jerarquía ocupacional, si se hacen cargo fácilmente de las tareas rutinarias típicamente realizadas en empleos de mediana cualificación. La tecnología es, entonces, vista como complementaria tanto para empleos analíticos altamente remunerados, como para aquellos interactivos bajamente remunerados (Oesch & Rodríguez, 2011). La teoría del RBTC ofrece entonces, de acuerdo a Lindley y Machin (2014), un refinamiento a la explicación ofrecida por el SBTC. En la revisión de la literatura de este proyecto sobre la relación que existe entre las TIC (tecnologías de información y comunicación) y las habilidades en el *performance* de la empresa, encontramos varios estudios que han encontrado una relación positiva entre estas dos variables. La mayor parte de los estudios revisados se fundamentaban en el SBTC. También es importante observar que, en la mayoría de los estudios encontrados, las TIC eran medidas en diversas formas, siendo la más recurrida el uso del ordenador. Nosotros quisimos matizar la forma de medir las TIC enfocándonos específicamente en el uso de las tecnologías avanzadas de manufactura (TAM de aquí en adelante), ya que éstas son herramientas tecnológicas sumamente importantes para poder flexibilizar la producción de una empresa

manufacturera y generar así una ventaja competitiva. Al analizar la literatura previa, no encontramos estudios basados en el RBTC que midieran las TIC como TAM, por esta razón, al encontrar este gap en la literatura nos planteamos la pregunta de investigación que da origen a este proyecto: ¿Las alta y bajas habilidades son factores complementarios de las TAM para poder mejorar el *performance* de una empresa de manufactura?, es decir, cuando se trata de este tipo de tecnología en específico (TAM), ¿el RBTC explica de forma más adecuada lo que sucede actualmente en el mercado laboral?

Para poder dar respuesta a esta pregunta planteamos tres hipótesis, la primera de ellas relacionando las TAM directamente con el *performance* de la empresa. Esto basado en la premisa de anteriores estudios que sostienen que, estas tecnologías por sí mismas generan una influencia positiva en el *performance*. La segunda hipótesis está basada en el SBTC, argumentando que para que pueda verse mejorado el *performance* de una empresa, esta debe contar además de con las TAM, con personal altamente cualificado. A pesar de que esta segunda hipótesis fue planteada de forma positiva, en realidad, nos interesa que sea refutada ya que como mencionamos anteriormente, nosotros apuntamos a que el RBTC ofrece una mejor adecuación a la situación actual de las empresas manufactureras. Una vez que tenemos planteadas las hipótesis damos paso a la parte empírica de este proyecto. Para ello, se elaboró un modelo que relacionara las variables: TAM, habilidades y *performance*, además del tamaño y el sector de la empresa como variables de control. Posteriormente seleccionamos la muestra de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) que abarca el periodo 2005-2010 como base de datos. Para poder contrastar las hipótesis planteadas, se realizaron una serie de regresiones con datos de panel con un modelo de efectos fijos. Todo esto, utilizando el programa *E-views*, versión 8.

En base a los resultados obtenidos, se pudo concluir que: las TAM tienen una influencia positiva en el *performance* de la empresa de forma directa, esto, cuando se trata de máquinas de control numérico, CAD/CAM y sistemas flexibles de fabricación. En el caso de la robótica esta hipótesis no se cumple. Se encontró también que, en ningún caso, el uso de las TAM y las altas habilidades tienen una influencia positiva en el *performance* de la empresa. Es decir, el SBTC no se cumple para el caso de empresas de manufactura españolas. Por último, encontramos que, las empresas que utilizan CAD/CAM y sistemas flexibles de fabricación además de la mezcla de habilidades propuesta por el RBTC (altas y bajas habilidades) tienen un impacto positivo en el *performance* de la empresa. En el caso de las máquinas de control numérico y la robótica, sin embargo, no se cumple esta hipótesis. En el caso de la

robótica, una de las razones por las cuales podría no haberse cumplido es porque, España no es un país caracterizado por contar con muchas empresas que cuenten con este tipo de tecnología, esta falta de casos puede haber sesgado los resultados. En resumen, podemos concluir que la explicación propuesta por la teoría del RBTC se adapta más a la situación del mercado laboral actual de las empresas de manufactura españolas que el SBTC, teoría muy recurrida en estudios realizados en la década anterior.

ENGLISH SUMMARY

This thesis is entitled: "The influence of advanced manufacturing technologies and skills in increasing the performance of Spanish manufacturing companies".

In recent times, the labor market around the world has shown changes due to the introduction of new technologies. In both, the US and several European countries there has been a phenomenon of employment polarization, i.e. an increase in the demand for high and low skilled workers and a decrease in the demand for workers with medium skills. This phenomenon of labor polarization has also been observed in Spain and has been documented by some authors (Anghel et al., 2014, Fernández et al., 2015). In order to explain this phenomenon, two theoretical frameworks have emerged: Skill Biased Technical Change (SBTC, from now on) and Routine Biased Technical Change (RBTC, from now on). Although both theories share two main components (information and communication technologies and the high qualification of workers), the RBTC also adds the need to also have low-skilled personnel to perform those non-routine tasks that are necessary in companies, and which are not necessarily directly linked to the use of new technologies. The RBTC is based on the routinization hypothesis: while machines can not easily replace non-routine interactive tasks at the bottom of the occupational hierarchy, they easily take over the routine tasks typically performed in jobs with medium qualifications. Technology is then seen as complementary to both, highly paid analytical jobs and low-paid interactive jobs (Oesch & Rodríguez, 2011). The RBTC theory then offers, according to Lindley and Machin (2014), a refinement to the explanation offered by the SBTC. In the literature review of this project about the relationship between information and communications technology (ICT, from now on) and skills in the performance of the company, we find several studies that have found a positive relationship between these two variables. Most of the studies reviewed were based on the SBTC. It is also important to note that, in most of the studies found, ICTs were measured in various ways, the most used being computer use. We wanted to particularize the way of measuring ICT by focusing specifically on the use of advanced manufacturing technologies (AMT, from now on), since these are very important technological tools to be able to flexibilize the production of a manufacturing company and thus generate a competitive advantage. In analyzing the previous literature, we did not find studies based on the RBTC that measured ICT as AMT, for this reason, when finding this gap in the literature we propose the research question that gives rise to this project: The high and low skills are complementary factors of the AMT to be able to improve the performance of a manufacturing

company?, that is to say, when it comes to this type of technology in specific (AMT), the RBTC explains more adequately what is happening in the market labor?

In order to answer this question, we propose three hypotheses, the first of which relates the AMTs directly to the performance of the company. This is based on the premise of previous studies arguing that these technologies by themselves generate a positive influence on performance. The second hypothesis is based on the SBTC, arguing that in order to improve the performance of a company, it must also have the AMT, with highly qualified personnel. Although this second hypothesis was posed positively, in fact, we are interested in being refuted since, as mentioned above, we point out that the RBTC offers a better adaptation to the current situation of manufacturing companies. Once we have hypothesized we give way to the empirical part of this project. To do this, a model was developed that relates the variables: AMT, skills and performance, as well as the size and sector of the company as control variables. Subsequently we selected the sample of the Survey on Business Strategies (ESEE) covering the period 2005-2010 as a database. In order to test the hypotheses, a series of regressions with panel data with a fixed effects model were performed. All this, using the program E-views, version 8.

Based on the results obtained, it was possible to conclude that: the AMT have a positive influence on the performance of the company directly, that is, when it comes to numerical control machines, CAD / CAM and flexible systems. In the case of robotics this hypothesis is not fulfilled. It was also found that, in no case, the use of the AMT and the high skills have a positive influence on the performance of the company. That is, the SBTC is not met for the case of Spanish manufacturing companies. Finally, we find that companies that use CAD / CAM and flexible manufacturing systems in addition to the mix of skills proposed by the RBTC (high and low skills) have a positive impact on the performance of the company. In the case of numerical control machines and robotics, however, this hypothesis is not fulfilled. In the case of robotics, one of the reasons why it might not have been fulfilled is because, Spain is not a country characterized by many companies that have this type of technology, this lack of cases may have skewed the results. In summary, we can conclude that the explanation proposed by the RBTC theory is more suited to the current labor market situation of Spanish manufacturing companies than the SBTC, a theory that has been widely used in studies carried out in the previous decade.

INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos, las empresas de manufactura alrededor del mundo han mostrado grandes cambios tanto en la forma en que se organizan como, en sus procesos de producción, todo esto con el fin de asegurar un buen rendimiento de la empresa. En décadas pasadas, la producción en masa era la mejor alternativa para poder fabricar productos de forma rápida y con bajo coste. Este modelo de producción fue ampliamente utilizado en las décadas posteriores a la Segunda Guerra Mundial, y se basaba en la producción de bienes homogéneos producidos a gran escala. Sin embargo, actualmente las necesidades y las preferencias del cliente han cambiado. La constante evolución tecnológica ha generado un cambio en los hábitos de consumo que ha provocado que las empresas necesiten personalizar sus productos con el fin de satisfacer las preferencias cambiantes de sus clientes. Hoy en día, resulta necesario que las empresas estén en continua evolución, innovando constantemente para poder así generar una ventaja competitiva. En el caso de la industria manufacturera, para poder cambiar el diseño de sus productos de forma rápida, las empresas han tenido que recurrir al uso de tecnologías avanzadas de manufactura (TAM de aquí en adelante) que les permitan tener una producción flexible. Entendemos por flexibilidad a la capacidad que presentan éstas empresas para poder responder de forma rápida a la demanda de variaciones solicitadas por sus clientes. Para ello, deben ser capaces de acortar el tiempo de producción y realizar diseños rápidos que puedan ser producidos eficientemente.

La mejora en el rendimiento de las empresas que puede generar el uso de este tipo de maquinaria ha despertado gran interés en estudios recientes. Muchos de ellos han argumentado que las TAM por sí mismas pueden generar beneficios en el *performance* de la empresa (Baldwin et al., 2003; Monge et al., 2006; Swing & Nair, 2007; Theodorou & Florou, 2008; Koc & Bozdog, 2009), sin embargo, existen varios más que señalan la necesidad de contar con otros factores complementarios para poder generar mejoras significativas en el rendimiento de la empresa. Dentro de estos factores, el más recurrido es la necesidad de contar (además de las TAM) con trabajadores con altas habilidades que tengan la capacidad de operar este tipo de maquinaria (Pagell et al., 2000; Patterson et al., 2004; Dunne & Troske, 2005; Barbosa & Faria, 2008; Bayo et al., 2008; Cordero et al., 2009; Lewis, 2011).

En este aspecto, los estudios previos se pueden agrupar en dos grandes vertientes, la teoría del *Skill Biased Technical Change* (SBTC de aquí en adelante) y la teoría del *Routine Biased Technical Change* (RBTC de aquí en adelante). Estas dos teorías tienen como base común el reconocimiento de la influencia que ha tenido la tecnología en el *performance* de las empresas, también, ambas reconocen la necesidad de contar

con trabajadores altamente cualificados para poder alcanzar altos niveles de *performance*. Sin embargo, existe una característica que distingue a una de la otra. Mientras que el SBTC argumenta que existe una necesidad de contar con tecnología y personal altamente cualificado, a expensas de los trabajadores que posean medianas y bajas habilidades; la teoría del RBTC dice que los trabajadores de bajas habilidades también seguirán siendo necesarios. Esta segunda teoría argumenta este supuesto mediante la hipótesis de la rutinización, la cuál, señala que los empleos están divididos en tareas que pueden dividirse en: rutinarias y no rutinarias. Las tareas rutinarias realizadas principalmente por empleados con medianas habilidades, suelen ser las más afectadas por el desarrollo de herramientas tecnológicas, ya que se trata de acciones fácilmente programables. En cambio, las tareas no rutinarias son (hasta ahora) difíciles de programar ya que requieren del juicio de una persona analítica con capacidad para tomar decisiones o bien, de la interacción con otras personas. Este tipo de actividades no rutinarias, son realizadas por personal con alta y baja cualificación, mientras que las rutinarias generalmente son realizadas por trabajadores con medianas habilidades. Por esta razón, la teoría del RBTC argumenta que las empresas requerirán trabajadores con habilidades tanto altas como bajas, y los que serán fácilmente sustituibles son aquellos que estén en el medio de la estructura ocupacional únicamente. Realizando una revisión de la literatura, hemos encontrado que, la teoría del RBTC parece dar una explicación más completa de lo que ha ocurrido en el mercado laboral en los últimos tiempos. Es aquí cuando surge la pregunta de investigación genérica:

¿Las altas y bajas habilidades son factores complementarios de las TAM para poder mejorar el *performance* de una empresa de manufactura?

Así, para dar respuesta a esta pregunta de investigación este proyecto de tesis se desarrolló de la siguiente manera. En el Capítulo 1, podemos encontrar en primer lugar el marco teórico, en el cuál se hace una descripción (mediante una revisión de la literatura) de las dos teorías principales que han abordado esta relación entre tecnologías, habilidades y *performance*: el SBTC y la teoría del RBTC. Posteriormente, basándonos principalmente en un estudio realizado por Acemoglu y Autor (2010), se da una descripción de como se han ido incrementando la demanda de las altas

habilidades, y además, también es observado un patrón de polarización en la demanda de las habilidades. Este patrón es también observado en otros estudios (Goos et al., 2009; David & Dorn, 2013; Lindley & Machin, 2014; Anghel et al., 2014; Fernández et al., 2015). Una vez que se muestran las conclusiones de estudios que avalan la existencia de una polarización en la estructura ocupacional, damos paso a definir los argumentos que presenta la hipótesis de la rutinización como posible explicación a la polarización del mercado laboral. Dentro de los estudios que encuentran evidencia de esta hipótesis encontramos los de: Levy y Murane (2003), O'Mahony et al. (2008), Goos et al. (2009), Oesch y Rodríguez (2011), Michaels et al. (2014), Lindley y Machin (2014). Posteriormente, damos paso a la revisión de la literatura sobre las principales relaciones que nos permitirán dar respuesta a la pregunta de investigación. En primer lugar, examinamos los estudios previos que han relacionado las TIC con las mejoras en el *performance* de la empresa. En este primer momento, hemos tomado en cuenta los estudios que miden a las tecnologías de información y comunicación (TIC de aquí en adelante) de forma variada, siendo la más recurrida el uso del ordenador. Aquí encontramos que existen numerosos estudios que se han interesado en analizar esta relación, encontrando en su mayoría una influencia positiva por parte de este tipo de tecnología en el *performance* de la empresa (Baldwin et al., 2003; Gretton et al., 2004; Gholami et al., 2004; Draca et al., 2006; Bartel et al., 2007; Koc & Bozdog, 2009; Moshiri & Simpson, 2011; Cardona et al., 2013; Enríquez et al., 2015) y los menos, una relación indeterminada o incluso negativa (Sheperd et al., 2000; Atenzi & Carboni, 2006; Fernández et al., 2007; Bayo et al., 2013). A continuación, revisamos aquellos estudios que miden (como en nuestro caso) a las TIC de forma más específica, es decir, con el uso de tecnologías avanzadas de manufactura. En este caso, también encontramos mayor evidencia de la existencia de una relación positiva que negativa. Entre los estudios que encontraron una relación positiva entre las TAM y el *performance* encontramos: Baldwin et al. (2005), Monge et al. (2006); Swink y Nair (2007), Theodorou y Florou (2008); Koc y Bozdog (2009). En el estudio de Bülbül et al. (2013) se encontró una relación negativa con el *performance* general de la empresa pero, si se encontró una relación positiva con el *performance* de manufactura. Por su parte, Uwizeyemungu et al. (2015), encontraron una relación negativa. Una vez realizada una revisión de la literatura acerca de la relación directa entre las TAM y el *performance*, realizamos una nueva revisión en la que las habilidades parecen jugar un papel sumamente importante que potencia los beneficios de este tipo de tecnologías. En primer lugar, fueron examinados aquellos estudios que han medido las TIC de diversas formas. Estos estudios arrojaron en su mayoría resultados positivos de la influencia que ejercen las altas habilidades en el

performance de la empresa (Black & Lynch, 2001; Bresnahan et al., 2002; Chun, 2003; Gretton et al., 2004; Gholami et al., 2004; Arvanitis, 2005; Pilat, 2005; Atenzi & Carboni, 2006; Bartel et al., 2007; Bayo & Lera, 2007; O'Mahony et al., 2008; Galve-Gorríz & Gargallo, 2010; Moshiri & Simpson, 2011; Blankenau & Cassou, 2011; Seo et al., 2012), son pocos los que también registran un aumento en la demanda de bajas habilidades (Michaels et al., 2011; Kim & Hwang, 2013; Katz & Margo, 2013; Goos et al., 2014). Esto se puede deber a que la mayoría de los estudios tomaba como referencia el marco teórico del SBTC y es posible que pasaran por alto lo que sucedía con la demanda de puestos de trabajo con bajas habilidades. Al realizar una búsqueda de esta misma relación de tecnología – *performance*, complementada por las habilidades pero, ahora medido como TAM, los resultados fueron un poco distintos. Mientras que en los más recientes estudios que median las tecnologías de una forma más general (TIC) encontraban ya indicios de que la demanda de mano de obra con bajas habilidades también aumentaba y no únicamente la de altas habilidades, cuando matizamos la búsqueda considerando únicamente las TAM, esto no parece estar claro. Entre los estudios que encuentran una relación complementaria por parte de las altas habilidades a las TAM para mejorar el *performance* encontramos aquellos realizados por: Patterson et al. (2004), Dunne y Troske (2005), Barbosa y Faria (2008), Bayo et al. (2008), Cordero et al. (2009), Lewis (2001). Al parecer, los estudios que utilizan como variable las TAM se enfocan principalmente en la relación que guarda este tipo de tecnología con las altas habilidades y no prestan atención a lo que sucede con la demanda de mano de obra con baja cualificación. Es aquí donde encontramos un gap en la literatura que nos interesa analizar. Parece clara la necesidad de contar con trabajadores altamente cualificados para poder obtener el máximo beneficio de las TAM, sin embargo, en las empresas de manufactura también se necesitan realizar actividades que no están directamente relacionadas con este tipo de maquinaria.

En el Capítulo 2 de este proyecto, matizamos la importancia de las TAM como fuente de flexibilidad para las empresas de manufactura, las definimos y es descrita la relación que guardan éstas con las habilidades y el *performance*. En este apartado son también enunciadas las hipótesis que serán contrastadas en el capítulo siguiente.

En el capítulo 3 podemos encontrar la parte empírica de este proyecto de tesis. En primer lugar, se presenta un modelo que relaciona las variables seleccionadas, posteriormente se describe la muestra utilizada para la realización de las regresiones que nos permitirán contrastar las hipótesis planteadas. Debido a que este proyecto esta enfocado en las empresas de manufactura españolas, hemos utilizado la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE), la cuál, nos permite acceder a

datos de las empresas con 10 ó más trabajadores de la industria manufacturera, la encuesta abarca las divisiones 10 a 32 de la CNAE-2009, excluyendo la 19. Una vez que contamos con los datos de la encuesta, se realiza una descripción de las variables que utilizaremos en el modelo. En primer lugar se define cada una de ellas y posteriormente, basados en la revisión de la literatura, proponemos la forma en que mediremos las TAM, las habilidades, el *performance* de la empresa y las variables de control. En el apartado de los resultados, podemos encontrar las tablas con las regresiones realizadas para contrastar cada una de las hipótesis. De acuerdo a lo obtenido en este capítulo, se pudo verificar que la teoría del RBTC se adapta más a lo que sucede actualmente en el mercado laboral de España en la industria manufacturera. A pesar de que no en todas las hipótesis que daban soporte a esta teoría tuvieron un resultado positivo, aquellas que se sustentaban en el SBTC fueron negativas, todas ellas.

Por último, el Capítulo 4 esta compuesto por las conclusiones que hemos inferido a partir de los resultados obtenidos en la parte empírica de este proyecto, además de las limitaciones y la propuesta de futuras líneas de investigación.

CAPÍTULO I :

MODELO GENERAL

Actualmente el entorno económico se caracteriza por el cambio continuo, por esta razón, las empresas están sometidas de forma constante a la incertidumbre. Para poder hacer frente a este entorno incierto, muchas empresas tienden a organizarse de una manera más flexible. Las empresas bajo demanda deben ser capaces de responder en cualquier momento a los requerimientos de sus clientes. Las máquinas controladas por ordenador conocidas como tecnologías avanzadas de manufactura (TAM) son herramientas más rápidas, precisas y flexibles en la fabricación. Por otro lado, en las últimas 3 décadas, la diferencia salarial entre los trabajadores de alta y baja cualificación se ha incrementado en los EE.UU y, en menor medida, en Europa. Estos dos factores han llevado a los investigadores a la conclusión de que la prima de habilidades ha aumentado debido al incremento de la demanda de altas habilidades por el uso de tecnología moderna. El resultado observado es que, ha habido un aumento en el costo del trabajo de la mano de obra cualificada y una disminución en la participación en los costos de los menos cualificados, es decir, un cambio técnico sesgado hacia las habilidades (O'Mahony et al., 2008). Sin embargo, en los últimos tiempos también ha sido observado que el empleo de los trabajadores con bajas cualificaciones se ha ido incrementando. Mientras el SBTC afirma que existe la necesidad de contar con personal altamente cualificado para poder manejar herramientas de alta tecnología, la teoría del RBTC sugiere que, para poder tener un buen *performance*, las empresas de manufactura deben contar con personal tanto con altas como bajas habilidades. Es decir, esta segunda teoría sugiere que la proporción de trabajadores que serán afectados por el uso de alta tecnología son solamente aquellos que poseen medianas habilidades.

El objetivo de este proyecto es verificar si la teoría del RBTC puede explicar mejor lo que sucede actualmente en el mercado laboral de las empresas de manufactura españolas.

El tema de este proyecto es importante tanto para las empresas como para los trabajadores. En el primer caso, para las empresas resultaría de utilidad identificar cuál de estas teorías se adapta más a las necesidades de cada país ya que de esta forma, los empresarios pueden reclutar de manera más eficiente a sus trabajadores. En segundo lugar, los resultados también serían de utilidad para los estudiantes que pretenden integrarse a la industria manufacturera. Esto debido a que les puede brindar un panorama de cuáles son los requerimientos formativos que necesitarán para poder desarrollar un trabajo de esta índole.

1.1 Marco teórico.

1.1.1 *Skill Biased Technical Change (SBTC).*

En las últimas 3 décadas, la diferencia salarial entre los trabajadores altamente cualificados y de los baja cualificación se ha incrementado en los EE.UU. y, en menor medida, en Europa. Al mismo tiempo, el número de estudiantes que ingresan a la educación superior ha ido en aumento en las economías más desarrolladas. Estos dos factores juntos, han llevado a muchos economistas a la conclusión de que la prima de habilidades ha aumentado debido a que la demanda de habilidades (debido al uso de tecnología moderna) ha aumentado aún más rápido que la oferta. Esto ha dado como resultado un incremento en el costo del trabajo de la mano de obra cualificada y una disminución en la participación en los costos de los menos cualificados, es decir, un cambio técnico sesgado hacia las habilidades (O'Mahony et al., 2008).

Una posible explicación para que se haya dado este sesgo a favor de las habilidades es que, los puestos de trabajo que la gente hace hoy son radicalmente diferentes de los realizados por personas hace 50, 100 200 o 2.000 años. No hay duda de que, el principal motor de estos cambios es la tecnología, la cual, es complementaria a algunas tareas y un sustituto de otras en las cuales, las máquinas pueden hacer las cosas mucho mejor que los humanos (Manning, 2004). Teniendo en cuenta esto, no es de extrañar que haya habido una larga historia de economistas especulando como ha sido el impacto de la tecnología sobre la demanda de trabajo. El consenso actual entre ellos parece ser que, el impacto de la tecnología sobre la demanda absoluta de la mano de obra ha sido para elevarlo. Una prueba de ello es el enorme aumento de los salarios reales en el tiempo, junto con el aumento de las tasas de desempleo. Para aquellos que han invertido su vida en una habilidad específica que puede ser sustituida por la tecnología, el impacto puede ser desastroso. Pero, no sólo son las diferentes habilidades específicas las que pueden ser afectadas por la tecnología. En los últimos años los economistas han hecho hincapié en el proceso del "cambio que exige conocimientos especializados técnicos", esto refuerza la idea de que la tecnología aumenta la demanda de expertos en relación con los trabajadores no cualificados. Surge aquí un fenómeno ampliamente estudiado por la literatura que vincula el uso de nuevas tecnologías con la necesidad de contar con mano de obra altamente cualificada: el SBTC (cambio técnico a favor de las habilidades).

El SBTC, es el nombre con el que se conoce al fenómeno que se ha presentado en las últimas décadas en muchas empresas en todo el mundo, principalmente en países desarrollados. El SBTC se trata de un cambio en la tecnología de producción que

favorece a la mano de obra cualificada (es decir, trabajadores que cuenten con un mayor nivel educativo, que sean más capaces y tengan más experiencia) por sobre el trabajo no cualificado; el uso de las TIC está sesgado hacia altos niveles de habilidades (Gretton et al., 2004; Oesch & Rodríguez, 2011; Kim & Hwang, 2013; Goos et al., 2014). De acuerdo con Violante (2008), al aumentar la demanda de trabajadores altamente cualificados, el SBTC induce a un aumento en la prima de las habilidades, es decir, un aumento en el ratio de los salarios de los trabajadores cualificados sobre los no cualificados. Otros autores como Dunne y Troske (2005) también hacen referencia a los salarios argumentando que, la hipótesis del SBTC establece que la invención y difusión de las nuevas tecnologías de la información ha aumentado la demanda relativa de trabajadores cualificados y que esto ha dado lugar a un aumento en los salarios relativos de los trabajadores cualificados en comparación con los trabajadores no cualificados (Dunne & Troske, 2005).

a) Desde el factor neutral al factor de cambio técnico sesgado.

Para poder entender mejor este fenómeno, retomamos de la teoría económica la función de producción. Esta teoría considera a la tecnología de producción como una función que describe cómo, una colección de factores de entrada que se pueden transformar en salidas y, define el cambio técnico como un cambio en la función de producción (es decir, un cambio en las salidas para las entradas dadas). La medida tradicional del cambio tecnológico en toda la economía, introducido por Solow (1957), es el factor total agregado (TFP: *total factor productivity*). Solow define un avance del TFP como un aumento en la producción (salidas) que deja a las tasas marginales de transformaciones sin tocar para entradas dadas; por lo tanto, un cambio en TFP es una forma de cambio técnico del factor neutral. Sin embargo, un hecho clave recientemente emergido de los datos pone de relieve los límites de esta conceptualización del cambio técnico. Como se ha mencionado anteriormente, en las últimas décadas, el precio del alquiler de mano de obra cualificada ha aumentado dramáticamente con relación a la de la mano de obra no cualificada a pesar de una importante subida en la relación de suministro de habilidades: por ejemplo, la prima salarial de la universidad es definida como el ratio entre el salario de los graduados universitarios y el salario de los graduados de la escuela secundaria graduados (el cuál pasó de 1,45 en 1965 a 1,7 en 1995), mientras que la oferta relativa de habilidades universitarias se triplicó en el mismo período. Dados estos movimientos en las cantidades relativas, estos cambios en los precios no podían ser generados por los movimientos "a lo largo de la función de producción". El cambio técnico neutral es, por definición, silencioso sobre los cambios en los precios relativos, por lo tanto, para

dar sentido a este fenómeno, se debe introducir el concepto de factor de cambio técnico sesgado hacia las habilidades (Violante, 2008). Aunque este impacto de la tecnología se ha convertido en la sabiduría convencional entre los economistas laborales, Manning (2004) sostiene que, si bien existe algún elemento de verdad en ella, es demasiado simplista esta historia y hay que refinarla para obtener una mejor comprensión del impacto de la tecnología en el mercado laboral.

Lo que es un hecho, es que, el momento de la subida de la prima por cualificación ha coincidido con la rápida difusión de las tecnologías de información y de comunicación en el lugar de trabajo, por lo tanto, un candidato natural para esta ola de SBTC es la "revolución de la tecnología de la información". Amplias investigaciones documentan una correlación estadística entre el uso de las nuevas tecnologías, como las computadoras y, la cuota de empleo de los trabajadores cualificados (Bresnahan et al., 2002; Chun, 2003; Gretton et al., 2004; Bartel et al., 2007; Bayo & Lera, 2007; O'Mahony et al., 2008; Galve-Górriz & Gargallo, 2010; Blankenau & Cassou, 2011; Seo et al., 2012).

b) Antecedentes: el cambio técnico, las habilidades y los salarios.

Como hemos mencionado anteriormente, el incremento de la prima de la educación que se dió con la aparición del rápido cambio técnico sustenta la aparición del SBTC. Por esta razón, en esta sección se describirá como se fueron dando estos cambios a lo largo del tiempo.

Como inicio, se pudo observar que los cambios de las últimas décadas en la distribución de los ingresos y los retornos (*returns*) de la universidad, en el mercado laboral de EE.UU., han motivado una amplia literatura que investiga la relación entre el cambio técnico y los salarios. El punto de partida de esta literatura es la observación de que el retorno a las habilidades, por ejemplo, medido por los salarios relativos de los trabajadores graduados universitarios a los de bachillerato, muestra una tendencia a aumentar con múltiples décadas. Esto a pesar del gran aumento secular en relación a la oferta de trabajadores con estudios universitarios. Este fenómeno sugiere que, concurrentemente con el incremento en el suministro de habilidades, se ha producido un aumento en la demanda (relativa) de habilidades. Dicha demanda se vincula a la tecnología, y en particular al sesgo del cambio técnico. Esta perspectiva hace hincapié en que el retorno (*return*) a las habilidades (y a la universidad) está determinado por una carrera entre el aumento de la oferta de cualificaciones en el mercado laboral y el cambio técnico (que se supone que esta sesgado hacia las habilidades), en el sentido de que las mejoras en la tecnología de forma natural aumentan la demanda de

trabajadores más cualificados, entre ellos, los graduados universitarios (en relación con los trabajadores no-universitarios).

En su estudio, Acemoglu y Autor (2010) proporcionan una visión general de las tendencias en la educación, los niveles salariales, la distribución de los salarios, y la composición ocupacional en el mercado laboral de EE.UU. durante las últimas cinco décadas. También ofrecen algunas comparaciones con la evolución del mercado laboral en las economías de la Unión Europea. Este recuento de hechos, ayuda a comprender la estructura cambiante de la oferta y demanda de habilidades y, la evolución de la distribución salarial proporciona información sobre cómo los valores de mercado de los diferentes tipos de habilidades han cambiado con el tiempo.

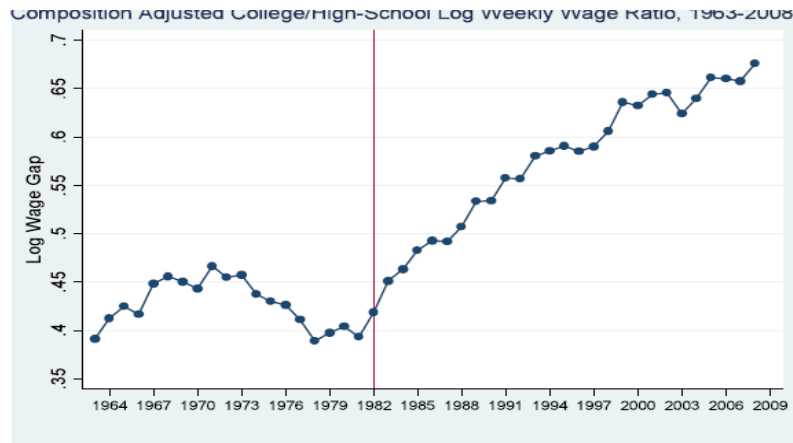
c) La prima salarial de la universidad / bachillerato.

El SBTC induce a un aumento en la prima de las habilidades, medido como el ratio de los salarios de trabajadores cualificados sobre los no-cualificados (Violante, 2008). Una aproximación útil, aunque burda es considerar que el mercado de trabajo consta de dos tipos de trabajadores: los “*skilled*” (cualificados) y los “*unskilled*” (no-cualificados), e identificar el primer grupo con los graduados universitarios y el segundo con los graduados de bachillerato. Bajo estos supuestos, la prima de la universidad, es decir, el salario relativo de los trabajadores educados en universidad frente al de los trabajadores educados en bachillerato, puede ser visto como una medida que resuma la valoración de los mercados de las habilidades. Acemoglu y Autor (2010) analizaron la prima salarial semanal en el mercado laboral de EE.UU. para trabajadores a tiempo completo, para los años comprendidos desde 1963 hasta el 2008 encontrando los siguientes hallazgos. En primer lugar, después de tres décadas de aumento, la prima de la universidad se situó en 68 puntos en 2008, una marca de marea alta para el período de la muestra completa. Una prima de la universidad de 68 puntos de registro implica que los ingresos del graduado universitario promedio en 2008 fueron superiores a las del promedio de graduados del bachillerato en un 97 por ciento (figura 1). En segundo lugar, en las últimas tres décadas no obstante, la prima de la universidad no mostró siempre una tendencia al alza. Entre 1971 y 1978 se muestra una notable disminución de ésta. Por último, un tercer hecho destacado es que la prima de la universidad alcanzó un punto de inflexión a finales de la década de 1970. Esta prima tendió a disminuir a lo largo de la década de 1970, antes de dar marcha atrás en el final de la década. Esta reversión de la tendencia de la prima de la universidad es fundamental para la comprensión del

funcionamiento de la oferta y la demanda en la determinación de la desigualdad salarial entre los grupos.

Figura 1. Composición ajustada universidad / bachillerato, log ratio de salario semanal.

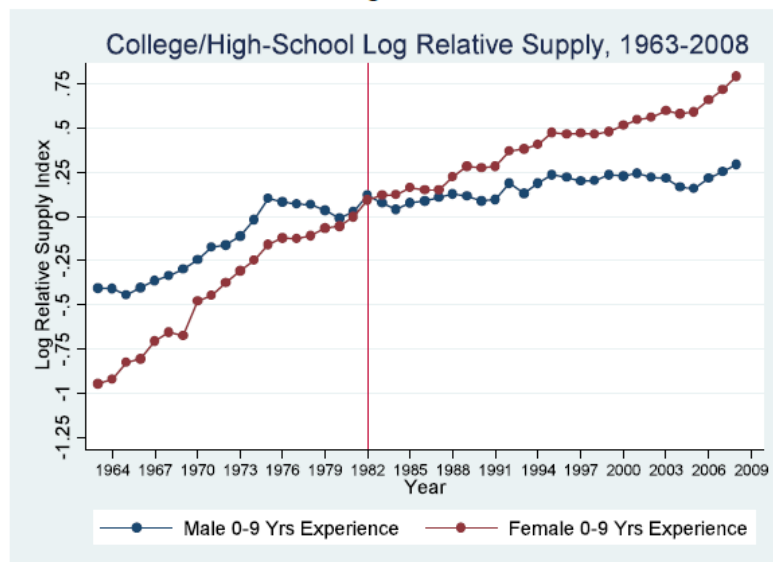
Fuente: Acemoglu y Autor (2010).



Source: March CPS data for earnings years 1963-2008. Log weekly wages for full-time, full-year workers are regressed in each year on four education dummies (high school dropout, some college, college graduate, greater than college), a quartic in experience, interactions of the education dummies and experience quartic, and two race categories (black, non-white other). The composition-adjusted mean log wage is the predicted log wage evaluated for whites at the relevant experience level (5, 15, 25, 35, 45 years) and relevant education level (high school dropout, high school graduate, some college, college graduate, greater than college). The mean log wage for college and high school is the weighted average of the relevant composition adjusted cells using a fixed set of weights equal to the average employment share of each group. The ratio of mean log wages for college and high school graduates for each year is plotted. See Data Appendix for more details on treatment of March CPS data.

Figura 2. Log de suministro relativo.

Fuente: Acemoglu & Autor (2010).



Source: March CPS data for earnings years 1963-2008. See note to Figure 2. Log relative supply for 0-9 and 20-29 years of potential experience is plotted for males and females.

La prima de la universidad, como una medida resumen de la cotización de las habilidades es afectada por, entre otras cosas, la oferta relativa de habilidades.

Desde el final de la Segunda Guerra Mundial hasta finales de 1970, la oferta relativa de trabajadores universitarios aumentó fuertemente y de manera constante, con cada cohorte de trabajadores que ingresan al mercado de trabajo que cuenta con una tasa proporcionalmente mayor de educación universitaria que las cohortes inmediatamente anteriores. Además, el aumento de la oferta relativa de trabajadores universitarios se aceleró a finales de 1960 y principios de 1970. Revirtiendo esta aceleración, la tasa de crecimiento de los trabajadores universitarios se redujo después de 1982 (figura 2).

Para poder explicar la desaceleración de la oferta de la universidad en la primera década de 1980, Acemoglu y Autor (2010) ponen de relieve cuatro factores principales. En primer lugar, la guerra de Vietnam impulsó artificialmente la asistencia a la universidad durante la década de 1960 y principios de 1970 porque los hombres podían, en muchos casos, aplazar el servicio militar al inscribirse en la escuela post-secundaria. Este motivo probablemente contribuyó a la aceleración de la oferta relativa de habilidades durante la década de 1960. Cuando la guerra de Vietnam terminó en la década de 1970, las tasas de matrícula universitaria se redujeron drásticamente, especialmente entre los varones, lo que lleva a una disminución en las tasas de finalización de la universidad una década más tarde. En segundo lugar, la prima de la universidad se redujo drásticamente durante la década de 1970 probablemente debido al descenso en los ingresos relativos universitarios. Esto desalentó a los estudiantes de bachillerato a matricularse en la universidad. En tercer lugar, las grandes cohortes del “*baby boom*” que entraron en el mercado de trabajo en los años 1960 y 1970 eran más educadas y numerosas que las cohortes que salían, lo que llevó a un rápido aumento en el *stock* de escolaridad promedio de la fuerza laboral. Cohortes nacidas después de 1964 eran significativamente más pequeñas, y por lo tanto, su impacto sobre la población global de la educación de la fuerza laboral fue también menor. Por último, y lo más importante quizá es que, mientras que la tasa de finalización femenina de la universidad se recuperó de su post-Vietnam era después de 1980, la tasa de finalización masculina de la universidad nunca volvió a su trayectoria anterior a 1975 (figura 2). Entre 1940 y 1980, la proporción de adultos jóvenes de 25 a 34 que habían completado un título universitario de cuatro años en el comienzo de cada década se triplicó entre ambos sexos, de 5 por ciento (mujeres) y 7 por ciento (hombres) en 1940, a 20 por ciento y 27 por ciento respectivamente, en 1980. Después de 1980, sin embargo, esta trayectoria cambió diferencialmente por sexo. La finalización de la universidad entre las mujeres adultas jóvenes se desaceleró en la década de 1980,

pero luego se recuperó en las dos décadas siguientes. La finalización universitaria de sexo masculino, en cambio, alcanzó su punto máximo con la cohorte que tenía de 25-34 años en 1980.

d) Niveles de salarios reales por grupo de habilidad.

Un aumento en la prima salarial de los universitarios es consistente con un aumento en el salario real de los universitarios, una caída del salario real de trabajadores de bachillerato, o ambos. El movimiento en los salarios reales, así como en los relativos, son cruciales para la interpretación de los datos. Los modelos canónicos utilizados para analizar la prima de la universidad por Acemoglu y Autor (2010) predicen de manera robusta que los cambios en la demanda a favor de los trabajadores cualificados aumentarán tanto el rendimiento de la educación, como los ingresos reales de todos los grupos de habilidades (por ejemplo, trabajadores con universidad y trabajadores con estudios de bachillerato).

En la primera década del periodo de la muestra de su estudio, estos autores registran en los años 1963 y 1973 que, los salarios reales aumentaron abrupta y relativamente de manera uniforme para ambos sexos y para todos los grupos de educación. El crecimiento de los salarios registrado en este periodo de diez años es, aproximadamente, de un 20 por ciento. Después de la primera crisis del petróleo en 1973, los niveles salariales cayeron con fuerza al principio, y luego se estancaron durante el resto de la década. Cabe destacar que este estancamiento fue también relativamente uniforme entre los géneros y grupos de educación. En 1980, el estancamiento de los salarios dió paso a tres décadas de creciente desigualdad entre los grupos de educación, acompañadas de bajas tasas globales de crecimiento de las ganancias, especialmente entre los varones. Los salarios reales aumentaron para los trabajadores con educación superior, en particular, para los trabajadores con una educación post-universitaria y, cayeron abruptamente para los trabajadores menos educados (en particular, para los varones con menor nivel educativo).

Junto a estas tendencias generales, se presentan tres hechos clave sobre la evolución de los ingresos (clasificados por grupos de educación) que no son evidentes a partir de su categorización de acuerdo a la prima salarial universidad/bachillerato. En primer lugar, una parte considerable del aumento de los salarios relativos de los trabajadores universitarios con respecto a los no-universitarios desde el año 1980 hacia adelante, se explica por el aumento de los salarios de los trabajadores con educación post-universitaria (es decir, con títulos de post-bachillerato). Los ingresos reales de este grupo aumentaron de forma abrupta y continua desde al menos la década de 1980 en

adelante. Por el contrario, el crecimiento de los ingresos entre los que tienen exactamente un grado de cuatro años era mucho más modesta. Un segundo hecho es que, una de las principales causas inmediatas de la creciente brecha de ingresos de la universidad/bachillerato no es que estuviesen aumentando abruptamente los salarios universitarios, sino que los salarios de los hombres (especialmente con menor nivel educativo) estaban disminuyendo rápidamente. Los ingresos reales de los hombres con menos de un título universitario de cuatro años, cayeron abruptamente entre 1979 y 1992. Los salarios para hombres de baja cualificación rebotaron modestamente entre 1993 y 2003, pero nunca llegaron a sus niveles de 1980. Para las mujeres, la situación era cualitativamente similar. Un problema potencial para la interpretación de estos resultados es que, la disminución de la medida de los salarios reales de los trabajadores con menor nivel educativo enmascaran un aumento de su remuneración total (después de contabilizar el valor proporcionado por los empleadores en beneficios no salariales como: la salud, vacaciones y días de enfermedad). El tercer hecho clave es que, si bien las diferencias de ingresos entre algunos graduados (de la universidad y de la escuela secundaria) y los trabajadores de deserción escolar se expandieron considerablemente en la década de 1980, estas brechas se estabilizaron a partir de entonces. En particular, los salarios de los desertores de escuela, graduados de la escuela secundaria, y aquellos con alguna educación superior se movían en gran parte en paralelo desde la década de 1990 hacia adelante.

1.1.2 Polarización del empleo.

El SBTC, como ya hemos visto, predice un incremento en la demanda de mano de obra altamente cualificada, sin embargo, no se pronuncia respecto al crecimiento que se ha producido de la demanda de mano de obra de baja cualificación. Es aquí cuando surge la necesidad de complementar esta explicación que brinda el SBTC tomando como referencia el marco teórico del RBTC (cambio técnico a favor de la rutina).

Acompañando a la polarización salarial, se ha dado un marcado patrón de polarización en el trabajo tanto en EE.UU. como en la Unión Europea. Por esta razón, resulta importante referirse al simultáneo crecimiento de la proporción del empleo en alta cualificación, con altos salarios y, de baja cualificación con bajos salarios. Trabajos recientes sobre la estructura del mercado de trabajo han proporcionado pruebas de la polarización del trabajo, es decir, un aumento de la ocupación y los salarios en el extremo superior e inferior de la distribución del empleo/salario, con una disminución de los puestos de trabajo intermedios (Oesch & Rodríguez, 2011; Kim & Hwang, 2013;

Katz & Margo, 2013; Goos et al., 2014). Para poder dar paso a explicar este fenómeno ocurrido en la distribución ocupacional del mercado laboral en los últimos tiempos, empezaremos por definir lo que entendemos por polarización. De acuerdo a lo encontrado en la literatura podemos entender por polarización:

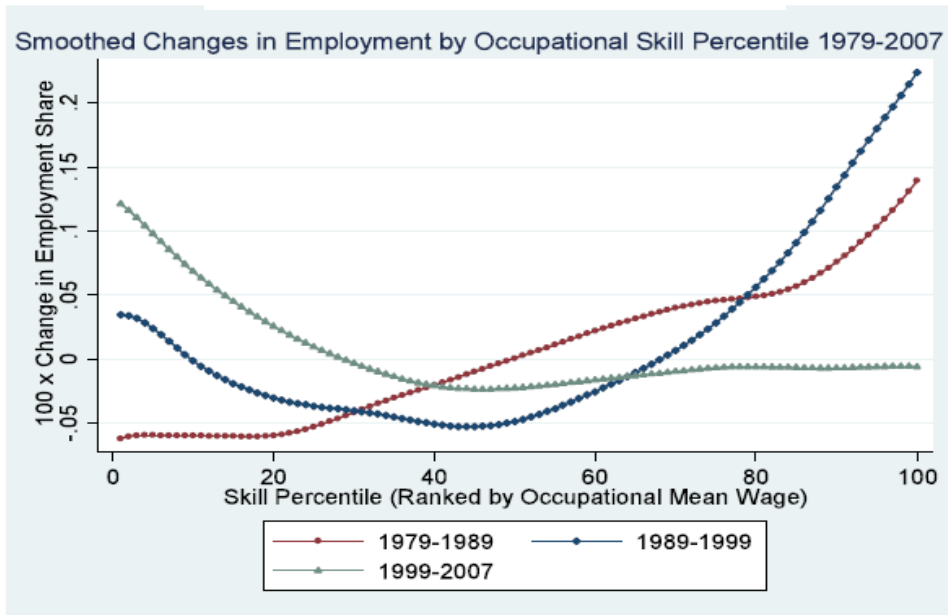
- Se trata del fenómeno caracterizado por una clara disminución en la proporción de ocupaciones con salarios medianos (Anghel et al., 2014).
- Este fenómeno, pone atención al agrupamiento de la población alrededor de polos distantes y antagónicos (Fernández et al., 2015).
- La polarización del trabajo aparece cuando la proporción del empleo de los profesionales altamente pagados y gerentes, además de la proporción de trabajadores de servicios con bajo salario se incrementan a expensas de la proporción de empleo de los trabajadores del medio (empleos de manufactura y oficina) (Goos et al., 2009).
- Es el fenómeno en el cual el empleo para las ocupaciones de salarios altos y bajos se incrementa, pero disminuye para las ocupaciones a mediano salario (Keller & Utar, 2016).

a) Los cambios en la estructura ocupacional.

A continuación, veremos algunos estudios que evidencian la polarización en el mercado de trabajo tanto en EE.UU como en Europa. La figura 3, retomada del estudio de Acemoglu y Autor (2010), representa el cambio sobre cada una de las últimas tres décadas en la proporción de empleo en EE.UU. explicada por 318 ocupaciones detalladas que abarcan todos los empleos de ese país. Estas ocupaciones se clasifican en el eje x por su nivel de habilidad (de menor a mayor), donde el rango de la habilidad para una ocupación es aproximada por la media de los salarios de los trabajadores en la ocupación en 1980. El eje y de la figura, corresponde al cambio en el empleo en cada percentil ocupacional (como proporción del empleo total de EE.UU.) durante la década. La altura de cada percentil de habilidad mide el crecimiento en cada ocupación con relación al todo.

Figura 3. Cambios suavizados en el empleo por percentil de acuerdo a la habilidad profesional.

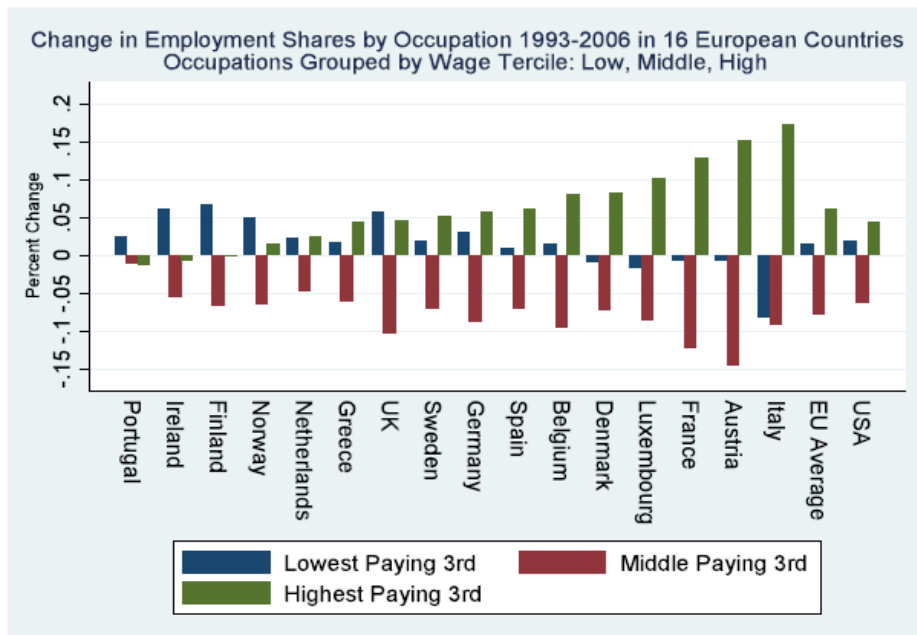
Fuente: Acemoglu y Autor (2010).



Source: Census IPUMS 5 percent samples for years 1980, 1990, and 2000, and Census American Community Survey for 2008. All occupation and earnings measures in these samples refer to prior year's employment. The figure plots log changes in employment shares by 1980 occupational skill percentile rank using a locally weighted smoothing regression (bandwidth 0.8 with 100 observations), where skill percentiles are measured as the employment-weighted percentile rank of an occupation's mean log wage in the Census IPUMS 1980 5 percent extract. Mean education in each occupation is calculated using workers' hours of annual labor supply times the Census sampling weights. Consistent occupation codes for Census years 1980, 1990, and 2000, and 2008 are from Autor and Dorn (2009a).

Figura 4. Cambios en la proporción del empleo por ocupación en 16 países europeos. Las ocupaciones están agrupadas por terciles de salario en: baja, mediana y alta.

Fuente: Acemoglu y Autor (2010).



Source: Data on EU employment are from from Goos, Manning and Salomons, 2009a. US data are from the May/ORG CPS files for earnings years 1993-2006. The data include all persons ages 16-64 who reported having worked last year, excluding those employed by the military and in agricultural occupations. Occupations are first converted from their respective scheme into 326 occupation groups consistent over the given time period. These occupations are then grouped into three broad categories by wage level.

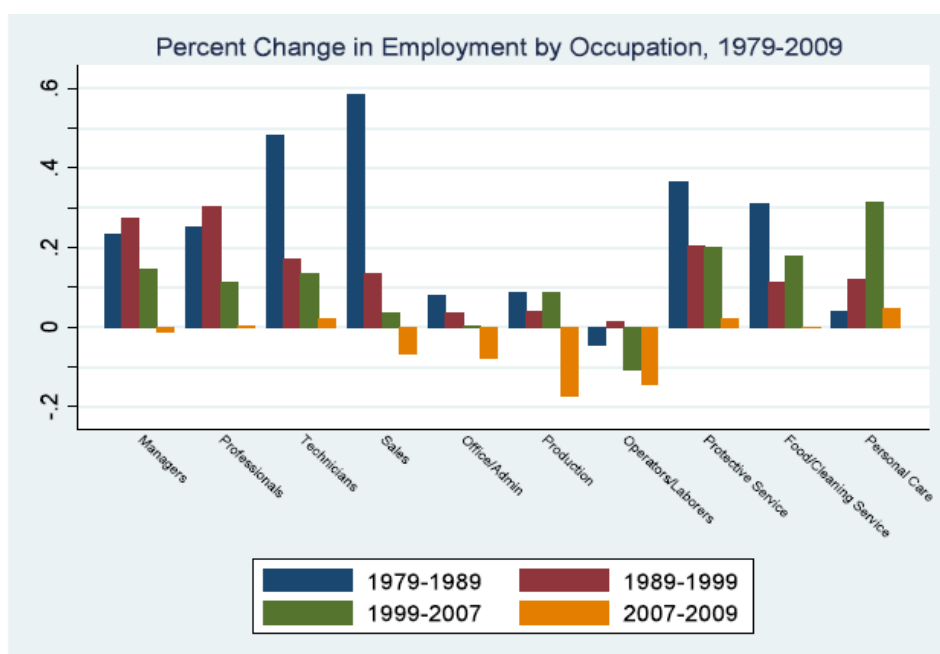
La figura revela un giro pronunciado en la distribución del empleo a través de las ocupaciones en más de tres décadas, que se hace más pronunciado en cada periodo. Durante la década de 1980 (1979-1989), el crecimiento del empleo por ocupación era casi monótono en una habilidad ocupacional. En la década siguiente, esta relación monótona dio paso a un patrón distinto de polarización. El crecimiento relativo del empleo fue más rápido en altos percentiles, pero también fue moderadamente positivo en percentiles bajos (percentil 10 y abajo) y, modestamente negativo en percentiles intermedios. Por el contrario, durante la década más reciente (para los que dispone de datos este estudio, de 1999-2007), el crecimiento del empleo se concentra en los tres deciles más bajos de las ocupaciones, por lo tanto, el crecimiento desproporcionado de la baja educación y las ocupaciones de bajos salarios se volvió evidente en la década de 1990 y se aceleró después.

Este patrón de polarización del empleo no es exclusivo de EE.UU., como se muestra en la figura 4. La polarización del empleo se manifiesta en toda la UE durante este período. En todos los 16 países representados, las ocupaciones con salarios medianos declinan como proporción del empleo. Los mayores descensos se producen en Francia y Austria (por 12 y 14 puntos porcentuales, respectivamente) y se produce el descenso más pequeño en Portugal (1 punto porcentual). La disminución promedio no ponderado, en el empleo de habilidades medianas a través de los países es de 8 puntos porcentuales. La participación cada vez menor de las ocupaciones con salarios medianos se contrarresta por el crecimiento en las ocupaciones de altos y bajos salarios. En 13 de 16 países, las ocupaciones con salarios altos aumentaron su participación en el empleo, con una ganancia promedio de 6 puntos porcentuales mientras que; las ocupaciones de bajos salarios crecieron como porcentaje del empleo en 11 de 16 países. Cabe destacar que en los 16 países, las ocupaciones de bajos salarios aumentaron en tamaño en relación con las ocupaciones de salarios medianos, con una ganancia media del empleo en ocupaciones de salarios bajos a medianos de 10 puntos porcentuales. La figura 5 refleja los cambios específicos en la estructura ocupacional que impulsan la polarización de empleo en los Estados Unidos. La figura traza los cambios en puntos porcentuales de los niveles de empleo (por década) para los años de 1979 a 2009 y abarca, los 10 principales grupos ocupacionales de EE.UU en el empleo no agrícola. Estas ocupaciones se dividen en tres grupos: en el lado de la mano izquierda de la figura, se encuentran las ocupaciones gerenciales, profesionales y técnicas. Se trata entonces, de las ocupaciones altamente educadas y remuneradas. Entre un cuarto y dos tercios de los trabajadores en estas ocupaciones, tienen al menos cuatro años de formación universitaria titulada en 1979, con la

participación más baja de la universidad en ocupaciones técnicas y la más alta en las ocupaciones profesionales. El crecimiento del empleo en estas ocupaciones fue robusto a lo largo de las tres décadas representadas. Las siguientes cuatro columnas, muestran el crecimiento del empleo en ocupaciones de medianas habilidades, que comprenden en este estudio (Acemoglu & Autor, 2010) ventas; soporte de oficina y administrativo; producción, artesanía y reparación y; operador, fabricante y obrero. Los primeros dos (de este grupo de cuatro) son de habilidades medianas, ocupaciones de cuello blanco que están desproporcionadamente en poder de mujeres con un título de bachillerato o alguno universitario. Las dos últimas categorías son una mezcla de ocupaciones de cuello azul con habilidades medianas y poco cualificadas que están desproporcionadamente en manos de los hombres con un diploma de bachillerato o educación inferior.

Figura 5. Cambios en porcentaje del empleo por ocupación.

Fuente: Acemoglu y Autor (2010).



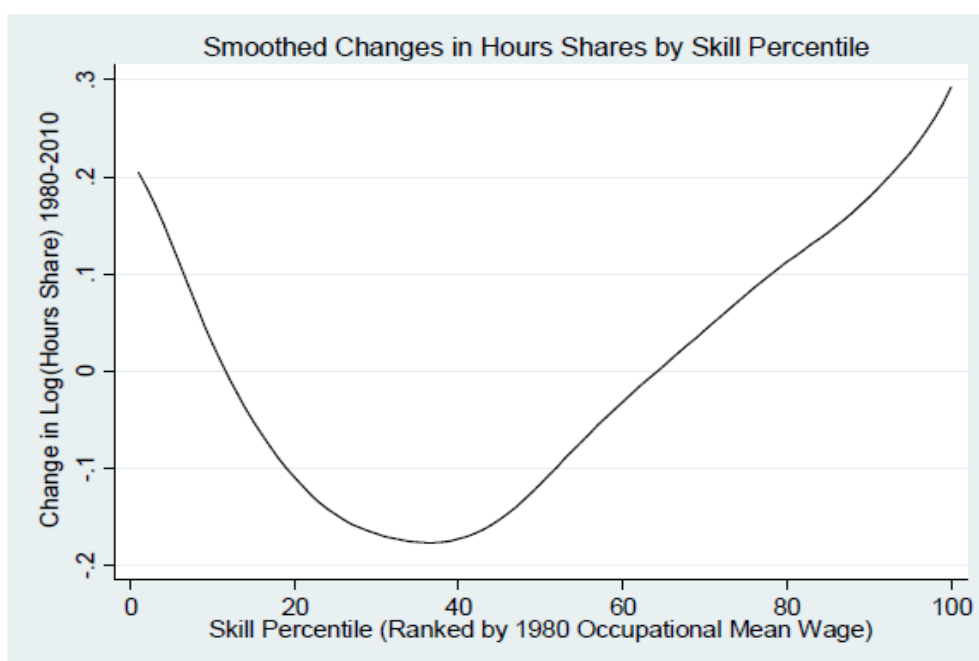
Source: May/ORG CPS files for earnings years 1979-2009. The data include all persons ages 16-64 who reported having worked last year, excluding those employed by the military and in agricultural occupations. Occupations are first converted from their respective scheme into 326 occupation groups consistent over the given time period. All non-military, non-agriculture occupations are assigned to one of ten broad occupations presented in the figure.

Las tres últimas columnas muestran las tendencias del empleo en ocupaciones de servicios, que están definidas como puestos de trabajo que implican ayudar, cuidar o asistir a otras personas. La mayoría de los trabajadores en este tipo de ocupaciones, no tienen educación post-secundaria y la media de los salarios por hora están, en la mayoría de los casos, por debajo de las otras siete categorías ocupacionales.

En otro estudio realizado en EE.UU y Europa, se encontraron también, patrones de polarización del mercado de trabajo. Lindley y Machin (2014) encontraron lo siguiente (figura 6).

Figura 6. Polarización del mercado de trabajo en 15 países europeos, cambios suavizados en proporción de horas por percentil de habilidades. 1980-2010.

Fuente: Lindley y Machin (2014).

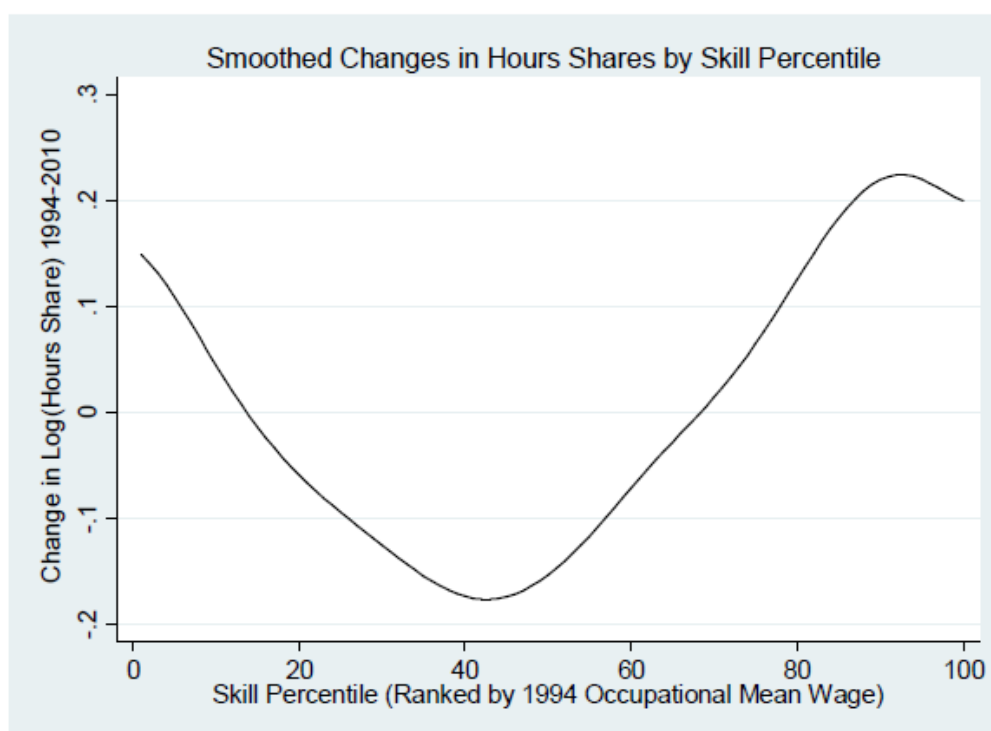


En esta figura se muestra la polarización del mercado de trabajo en EE.UU para 320 ocupaciones consistentemente definidas. La gráfica reproduce el patrón en forma de U en el crecimiento del empleo. El eje de las x de la figura ordena las ocupaciones de 1980 del salario más bajo al más alto, luego muestra el crecimiento en horas en cada percentil de esa distribución de habilidades inicial. El crecimiento en horas se define en términos relativos, de modo que, un número por encima de cero representa un crecimiento relativo y un número debajo de cero un crecimiento negativo. Así, podemos observar un patrón de crecimiento de las horas en habilidades altas y, un hueco en las habilidades medianas, pero también, un crecimiento positivo en los empleos bajos.

Esta polarización del mercado de trabajo observada en la figura, se ha vuelto una figura recurrentemente referida en la literatura de la desigualdad (Lindley & Machin, 2014). La figura 7 muestra una gráfica de polarización comparativa para 15 países europeos entre 1994 y 2010. El crecimiento de las horas relativas a través de la distribución salarial de las ocupaciones es inicialmente definida en 1994. El patrón en forma de U del crecimiento relativo de las horas de trabajo observado en el mercado de EE.UU. es también observado en los países europeos.

Figura 7. Polarización del mercado de trabajo en 15 países europeos, cambios suavizados en proporción de horas por percentil de habilidades. 1994-2010.

Fuente: Lindley y Machin (2014).



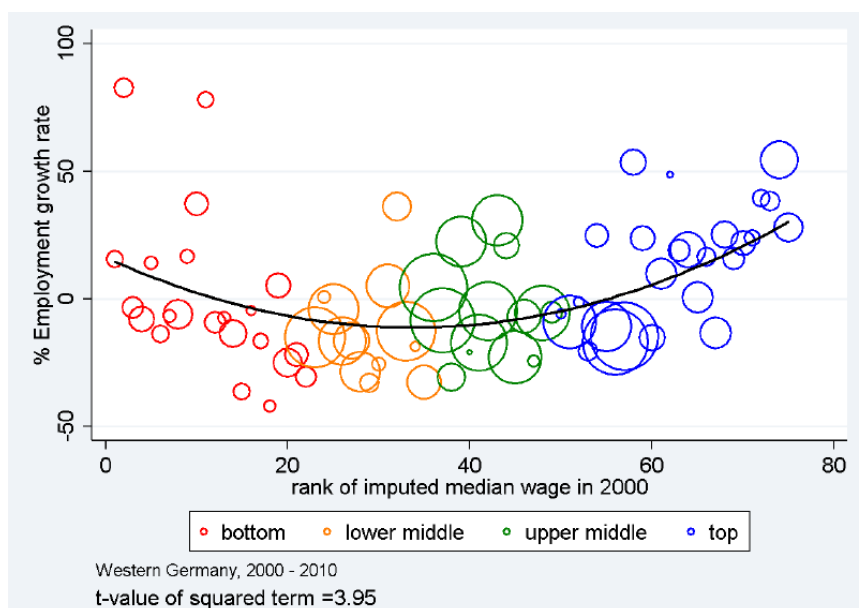
En otro estudio, Goos et al. (2009), buscaron identificar el impacto en el empleo del progreso tecnológico en 16 países europeos. Ellos encontraron que, las tecnologías de producción se han vuelto más intensas en el uso de tareas no rutinarias a expensas de las tareas de rutina. Los cambios que estos autores observaron en la estructura del trabajo en Europa mostraron ser similares a aquellos que tomaron lugar en EE.UU y R.U. Por su parte, David y Dorn (2013), en su estudio realizado en EE.UU también encontraron evidencia de polarización. Se encontró que, mientras en las pasadas casi tres décadas se ha visto un declive en los ingresos y empleo de las ocupaciones con bajas habilidades, el empleo en las ocupaciones de servicio mostró una sorprendente

excepción. Entre los años 1980 y 2005, la proporción de horas trabajadas en ocupaciones de servicio entre trabajadores sin estudios universitarios aumentó en más de un 50% (David & Dorn, 2013).

En un estudio realizado en Alemania, Blien y Dauth (2016) encontraron que, la hipótesis de polarización sólo se confirma débilmente para este país. El empleo crece en la parte superior de la distribución salarial, se encoge en el centro y es constante en la parte inferior de la distribución (Blien & Dauth, 2016). Al menos esto es cierto para el período de observación de 1980 a 2010, para la década reciente de 2000, sin embargo, la hipótesis de la polarización se confirma. En la figura 8 podemos observar estos resultados, en ella se presenta el desarrollo de los 67 grupos de ocupación durante 10 años para todo el mercado de trabajo de Alemania Occidental. El tamaño de las burbujas representa el número de personas clasificadas en estos grupos. En el eje horizontal, los grupos ocupacionales se ordenan según su salario medio diario de los trabajadores a tiempo completo al comienzo del período de observación (2000-2010). En el eje vertical se muestra el crecimiento porcentual o la disminución del empleo. La curva en U obtenida durante este periodo de tiempo apoya la hipótesis de la polarización, es decir, los altos salarios y los empleos de baja remuneración se desarrollan bien, mientras que la mitad de la distribución se pierde (Blien & Dauth, 2016).

Figura 8. Desarrollo del empleo respecto a grupos ocupacionales por salarios en Alemania. 2000-2010.

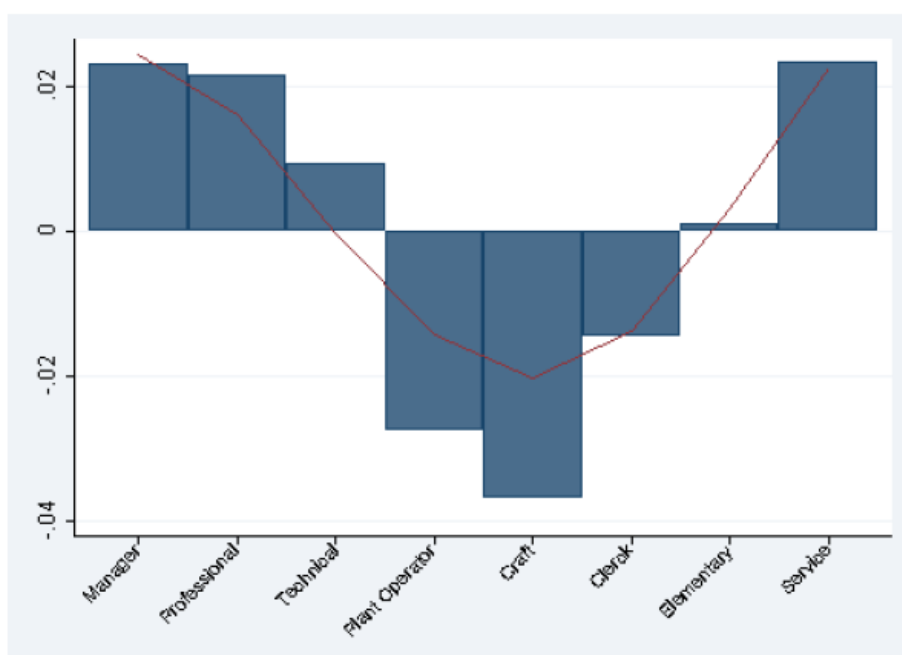
Fuente: Blien y Dauth (2016).



En un estudio realizado en Finlandia por Kerr et al. (2016), se analizó la polarización ocupacional dentro y entre empresas usando datos de panel de empleadores y empleados. Se encontró que, al igual que en la mayoría de los países industrializados, la distribución ocupacional en Finlandia ha estado polarizándose en las últimas décadas (figura 9), con la erosión de los empleos de producción y de oficina de nivel medio, mientras que las ocupaciones de servicios de baja cualificación y ocupaciones de especialistas de alta cualificación ganan participación (Kerr et al., 2016). En la figura 9 podemos observar que, los patrones de polarización en los años noventa y los 2000's son distintos, se puede notar que había muy poca evidencia del patrón en forma de U en los años noventa, mientras que la polarización se hizo bastante evidente en los años 2000's.

Figura 9. Proporción del empleo por ocupación en Finlandia. (2000 vs 2009).

Fuente: Kerr et al. (2016)

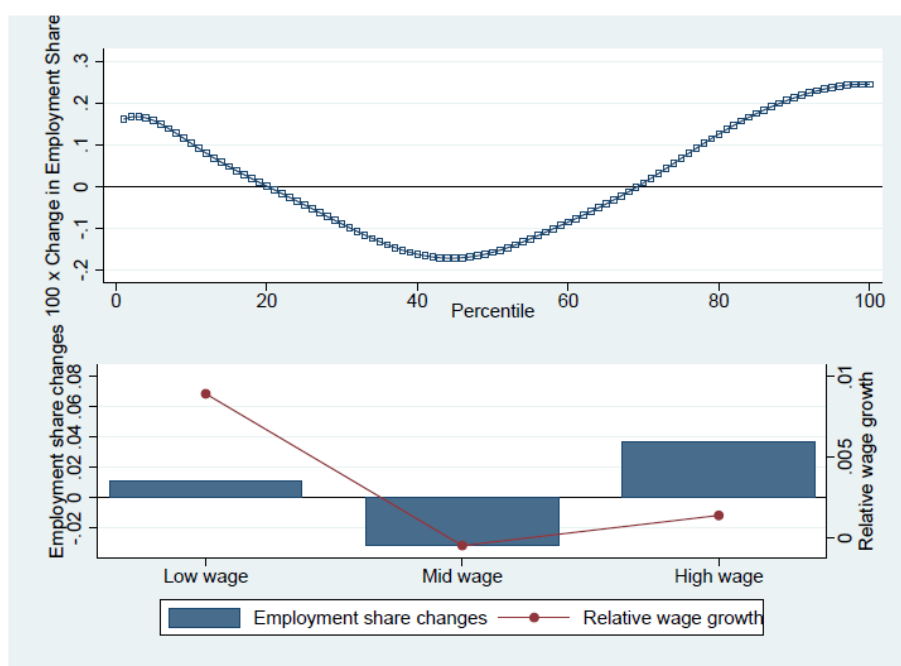


En un estudio realizado en Dinamarca por Keller y Utar (2016) se encontró que, la competencia de las importaciones es una de las principales causas de la polarización del empleo. La competencia de importación con China representa aproximadamente el 17% de la disminución agregada de los empleos de medianos salarios. Este estudio resalta también la importancia de la formación del trabajador ya que, se observó que

los trabajadores con formación profesional para una ocupación de servicios pueden evitar moverse hacia empleos de bajos salarios de servicio, y entre ellos, aquellos trabajadores con educación en tecnología de la información son mucho más propensos a ocupar puestos de trabajo de altos salarios que otros trabajadores (Keller & Utar, 2016). La parte superior de la figura 10 muestra la polarización del trabajo en Dinamarca entre los años 1999 y 2009. Las magnitudes son comparables a las documentadas para otras economías más grandes como la de Estados Unidos.

Figura 10. Polarización del empleo en Dinamarca. (1999-2009).

Fuente: Keller y Utar (2016)

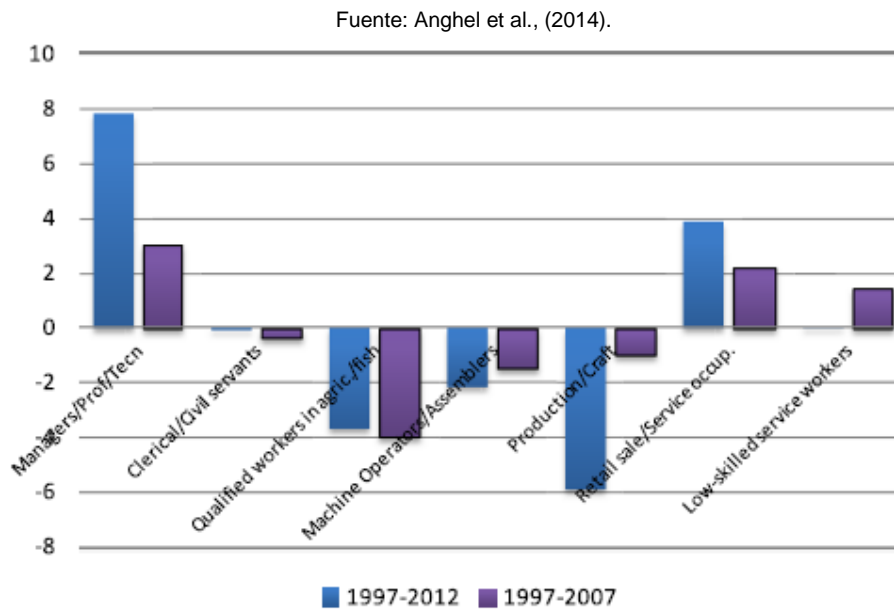


Utilizando datos suecos detallados de empleadores y empleados para el período 1997-2013, Heyman (2016) encontró evidencia sobre la polarización del empleo dentro de la empresa. Aplicando un marco de descomposición, se encontró que tanto los componentes dentro de la empresa como entre la empresa son importantes para la polarización global del trabajo. También se muestra cómo el patrón dentro de la empresa está relacionado con la influencia del cambio tecnológico de rutina, la deslocalización y automatización de los puestos de trabajo. Los resultados indican que la rutina de los empleos parece ser el factor más importante detrás del patrón observado de polarización del trabajo dentro de la empresa (Heyman, 2016). Llevar el análisis hasta el nivel de la empresa parece confirmar el importante papel que desempeña el cambio tecnológico de rutina.

b) Polarización en España.

En su artículo, Anghel et al. (2014) analizan los cambios en la participación ocupacional en España en un periodo de 15 años (1997-2012). Estos autores encontraron pruebas claras de polarización del empleo entre 1997 y 2012 que se aceleraron durante la recesión. Como se puede observar la figura 11, las ocupaciones fueron clasificadas de acuerdo a los salarios promedio de 1995 (desde el más alto hasta el más bajo). Los datos de la figura revelan que, entre 1997 y 2012 hubo tres grupos que ampliaron su participación en el empleo del sector privado: gestores, profesionales y técnicos, vendedores al por menor y ocupaciones de servicio. El resto de las ocupaciones (la mayoría de producción y de artesanías), así como trabajadores cualificados en la agricultura y operadores de máquinas y ensambladores, experimentaron una disminución. Por último, los funcionarios y oficinistas disminuyeron sólo ligeramente. De acuerdo a este estudio se puede observar que, las ocupaciones en expansión fueron aquellas, las cuáles, sus contenidos tienen mucho que ver con tareas abstractas o de servicios. En resumen, se observaron incrementos en la proporción para el empleo en trabajos de gerentes, técnicos y profesionales, así como, ventas al por menor y ocupaciones de servicio. Por otro lado, se observaron disminuciones en la proporción de ocupaciones manuales (Anghel et al., 2014). Este estudio concluye que existe una clara evidencia de polarización en España tanto para el periodo de expansión como de recesión en el intervalo de tiempo estudiado (15 años). Sin embargo, el patrón de polarización observado fue distinto entre 1997 y 2007 y en el periodo de recesión. Durante los 10 primeros años (que coinciden con el periodo de expansión), las ocupaciones con baja paga se expandieron en términos de empleo en relación a las ocupaciones con salario promedio, pero también, con respecto a las ocupaciones altamente remuneradas.

Figura 11. Cambios en la proporción de empleo en el sector privado por ocupación.



En otro estudio realizado en España, Fernández et al. (2015), encontraron un aumento en la polarización en los mercados de trabajo españoles. Los resultados señalaron que la polarización en este país disminuyó entre 2006 y 2008 en la población total. La recesión económica provocó un aumento de la polarización para el conjunto de la población en 2010. El grupo más perjudicado (debido a la polarización) fueron los hogares con un sostén principal con cualquiera de las siguientes características: nivel medio de educación, autónomos que trabajan en actividades comerciales, hoteleras o de fabricación (Fernández et al., 2015).

1.1.3 *Routine Biased Technical Change* (la hipótesis de la rutinización).

La polarización en el crecimiento del empleo a lo largo de la distribución de habilidades ha sido identificada como una figura importante, para explicar el modo en que los mercados de trabajo en los países desarrollados han cambiado en las últimas décadas. El incremento de la polarización ha sido identificado como un aspecto clave para el aumento de la desigualdad en el mercado de trabajo. Los investigadores empíricos han estudiado recientemente, como esta polarización ha interactuado con la tecnología y las tareas que los trabajadores realizan en sus trabajos. En particular, se ha puesto atención a la noción de que los empleos con medianas habilidades han sido afectados.

El progreso de la informática era casi insignificante desde 1850 hasta la época de la computación electromecánica (es decir, utilizando *relays* como interruptores digitales) desde principios del siglo XX. El procesamiento de tareas que eran inconcebiblemente caras hace 30 años (como buscar el texto completo de la biblioteca de una universidad) para una sola cita, se convirtió en algo trivialmente barato. Autores como Levy y Murane (2003) relacionan la polarización trabajo a las rápidas mejoras en la productividad y, a la disminución en el precio real de las tecnologías de información y comunicación. Goos et al. (2009), buscaron identificar el impacto en el empleo del progreso tecnológico en 16 países europeos y encontraron que, las tecnologías de producción se han vuelto más intensas en el uso de tareas no rutinarias a expensas de las tareas de rutina. En particular, en los países europeos del oeste, la proporción del empleo de los profesionales altamente pagados y gerentes, así como los trabajadores de servicio con salarios bajos incrementaron su proporción a expensas de los trabajadores de manufactura y de oficina con tareas rutinarias (Goos et al., 2009). Es decir, esta investigación da soporte a la hipótesis de la rutinización. Esto es consistente también, con el modelo descrito en Levy y Murane (2003), lo que sugiere que la informatización reduce la demanda de tareas manuales de rutina y aumenta la demanda de habilidades cognitivas no rutinarias y esto origina que se dé una polarización en el empleo ya que, los trabajos que requieren tareas no rutinarias tienden a estar en la parte superior e inferior de la distribución salarial (O'Mahony et al., 2008).

En su estudio realizado a nivel industria, en 9 países europeos (Austria, Dinamarca, Finlandia, Francia, Alemania, Italia, España, Reino Unido y Países Bajos) además de Estados Unidos y Japón, Michaels et al. (2014) encontraron evidencia consistente con la polarización del trabajo basada en las TIC. Las industrias que tuvieron un crecimiento mayor tuvieron mayores incrementos en la demanda relativa de

trabajadores educados y caídas mayores en la demanda relativa de los trabajadores medianamente educados (Michaels et al., 2014). David y Dorn (2013) por su parte, también sostienen que la reciente computarización ha sustituido a los trabajadores de bajas habilidades en la realización de tareas de rutina mientras han complementado a las tareas abstractas, creativas, de solución de problemas y coordinación realizadas por trabajadores altamente educados. Debido a que la caída del precio de la tecnología de la computación ha bajado los salarios pagados a las tareas de rutina, los trabajadores con bajas habilidades han reubicado su oferta de trabajo en las ocupaciones de servicio. Esto porque, este tipo de ocupaciones son difíciles de automatizar ya que recaen fuertemente en la comunicación flexible interpersonal y la proximidad física. Los resultados obtenidos en su estudio realizado entre 1980 y 2005 sugieren que, los cambios en la especialización del trabajo juegan un rol crítico como conductores del aumento de la polarización del empleo en EE.UU y potencialmente en otros países (David & Dorn, 2013). Estos autores atribuyen la polarización a la interacción entre las preferencias del consumidor (que favorecen la variedad sobre la especialización) y a la caída en el costo de automatizar empleos que realizan tareas rutinarias codificables. En otro estudio realizado en 50 provincias españolas por Consoli y Sánchez (2016) se encontró que, España sigue el mismo patrón de transformación del mercado laboral de otras economías avanzadas. Es decir, se observó que durante tres décadas, la demanda de ocupaciones poco cualificadas ha crecido, mientras que la demanda de empleos rutinarios de declinó. En cuanto a los impulsores de esta polarización, se encontró que, la contracción de los empleos rutinarios se asocia significativamente con la difusión de la automatización en la producción y la prestación de servicios. Además, la expansión de los puestos de trabajo de baja cualificación es más fuerte en las regiones con alto índice inicial de ocupaciones de rutina (Consoli & Sánchez, 2016). Heyman (2016), en su artículo realizado en Suecia, estudió la contribución de diferentes explicaciones para la polarización del empleo. Además de tener en cuenta como la rutinización y la deslocalización de la ocupación influyen en el proceso de polarización del trabajo, también estudió el papel que desempeña la automatización o la informatización. Los resultados indican que el grado de rutina es la explicación más importante para el patrón observado dentro de la empresa (Heyman, 2016). Heyman (2016) afirma que, el efecto de sustitución se ha dado debido a la posibilidad de contar con tecnología informática cada vez más barata. Este efecto es dominante en tareas de rutina, y por lo tanto la demanda para este tipo de trabajo puede ser afectada negativamente. Sin embargo, la sustitución del trabajo humano por el poder informático es limitada. En general es difícil simular tareas que involucran creatividad, flexibilidad y buen juicio,

por tanto, este tipo de tareas no rutinarias se complementará con un mayor uso de la computadora, y la demanda de este tipo de trabajo puede aumentar (Heyman, 2016).

A pesar de que la mayoría de los estudios hacen referencia a la rutinización como la principal causa de la polarización en el mercado de trabajo, también han sido analizadas otras posibles causas como señala el estudio realizado por Lindley y Machin (2014). En este estudio realizado con datos de EE.UU y países europeos, encontraron que, la polarización ha ocurrido en varios grados en diferentes lugares. En particular, ha habido más polarización en áreas urbanas. También encontraron un sesgo de habilidad en el consumo de servicios que, resulta consistente con estos cambios. Es decir, la demanda para los empleos de servicio de salarios bajos ha crecido más (derivando así en una polarización del empleo) en grandes ciudades donde, los consumidores han incrementado la demanda de este tipo de servicios a través del tiempo debido a que son más ricos por la desigualdad salarial (Lindley & Machin, 2014). Sin embargo, en este proyecto retomamos a la tecnología como fuente principal de la polarización en el mercado de trabajo, y creemos que la mejor manera de probar si la tecnología tiene o no influencia con este fenómeno de polarización, es realizar nuestro análisis en empresas que utilizan alta tecnología.

Definición rutinización.

La hipótesis de la rutinización o *Routine Biased Technical Change* tiene como argumento central la re-especificación de los tipos de empleos que son los más probables que sean reemplazados por la tecnología. Mientras las máquinas no pueden substituir fácilmente las tareas interactivas no-rutinarias (como la atención en un restaurante, cuidar personas o limpiar) ubicadas en la parte más baja de la jerarquía ocupacional, si se hacen cargo fácilmente de las tareas rutinarias de producción y de oficina típicamente realizadas en empleos de mediana cualificación. Los trabajos en medio de la distribución de salarios implican una porción relativamente grande de tareas rutinarias que podrían ser substituidas por la tecnología informática (Blien & Dauth, 2016). La tecnología computarizada es entonces vista como complementaria tanto para empleos analíticos altamente remunerados e interactivos bajamente remunerados (Oesch & Rodríguez, 2011).

El rápido descenso de los precios en el costo real de procesamiento, crea enormes incentivos económicos a los empleadores para substituir con tecnologías de la información la mano de obra cara en la realización de tareas en el lugar de trabajo. Al mismo tiempo, se crean ventajas significativas para los trabajadores cuyas habilidades

se volvieron cada vez más productivas al caer el precio de la computación. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que las computadoras a pesar de ser omnipresentes, no lo hacen todo. Las computadoras o, los procesadores simbólicos que ejecutan instrucciones almacenadas, tienen un muy específico conjunto de capacidades y limitaciones. En última instancia, su capacidad para realizar una tarea depende de la capacidad de un programador para escribir un conjunto de procedimientos o normas que apropiadamente dirijan la máquina en cada posible contingencia. Para que una tarea se lleve a cabo de manera autónoma por una computadora, debe ser suficientemente bien definida (es decir, con guión) para que una máquina carente de flexibilidad o juicio pueda ejecutar la tarea con éxito siguiendo los pasos establecidos por el programador. En consecuencia, tanto las computadoras como los equipos controlados por computadora, son altamente productivos y fiables en la realización de las tareas que los programadores pueden describir (rutinarias) y relativamente ineptas en todo lo demás. Por rutinarias nos referimos, siguiendo a ALM, a tareas suficientemente bien entendidas para que puedan ser totalmente especificadas como una serie de instrucciones que puedan ser ejecutadas por una máquina. Las tareas de rutina son características de muchos puestos de trabajo cognitivos de medianas habilidades y manuales, tales como: trabajo de oficina, producción repetitiva y trabajos de monitoreo. Debido a que las tareas principales de trabajo de estas ocupaciones siguen procedimientos precisos y bien entendidos, pueden ser (y son cada vez más) codificadas en los programas informáticos e interpretadas por máquinas. Los descensos sustanciales en las ocupaciones de oficina y administrativos son entonces, probablemente una consecuencia de la caída del precio de las máquinas que sirven como substitutas para la realización de estas tareas. En particular, ALM argumentan que las tareas no rutinarias se pueden subdividir en dos categorías principales: las tareas abstractas y tareas manuales (dos categorías que se encuentran en los extremos opuestos de la distribución de habilidades ocupacionales). Las tareas abstractas son actividades que requieren la resolución de problemas, la intuición, la persuasión y la creatividad. Estas tareas son características de las ocupaciones profesionales, administrativas, técnicas y creativas, como: el derecho, la medicina, la ciencia, la ingeniería, el diseño y la gestión, entre muchos otros. Los trabajadores que son más hábiles en estas tareas suelen tener altos niveles de educación y capacidad analítica. Además, estas tareas analíticas de resolución de problemas son complementarias a la tecnología informática porque recaen, en gran medida, en la información como insumo. Por tanto, cuando el precio de acceder, organizar y manipular la información cae, las tareas abstractas se complementan.

Las tareas manuales no rutinarias son actividades que requieren la capacidad de adaptación a la situación, lenguaje visual y reconocimiento e, interacciones entre personas. Conducir un camión a través del tráfico de la ciudad, preparar comida, instalar una alfombra, o cortar el césped son actividades que son intensivas en tareas manuales no rutinarias. Este tipo de tareas requieren trabajadores que estén físicamente adaptados y, en algunos casos, que sean capaces de comunicarse de forma fluida. En general, requieren poco en cuanto a educación formal se refiere, al menos en relación con un mercado de trabajo donde la mayoría de los trabajadores han completado el bachillerato.

Por su parte, las ocupaciones de servicios son altamente intensivas en tareas manuales no rutinarias, por ejemplo: en puestos de trabajo para la preparación de alimentos, limpieza, mantenimiento, asistencia de salud en el hogar y, numerosos puestos de trabajo tanto en seguridad como, servicios de protección.

El núcleo de las tareas de estos puestos de trabajo exigen adaptabilidad interpersonal y ambiental. Estas son, precisamente, tareas difíciles de automatizar, ya que requieren un cierto nivel de adaptabilidad y una capacidad de respuesta a las interacciones (sin contar con un guión) que hasta ahora, exceden los límites de las competencias de las máquinas (aunque posiblemente esto vaya a cambiar a largo plazo). Por lo general estos trabajos no requieren educación formal más allá de un título de bachillerato o, en la mayoría de los casos, un amplio entrenamiento.

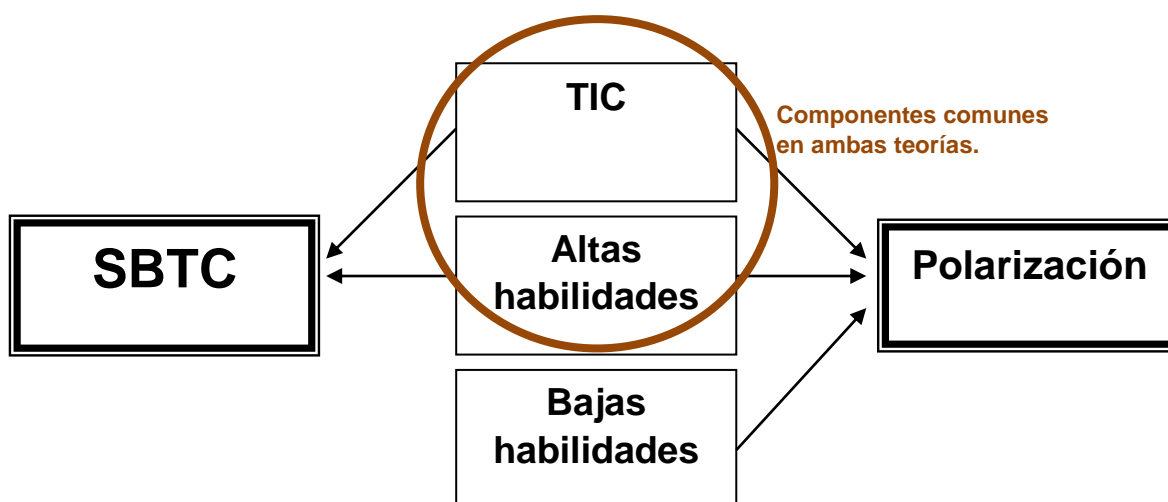
Acemoglu y Autor (2010) con el fin de clasificar las ocupaciones en categorías manejables y autoexplicativas, utilizan clústers para su agrupación: (1) ocupaciones gerenciales, profesionales y técnicas; (2) ocupaciones de ventas, oficina y apoyo administrativo; (3) ocupaciones de producción, de artesanía, de reparación, y operativos; y (4) las ocupaciones de servicios. En términos generales, las ocupaciones gerenciales, profesionales, y técnicas están especializadas en tareas cognitivas abstractas no rutinarias; ocupaciones de oficina, administrativas y de ventas están especializadas en tareas cognitivas rutinarias; ocupaciones de producción y operativas están especializadas en tareas manuales rutinarias; y las ocupaciones de servicio están especializadas en tareas manuales no rutinarias.

En resumen, el desplazamiento de puestos de trabajo que son intensivos en tareas rutinarias pueden haber contribuido a la polarización del empleo mediante la reducción de las oportunidades de trabajo para oficinistas medianamente cualificados, administrativos, ocupaciones de producción y operativas. Los trabajos que son intensivos tanto en tareas abstractas o manuales no rutinarias, sin embargo, son

mucho menos susceptibles a este proceso debido a que requieren un juicio para la resolución de problemas y creatividad en las primeras y, tanto flexibilidad como adaptación física en las segundas. Mientras que la sustitución de la computadora tanto para tareas rutinarias cognitivas y manuales es evidente, las tareas no rutinarias (que incluyen desde escritura legal, conducción de camiones y diagnósticos médicos, persuadir y vender) no resulta tan claro (Frey & Osbourne, 2017). Debido a que estos puestos de trabajo se encuentran en los extremos opuestos del espectro de habilidades la consecuencia puede ser una polarización de las oportunidades de empleo.

1.1.4 ¿SBTC o RBTC?

Figura 12. Componentes principales del SBTC y del RBTC.



Fuente: Elaboración propia.

Los economistas han estudiado mucho acerca de las fuerzas motrices detrás de los cambios en la estructura ocupacional del empleo. La mayoría de ellos enfatizan la importancia del cambio tecnológico. En los años ochenta y noventa, la opinión dominante era que la tecnología era la fuerza más importante y que el cambio tecnológico estaba sesgado hacia las altas habilidades (SBTC). Una gran cantidad de literatura se ha pronunciado a favor del SBTC (Bresnahan et al., 2002; Chun, 2003; Gretton et al., 2004; Bartel et al., 2007; Bayo & Lera, 2007; O'Mahony et al., 2008; Galve-Gorriz & Gargallo, 2010, Blankenau & Cassou, 2011; Seo et al., 2012, entre

otros) como causa primaria en el aumento de la desigualdad salarial y el cambio en la distribución ocupacional en EE.UU y otros países. Si bien la teoría del SBTC es capaz de explicar algunas de las observaciones clave en los cambios sufridos por la estructura del mercado laboral (como la creciente demanda relativa de los trabajadores universitarios durante los años setenta y ochenta), no logra explicar la disminución de los ingresos entre los trabajadores poco cualificados, así como la disminución de la demanda relativa de los trabajadores de clase media a los trabajadores altamente y bajamente remunerados (Arntz et al., 2016). En una primera línea de investigación, entonces, se argumentó que las nuevas tecnologías complementan a los trabajadores altamente cualificados. Como esta literatura no fue capaz de explicar varias observaciones empíricas, una segunda línea de investigación evolucionó, argumentando que el cambio tecnológico substituye al trabajo de rutina (Arntz et al., 2016). Como ya hemos visto, el fundamento intelectual de la literatura del SBTC esta principalmente basada en el modelo canónico de Autor y Acemoglu (2010), el cuál presenta dos grupos con distintas habilidades (los trabajadores universitarios y los que poseen bachillerato) que realizan ocupaciones imperfectamente sustituibles. A pesar de las virtudes de este modelo, no logra proporcionar un marco satisfactorio que permita explicar la reciente evolución del cambio en la distribución ocupacional, razón por la cuál estudios recientes argumentan que la hipótesis del SBTC quedaría limitada (Michaels et al., 2014; Oesch & Rodríguez, 2011; Kim & Hwang, 2013; Goos et al., 2014). Esto da cabida a plantearse si es en realidad la hipótesis de la rutinización la que se adapta más a la situación observada en los últimos tiempos. Y si esté fenómeno ha sido influenciado en mayor medida por el uso de la tecnología, dando así cabida a la teoría del RBTC como la principal fuerza motora de la polarización del mercado laboral.

La teoría del RBTC ofrece pues, de acuerdo Lindley y Machin (2014), un refinamiento a la explicación ofrecida por el SBTC en la literatura anterior. Ya que se argumenta que los trabajadores que realizan tareas rutinarias han sido substituidos por las nuevas tecnologías, mientras que aquellos que realizan tareas no rutinarias han sido complementados por ellas. Por esta razón, se ha podido observar un alto crecimiento en la cima de la distribución de las habilidades (que es donde los trabajadores suelen realizar trabajos no rutinarios), seguido de un gran hueco donde se encuentran los trabajos medianos (los cuales requieren realizar tareas rutinarias). En su estudio, Katz y Margo (2013) hacen una revisión histórica de la evolución de la relación de complementariedad entre capital-habilidades y tecnología-habilidades en los EE.UU. Ellos encontraron que, en el siglo XIX el cambio técnico en la manufactura redujo la

demanda relativa de artesanos en favor de máquinas operadas por trabajadores menos cualificados, es decir, ciertamente se dio una tendencia hacia la descualificación. Pero al matizar esta primera imagen, se muestra que además de ser beneficiados los trabajadores operarios, aquellos trabajadores que no están en producción (que en promedio eran más educados) incrementaron también su proporción de empleo en relación con los artesanos. En conclusión, en la economía agregada del siglo XIX los autores no encontraron evidencia de descualificación en general, sino por lo contrario, un incremento a largo plazo en la proporción de trabajadores de cuello blanco. En el siglo XX el cambio técnico ha tenido un efecto monótono en la demanda relativa de habilidades hasta hace muy poco. Sin embargo, en la distribución de las ocupaciones durante ambos siglos hay un tema común a los efectos del cambio técnico: el desplazamiento del trabajo cualificado de algunas tareas pero, su incremento en otras (Katz & Margo, 2013).

Por todo lo anterior, resulta importante tomar en cuenta ambos marcos teóricos para y verificar si es la teoría del RBTC (como nosotros creemos) el que más se adapta a la situación de España. Recordemos que, por un lado, el SBTC predice un claro incremento en la demanda de las habilidades de los trabajadores, mientras que el RBTC predice un crecimiento en el empleo de forma antagónica (es decir, tanto en la parte más baja, como en la más alta de las ocupaciones), todo esto, a expensas de las ocupaciones intermedias.

1.2 Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) y *performance*.

En los últimos tiempos, ha habido un gran debate tanto en la literatura económica como en la prensa de negocios y de sistemas sobre si la revolución de la tecnología de la información y comunicación está dando como resultado una mayor productividad. En los primeros estudios realizados por los años 1980 no se encontraba ninguna conexión entre la inversión en TIC y la productividad a ningún nivel (empresa, industria o de la economía en su conjunto). Esto ha sido llamado la “paradoja de la productividad” y estimuló a economistas, científicos de gestión e investigadores de sistemas de información a llevar a cabo análisis científicos más rigurosos sobre la relación entre TIC y productividad. Estos estudios, utilizaron ya grandes conjuntos de datos y métodos de investigación más refinados que revelaron impactos positivos y significativos de las inversiones en TIC a nivel empresa y país. Más aún, algunos de ellos mostraron que el auge económico y aumento de la productividad de la década de 1990 fue en gran parte debido a la fuerte inversión en TI y al crecimiento de Internet. A pesar de que, diferentes estudios a veces pueden llegar a conclusiones contradictorias y, que los investigadores tienen diferentes interpretaciones de lo que significan los datos, lo particularmente significativo es que mientras que los primeros estudios no fueron concluyentes, los más recientes han mostrado considerable convergencia (Dedrick et al. 2003).

1.2.1 La importancia de las TIC como impulsoras de la productividad.

La riqueza de las naciones y de sus fortunas económicas están, sin duda, impulsadas por la productividad. Una fuente fundamental de productividad es la innovación. Se requiere el uso cada vez más eficiente de los recursos disponibles para producir un crecimiento económico sostenido a largo plazo a través de procesos de desarrollo e innovación tecnológica. En décadas recientes, la determinación de las fuerzas impulsoras de la productividad se ha vuelto aún más importante. La productividad de Europa creció más lento que en los EE.UU. a mediados de la década de 1990 hasta mediados de los años 2000. Un amplio consenso atribuye esto a las fuertes inversiones que realizó EE.UU. en las tecnologías de información y comunicación (TIC), gran parte de ellas originadas en industrias que producen y utilizan las TIC intensivamente. Las TIC son consideradas un caso especial de las nuevas tecnologías que sirven como tecnologías habilitadoras que conducen a incluso más innovaciones, sin embargo, no todos los países desarrollados compartían los mismos beneficios de las TIC como los EE.UU.. En el caso de Europa, la intensidad del capital de las TIC comenzó a quedarse atrás, al mismo tiempo que, el crecimiento de la productividad de

EE.UU. despegó. Este despegue se vio impulsado por la adopción de políticas de TIC con la intención de fomentar el crecimiento de la productividad en dicho país. El paquete de estímulos denominado "Ley de Recuperación y Reinversión Americana" a partir de 2009, fijó \$7.2 billones en subvenciones para invertir en banda ancha y en acceso inalámbrico a internet y, otros \$ 290 millones para actualizar plataformas de tecnologías de información en el Departamento de Estado para poder competir en la era digital. Por su parte, en Europa la Comisión Europea también declaró que se necesitaban velocidades de descarga de 30 Mbps para todos sus ciudadanos y que, por lo menos el 50% de los hogares europeos tuviesen conexiones a internet por encima de 100 Mbps para el año 2020. Estos compromisos son un ejemplo de la importancia de las TIC para el crecimiento económico puesto que ha convencido a los políticos en ambos lados del Atlántico. Sin embargo, los escépticos permanecen preguntándose sobre el alcance exacto del impacto de las TIC y su papel en la remodelación de la economía.

Además de sus efectos en la mejora de la productividad, las TIC se han convertido en una parte sustancial del entorno social y empresarial. La reducción masiva de los costos en informática y en comunicaciones ha impulsado grandes inversiones. Ordenadores, dispositivos de comunicación móviles e internet se integran en la vida cotidiana y están, en consecuencia, cambiando los mercados de trabajo y la forma de hacer negocios de múltiples maneras.

1.2.2 TIC y habilidades.

Tal y como hemos visto en los apartados anteriores, investigaciones recientes en el cambio de las demandas de habilidades de los países han encontrado evidencia de que los trabajadores que se encuentran en el medio de la distribución tanto salarial como de habilidades parece haberles ido peor que a aquellos que se encuentran tanto en la parte más baja como en la más alta. Una posible explicación es que las TIC han complementado las tareas analíticas no rutinarias pero han substituido a las tareas rutinarias, mientras que, no han afectado a las tareas manuales no rutinarias como limpiar, cuidar niños, entre otras (Michaels et al., 2014). Spitz (2006) también encontró que la difusión de tecnologías computacionales en el lugar de trabajo han intensificado los cambios de las ocupaciones. Esto debido a que las computadoras han substituido a los trabajadores que realizan tareas rutinarias tanto manuales como cognitivas, pero complementan a los trabajadores que realizan actividades analíticas e interactivas. La tecnología de computadoras substituye a los trabajadores que realizan tareas

rutinarias y que pueden ser descritas con reglas programadas, mientras que complementan a los trabajadores que ejecutan tareas no rutinarias que demandan flexibilidad, creatividad, capacidades generalizadas de resolución de problemas y comunicaciones complejas (David & Murane, 2003). En un estudio realizado en EE.UU., Frey y Osborne (2017) examinan que tan susceptibles son los trabajos a la informatización. Para realizar esta evaluación, los autores comienzan por implementar una metodología novedosa con el fin de estimar la probabilidad de informatización para 702 ocupaciones detalladas, utilizando un clasificador de procesos gaussianos. Sobre la base de estas estimaciones y distinguiendo entre ocupaciones de alto, mediano y bajo riesgo, dependiendo de su probabilidad de informatización, se encontró que: alrededor del 47 por ciento del empleo total en los Estados Unidos se encuentra en la categoría de alto riesgo. Es decir, son los trabajos que podrían ser automatizados relativamente pronto, tal vez durante la próxima década o dos. El modelo propuesto por estos autores predice que la mayoría de los trabajadores en ocupaciones de transporte y logística, junto con la mayor parte de los trabajadores de oficina y de apoyo administrativo, y trabajo en las ocupaciones de producción, están en riesgo. Estos hallazgos son consistentes con los recientes avances tecnológicos documentados en la literatura. De manera sorprendente, se encontró también que una proporción sustancial del empleo en las ocupaciones de servicios, son altamente susceptibles de ser informatizados.

Alta, mediana y baja cualificación.

Para poder dar paso a entender la relación que tienen las TIC y las habilidades y/o cualificaciones de un trabajador, en primer lugar debemos entender la diferencia entre alta y baja cualificación. De acuerdo con Pagell et al. (2000), un trabajo de baja cualificación, se compone de tareas sencillas que son fáciles de aprender y llevar a cabo. El tiempo necesario para lograr que un empleado llegue al punto de ser competente en un empleo de baja cualificación debe ser relativamente corto. Un trabajo altamente cualificado es más difícil de aprender y realizar, por lo tanto, la cantidad de tiempo de preparación requerido será relativamente más largo. A pesar de que se puede pensar que el uso del ordenador puede ser un sustituto para la toma de decisiones humana, Bresnahan et al. (2002), encontraron que solo ocurre esto en una gama limitada de tareas. El trabajo de empleados de cuello blanco de bajas y medianas habilidades ha sido el más afectado, en cambio, la sustitución de empleados altamente cualificados por ordenadores ha sido bastante limitada (Bresnahan et al., 2002). Spitz (2006) también encuentra que las computadoras substituyen a los trabajadores que desarrollan tareas rutinarias manuales y cognitivas,

pero complementan a los trabajadores que desarrollan actividades analíticas e interactivas. Esta afirmación es reforzada por los hallazgos de Levy y Murane (2003), que sostienen que el capital invertido en computadoras substituye a un limitado y bien definido conjunto de actividades humanas, las de rutina, y que complementa a las actividades que involucran tareas no rutinarias en la resolución de problemas y tareas interactivas. Se encontró en este estudio que la demanda de trabajadores durante el periodo observado (1970-1998) en 140 industrias de EE.UU. favorecía a los universitarios *versus* no universitarios (Levy & Murane, 2003). Lewis (2011) por su parte, encontró que la maquinaria automatizada sería un substituto relativo para la mano de obra con bajas habilidades y un relativo complemento para la mano de obra medianamente calificada.

Las nuevas tecnologías de la información adoptadas en los 1990s han cambiado los negocios de manufactura en formas fundamentales. Las estrategias de negocio favorecen una producción más personalizada, y los procesos de trabajo están siendo llevados a cabo por operadores más cualificados bajo nuevas prácticas de gestión de recursos humanos (Bartel et al., 2007). Las ocupaciones de hoy en día envuelven mayor complejidad que en las décadas anteriores. En las décadas más recientes, las ocupaciones han experimentado un cambio hacia actividades analíticas e interactivas y se han apartado de las tareas cognitivas y manuales rutinarias (Spitz, 2006). Estos hallazgos fueron encontrados en un estudio realizado en Alemania del Oeste con el análisis detallado de una caracterización de los cambios en los requerimientos de habilidades. Una de las aportaciones que nos deja este estudio es, una clasificación de tareas (tabla 1). Esta clasificación nos permite tener un mejor entendimiento sobre el nivel de habilidades necesario para realizar cada actividad.

Tabla 1: Clasificación de tipo de cualificación de acuerdo a las tareas realizadas.

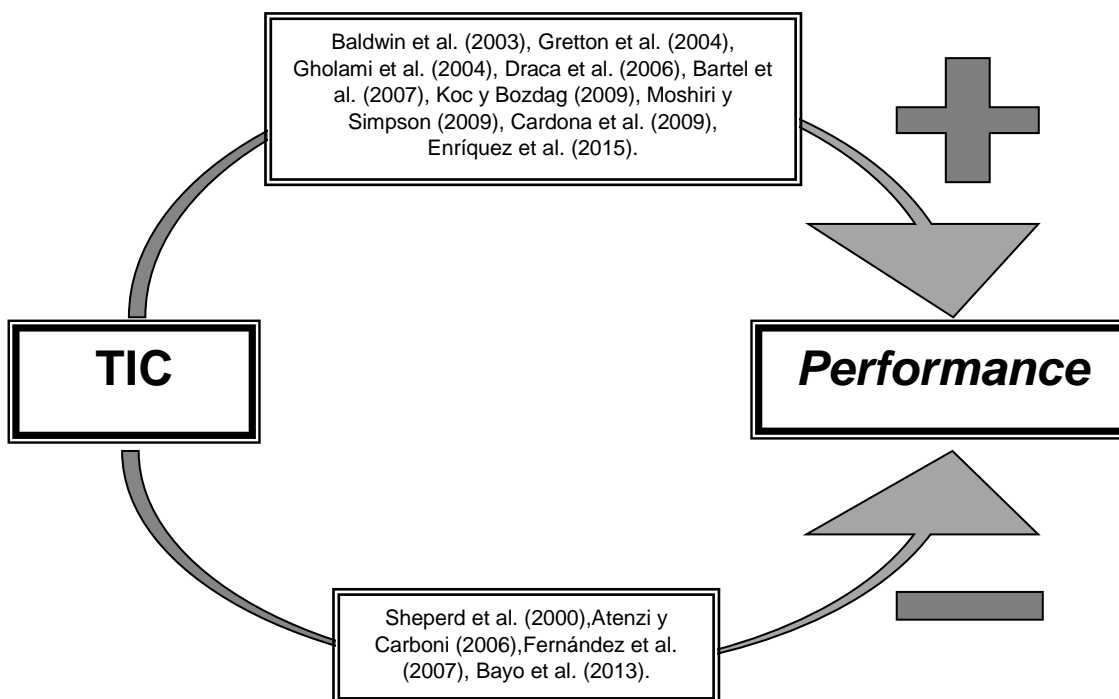
	CLASIFICACIÓN	TAREAS
Alta cualificación	No rutinarias analíticas	Investigar, analizar, evaluar y planear, hacer planos de construcción, diseñar, esbozar, elaboración de normas/prescripciones, usar e interpretar reglas.
	No rutinarias interactivas	Negociar, coordinar, organizar, enseñar o capacitar, vender, comprar, aconsejar clientes, hacer publicidad, entretener o presentar, emplear o gestionar personal.
Mediana cualificación	Rutinarias cognitivas	Calcular, guardar libros, corregir textos/datos, hacer mediciones (longitud, peso, temperatura).
	Rutinarias manuales	Operar o controlar máquinas y, equipamiento de maquinaria.
Baja cualificación	No rutinarias manuales	Reparar o renovar casas/apartamentos/máquinas/vehículos, restaurar arte/monumentos, servir o acomodar.
Fuente: Elaboración propia basada en Spitz (2006).		

1.3 Revisión de la Literatura.

1.3.1 La relación TIC y *performance*.

Si bien, lo anterior expuesto conduce a ideas sobre cómo afectan las TIC los procesos de producción, la eficiencia y el crecimiento de la producción; las causas provocan confusión derivada específicamente de una amplia literatura sobre los diferentes niveles de agregación, la forma de medir las TIC y, si la relación entre estas dos variables es directa o que factores son complementarios para que las TIC puedan tener un impacto significativo. En el caso de los problemas de medición, estos se dan principalmente por la falta de consenso y de datos disponibles que permitan medir específicamente y de forma correcta que tipo de TIC es la que genera un impacto en la productividad. En primer lugar, resulta evidente que existe un *gap* entre la concepción teórica del capital en TIC y las medidas empíricas. En el caso del *performance* sucede algo similar. A pesar de que existen muchos estudios acerca de esta relación (TIC-*performance*), tampoco existe un consenso de como medir el *performance* de una empresa. Por su parte, la medición de las TIC también resulta compleja ya que, la mayoría de las investigaciones toman el uso del ordenador como medida de TIC, cuestión que genera una medición poco fiable. Muchos investigadores tienden a utilizar el uso de los ordenadores únicamente porque la información acerca de las inversiones en TIC no esta disponible y si lo esta, generalmente solo cubre cortas series de tiempo. En segundo lugar, el que las bases de datos contengan información por cortos periodos de tiempo también afectan la correcta medición de la influencia de este tipo de tecnologías. Esto porque, para poder medir el efecto de las TIC en el *performance* de una empresa, es necesario tomar en cuenta que necesitan un tiempo de adopción. Este problema de falta de información para la realización de estudios empíricos en periodos largos de tiempo poco a poco ha ido disminuyendo gracias a que, muchos países ya cuentan con encuestas regulares de negocios que registran el uso de las TIC. En tercer lugar, los datos que se utilizan para las investigaciones empíricas no son, en muchas ocasiones, representativos ya que se centran en las empresas grandes. Estos resultados pueden estar sesgados debido a que, las grandes empresas tienen a beneficiarse más del uso de las TIC que las PYMES (Pilat, 2005). Con el fin de hacer un recuento de los hallazgos encontrados en estudios recientes sobre esta relación (TIC-*performance*, y más tarde incluyendo la cualificación como variable complementaria de esta relación), a continuación se presenta la revisión de la literatura que servirá como base para este proyecto y que presentamos de forma global en la figura 13.

Figura 13. Relación TIC y *performance* de acuerdo a la revisión de la literatura.



Fuente: Elaboración propia.

En general, los estudios empíricos demuestran que las TIC no sólo juegan un papel importante en la vida diaria, sino en las estadísticas productivas también. La evidencia indica que el efecto en la productividad no sólo es significativo y positivo, sino que también aumenta con el tiempo (Cardona et al., 2013). Tanto la contabilización del crecimiento como la evidencia econométrica sugieren un rol importante por parte de las TIC en la contabilización para la productividad. A pesar de que parece haber evidencia razonable de una fuerte asociación entre las TIC y el *performance* de una firma, la causalidad de esta relación no ha sido convincentemente demostrada (Draca et al., 2006). A pesar de todos los problemas que pueden dificultar la obtención de una evidencia positiva del impacto de las TIC sobre la productividad, lo cierto es que muchos estudios lo confirman midiéndolo cada uno de ellos de formas distintas. Bartel et al., (2007) realizaron su estudio a nivel planta en Estados Unidos, específicamente en la industria de manufactura de válvulas y, encontraron que; las inversiones en TI mejoraron la eficiencia de todas las etapas del proceso de producción reduciendo los tiempos tanto de configuración, de ejecución y de inspección. En el estudio por Moshiri y Simpson (2011) realizado en Canadá a nivel firma se encontró que, el uso de la computadora por los empleados tiene un efecto positivo y significativo en la productividad de la firma. Otro estudio realizado también en empresas canadienses

encontró una fuerte evidencia de que el uso de las TIC está asociado a un *performance* superior de la firma en el sector de procesamiento de alimentos durante los años 1990s (Baldwin et al., 2003). Esta relación entre tecnología y crecimiento de la productividad y proporción de mercado (*performance*) resultó robusta a tanto con la inclusión o exclusión de otras actividades y características de las firmas. En este estudio, se utilizó como medida de TIC el uso de un número determinado de tecnologías avanzadas de manufactura (aproximadamente 60) y no el uso de ordenadores como en la mayoría. En Australia se encontró que, la asociación a nivel sector entre el uso de las TIC y el crecimiento de la productividad parece tener vínculos positivos en todos los sectores industriales examinados (Gretton et al., 2004). Esta investigación se llevó a cabo en firmas que usan computadoras e internet. La evidencia encontrada arroja una imagen de una fuerte absorción de TIC en este país que, junto con la reestructuración de las firmas y la producción, ha generado aumentos en el *performance*. En Irán, en un estudio realizado en el sector manufacturero, Gholami et al., (2004) encontraron evidencia sobre el impacto de las TIC en la productividad a nivel industria.

En Italia sin embargo, se encontró que las empresas de manufactura que invertían en tecnologías que no eran líderes tenían más crecimiento en *output* y eran mejor remuneradas que aquellas que invertían en tecnologías líder (Atenzi & Carboni, 2006). Para estas empresas, el impacto en el crecimiento comparado con la proporción total de lo invertido en TIC fue muy amplio, es decir, para las empresas que invirtieron en tecnologías estandarizadas su *performance* fue muy eficiente. Este hallazgo es compartido por un estudio realizado en empresas de manufactura de EE.UU., en el que se encontró que, conforme se eleva la radicalidad de la tecnología, los beneficios percibidos por la empresa decrecen (Shepherd et al., 2000), esto percibido por los gerentes de operaciones. Este hallazgo, refuerza la hipótesis de que, el alcance de beneficios provenientes de TAM radicales, están muy lejos de darse de forma automática.

A partir de aquí empezamos a encontrar evidencia de que las TIC por sí mismas, no incrementarán de forma directa el *performance* de la empresa significativamente, sino que deben ser utilizadas complementándose con cambios en el diseño del puesto de trabajo. No es la mera inversión en TIC, ni siquiera su uso, lo que permite obtener mejoras en el *performance*. Es preciso un uso adecuado y específico lo que permitirá elevar el *performance* de forma significativa (Fernández et al., 2007). Por uso específico, este estudio realizado en España, se refiere al uso frecuente de las TIC en la comunicación con clientes y proveedores, lo que permitiría una mejor coordinación

de actividades a lo largo de la cadena de aprovisionamiento y de este modo, se mejoraría el *performance* de las firmas. Otros estudios que confirman esta necesidad de prestar atención a factores complementarios afirman que; a pesar de que las TIC tengan un impacto significativo en la productividad, esto no necesariamente implica que las empresas que tengan un bajo rendimiento vayan a poder aumentar su productividad simplemente invirtiendo en TIC, es necesario tomar en cuenta otros factores complementarios como la inversión en la organización de la empresa y las habilidades (Cardona et al., 2013). Esta afirmación es compartida por Pilat (2005), la evidencia sugiere que invertir en TIC no se tornará en un aumento en la productividad de la empresa de forma directa. Típicamente requiere de inversiones complementarias en capital humano e innovación y cambios organizativos. Las empresas que adoptan lo que se denomina “nuevas prácticas” o “prácticas de relaciones industriales transformadas” que promueven de forma conjunta la toma de decisiones emparejada con incentivos basados en la compensación tienen una mayor productividad que otras similares que mantienen una gestión de relaciones de trabajo más tradicionales, las cuáles exhiben menor productividad (Black & Lynch, 2001). En este estudio se examinó los impactos de las prácticas de trabajo, las TI y las inversiones en capital humano en la productividad de EE.UU. en empresas de manufactura. Este estudio ha permitido encontrar que lo que parece importar más para la productividad es como los sistemas de recursos humanos sean implementados, particularmente permitir que el empleado tenga más voz en la toma de decisiones parece ser lo que más importa para la productividad. En Grecia se encontró que, las empresas de manufactura que emplearon TI avanzadas y que se enfocaron en un portafolio de flexibilidad y estrategia de costo, tuvieron un mayor efecto en el *performance* (Theodorou & Florou, 2008). En particular, se encontró que el efecto de las TI en el *performance* financiero era mayor para las firmas que se enfatizan en una estrategia de alto nivel de flexibilidad y una estrategia de costo de mediano nivel. En este estudio, para medir las TI fue medido el uso de maquinaria de CAD/CAM por un periodo mayor a 3 años.

a) Países en vías de desarrollo.

Pocos estudios se han realizado dedicados a investigar el impacto de las TIC en los países en vías de desarrollo. Resulta importante tomar en cuenta estos países ya que pueden tener economías muy distintas y además se encuentran en una fase distinta de adopción de TIC que los países desarrollados. En Corea se encontró que las TIC contribuyen por ellas mismas a la productividad a nivel firma (Seo et al., 2012). Sin embargo, se destaca que el *performance* económico no será aumentado automáticamente únicamente con la introducción de nueva tecnología, sino que se

necesita un emparejamiento apropiado entre los factores de la organización del trabajo que son relevantes, el modo de cooperación entre las firmas, sistemas de aprendizaje relevantes y por supuesto, el suministro de mano de obra cualificada.

b) El caso de las PYMES.

La adopción de TIC en PYMES también, juega un rol clave en el desarrollo de estrategias de negocio ya que, hace posible que estas empresas mejoren su competitividad en un mercado globalizado, cambiante y competitivo como es al que se enfrentan hoy en día (Enríquez et al., 2015). Otro estudio que contribuye al debate sobre si las TIC crean valor para el *performance* de las PYMES es realizado en España. Aquí se encuentra evidencia de las relaciones entre las TI, la innovación organizativa y el *performance* de la firma en una muestra de 267 PYMES de manufactura españolas. Las mediciones se realizaron de tal forma que se pudiera identificar tanto los impactos directos como indirectos de las TIC en diferentes dimensiones del *performance*. Se encontró que las TIC tienen un impacto significativo en la mejora de la comunicación tanto interna como externa. Sin embargo, el impacto directo de las TIC en el *performance* operativo y final es limitado y, más bien indirecto a través de las mejoras en la comunicación. Estos hallazgos sugieren que la ventaja competitiva de una empresa puede ser el resultado de una adecuada combinación de diferentes tipos de TIC y prácticas de trabajo (Bayo et al., 2013). En un estudio realizado en PYMES de México se encontró que aquellas con mayor nivel de uso de TIC mejoraban su nivel de competitividad obteniendo un mejor *performance* financiero. El uso de las TIC como estrategia de negocios de cualquier organización, especialmente PYMES ofrece ventajas sostenidas ya que representa los fundamentos de competitividad y crecimiento económico para las empresas y países que sean capaces de explotarla (Enríquez et al., 2015).

En el cuadro 1, podemos observar a forma de resumen, los hallazgos que se han encontrado sobre la relación TIC y *performance* en la revisión de la literatura.

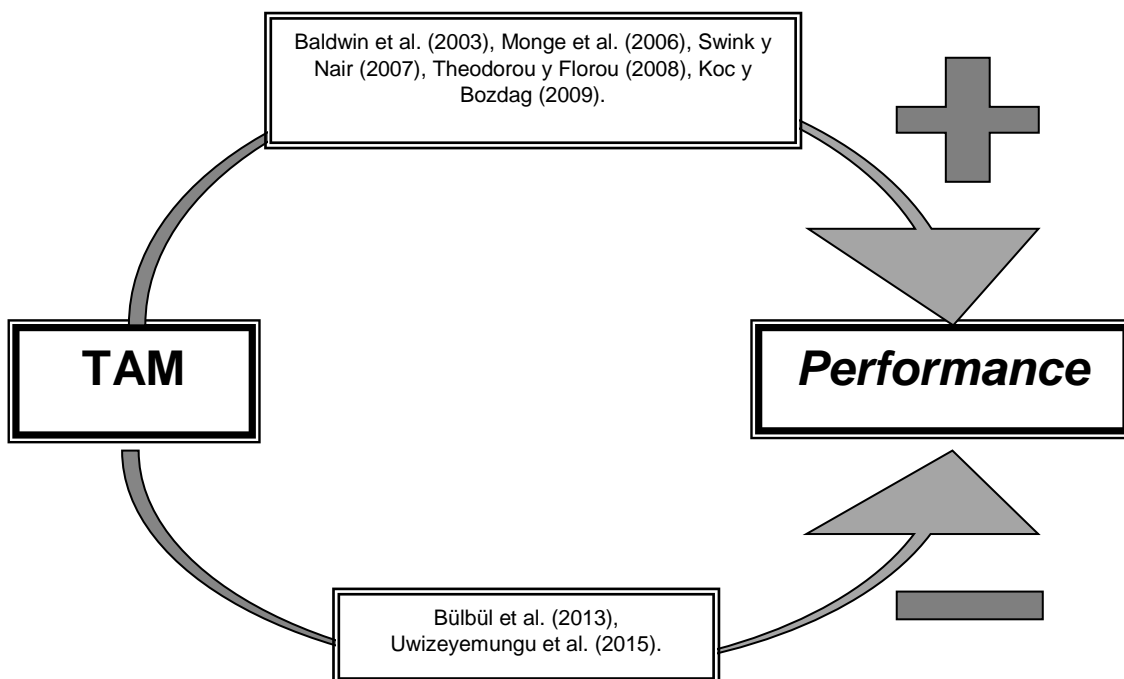
**Cuadro 1. Hallazgos en la revisión de la literatura de la relación
TIC y *performance*.**

AÑO	AUTORES	RELACIÓN	HALLAZGOS
2000	Shepherd et al.	NEGATIVA	En empresas de manufactura de EE.UU. se encontró que, conforme se eleva la radicalidad de la tecnología, los beneficios percibidos por la empresa decrecen.
2003	Baldwin et al.	POSITIVA	Se encontró una fuerte evidencia de que el uso de las TIC está asociado a un <i>performance</i> superior de la firma en el sector de procesamiento de alimentos.
2004	Gretton et al.	POSITIVA	La asociación a nivel sector entre el uso de las TIC y el crecimiento de la productividad parece tener vínculos positivos en todos los sectores industriales examinados. Se detectaron también aumentos en el <i>performance</i> .
2004	Gholami et al.	POSITIVA	Se encontró evidencia sobre el impacto de las TIC en la productividad a nivel industria.
2006	Draca et al.	POSITIVA	Tanto la contabilización del crecimiento como la evidencia econométrica sugieren un rol importante por parte de las TIC en la contabilización para la productividad.
2006	Atenzi & Carboni	NEGATIVA	Las empresas de manufactura que invertían en tecnologías que no eran líderes tenían más crecimiento en <i>output</i> y eran mejor remuneradas que aquellas que invertían en tecnologías líder.
2007	Bartel et al.	POSITIVA	Las inversiones en TI mejoraron la eficiencia de todas las etapas del proceso de producción.
2007	Fernández et al.	NEGATIVA	No es la mera inversión en TIC, ni siquiera su uso, lo que permite obtener mejoras en el <i>performance</i> . Es preciso un uso adecuado y específico lo que permitirá elevar el <i>performance</i> de forma significativa.
2009	Koc & Bozdog	POSITIVA	Se encontró asociación estadística positiva entre los parámetros de manufactura (TAM) y el <i>performance</i> de la firma.
2011	Moshiri & Simpson	POSITIVA	El uso de la computadora por los empleados tiene un efecto positivo y significativo en la productividad de la firma.
2013	Cardona et al.	POSITIVA	Se encontró que el efecto en la productividad de las TIC no sólo es significativo y positivo, sino que también aumenta con el tiempo.
2013	Bayo et al.	*INDETERMINADO	El impacto directo de las TIC en el <i>performance</i> operativo y final es limitado y, más bien indirecto a través de las mejoras en la comunicación. Estos hallazgos sugieren que la ventaja competitiva de una empresa puede ser el resultado de una adecuada combinación de diferentes tipos de TIC y prácticas de trabajo.
2015	Enríquez et al.	POSITIVA	Se encontró que aquellas empresas con mayor nivel de uso de TIC mejoraban su nivel de competitividad obteniendo un mejor <i>performance</i> financiero.
Fuente: Elaboración propia.			

c) TIC medidas como TAM.

Como hemos podido observar, muchos estudios se han ocupado del análisis de la relación TIC y *performance*. Sin embargo, también existen estudios que se han ocupado de una parte específica de las TIC, las tecnologías avanzadas de manufactura (TAM). Haciendo una revisión de la literatura acerca de los artículos que han medido de esta forma el uso de tecnologías se encontró lo siguiente (figura 14).

Figura 14. Relación TAM y *performance* de acuerdo a la revisión de la literatura.



Fuente: Elaboración propia.

En un estudio realizado en el sector de comida procesada en Canadá, Baldwin et al. (2003) examinaron la relación entre el *performance* de la empresa y el uso de tecnología avanzada (TIC y TAM). Estudios previos de estos autores, reportaron que eran las TIC las que están más cercanamente asociadas a un *performance* superior, y en este estudio se confirma lo mismo ya que, provee fuerte evidencia de que el uso de las TIC está asociado con un *performance* superior de la empresa. Un mayor uso de tecnologías avanzadas de información y comunicación está asociado con altos niveles de crecimiento de productividad laboral durante los años noventas (Baldwin et al.,

2003). De acuerdo con este análisis, la orientación a la alta tecnología esta estrechamente asociada con el éxito de una empresa. Cabe destacar que esta conclusión obtenida en este estudio no depende del método que es usado para medir el éxito. Es decir, ya sea con los datos objetivos de productividad y cuota de mercado (que son obtenidos de registros administrativos y relacionados con la encuesta) o, por la evaluación subjetiva de gerentes expertos en "competitividad"; ambos muestran una fuerte asociación entre la orientación tecnológica de una planta y su *performance*. Monge et al. (2006) realizaron un estudio internacional que exploró la relación entre la inversión, implementación y planeación en TAM y el *performance* en dos regiones de América (por un lado Canadá y EE.UU; y por otro, México y Costa Rica). El *performance* analizado en este estudio es de dos tipos: operativo y organizativo. A pesar de que la literatura previa sugiere la existencia de relaciones positivas entre el uso de TAM y el *performance* operativo y; entre actividades de planeación e implementación y el *performance* organizativo, los resultados obtenidos por estos autores indican lo opuesto. Se puede concluir que, ambos tipos de *performance* (operativo y organizativo) están razonablemente predichos por los factores de inversión, implementación y planeación en TAM (Monge et al., 2006). Cabe mencionar que los predictores del *performance* son distintos en las 2 diferentes regiones estudiadas y que, es posible que existan factores de confusión, factores de interacción y otras relaciones complejas entre las variables que dirigen hacia estos resultados. En su investigación realizada en plantas de manufactura de EE.UU., Swink y Nair (2007) buscaron probar empíricamente las proposiciones de que la DMI (integración del diseño de fabricación) ejerce una influencia moderadora significativa en el éxito de dos tipos fundamentales de TAM. Los resultados proveen fuerte evidencia de efectos moderadores, dando soporte a la teoría de contingencia que sostiene que la DMI es un recurso importante que incrementa la probabilidad de que el potencial de mejora del *performance* de manufactura pueda realizarse (Swink & Nair, 2007). Específicamente, los resultados de los análisis de regresión indican que la DMI desempeña el papel de activo complementario al uso de TAM cuando se consideran la calidad, la entrega y la flexibilidad del proceso. Sin embargo, no es complementaria para la rentabilidad y flexibilidad de nuevos productos. Es decir, los hallazgos de este estudio indican que existen distintas relaciones entre tipos particulares de TAM y dimensiones específicas de *performance* en manufactura (Swink & Nair, 2007). Por esta razón, las empresas que planean adoptar TAM deben considerar los tipos de mejoras que están buscando en *performance* (ya que los altos niveles combinados de DMI y el uso de TAM pueden ser costosos) así como, los vínculos con la estrategia global de fabricación. En su estudio realizado en empresas de manufactura en Grecia, Theodorou y Florou (2008)

analizaron el impacto de las TI en el *performance* de la empresa (usando el criterio de retorno al capital invertido ROIC). El uso de este criterio financiero para la medición del *performance* es importante para poder calcular el crecimiento de la empresa a largo plazo, ya que, considera los retornos y costes en relación al capital invertido. Para la realización de este estudio, los autores, a través de un análisis de clúster separaron las empresas de acuerdo a la intensidad y contenido de su objetivo estratégico. En cada clúster estratégico el efecto de las TI en el *performance* fue estimado. Se encontró que, las empresas pueden incrementar su *performance* si la tecnología de información y la estrategia de negocio encajan. Generalmente, en todos los clusters, el *performance* se incrementó por el uso de tecnología avanzada de información. Específicamente, se encontró que, las empresas griegas de manufactura que aplicaron TI avanzada y se enfocaron en un portafolio de flexibilidad y estrategia de costo tienen un efecto mayor en el *performance* (Theodorou & Florou, 2008). Al parecer, las tecnologías de información hicieron la adopción de objetivos de flexibilidad más fáciles ya que tienden a decrecer costes. En general, se observó un impacto constante y cada vez mayor en el caso de la flexibilidad. Entre más alta es la adopción e implementación de una estrategia de flexibilidad, más alto es el impacto de la TI en el *performance*. Más aún, la inversión en sistemas avanzados de CAD/CAM tienen un alto costo fijo que modera el efecto en el retorno del capital invertido (Theodorou & Florou, 2008). Por tanto, usualmente un incremento a corto plazo en el coste es esperado cuando la empresa empieza a enfocarse en estrategias de calidad e innovación. Los autores mencionan que tal vez si es tomado en cuenta un periodo más largo de tiempo después de haber sido implementada este tipo de tecnología, se podrían examinar los efectos en las estrategias de calidad e innovación más cuidadosamente. En un estudio realizado en PYMES industriales en Turquía, Koc y Bozdog (2009) buscaron identificar los tipos de TAM que se deben adoptar para mejorar los parámetros de manufactura que tienen un impacto significativo en el *performance* de la empresa. Los hallazgos obtenidos revelaron que, LAN, CAD y CAM son las TAM más comúnmente usadas en las PYMES; y que, AS, robótica y WAN parecen ser tecnologías poco usadas. El estudio también reveló 6 predictores básicos que resultan significativamente importantes para el *performance* de la empresa. Entre todos los parámetros de manufactura, el *performance* del diseño del producto, el uso del dispositivo, el *performance* de planeación de la producción y de preparación tienen un impacto positivo; mientras que, la capacidad de utilización y el inventario de producto terminado tienen un impacto negativo en el *performance* de la empresa (Koc & Bozdog, 2009). En su estudio, Bülbül et al. (2013), analiza la relación de inversión en patrones de TAM y el *performance* tanto de manufactura, como de la empresa. Todo

esto en el contexto de la industria automotriz en Turquía. Los resultados obtenidos indican que diferentes clusters de empresas denominados: inversores, seguidores y tradicionalistas, sugieren diferentes patrones de inversión en TAM. Cabe señalar que estos patrones no difieren con respecto a la estructura de propiedad y tamaño. Se encontró que, los inversores y seguidores (que fueron empresas que tienen altos niveles de inversión en TAM) tuvieron un mejor *performance* en manufactura que los tradicionalistas (que tuvieron las inversiones más bajas en TAM). Sin embargo, el *performance* de la empresa es similar al de los dos grupos anteriores (Bülbül et al., 2013). Es decir, el estudio revela que hay una diferencia significativa en el *performance* de manufactura entre los diferentes patrones de inversión, sin embargo, esta diferencia es primordialmente atribuida a las empresas tradicionalistas, ya que, la diferencia encontrada en el *performance* de manufactura entre los seguidores y los inversores no es significativa. Cabe mencionar que, las inversiones en TAM están a un nivel muy alto para los inversores, y no tan bajo para los tradicionalistas, además de que este último, es el clúster más pequeño (tradicionalistas). En cuanto la relación que guardan las TAM con el *performance* de la empresa, los resultados de este estudio sugieren que los patrones de inversión en TAM no están significativamente correlacionados con el *performance* de la firma. Esto indica que el impacto del uso de TAM en el *performance* de la empresa es mínimo (Bülbül et al., 2013). Otro hallazgo importante en este estudio es que, no se aprecian diferencias significativas entre los patrones de inversión de TAM respecto al tamaño de la empresa. Es decir, no sólo las grandes empresas parecen interesadas en el uso de las TAM sino que las medianas empresas también se muestran financieramente capaces de invertir en este tipo de tecnologías. En un estudio realizado en PYMES de manufactura ubicadas principalmente en Canadá (70.3%), algunas en (27.9%) y las menos en México (1.8%), realizado por Uwizeyemungu et al. (2015), se analizó la relación entre los niveles de competencia de las TAM y el *performance* de la innovación de productos. Utilizando los datos de las PYMES y, teniendo en cuenta una amplia gama de diferentes TAM (20 tipos diferentes agrupados en 5 categorías), se obtuvieron tres patrones de asimilación de TAM. El análisis de la relación entre los patrones de asimilación de TAM y el *performance* de la innovación de producto muestra una imagen bastante inesperada: a pesar de la existencia de patrones claramente distintos de asimilación de TAM, no se encontró ninguna relación significativa entre el *performance* de cualquier patrón y la innovación de productos. En su lugar, se encontró con que el contexto organizacional y ambiental de las PYMES es más determinante para el *performance* de la innovación de productos que cualquiera de los patrones de asimilación de TAM (Uwizeyemungu et al., 2015).

Con todo lo anterior, podemos concluir que las TIC (muchas ocasiones medidas también como TAM) han probado (en la mayor parte de los casos) ser un ingrediente estratégico para que las empresas puedan incrementar su *performance* y crear así una ventaja competitiva si van acompañadas de otros factores. Entre los que destacan: un alto nivel de cualificaciones (habilidades) de la mano de obra y cambios organizativos en la empresa, siendo el primero el más recurrido en la literatura y el que analizaremos a continuación. En el cuadro 2, podemos observar a forma de resumen, los hallazgos que se han encontrado sobre la relación TAM y *performance* en la revisión de la literatura.

Cuadro 2. Hallazgos en la revisión de la literatura de la relación TAM y *performance*.

AÑO	AUTORES	RELACIÓN	HALLAZGOS
2003	Baldwin et al.	POSITIVA	Este estudio provee fuerte evidencia de que el uso de las TIC (y algunas TAM) está asociado con un <i>performance</i> superior de la firma.
2006	Monge et al.	POSITIVA*	Los dos tipos de <i>performance</i> medidos en este estudio (operativo y organizativo), están razonablemente predichos por los factores de inversión, implementación y planeación en TAM.
2007	Swink & Nair	POSITIVA*	Los resultados indican que DMI desempeña el papel de activo complementario al uso de TAM cuando se consideran la calidad, la entrega y la flexibilidad del proceso. Sin embargo, no se observa una función complementaria para la rentabilidad y flexibilidad de nuevos productos.
2008	Theodorou & Florou	POSITIVA	Generalmente, se encontró que el <i>performance</i> se incrementó por el uso de tecnología avanzada de información. Específicamente, las empresas de manufactura que aplicaron TI avanzada y se enfocaron en un portafolio de flexibilidad y estrategia de costo tienen un efecto mayor en el <i>performance</i> .
2009	Koc & Bozdog	POSITIVA*	Este estudio arroja 6 predictores básicos significativamente importantes para el <i>performance</i> de la empresa. Entre todos ellos, el <i>performance</i> del diseño del producto, el uso del dispositivo, el <i>performance</i> de planeación de la producción y de preparación tienen un impacto positivo; mientras que, la capacidad de utilización y el inventario de producto terminado tienen un impacto negativo en el <i>performance</i> de la empresa.
2013	Bülbul et al.	NEGATIVA en <i>performance</i> de la empresa POSITIVA en <i>performance</i> de manufactura	Los inversores y seguidores, que fueron empresas que tienen altos niveles de inversión en TAM tuvieron un mejor <i>performance</i> en manufactura que los tradicionalistas que tuvieron las inversiones más bajas en TAM. Sin embargo, en cuanto al <i>performance</i> de la empresa se encontró que, los patrones de inversión en TAM no están significativamente correlacionados con el <i>performance</i> de la firma.
2015	Uwizeyemungu et al.	NEGATIVA	No se encontró ninguna relación significativa entre el <i>performance</i> de cualquier patrón y la innovación de productos.
Fuente: Elaboración propia.			

1.3.2 Complementariedad entre habilidades, TIC y *performance*.

Un gran parte de la investigación en el campo del SBTC ha argumentado que la nueva maquinaria (como computadoras) complementan a la mano de obra cualificada (Bresnahan et al., 2002; Chun, 2003; Levy & Murane, 2003; Bresnahan et al., 2002; Spitz 2006; Bayo & Lera, 2007; Lewis 2011) y que, la caída de los precios de estas tecnologías durante las últimas décadas ha incrementado la demanda relativa de la mano de obra cualificada (Hempell, 2003; Levy & Murane, 2003). Conforme el precio del capital de computación ha caído precipitadamente en las décadas recientes, la sustitución y complementariedad se han incrementado en la demanda de trabajadores que tienen una ventaja comparativa en tareas no rutinarias, típicamente los trabajadores educados con grado universitario (Levy & Murane, 2003).

Un gran número de modelos económicos en la literatura, que proporcionan una base para el SBTC, cuentan como principio central la complementariedad entre tecnología-habilidad. Violante (2008), por ejemplo, plantea tres formulaciones alternativas para explicar esta relación de complementariedad. La primera formulación se basa en una característica distintiva de la economía de EE.UU. de la posguerra: la aguda disminución del precio relativo de las tecnologías de la información y comunicación, cuyos precios cayeron en un 10% por año. Esta disminución llevó a un aumento en el uso de este tipo de tecnologías. Debido a la capacidad de sustitución de estas nuevas tecnologías (substituir a los empleados en la realización de tareas de poca cualificación en una empresa), el crecimiento del *stock* de TIC hizo subir la demanda relativa de mano de obra cualificada y a su vez, la prima de habilidades. La segunda formulación sostiene que los trabajos más educados, capaces o experimentados van mejor con el cambio tecnológico. Esto es, los trabajadores más cualificados son menos afectados negativamente por la crisis creada por las grandes transformaciones tecnológicas puesto que, es menos costoso para ellos aprender el conocimiento adicional necesario para adoptar una nueva tecnología. Por tanto, las rápidas transiciones tecnológicas son sesgadas hacia las habilidades ya que, los trabajadores más capaces se adaptan mejor al cambio.

Con la llegada de las nuevas tecnologías de la información, sin embargo, la productividad puede caer temporalmente mientras los trabajadores y las empresas aprenden cómo implementar bien los nuevos métodos de producción. Esta conjetura desarrollada por Nelson-Phelps implica que el aumento en la prima de las habilidades es transitoria: se da sólo en la fase de adopción temprana de una nueva tecnología en la que los trabajadores que se adaptan más rápidamente obtienen algunos beneficios. Conforme pasa el tiempo, habrá suficientes trabajadores aprendiendo a trabajar con

estas tecnologías para compensar la diferencia salarial, de acuerdo a esta formulación. Si en la tecnología de largo plazo se tiende a la descualificación, se podría esperar ver un cambio gradual en la demanda de mano de obra a través de las categorías intermedias, cuando el conocimiento de las TIC se vuelve más codificado y accesible, esto es analizado por O'Mahony et al. (2008) obteniendo resultados que varían dependiendo del país, ya que como ellos infieren, pueden encontrarse en distintas fases de adopción de las TIC. Cuando se consideraron en este mismo estudio a países de la Unión Europea (Reino Unido y Francia), el impacto de las TIC en la demanda de graduados con habilidades más generales es menos pronunciada en el Reino Unido que en los EE.UU. y, no hay un impacto evidente en Francia. En ambos sin embargo, la demanda de graduados en ocupaciones de TI es fuerte en relación con los EE.UU., aunque con pocos cambios a través del tiempo, lo que sugiere que estos países se encuentran en una fase diferente del proceso de adopción y difusión. Lo que si se encontró de forma general es que, conforme la adopción de una nueva tecnología se generaliza (etapa de difusión), como es el caso de EE.UU. la demanda de habilidades específicas parece estar cambiando a más genéricas, al menos en los sectores intensivos en TIC (O'Mahony et al., 2008).

La tercera formalización se basa en Milgrom y Roberts (1990). Estos autores argumentan que las TI reducen los costos de almacenamiento de datos, la comunicación, el seguimiento y las actividades de supervisión dentro de la empresa. Esto genera un cambio hacia un nuevo diseño de organización. En particular, las capas en la estructura jerárquica pueden reducirse, de modo que la organización de la empresa se convierte en "más plana". Los trabajadores ya no realizan tareas rutinarias y especializadas, pero ahora son responsables de una amplia gama de tareas dentro de los equipos. Por lo tanto, los trabajadores adaptables que tienen habilidades generales y que están más versados en actividades multitareas se benefician de esta transformación.

Haciendo una revisión de la literatura entre los autores que han encontrado una relación complementaria entre las habilidades y las TIC, podemos encontrar lo siguiente. En la primera etapa de introducción de nuevas tecnologías se necesitan altos niveles de habilidades debido a los riesgos y complejidad que requieren su proceso de aprendizaje (Atezni & Carboni, 2006). Bresnahan et al., (2002) en su estudio realizado a nivel firma en Estados Unidos, encontraron evidencia de complementariedad entre tres clases de innovaciones (TI, reorganización del lugar de trabajo y nuevos productos/servicios), en la demanda de mano de obra cualificada y la productividad. Las firmas que adoptaron estas innovaciones mostraron una tendencia a usar más mano de obra cualificada. En otro estudio, también en los EE.UU., se

encontró una fuerte evidencia del impacto de las TIC en la demanda de trabajadores con títulos universitarios. Este efecto es, relativamente grande en los sectores que utilizan intensivamente las TIC y, está aumentando a través del tiempo. Por el contrario, en las industrias no intensivas en TIC, encontraron una reducción en el grado de aumento de la demanda de mano de obra altamente cualificada (O'Mahony et al., 2008). Chun (2003) examinó el efecto de las TI en la demanda relativa de trabajadores educados en las industrias de Estados Unidos. Después de descomponer el efecto de las TI en su fase de uso y adopción encontró que el uso de las TI es complementario con los trabajadores educados, mas aún, los trabajadores educados tienen una ventaja comparativa en la fase de adopción de TI. Este hallazgo refuerza la evidencia de que el efecto de adopción de nuevas tecnologías acelera la demanda de trabajadores educados cuando son en principio adoptadas. Arvanitis (2005) también encontró evidencia positiva de una fuerte complementariedad entre las TIC y capital humano, pero no entre estos dos factores y la organización. En su estudio realizado en Suiza, a nivel firma, también se encontraron correlaciones positivas con la productividad del trabajo para dos tipos de variables compuestas de TIC y para capital humano. Cabe mencionar que en este trabajo, las TIC fueron medidas como: correo electrónico, Internet, intranet y extranet, razón por la cual puede no haberse encontrado evidencia de relación con la organización de la empresa. En Bartel et al. (2007), se encontró que la adopción de nuevo equipo de TI coincide con los incrementos en los requerimientos de habilidades de operadores de maquinaria con habilidades técnicas y de resolución de problemas y, además con la adopción de nuevas prácticas de recursos humanos que soporten estas habilidades. Gretton et al., (2004) también encuentran evidencia de la importancia de las habilidades de los empleados para poder absorber y hacer uso productivo de las TIC, confirmando que el uso de las TIC está sesgado hacia altos niveles de habilidades. En Canadá por su parte, se encontraron evidencias de que el capital humano realiza el efecto de las TIC (medido como el uso de computadoras en este estudio) en la productividad (Moshiri & Simpson, 2011). Seo et al., (2012) destacan que el *performance* económico no será aumentado automáticamente únicamente con la introducción de nueva tecnología, sino que, se necesita un emparejamiento apropiado entre los factores de la organización del trabajo relevantes, el modo de cooperación entre las firmas, sistemas de aprendizaje relevantes y por supuesto, el suministro de mano de obra cualificada. Invertir en TIC no se tornará en un aumento en la productividad de la empresa de forma directa, generalmente se requiere de inversiones complementarias en capital humano e innovación y cambios organizativos (Pilat, 2005).

En España también ha sido estudiada la relación entre las TIC y los niveles de cualificación requeridos por los recursos humanos de las empresas. El estudio realizado por Galve-Górriz y Gargallo (2010) en 1.269 empresas españolas de manufactura sugiere que, las TIC están relacionadas con altos niveles de cualificación, altos niveles de trabajadores de I+D, y altos niveles de capacitación por trabajador. Estos resultados confirman que también en España se da una relación entre la innovación tecnológica y los cambios tanto organizativos como humanos. En otro estudio realizado en España, Bayo y Lera (2007) también encontraron una asociación positiva entre el nivel general de cualificaciones de los empleados y el uso de las TIC.

Estudios realizados en países en vías de desarrollo como Irán, también han encontrado una complementariedad entre el capital en TIC y las habilidades. El capital humano y el incremento del capital en TIC son probablemente dos factores determinantes de la ganancia de *payoffs* positivos para las inversiones en TIC en Irán (Gholami et al., 2004). Una cuestión importante que se señala en este estudio para los países en vías de desarrollo es que, el incremento en el uso de las TIC debe estar acompañado de un incremento en el nivel de habilidades del capital humano, de otra forma sólo se obtendrán pequeños retornos a las inversiones en TIC en este tipo de países. A pesar de que, otros autores no han medido la relación de complementariedad entre estas tres variables directamente, también han encontrado que existe una necesidad de contar con mano de obra cualificada para poder incrementar la productividad de las TIC de manera indirecta. Este es el caso de Hempell (2003) que al estudiar la relación entre las inversiones en TIC y la capacitación (*training*) en más de 1.200 firmas alemanas encontró que las firmas que invierten fuertemente tanto en la capacitación como en las TIC obtienen un *performance* significativamente mejor que sus competidores, que siguen en su lugar, estrategias de inversión aisladas. Un hallazgo importante de este estudio es que para que la capacitación obtenga resultados, es un pre-requisito contar con una proporción alta de empleados educados en la fuerza de trabajo (Hempell, 2003). La evidencia señala que, las ganancias productivas son mayores en las firmas que emplean una alta fracción de empleados con grado universitario y que han realizado fuertes inversiones en TIC.

En estudios más recientes, la relación entre habilidades y TIC sigue presentando resultados positivos. Sin embargo, a pesar de que las TIC siguen tendiendo a la demanda de personal cualificado, paralelamente se ha notado que el personal bajamente cualificado (en ocupaciones de servicio) no ha sido afectado. En un estudio realizado en 4 países europeos (Gran Bretaña, Alemania, España y Suiza), se

encontró que, el empleo se expandió más en la cima de la jerarquía ocupacional, es decir, entre gerente y profesionales. De forma paralela, las ocupaciones intermedias (como cajeras y trabajadores de producción) decrecieron en relación a aquellos ubicados en la parte más baja (trabajadores de servicios interpersonales) (Oesch & Rodríguez, 2011). Estos autores afirman que sin tornar hacia la hipótesis de la rutinización, no se puede explicar el hueco que se observa en la estructura del empleo de los trabajos medianamente cualificados. Este patrón de polarización observado en este estudio (para Gran Bretaña y Suiza) es consistente con la idea de que la tecnología es un mejor sustituto para tareas de rutina típicas de empleos (tanto de oficina como de producción) de mediana envergadura que, para aquellos empleos de servicios caracterizados por realizar tareas interpersonales no rutinarias. En otro estudio realizado en EE.UU., Kim y Hwang (2013) intentan determinar como la computarización afecta de forma heterogénea la demanda de habilidades de los trabajadores para cada uno de los tres tipos de cualificación. Los resultados obtenidos mostraron una expansión en la adopción de bienes relacionados a la computarización que incrementan la demanda de trabajadores alta y bajamente cualificados, pero decrece para aquellos medianamente cualificados (Kim & Hwang, 2013). Más aún, la polarización del empleo en industrias altamente computarizadas parece ser distinta relacionada con las industrias baja y medianamente computarizadas. Esto da soporte a la hipótesis de que, fuertes inversiones en computadoras son significativas para poder explicar los cambios recientes del empleo hacia una estructura polarizada en el mercado de trabajo de EE.UU. Otro estudio realizado en 16 países europeos (incluyendo España) en el periodo 1993-2010 encontró que, la estructura del empleo en Europa del Oeste se ha ido polarizando con el crecimiento en la proporción de empleo para profesionales y gerentes altamente pagados, así como, trabajadores de servicio con baja paga; y una caída en la proporción de empleo de trabajadores de oficina rutinarios y de manufactura (Goos et al., 2014). Para una mejor comprensión, en el cuadro 3 podemos observar los hallazgos obtenidos en la revisión de la literatura sobre la relación complementaria de las habilidades y las TIC en el *performance* de la empresa.

**Cuadro 3. Hallazgos en la revisión de la literatura de la relación
TIC, habilidades y performance.**

AÑO	AUTORES	MARCO TEÓRICO	RELACION	HALLAZGOS
2001	Black & Lynch		POSITIVA	Las empresas que adoptan lo que se denomina "nuevas prácticas" o "prácticas de relaciones industriales transformadas" que promueven de forma conjunta la toma de decisiones emparejada con incentivos basados en la compensación tienen una mayor productividad.
2002	Bresnahan et al.	SB TC	POSITIVA	Encontraron evidencia de complementariedad entre tres clases de innovaciones (TI, reorganización del lugar de trabajo y nuevos productos/servicios), en la demanda de mano de obra cualificada y la productividad.
2003	Chun	SBTC	POSITIVA	El uso de las TI es complementario con los trabajadores educados, mas aún, los trabajadores educados tienen una ventaja comparativa en la fase de adopción de TI.
2004	Gretton et al.	SBTC	POSITIVA	También encuentran evidencia de la importancia de las habilidades de los empleados para poder absorber y hacer uso productivo de las TIC, confirmando que el uso de las TIC está sesgado hacia altos niveles de habilidades.
2004	Gholami et al.		POSITIVA	El capital humano y el incremento del capital en TIC son probablemente dos factores determinantes de la ganancia de <i>payoffs</i> positivos para las inversiones en TIC.
2005	Arvanitis		POSITIVA	Se encontró evidencia positiva de una fuerte complementariedad entre las TIC y capital humano.
2005	Pilat		POSITIVA	La evidencia sugiere que invertir en TIC no se tornará en un aumento en la productividad de la empresa de forma directa. Típicamente requiere de inversiones complementarias en capital humano e innovación y cambios organizativos.
2006	Atezni & Carboni		*POSITIVA Solo en la primera etapa de introducción de las TIC.	En la primera etapa de introducción de nuevas tecnologías se necesitan altos niveles de habilidades debido a los riesgos y complejidad que requieren su proceso de aprendizaje.
2007	Bartel et al.	SBTC	POSITIVA	Se encontró que la adopción de nuevo equipo de TI coincide con los incrementos en los requerimientos de habilidades de operadores de maquinaria con habilidades técnicas y de resolución de problemas y, además con la adopción de nuevas prácticas de recursos humanos que soporten estas habilidades.
2007	Bayo & Lera	SBTC	POSITIVA	Encontraron una asociación positiva entre el nivel general de cualificaciones de los empleados y el uso de las TIC.
2008	O'Mahony et al.	SBTC	POSITIVA	Se encontró una fuerte evidencia del impacto de las TIC en la demanda de trabajadores con títulos universitarios, Por el contrario, en las industrias no intensivas en TIC, encontraron una reducción en el grado de aumento de la demanda de mano de obra altamente cualificada.

AÑO	AUTORES	MARCO TEÓRICO	RELACION	HALLAZGOS
2010	Galve-Górriz & Gargallo	SBTC	POSITIVA	Las TIC están relacionadas con altos niveles de cualificación.
2011	Moshiri & Simpson		POSITIVA	Se encontraron evidencias de que el capital humano realiza el efecto de las TIC (medido como el uso de computadoras en este estudio) en la productividad.
2011	Oesch & Rodríguez	RBTC	POSITIVA	Se encontró que el empleo se expandió más en la cima de la jerarquía ocupacional. De forma paralela, las ocupaciones intermedias decrecieron en relación a aquellos ubicados en la parte más baja. Estos autores afirman que sin tomar hacia la hipótesis de la rutinización, no se puede explicar el hueco que se observa en la estructura del empleo de los trabajos medianamente cualificados.
2011	Blankenau & Cassou	SBTC	POSITIVA	Se encontró que la tecnología sesgada hacia las habilidades está muy extendida y ocurre en casi todo tipo de industria. Sin embargo, el grado de este cambio difiere considerablemente entre industrias e incluso dentro de grupos de la industria. En general, los servicios cualificados y la manufactura han experimentado los cambios más rápidos mientras que los servicios poco cualificados los menos.
2012	Seo et al	SBTC	POSITIVA	El <i>performance</i> económico no será aumentado automáticamente únicamente con la introducción de nueva tecnología, sino que se necesita un emparejamiento apropiado entre los factores de la organización del trabajo relevantes, el modo de cooperación entre las firmas, sistemas de aprendizaje relevantes y por supuesto, el suministro de mano de obra cualificada.
2013	Kim & Hwang,	RBTC	POSITIVA	Los resultados obtenidos mostraron que, una expansión en la adopción de bienes relacionados a la computarización incrementan la demanda de trabajadores alta y bajamente cualificados, pero decrece para aquellos medianamente cualificados.
2013	Katz & Margo	RBTC	POSITIVA	En el siglo XX el cambio técnico ha tenido un efecto monótono en la demanda relativa de habilidades hasta hace muy poco. Sin embargo, la distribución en las ocupaciones durante ambos siglos hay un tema común a los efectos del cambio técnico: el desplazamiento del trabajo cualificado de algunas tareas pero, su incremento en otras.
2014	Michaels et al	RBTC	POSITIVA	Las industrias que tuvieron un crecimiento mayor tuvieron mayores incrementos en la demanda relativa de trabajadores educados y caídas mayores en la demanda relativa de los trabajadores medianamente educados.
2014	Goos et al.	RBTC	POSITIVA	La estructura del empleo en Europa del Oeste se ha ido polarizando con el crecimiento en la proporción de empleo para profesionales y gerentes altamente pagados, así como, trabajadores de servicio con baja paga; y una caída en la proporción de empleo de trabajadores de oficina rutinarios y de manufactura.
Fuente: Elaboración propia.				

Con todo lo anterior expuesto en esta sección podemos observar que el efecto de la relación de complementariedad entre las TIC y las habilidades ha sido un tema ampliamente estudiado. Sin embargo, las TIC han sido medidas en cada uno de los estudios revisados de formas muy distintas, tomando como referencia principalmente el uso del ordenador. Con el fin de incrementar el conocimiento en esta área y matizar la relación entre estas dos variables (TIC y habilidades), hemos elegido realizar el estudio en empresas de que utilizan tecnologías avanzadas de manufactura. De esta forma podremos observar si el SBTC sigue siendo la mejor explicación para la demanda de personal cualificado en empresas que utilizan TAM o si bien, es la hipótesis de la rutinización la que mejor se adapta a este tipo específico de empresas.

a) TIC medidas como TAM.

La investigación realizada por Pagell et al. (2000) en EE.UU. sin embargo, arroja dudas en cuanto a la necesidad de contar con altas habilidades para poder incrementar el *performance* de una empresa en presencia de TAM. Estos autores señalan que no sólo no encontraron evidencia de una relación linear o curvilínea simple entre habilidades y *performance*, sino que algunas de las empresas estudiadas con más alto *performance* sólo usaban tiempos de preparación de su personal menores a 10 semanas. Estas empresas usaban tanto CNC y CMS. Por tanto, la conclusión de este estudio es que, las empresas no necesitan tener empleados altamente cualificados para poder tener altos niveles de *performance* en TAM (Pagell et al., 2000). Estos resultados parecen indicar que, cuando las empresas de manufactura adoptan una nueva tecnología, necesitan considerar a sus recursos humanos en lugar de asumir que las altas habilidades son un pre-requisito para alcanzar metas de manufactura. En su lugar, esta investigación sugiere que los administradores deben buscar un alineamiento entre los requerimientos del empleo (nivel de habilidades) y los requerimientos de los sistemas TAM (Pagell et al., 2000). Estos hallazgos, sin embargo, deben ser interpretados con precaución ya que, esto no implica que los empleados altamente cualificados no sean útiles. Obviamente, los empleados que no tengan un entrenamiento adecuado, serán un impedimento para alcanzar las metas de manufactura. Por otro lado, el primero de los hallazgos que arroja el estudio realizado por Patterson et al. (2004) en el Reino Unido en empresas de manufactura es que, el grado de manufactura integrada (IM) entre empresas está positivamente asociado con el empoderamiento de los empleados (Patterson et al., 2004). Este hallazgo contradice los estudios que argumentan que la IM (en forma de TAM, TQM y JIT) conduce a empobrecer el trabajo poco cualificado, sin embargo, tampoco se puede inferir un vínculo causal entre la IM y el empoderamiento. En

cuanto a la relación entre la manufactura integrada y el *performance* de la empresa, sólo las TAM mostraron alguna asociación y, está fue con la productividad pero no con el beneficio. Las empresas que hacen un mayor uso del enriquecimiento del trabajo y mejora de habilidades fueron aquellas que mostraron una productividad más fuerte durante el año siguiente (Patterson et al., 2004). Es de destacar la fuerte relación que mostraron las prácticas de empoderamiento con el *performance* de la empresa, ya que esto, añade credibilidad al argumento de que invertir en el capital humano es importante para lograr una ventaja competitiva (Patterson et al., 2004).

En su estudio, Dunne y Troske (2005) examinan los patrones de uso y adopción de tecnología en empresas de manufactura de EE.UU y la mezcla de habilidades de la fuerza de trabajo. Uno de los principales hallazgos es que, la relación entre la mezcla de habilidades de la fuerza de trabajo y, el uso y adopción de tecnología varía por el tipo de tecnología que sea estudiada y por la tarea que dicha tecnología este desempeñando (Dunne & Troske, 2005). Cuando la tecnología está asociada con funciones de diseño e ingeniería, generalmente existe una fuerte correlación entre y el uso/adopción de la tecnología y lugares de trabajo que tienen una gran proporción de trabajo no-productivo. En cambio, cuando se examina la relación entre la adopción de tecnología y el aumento de habilidades de la fuerza de trabajo, se encontró poca correlación a nivel planta. Sin embargo, se encontró que las plantas que adoptan tecnologías relacionadas al diseño e ingeniería crecieron más rápidamente en un periodo de 10 años (Dunne & Troske, 2005). Un estudio realizado en la industria manufacturera portuguesa por Barbosa & Faria (2008), provee una contribución empírica para el análisis de los determinantes en adopción de tecnología, dando una particular atención al rol que juegan las características de la fuerza de trabajo. Los resultados sugieren que la proporción de empleados cualificados tienen un impacto positivo y significativo en la probabilidad de adopción de tecnología (Barbosa & Faria, 2008). En el estudio realizado por Bayo et al. (2008) se buscó probar la existencia de una relación positiva entre el uso de TIC, TAM y prácticas de trabajo innovadoras; con el aumento de los requerimientos de las habilidades en el caso de España. Este estudio se llevo a cabo en empresas de manufactura a nivel planta. A diferencia de muchos estudios previos, este estudio combina tres diferentes aspectos relacionados a las habilidades: los requerimientos de habilidades del empleo, la estructura de habilidades de la fuerza de trabajo y la provisión de entrenamiento por parte de la empresa. Los autores encontraron que, las TAM, TIC y las prácticas de trabajo innovadoras están positivamente correlacionadas con las altas habilidades (Bayo et al., 2008). Estos resultados están en línea con otros estudios que prueban el SBTC.

Se pudo verificar también que, cuando son consideradas independientemente, la nueva tecnología (tanto TIC como TAM), tienen por ellas mismas un efecto positivo en las habilidades requeridas en la planta. Las TIC y las TAM favorecen el aumento de habilidades aún cuando no vayan acompañadas por el uso de innovaciones organizativas (Bayo et al., 2008). A pesar de que las TIC y las TAM están positivamente relacionadas a los requerimientos de habilidades del empleo, tienen diferentes efectos en la composición de la fuerza de trabajo y por tanto, en la estructura de las habilidades. Uno de los hallazgos más interesantes para nuestro análisis es que, de acuerdo a estos autores, el uso de TAM es más probable que tienda a una sustitución del trabajo ya que reduce la proporción de trabajadores de producción del total de empleados de la planta. Sin embargo, con el uso de TIC la proporción del porcentaje de trabajadores de producción en la planta se mantiene igual (Bayo et al., 2008). Por otro lado, también se pudo observar que existen cambios en la estructura de habilidades en los trabajadores de producción, teniendo más demanda los empleados mejor educados. Las empresas que usan las TIC en su proceso de producción tienden a contratar trabajadores con un grado universitario o, por lo menos, que hayan terminado la educación secundaria. Los impactos de la tecnología en los trabajadores de producción dependerán del tipo de tecnología que sea considerada, ya que, las TAM impactan a través de la sustitución del trabajo por el capital, mientras que las TIC aumentan la contratación de trabajadores de producción mejor educados (Bayo et al., 2008). Es decir, a pesar de que ambas tecnologías tienen un impacto en la estructura de las habilidades del *staff*, las TIC impactan en la distribución de la fuerza de trabajo de la producción, mientras que las TAM tienen efectos en la distribución de la fuerza de trabajo entre los empleados de cuello azul y cuello blanco. Como resultado, las TIC parecen requerir más habilidades formales que las TAM (Bayo et al., 2008). Por tanto, los resultados obtenidos en este estudio sugieren que el conocimiento requerido para manejar las TAM apropiadamente es usualmente menos general que el que requieren las TIC. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que el marco de referencia de la economía española es distinto a otros países desarrollados. En España, la mayoría de las empresas son PYMES y la inversión en innovación y tecnología continúan siendo uno de los retos a vencer para alcanzar un crecimiento a largo plazo como mencionan los autores.

Cordero et al. (2009), realizaron un estudio en EE.UU para explorar el grado en que las empresas que cuentan con trabajadores competentes, adopción de tecnologías de organización y TAM, cambian el *performance* en manufactura. Los hallazgos de este estudio implican que, si las firmas quieren incrementar su efectividad en manufactura,

pueden adoptar tecnologías organizativas y un *staff* con trabajadores competentes. Adicionalmente, pueden adoptar TAM para parcialmente incrementar la efectividad en manufactura (Cordero et al., 2009). En el caso de las TAM los autores argumentan que, debido a que este tipo de tecnología es cara, su adopción puede no estar justificada hasta que se vuelva menos compleja y, por tanto, capaces de incrementar más extensivamente la efectividad en manufactura. También se encontró que, si las firmas quieren incrementar su flexibilidad en manufactura, pueden reclutar trabajadores competentes y, pueden adoptar TAM en la presencia de trabajadores competentes para parcialmente incrementar su flexibilidad en manufactura (Cordero et al., 2009). En conclusión, los hallazgos de este estudio implican que si las empresas quieren incrementar tanto su efectividad como su flexibilidad en manufactura de manera simultánea, deben reclutar trabajadores competentes. También pueden adoptar TAM para parcialmente incrementar la efectividad en manufactura y, en la presencia de trabajadores competentes para parcialmente incrementar la flexibilidad en manufactura (Cordero et al., 2009). En un estudio realizado en plantas de manufactura de equipo y metal ubicadas en EE.UU., se encontró que, las inversiones en automatización substituyen a los trabajadores menos cualificados, mientras que complementan a los medianamente cualificados (Lewis, 2011). En el cuadro 4, podemos observar los hallazgos obtenidos en la revisión de la literatura sobre la relación complementaria de las habilidades y las TAM en el *performance* de la empresa.

Cuadro 4. Hallazgos en la revisión de la literatura de la relación

TAM, habilidades y *performance*.

AÑO	AUTORES	RELACION	HALLAZGOS
2000	Pagell et al.	NEGATIVA *	Se encontró que las empresas no necesitan tener empleados altamente cualificados para poder tener altos niveles de <i>performance</i> en TAM. Sin embargo, esta investigación tampoco pretende implicar que los empleados altamente entrenados u otros elementos de compromiso estratégico no sean útiles.
2004	Patterson et al.	POSITIVA	Se encontró que las empresas que hacen un mayor uso del enriquecimiento del trabajo y mejoras de habilidades fueron aquellas que mostraron una productividad más fuerte durante el año siguiente.
2005	Dunne & Troske	POSITIVA *	Se encontró que cuando la tecnología es asociada con funciones de diseño e ingeniería, generalmente existe una fuerte correlación entre y el uso/adopción de la tecnología y la mezcla de habilidades de la fuerza de trabajo. Sin embargo, el uso y adopción de tecnologías más estrechamente asociadas a la actividad productiva, muestran poca correlación con las habilidades de la fuerza de trabajo.
2008	Barbosa & Faria	POSITIVA	Los resultados sugieren que la proporción de empleados cualificados tienen un impacto positivo y significativo en la probabilidad de adopción de tecnología.
2008	Bayo et al.	POSITIVA	Se encontró que las TAM, TIC y las prácticas de trabajo innovadoras están positivamente correlacionadas con las habilidades (altas). Sin embargo, las TIC parecen requerir más habilidades formales que las TAM.
2009	Cordero et al.	POSITIVA	Los hallazgos en este estudio implican que si las firmas quieren incrementar su efectividad en manufactura, pueden adoptar tecnologías organizativas y un <i>staff</i> con trabajadores competentes. Adicionalmente, pueden adoptar TAM para parcialmente incrementar la efectividad en manufactura.
2011	Lewis	POSITIVA	Se encontró que la automatización de la manufactura complementa a los trabajadores medianamente cualificados. Este estudio muestra que las inversiones en automatización substituyen a los trabajadores menos cualificados mientras complementan a los medianamente cualificados.

En el siguiente apartado daremos paso al modelo específico de este proyecto, haciendo en primer lugar, una descripción de lo que entendemos por empresa de manufactura flexible y que son las tecnologías avanzadas de manufactura.

CAPÍTULO II :

MODELO ESPECÍFICO

2. 1 Las empresas de manufactura flexibles.

Podemos definir la flexibilidad en manufactura como: el propósito de responder a la demanda de variaciones de forma rápida. Este objetivo puede ser alcanzado acortando el tiempo de producción, disminuyendo los niveles de inventario, realizando diseños rápidos y concurrentes centrados en necesidades específicas (Theodorou & Florou, 2008).

En tiempos anteriores, cuando la demanda homogénea de los clientes daba como resultado mercados más estables, las empresas se beneficiaban de las ventajas de la especialización, la división del trabajo y el centralismo. Sin embargo, en la actualidad esto ha cambiado. Los mercados turbulentos y dinámicos, tanto como las demandas heterogéneas del cliente en su conjunto, requieren de estructuras más flexibles y jerarquías con menos niveles en las empresas con el fin de promover el poder de decisión directamente en los lugares donde la información relevante esté disponible (Armbruster et al., 2007). En la nueva era de la producción, las prioridades estratégicas parecen haber cambiado de enfoque. Anteriormente, la estrategia más recurrida era la de reducir los costos de producción. En la actualidad, para poder generar una ventaja competitiva en el mercado, se ha prestado más atención a cuestiones como: calidad, fiabilidad, flexibilidad, servicio al cliente, servicio post-venta, gestión de la cadena de suministro, etc. Theodorou y Florou (2008) demostraron que, el enfoque de la estrategia es vital para el éxito de la empresa ya que puede facilitar la consecución de los objetivos para generar una ventaja competitiva. Además, los antiguos modelos de producción en masa de productos estandarizados, están ahora siendo reemplazados por sistemas de manufactura más flexibles que ofrecen una gran variedad de posibilidades. Los sistemas de manufactura modernos son considerados esenciales en la mayor parte de los países para poder competir ya que, éstos permiten a las empresas fabricar productos de alta calidad, fiables y baratos de forma fácil y rápida. Así pues, las empresas de manufactura están adoptando muchas tecnologías y prácticas con el fin de incrementar su competitividad. Entre éstas, 5 son prominentes: tecnologías avanzadas de manufactura (TAM), gestión de la calidad total (TQM), control de inventario justo a tiempo (JIT), enriquecimiento del trabajo y mejora de las habilidades (Patterson et al., 2004). El incremento de los cambios en las expectativas del cliente y la ineficiencia de la manufactura convencional han llevado a los fabricantes a considerar enfoques nuevos de manufactura, tales como, las TAM. Estas tecnologías permiten mayores niveles de calidad y flexibilidad a menor costo (Bülbül et al., 2013). Las PYMES de manufactura también, tienden cada vez más a adoptar TAM con el fin de fomentar la innovación de productos, la mejora de la calidad

de dicho producto, la racionalización del proceso de producción y, por tanto, mejorar su productividad.

2.1.1 Definiciones de TAM.

En este proyecto nos centraremos en estudiar como influyen, en particular, las tecnologías avanzadas de manufactura en el aumento del *performance* económico de la empresa. La difusión de las nuevas tecnologías a través de las empresas y mercados ha sido materia de estudio de una vasta literatura en las últimas décadas. Este interés radica en la creencia que el uso de este tipo de tecnologías puede generar efectos fuertes en la mejora del *performance* económico, productividad y niveles de eficiencia de la empresa. Para ello, en primer lugar, debemos entender en que consisten este tipo de tecnologías. De acuerdo a lo revisado en la literatura, las TAM son definidas como:

“Una forma de automatización *soft* que prometen los beneficios usuales de la automatización en términos de reducción de los costos de trabajo, mayor *output* y, mejoras en la calidad. Una de sus ventajas frente a la automatización tradicional (o también llamada “dura”) es que los cambios entre los productos de la misma familia pueden ser efectuados de forma más rápida (Patterson et al., 2004)”.

Las TAM son definidas como tecnologías concernientes a la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en ordenador para operar y controlar la producción (Koc & Bozdog, 2009).

Son tecnologías de ingeniería que automatizan el proceso de manufactura con equipo controlado por ordenador (Cordero et al., 2009).

Dentro de las TAM que serán analizadas en este proyecto, por ser las más usadas en España, se encuentran:

- **CNC** (computadora de control numérico) se trata del control de máquinas de manufactura y sistemas usando un ordenador e instrucciones programadas para una parte de un trabajo o empleo en particular (Koc & Bozdog, 2009).
- **CAD** (diseño asistido por computadora) se refiere al uso del ordenador para apoyar la función de diseño que representa crear, modificar o documentar un diseño de ingeniería (Koc & Bozdog, 2009).

- **CAM** (manufactura asistida por computadora) se refiere al uso del ordenador para apoyar las actividades de ingeniería en la manufactura. Utiliza los ordenadores para ayudar en la gestión, control y operaciones de manufactura a través de una interfase directa o indirecta con los recursos humanos y físicos de la empresa (Koc & Bozdog, 2009).
- La **robótica** se trata de un manipulador programable y multifuncional que es usado para mover materiales, herramientas y suministros, esto conforme a un programa escrito para poder completar varias tareas de manufactura. Entre las tareas más típicas están: soldadura de punto, transferencia de material, carga de la máquina, pintura con pistola y ensamblaje (Koc & Bozdog, 2009).
- Los **sistemas flexibles de fabricación** hacen que la producción sea rápida, confiable y de calidad. Esto mediante el uso de una estructura controlada por ordenador que incluye robots y sistemas de transporte (Söyleyici & Keser, 2016).

2.1.2 Las tecnologías avanzadas de manufactura como fuente de flexibilidad.

En las empresas de manufactura, particularmente, las máquinas controladas por ordenador son herramientas más rápidas, más precisas y más flexibles en la fabricación que aquellas más antiguas de accionamiento manual. Estos sistemas de producción, no sólo permiten reducir el número de personas requeridas para producir la misma cantidad de *outputs* que se producen bajo técnicas tradicionales de lotes grandes, sino que incrementan la flexibilidad de fabricación dando soporte a numerosas variaciones de *outputs*. Con el uso de las TAM, los cambios en la producción son más rápidos ya que, para este tipo de máquinas no es necesario resetearlas físicamente sino, únicamente, hacer un cambio en el software. Esto hace posible que se pueda lograr tanto una producción de gran volumen eficiente (economías de escala) como, una amplia variedad de productos (economías de alcance). Las TAM generalmente decrecen el costo de varios de los procesos de producción. Para muchas empresas, aceptar órdenes de pequeñas cantidades y realizar producciones para pequeños nichos de mercado no es sostenible porque sus prioridades estratégicas incrementan dramáticamente varios tipos de costos así como el tiempo de entrega. Es decir, las TAM permiten que la producción por lotes se pueda conseguir casi a costo de una producción en masa.

Para empresas que tienen entornos de producción que se caracterizan por requerir la manufactura de volúmenes bajos y personalizados de productos, el uso de tecnologías como CAD y CAM parecen ser vitales para poder realizar este tipo de manufactura. La adopción de CAD/CAM, por ejemplo, ha sido un cambio tecnológico fundamental que ha permitido a un trabajador poder resolver problemas de diseño y de producción mejor, y por tanto, necesitar menos a sus superiores para la toma de decisiones (Bloom et al, 2014). Se puede decir entonces que las TAM en general, son una fuente de ventajas competitivas ya que, ofrecen un amplio menú de beneficios potenciales que van desde: la flexibilidad y mejora de la calidad, a la reducción de costes y mejora de la productividad (Melville et al., 2004). Para poder alcanzar estos beneficios, las empresas deben administrar cuidadosamente la implementación de estas tecnologías. Esto debido a que, son tecnologías más caras (en comparación con otras), requieren mayores cambios organizativos, y podrían despertar más la resistencia al cambio (Sánchez, 1996).

2.2 TAM y *performance*.

Algunas firmas esperan incrementar su *performance* de manufactura adoptando tecnologías de manufactura como: TQM (*total quality management*), JIT (*just in time*), control de inventario y TAM. En particular, debido a sus características, se espera que las TAM hagan que el proceso de manufactura sea más capaz de alcanzar la productividad y calidad esperada y así, satisfagan las demandas del cliente acerca de nuevos y diversos productos. El efectivo despliegue de las TAM ha sido reconocido ampliamente en los años recientes como una forma de construir una ventaja competitiva sostenible y, de este modo, mejorar el *performance* de la organización (Koc & Bozdog, 2009). Este tipo de tecnologías parecen ser una condición clave para la competitividad a largo plazo, sin embargo, muchas veces los proyectos basados en TAM fracasan al no poder alcanzar las expectativas de las empresas que las adoptan. Aún existe confusión acerca del rol que tienen las TAM en la empresa. Mientras algunos estudios han encontrado una contribución positiva de este tipo de tecnologías al *performance* de la firma (Dunne & Troske, 2005; Monge et al., 2006; Theodorou & Florou, 2008; Koc & Bozdog, 2009), algunos otros no la han encontrado de forma clara (Dunne & Troske, 2005; Bülbül et al., 2013; Uwizyemungu et al., 2015). Una vez que hemos visto como las TAM pueden contribuir a la flexibilidad en manufactura de una empresa, podemos inferir que esta ventaja competitiva hará que la empresa mejore su

performance, y de esta forma podemos plantear la primera hipótesis de nuestro proyecto.

H1: El uso de tecnologías avanzadas de manufactura (TAM) incrementa el *performance* de la empresa.

Las TAM son sin duda sinónimo de automatización, por tanto, son vistas como tecnologías que al ser adoptadas conducen a un incremento de la productividad y mejoran los servicios mediante: una reducción de inventario y de desperdicio, por acortar los tiempos de entrega, incrementar la calidad y generan una mayor rentabilidad. Sin embargo, las tendencias en productividad reflejadas por muchas empresas han mostrado que estas expectativas de que las TAM automáticamente conduzcan hacia una mayor productividad no están claramente sustentadas. Parece claro inferir que, existen otros elementos importantes para lograr que las TAM incrementen el *performance* de una empresa. Muchos autores hacen referencia a elementos organizativos, condiciones del entorno, entre otros. Sin embargo, un elemento ampliamente recurrido es la condición de contar con personal altamente cualificado.

2.3 TAM y habilidades.

Una vez que hemos identificado la necesidad de contar con sistemas modernos de manufactura para poder competir en el mercado actual, surge otro factor de gran importancia para poder obtener beneficios de estas nuevas tecnologías: la mano de obra altamente cualificada. Las organizaciones de trabajo flexibles, en contraste con las líneas de producción tradicionales, implementan medidas que mejoren la capacidad de los empleados para participar plenamente en la coordinación del trabajo (Eldridge & Nisar, 2006). De acuerdo a lo encontrado en la revisión de la literatura del capítulo anterior, parece evidente que la adopción de TIC en la empresa no generará incrementos significativos en la productividad por sí mismas, es decir, si no van acompañadas de mano de obra cualificada. En ese apartado, eran consideradas las TIC en general, es decir, en algunos estudios eran medidas como el uso de ordenador, redes, etc., y más adelante fue matizado tomando en cuenta estudios que miden las TIC de forma más específica, es decir, como TAM.

En la economía global actual, donde la tecnología no representa una diferencia entre las economías, la única ventaja competitiva que puede tener una nación es la provisión de trabajadores con conocimientos o cualificados. Los procesos de manufactura de los bienes han evolucionado desde formas de producción artesanales hacia sistemas de manufactura altamente organizados. Este tipo de sistemas también han cambiado de forma dramática desde los sistemas mecánicos hasta ahora, con la aplicación de las TAM. De forma paralela, esta evolución ha provocado grandes cambios en las habilidades que se requieren de los trabajadores. Ahora son necesarias habilidades más altas tanto en áreas cognitivas como psicomotoras. Es decir, a pesar de las contribuciones del desarrollo de tecnologías para incrementar la productividad en el sector de la manufactura, también ha habido un incremento en la demanda de las habilidades que debe poseer un trabajador ya que, el componente humano del sistema de manufactura es de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema en su totalidad. A pesar de que las máquinas se encargan ahora de las tareas físicas, al parecer, las tareas difíciles siguen siendo realizadas por los humanos. En la manufactura moderna, los equipos automatizados y las aplicaciones computacionales comparten un entorno de trabajo con humanos. Las funciones que eran desempeñadas de forma rutinaria por las personas en el pasado, son ahora asignadas a las máquinas, como por ejemplo: el procesamiento de materiales, ensamblajes, manipulación, etc. Las empresas de manufactura muchas veces se apresuran en implementar tecnologías automatizadas por la creencia generalizada de que las personas tienen dificultades en proveer una producción con calidad, uniformidad, fiabilidad, capacidad de repetición y para registrar los eventos. Sin embargo, olvidan que las máquinas no son capaces de hacer todo y por esta razón, es necesario no descuidar el factor humano.

2.3.1 Razones por las que importan las habilidades de las personas.

Las personas son más flexibles en la toma de decisiones debido a sus capacidades de percepción. Estas son capaces muchas veces de innovar o mejorar los procesos de manufactura de formas que, las máquinas no pueden por sí mismas desarrollar. Esta es una de las razones por las cuales, en ocasiones, las tecnologías automatizadas no resultan exitosas, ya que no cuentan con la flexibilidad humana y habilidades para lidiar con un problema en tiempo real. A pesar de la creencia de que las personas pueden cometer más errores que las máquinas, lo cierto es que también pueden ser mejores que éstas en la resolución de problemas. Las personas se vuelven más necesarias en altos niveles de automatización ya que, en estos niveles, el *performance* del sistema depende en el juicio, habilidades y experiencia de la mano de obra

restante (es decir, aquella que no ha sido substituida en labores rutinarias por las máquinas) (Mital & Pennathur, 2004). La reciente informatización se ha asociado pues, con una disminución de la proporción de puestos de trabajo de rutina de tareas medias (Arntz et al., 2016).

2.3.2 Problemas causados por la automatización en las habilidades de los trabajadores.

Se dice que la manufactura automatizada libera a los trabajadores de tareas rutinarias, peligrosas y físicamente demandantes y, les permite, involucrarse en trabajos más creativos y satisfactorios. Pero, al parecer, el movimiento hacia la automatización ha llevado al trabajador a ser un subordinado de la tecnología (Mital & Pennathur, 2004). Por tanto, algunos argumentan que este movimiento ha generado un declive en las cualificaciones requeridas en los trabajadores. Algunos autores han sugerido que la adopción de manufactura integrada tiende a desempoderar a los empleados y crear empleos empobrecidos ya que, los trabajadores son relevados de cualquier toma de decisión que implique hacer uso de juicio o conocimientos. En contraste, otros autores argumentan que la manufactura integrada conduce a un mayor empoderamiento que llevará al final de la producción en masa y a la necesidad de confiar más en los conocimientos de los empleados. Este proyecto se apoya en los estudios que defienden la hipótesis que sostiene que, para que las TAM tengan un impacto positivo en el *performance* de una empresa, contar con trabajadores altamente cualificados resulta un factor necesario (Baldwin et al., 2003; Mital & Pennathur, 2004; Patterson et al., 2004; Swing & Nair, 2007; Bayo et al., 2008; Barbosa & Faria, 2008; Cordero et al., 2009; Lewis 2011; Bas 2012; Bülbül et al., 2013). Las TAM y los humanos, en los entornos de manufactura modernos son interdependientes. Esta interdependencia es la clave para obtener el mayor beneficio de las TAM y, alcanzar así, las metas de productividad y calidad en la manufactura del producto (Mital & Pennathur, 2004). Más aún, la automatización sin las adecuadas cualificaciones de la fuerza de trabajo puede tener consecuencias negativas ya que, eventos como: desgaste o mal funcionamiento de la maquinaria, fallas impredecibles en la línea de producción, etc., necesitan de la intervención de un experto. Además, como se ha mencionado anteriormente, para poder crear una ventaja competitiva en el mercado, las empresas necesitan ser innovadoras. Si se cuenta con personal poco cualificado, estos (por la naturaleza de su formación), tienden a ser menos creativos. Barbosa y Faria (2008) encuentran una fuerte relación de complementariedad entre las habilidades y la tecnología con una

causalidad en ambos sentidos. Es decir, por un lado, el cambio tecnológico conduce a un incremento en la demanda de trabajo cualificado y, por otro lado, trabajadores más cualificados tienen más probabilidades de usar tecnologías avanzadas ya que tienen más capacidades de aprendizaje (Barbosa & Faria, 2008). Mital y Pennathur (2004) mencionan algunos hechos acerca de las TAM que nos ayudan a reforzar la importante relación que guardan este tipo de tecnologías con la mano de obra cualificada:

1. Las TAM, si son implementadas, pueden ser muy productivas para los negocios que las emplean. Sin embargo, las percepciones de ganancias automáticas enormes en productividad no están soportadas por reportes de ganancias productivas actuales en varios países industrializados. De hecho, las tasas de incremento en la productividad en la era del desarrollo de las TAM es menor que en la era que le precede.
2. Conforme la tecnología avanza, las TAM se vuelven relativamente más flexibles.
3. El humano es aún el elemento más versátil y flexible en el sistema de manufactura y seguirá siéndolo en un futuro previsible.
4. Es poco probable que las máquinas puedan realizar juicios acerca de información variable en tiempo real o que, tenga capacidades sutiles de detección, al menos, en un futuro cercano.
5. La presencia e integración de humanos en un sistema de manufactura puede ser económicamente benéfica ya que, mejora la fiabilidad y flexibilidad de los sistemas y, mejora la comunicación.
6. La implementación de las TAM puede y de hecho conduce a un desplazamiento del trabajador, descuidando sus habilidades y sacrificando su creatividad mediante su delegación a un estatus de elemento pasivo en el sistema de producción.
7. La implementación y adopción exitosa de las TAM es dependiente al elemento humano.
8. Las capacidades de las aplicaciones computacionales no se extienden a poder hacer un buen uso de las habilidades de las personas. La integración entre las habilidades de las personas y las TAM es esencial para una aplicación efectiva de estas tecnologías de manufactura.

El cumplimiento de las tareas que requieren las TAM, a menudo requiere habilidades, conocimientos y pericia de diversas áreas funcionales. También se requiere una buena coordinación que facilite la interacción de personas de diferentes áreas o disciplinas en un grupo o equipo. Gran parte de la responsabilidad individual de la toma de decisiones en el proceso de producción es controlada por los computadores y, aunque algunas tareas de producción puede que requieran ahora menos habilidades debido a la computarización, los trabajos nuevos que se necesitan para programar, operar y supervisar las TAM sin duda, requieren mayores niveles de habilidades y profesionalismo (Baldwin et al., 2003; Mital & Pennathur, 2004; Patterson et al., 2004; Swing & Nair, 2007; Bayo et al., 2008; Barbosa & Faria, 2008, Cordero et al., 2009; Lewis 2011; Bas 2012; Bülbül et al., 2013).

Tradicionalmente las organizaciones reclutaban cohortes de nuevos empleados con una base de conocimientos mínimos a los que más tarde se les daba oportunidad de desarrollo con el fin de cumplir los requisitos específicos de los planes de trabajo. En este tipo de sistema, sólo el personal de instalación o de mantenimiento necesitaba saber acerca de la operación técnica completa del sistema productivo. Esto pasaba porque el producto final era resultado de un gran número de actividades operacionales, teniendo cada actividad una limitada contribución en el proceso. Así, los empleados individualmente no podían influir en el proceso de producción de una manera sustantiva. Este sistema de trabajo ha cambiado, en general, las industrias modernas, tienden a mejorar su ventaja competitiva mediante la introducción de tecnologías flexibles operadas por los empleados que, están capacitados formalmente en múltiples habilidades y tareas (Eldridge & Nisar, 2006). Las altas habilidades son vistas ahora como un requisito previo para el éxito de las TAM por un número de razones. En primer lugar, la complejidad de la tecnología. La adición de controles programables y otros elementos de las TAM hacen que, la interfaz entre el operador y la máquina sea más complicada. Estas tecnologías aumentan el alcance y la complejidad de los posibles *outputs*, incrementando la gama de posibles tareas que un operador pueda necesitar llevar a cabo. El aumento de la complejidad también conduce a un aumento de la incertidumbre en que un operador tiene que actuar en un ambiente menos predecible. La automatización de los procesos de manufactura que cuentan con un *staff* integrado por trabajadores cualificados puede incrementar el *performance* de manufactura más que si se cuenta con trabajadores que carezcan de características como: tener conocimientos, motivación, la autonomía requerida para alcanzar las metas de *performance*. Hay entonces una suposición de que con el fin de aprovechar al máximo la flexibilidad de las TAM, los empleados operativos deben

tener niveles altos de habilidad para lidiar con el aumento de la complejidad y la incertidumbre (Pagell et al., 2000). En este contexto, la flexibilidad de la fuerza de trabajo se convierte en un elemento clave que determina la capacidad competitiva de las empresas (Cervantes, 2005).

A pesar de que parece evidente la necesidad de contar con mano de obra altamente cualificada para el buen uso de las TAM, debemos tomar en cuenta que para muchas tareas, es probable que los seres humanos mantengan la ventaja comparativa durante algún tiempo. Además, puede haber una fuerte preferencia por el trabajo humano como en el caso de la atención de la salud o tareas similares que ralentizan la difusión tecnológica (Arntz et al., 2016). Por esta razón, no hay que perder de vista la necesidad de contar con personal con bajas habilidades que se hagan cargo de las tareas no rutinarias manuales, ya que si no consideramos la necesidad de contar con este tipo de trabajadores, las empresas podrían caer en un fenómeno de posible *mismatch* (incompatibilidad) de habilidades que podría afectar su *performance*.

2.3.3 Otras razones: SBOC (*Skilled biased organizational change*).

Otros beneficios de contar con trabajadores cualificados es que son un elemento importante para mejorar el *performance* organizativo de la empresa. Por ejemplo, se pueden bajar los costos debido a que se da una reducción en el personal de supervisión y además, si los trabajadores cuentan con los conocimientos necesarios para la resolución de problemas, se puede responder de forma más rápida a los problemas que surjan. La necesidad de responder de forma rápida a las demandas del mercado ha fijado cargas adicionales a la demanda de habilidades de toda la fuerza de trabajo. Por ejemplo, un trabajador que forma parte de un sistema de manufactura avanzada, frecuentemente tiene que trabajar como parte de un equipo y, por tanto, tiene que tomar decisiones en base al flujo continuo de extensas cantidades de información (Mital & Pennathur, 2004). Para poder llevar a cabo cambios organizativos en el entorno de la manufactura, se requiere que el componente humano posea una variedad de habilidades en diferentes niveles. En estudios recientes se han resaltado la importancia que tienen las habilidades para el "*Skill biased organizacional change*" (SBOC de aquí en adelante). De acuerdo a la hipótesis planteada por este fenómeno, el incremento en la demanda de las habilidades de los trabajadores se da también debido a los cambios organizativos que se requieren para la implementación de las nuevas tecnologías. Este tipo de cambios en la organización se refiere, entre otros, a la delegación de la autoridad, administración lean, sistemas de gestión de la calidad total, etc.

Por todo lo expuesto anteriormente, el objetivo de este proyecto de tesis es, demostrar de forma empírica la relación complementaria que existe entre el uso de las TAM y las altas y bajas habilidades de los trabajadores en el incremento del *performance* (económico) de las firmas. Esto, analizado en España, un país que se encuentra aún en la fase de adopción de nuevas tecnologías.

2.4 Relación TAM, habilidades y *performance*.

A pesar de que la mayor parte de los avances tecnológicos que han cambiado la naturaleza de la fabricación han tenido lugar desde 1950, y que, a partir de este periodo industrial la productividad ha seguido aumentando, es importante observar el ritmo con que se ha dado dicho aumento. Las expectativas puestas en la manufactura automatizada eran muy grandes, se pensaba que podían incrementar los niveles de productividad de forma sorprendente pero, muchos estudios han mostrado que esto no siempre ha sucedido. Por tanto, los estudios en este campo han tratado de averiguar las razones que llevan a estas tecnologías avanzadas a fallar. Los resultados han indicado que estas razones pueden variar desde no contar con factores adecuados para su implementación hasta las prioridades estratégicas de la planta. El debate referente a los beneficios reales que ofrecen las TAM continúa. Durante las últimas casi 4 décadas, se han reportado casos pregonando los beneficios de las tecnologías de manufactura controladas por ordenador. Sin embargo, la evidencia empírica de estos beneficios ha sido muy limitada y, altamente mezclada. Además, mientras que los beneficios ofertados por los sistemas de procesamiento y planeación automatizada parecen obvios, el potencial de que estos beneficios puedan crear una ventaja competitiva es menos claro. En este apartado, revisaremos artículos que relacionan las TAM con las habilidades y el *performance* de la firma, esto con el fin de dar sustento a nuestras hipótesis que serán contrastadas en la parte empírica de este proyecto.

Los países industrialmente desarrollados, históricamente, se han centrado en la fabricación de bienes para alcanzar y mantener su estatus económico. En los últimos años, estos países han aumentado su dependencia en la tecnología, particularmente en la automatización, con el fin de mejorar su productividad (Mital & Pennathur, 2004). Como hemos podido ver, muchos de los estudios que han investigado la relación entre las TIC y la demanda de mano de obra cualificada lo han hecho tomando en cuenta principalmente el uso de computadoras. Sin embargo, otros estudios han realizado mediciones más precisas al seleccionar tecnologías más específicas, que es lo que

nos interesa en este proyecto. Las TAM han sido postuladas como tecnologías que requieren cualificaciones más altas que las tecnologías previas. La base para esta proposición es la naturaleza compleja de este tipo de tecnologías. Sin embargo, autores como Pagell et al. (2000) no encontraron evidencia de una relación linear simple entre habilidades y *performance*. Baldwin et al., (2003) si encontraron que un mayor uso de TIC avanzadas estaba asociado a un mayor crecimiento del trabajo. Esta relación entre el uso de tecnología y crecimiento de la productividad es robusta aún con la inclusión o exclusión de otras actividades o características de la firma. Mital y Pennathur (2004) encontraron que, la presencia humana en dichos sistemas es esencial para compensar las limitaciones tecnológicas y que, una aproximación centrada en las personas para diseñar los sistemas de manufactura, pueden brindar más beneficios a la productividad, confiabilidad, economía y flexibilidad de la empresa. Patterson et al., (2004) encontraron que, la extensión en el uso de manufactura integrada (MI) en las empresas esta asociado positivamente con el empoderamiento. Dunne y Troske (2005) encontraron que, la relación entre la adopción de tecnología y las habilidades de la fuerza de trabajo varía a través de las tecnologías. Se encontró poca correlación entre el uso o adopción de tecnologías y cambios en las habilidades de la fuerza de trabajo, sin embargo, las plantas que adoptan tecnologías relacionadas a tareas de ingeniería y diseño crecieron más rápido. En su estudio realizado en EE.UU., Canadá, México y Costa Rica, Mora et al. (2006), encontraron que el *performance* en ambas regiones estuvo razonablemente influenciado por la inversión en TAM y los factores de planeación e implementación. En su estudio, Swink y Nair (2007) encontraron que la DMI (integración del diseño a la manufactura) juega un papel de bien complementario al uso de las TAM cuando la calidad, la entrega y la flexibilidad de proceso son considerados. Sin embargo, esta relación complementaria no fue observada para generar eficiencia en costos y flexibilidad en nuevos productos (Swink & Nair, 2007). En Grecia, Theodorou y Florou (2008) encontraron que los efectos en el *performance* financiero en las empresas tienden a ser mayor en aquellas que mientras sea mayor la adopción e implementación de una estrategia de flexibilidad por parte de la empresa, mayor será el impacto de las TI en el *performance*. En un estudio realizado en empresas de manufactura españolas, Bayo et al. (2008) encontraron que las TAM, TIC y las prácticas de trabajo innovadoras están positivamente correlacionadas con las habilidades. En un estudio realizado por Barbosa y Faria (2008) en Portugal, los resultados sugieren que la proporción de trabajadores cualificados tiene un impacto positivo y significativo en la probabilidad de adoptar tecnología. En su estudio, Cordero et al., (2009) también encontraron que contar con un *staff* integrado con trabajadores competentes incrementa tanto la

efectividad como la flexibilidad en la manufactura. En concreto, la adopción de TAM incrementa parcialmente la efectividad en manufactura y también, incrementa parcialmente la flexibilidad en la manufactura en presencia de trabajadores competentes. En otro estudio realizado en PYMES en Turquía, Koc y Bozdog (2009) sugieren que se debe dar un ajuste adecuado en el uso de TAM para poder generar un impacto positivo en el *performance* de la firma. Lewis (2011), por su parte, también encontró evidencia de que la manufactura automatizada es complementaria a la mano de obra medianamente cualificada y substituye a la poco cualificada en este tipo de plantas. En otro estudio, Bas (2012) encontró en Chile que el uso de alta tecnología en las empresas esta sesgada hacia las habilidades. Las empresas exportadoras que recurren a este tipo de tecnologías necesitan más habilidades. Otro estudio realizado en Turquía por Bülbül et al. (2013) encontró que los patrones de inversión en TAM no están significativamente correlacionados con el *performance* de la firma, es decir, que el impacto del uso de las TAM en el *performance* es mínimo. Uwizeyemungu et al. (2015), no encontraron ninguna relación significativa entre las TAM y el *performance* en la innovación del producto. Sin embargo, el contexto organizacional y ambiental de las PYMES determinó más el *performance* de la innovación de productos que cualquiera de los patrones de asimilación de TAM.

Una vez que hemos realizado una revisión de la literatura sobre la relación que puede existir entre el uso de las TAM y las habilidades para el incremento del *performance* de la firma, la información obtenida es vaciada en el cuadro 5 con el fin de observar los principales hallazgos de cada artículo.

Cuadro 5. Resultados obtenidos en la revisión de la literatura sobre el impacto de las TAM y las habilidades en el *performance*.

RELACION	IMPACTO	ARTÍCULOS
TAM – <i>performance</i>	Positivo	Dunne & Troske (2005), Monge et al. (2006), Theodorou & Florou (2008), Koc & Bozdog (2009).
	No significativo	Uwizeyemungu et al. (2015).
TAM & habilidades	Positivo	Bayo et al. (2008), Barbosa & Faria (2008), Lewis (2011), Bas (2012).
	No significativo	-----
TAM & habilidades - <i>performance</i>	Positivo	Baldwin et al. (2003), Mital & Pennathur (2004), Patterson et al. (2004), Swing & Fair (2007), Cordero et al. (2009), Bülbül et al. (2013).
	No significativo	Pagell et al. (2000), Dunne & Troske (2005).

Fuente: Elaboración propia.

Como podemos observar en el cuadro 5, la mayor parte de la literatura revisada apunta por la existencia de una relación de complementariedad entre las altas habilidades y las TAM que se verá reflejada en el aumento del *performance* de la firma. Bajo este sustento damos paso a plantear la segunda hipótesis de este proyecto:

H2: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de las TAM incrementa más el *performance* de la empresa. Esto porque ambas variables son complementarias.

Sin embargo, debido al fenómeno de polarización observado en varios estudios citados previamente, creemos que, no sólo se necesitarán trabajadores altamente cualificados para incrementar el *performance* de la empresa, sino también personal con bajas cualificaciones. Esto debido a que, a pesar de que las TAM reducen la demanda de tareas manuales de rutina y aumentan la demanda de habilidades cognitivas no rutinarias, los trabajos que requieren tareas no rutinarias tienden a estar en la parte superior e inferior de la distribución salarial (O'Mahony et al., 2008). Por esta razón, a pesar de que plantearemos esta hipótesis de forma positiva, en realidad, nos interesa que sea refutada. Esto nos da paso a la tercera hipótesis sustentada en la

teoría de la hipótesis de la rutinización o RBTC, que creemos, explicará de forma más completa lo que sucede en las empresas de manufactura española, y que es la que nos permitirá contestar la pregunta de investigación que da origen a este proyecto.

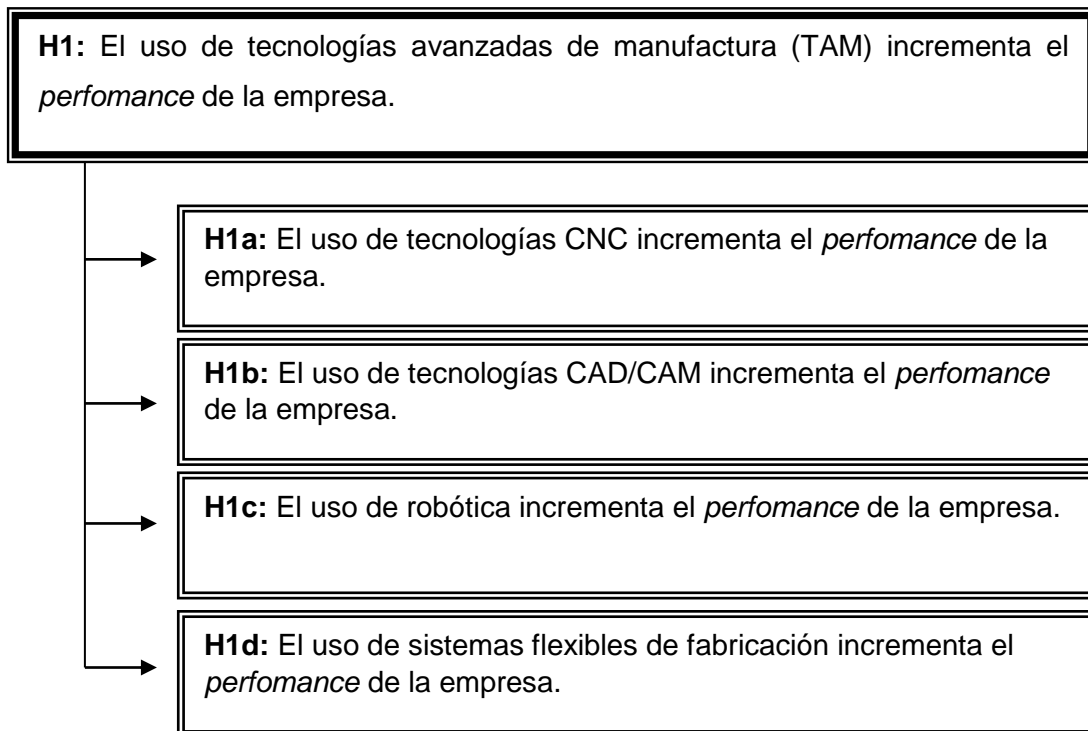
H3: Las empresas que utilizan las TAM acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen un mejor *performance*.

CAPÍTULO III :

METODOLOGÍA

3.1 Hipótesis.

En este proyecto, nos interesa medir en primer lugar, la influencia de las TAM en el *performance* de la empresa. De acuerdo a la literatura encontrada y basándonos en el marco teórico del RBTC creemos que, en presencia de personal altamente cualificado y con baja cualificación (es decir, excluyendo al personal medianamente cualificado), el *performance* de la empresa se incrementará aún más. Para poder dar paso a la parte empírica de esta tesis enunciaremos las hipótesis generadas en el capítulo anterior y serán desglosadas en sub-hipótesis. Esto con el fin de lograr una mejor comprensión de la influencia que ejerce cada una de las tecnologías analizadas.



H2: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de las TAM incrementa más el *performance* de la empresa. Esto porque ambas variables son complementarias.

H2a: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de tecnologías CNC incrementa el *performance* de la empresa.

H2b: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de tecnologías CAD/CAM incrementa el *performance* de la empresa.

H2c: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de robótica incrementa el *performance* de la empresa.

H2d: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de sistemas flexibles de fabricación incrementa el *performance* de la empresa.

H3: Las empresas que utilizan las TAM acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor *performance*.

H3a: Las empresas que utilizan tecnologías CNC acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor *performance*.

H3b: Las empresas que utilizan CAD/CAM acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor *performance*.

H3c: Las empresas que utilizan robótica acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor *performance*.

H3d: Las empresas que utilizan sistemas flexibles de fabricación acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor *performance*.

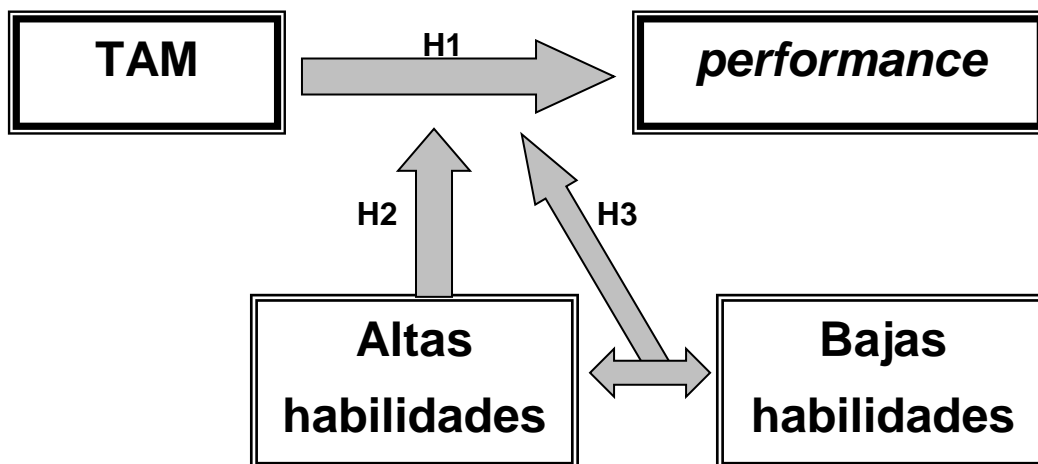
3.2 Muestra.

La Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE) tiene su origen en un convenio suscrito en 1990 entre el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio y la Fundación SEPI (entonces Fundación Empresa Pública) para que esta última realizara una encuesta anual orientada fundamentalmente hacia la caracterización del comportamiento estratégico de las empresas manufactureras españolas. La población de referencia de la ESEE son las empresas con 10 ó más trabajadores de la industria manufacturera. A partir de la edición del año 2009, la encuesta abarca las divisiones 10 a 32 de la CNAE-2009, excluyendo la 19, es decir, las actividades industriales relacionadas con refinamiento de petróleo y tratamiento de combustibles. El ámbito geográfico es el conjunto del territorio nacional y todas las variables medidas tienen una referencia temporal anual. La selección muestral se realiza a partir del directorio de cuentas de cotización de la Seguridad Social. Las unidades encuestadas se seleccionan combinando criterios de exhaustividad y muestreo aleatorio, dependiendo del empleo de las empresas. A las empresas de más de 200 trabajadores se les requiere exhaustivamente su participación. Las empresas con empleo comprendido entre 10 y 200 trabajadores son seleccionadas mediante muestreo estratificado, proporcional con restricciones y sistemático con arranque aleatorio. Para el desarrollo de este proyecto utilizaremos la muestra del periodo comprendido desde el año 2005 al 2010.

3.3 Modelo.

A continuación se presenta un diagrama del modelo diseñado, que nos permitirá verificar la existencia de una relación entre las variables seleccionadas y, por tanto, la contrastación de las hipótesis planteadas (figura 15).

Figura 15. Modelo para la contrastación de las hipótesis planteadas.



Fuente: Elaboración propia.

3.4 Variables.

3.4.1 Habilidades o *skills*.

Las habilidades o *skills* se tratan de aquellas destrezas que posee una persona para poder desempeñar una tarea. Muchos trabajadores de mediana habilidad son empujados a trabajos de bajo salario mientras que otros se mueven hacia empleos de altos salarios. La dirección del movimiento, hacia arriba o hacia abajo, gira en torno a la habilidad de acuerdo a la educación del trabajador (Keller & Utar, 2016). Podemos inferir entonces, que las habilidades están relacionadas (por lo general) con el nivel de formación que tenga la persona, por esta razón, utilizaremos el nivel educativo de los trabajadores para poder medir el nivel de habilidad con que cuentan como lo han

hecho diversos autores (Bresnahan et al. 2002.; Chun, 2003; Arvanitis, 2005; O' Mahony et al., 2008; Barbosa & Faria, 2008; Bayo et al., 2008; Lewis, 2001) (ver cuadro 6).

a) Alta, mediana y baja cualificación.

Definiremos ahora la diferencia entre un trabajo que requiere alta, mediana y baja cualificación para la parte empírica de este proyecto.

- **Baja cualificación:** un trabajo de baja cualificación se compone de tareas sencillas que son fáciles de aprender y llevar a cabo (Pagell et al., 2000). Las actividades no rutinarias manuales, hasta nuestros días, no son fácilmente sustituibles por ordenadores o máquinas automatizadas. Las máquinas no pueden substituir fácilmente las tareas interactivas no rutinarias (como la atención en un restaurante, cuidar personas o limpiar) ubicadas en la parte más baja de la jerarquía ocupacional (Oesch & Rodríguez, 2011).
- **Mediana cualificación:** se trata de tareas rutinarias, tanto cognitivas como manuales. Las computadoras y la maquinaria automatizada pueden realizar tareas rutinarias manuales, por esta razón, substituyen a la mano de obra con pocas habilidades que realizan este tipo de actividades (Levy & Murane, 2003; Spitz, 2006; Lewis, 2011). Spitz (2006) encontró que las computadoras substituyen a los trabajadores que desarrollan tareas rutinarias cognitivas, mientras que Lewis (2011) afirma que, la maquinaria automatizada sería un relativo complemento para la mano de obra medianamente cualificada.
- **Alta cualificación:** se trata de tareas no rutinarias, tanto analíticas como cognitivas. Un trabajo altamente cualificado es más difícil de aprender y realizar, por lo tanto, la cantidad de tiempo de preparación requerido será relativamente más largo (Pagell et al., 2000). La substitución de empleados altamente cualificados por ordenadores ha sido bastante limitada (Bresnahan, 1999) ya que el uso del ordenador puede ser un substituto para la toma de decisiones humana sólo en una gama limitada de tareas. Levy y Murane (2003) sostienen que el capital invertido en computadoras complementa a las actividades que involucran tareas no rutinarias en la resolución de problemas y tareas interactivas. Spitz (2006) también encuentra que las computadoras complementan a los trabajadores que desarrollan actividades analíticas e interactivas.

b) Grado de formación.

En su estudio realizado en EE.UU., Frey y Osborne (2017) proveen evidencia de que los salarios y el nivel educativo tienen una fuerte relación negativa con la probabilidad de informatización. Los autores argumentan que este hallazgo implica una discontinuidad entre los siglos XIX, XX y XXI, en el impacto de la profundización del capital en la demanda relativa de mano de obra cualificada. Si bien las tecnologías de fabricación del siglo XIX substituyeron en gran parte la mano de obra cualificada mediante la simplificación de las tareas, la revolución informática del siglo XX causó un hundimiento de los empleos de medianos ingresos (Frey & Osborne, 2017).

Con el fin de definir el grado de formación que necesita tener un trabajador para desempeñar un tipo de trabajo (de acuerdo a las cualificaciones que las tareas a realizar requieran), retomaremos en primer lugar, el estudio realizado por Acemoglu y Autor (2010). Estos autores dividen las ocupaciones en tres grupos. En el primero de ellos, se encuentran las ocupaciones gerenciales, profesionales y técnicas; es decir, aquellas ocupaciones que requieren un alto nivel educativo. En ellas se encuentran trabajadores que tienen formación universitaria titulada, así como, formación en ocupaciones técnicas. El segundo grupo está formado por las ocupaciones de ventas; soporte de oficina y administrativo; producción, artesanía y reparación y; operador (fabricante y obrero). Las dos primeras subdivisiones de este grupo, requieren habilidades medianas ya que se trata de ocupaciones de cuello blanco. En este estudio, se encontró que este tipo de ocupaciones estaban en manos de trabajadores que poseen título de bachillerato o alguno universitario. Los dos últimos subgrupos, son una mezcla de ocupaciones que requieren habilidades medianas y bajas. Este tipo de ocupaciones, en este estudio, estaban en poder de trabajadores con diploma de bachillerato o educación inferior. El tercer y último grupo, está formado por las ocupaciones de servicios, es decir, aquellas actividades que implican ayudar, cuidar o asistir a otras personas. La mayor parte de los trabajadores en estas ocupaciones que fueron encontrados, no tenían educación post-secundaria.

c) Medición de la variable: habilidades o *skills*.

Pagell et al. (2000) midieron las habilidades tomando como base el tiempo de preparación necesario para realizar un trabajo, esto, utilizando una variable continua en semanas requeridas. Patterson et al. (2004) midieron por un lado, la selección del personal y el *training*. Para ello, utilizaron una escala de 5 puntos. Arvanitis (2005) también utilizó 3 categorías de formación de sus trabajadores para aproximar la medición del capital humano: empleados con educación vocacional a nivel terciaria,

empleados que reciben capacitación relacionada al empleo y, una variable *dummy* para aquellos que tuvieran una fuerte orientación hacia la computación. Bartel et al. (2007), por su lado, midieron 5 tipos de habilidades (matemáticas, computacionales, en programación de maquinaria, en resolución de problemas e ingeniería) que presentan los operadores de maquinaria y si éstas habilidades se habían vuelto más o menos importantes a través del tiempo. Barbosa y Faria (2008) midieron el número de empleados cualificados en proporción al número total de empleados de la empresa. Bayo et al. (2008) midieron las habilidades considerando 3 dimensiones: a) los requerimientos de habilidades para el empleo, b) la estructura de habilidades de la fuerza laboral y, 3) el *training*. En el caso de la estructura de las habilidades fue medida considerando 3 variables distintas: el porcentaje de participación de trabajadores de no-producción, el porcentaje de trabajadores de producción con título universitario y con educación secundaria. Cordero et al. (2009) buscaron medir el grado en que las plantas contaban con trabajadores competentes, para ello, se utilizó un escala de 1 a 7. Bresnahan et al. (2002) midieron tanto la mezcla de educación como las habilidades del trabajador. Estos autores dividen el porcentaje de trabajadores de producción en 3 categorías: aquellos con educación de bachillerato o menor, los que cuentan con alguna educación universitaria y por último, los que cuentan con educación universitaria completa. Lewis (2011) mide las habilidades de una forma similar, él dividió a los trabajadores en dos grupos: aquellos que tienen formación universitaria y bachillerato y, los desertores de bachillerato. Chun (2003) por su parte, clasifica de forma similar el nivel educativo de los trabajadores para poder medir las habilidades. Él utiliza dos categorías: a) trabajadores con educación universitaria y b) trabajadores con educación de bachillerato. O' Mahony et al. (2008) utilizan 3 mezclas de cualificaciones y logros educativos para la medición de las habilidades (ver cuadro 6), esto debido a que su estudio fue realizado en tres países con sistemas educativos distintos (EE.UU., Francia y Reino Unido).

Para este proyecto, retomaremos la medición realizada por Bresnahan et al. (2002), de la mezcla de educación. Ésta fue medida como el porcentaje de trabajadores de producción con educación de bachillerato o menor, con alguna educación universitaria y, con educación universitaria completa. Nosotros retomaremos para este estudio únicamente su medición de la mezcla de educación ya que se trata de una medición objetiva.

Por tanto, para la parte empírica de este proyecto la variable independiente “habilidades”, definida como el nivel educativo del trabajador será medido de acuerdo a 3 categorías:

- **Personal con altas habilidades:** Ingenieros superiores y licenciados.
- **Personal con medianas habilidades:** Ingenieros técnicos, peritos y ayudantes titulados.
- **Personal bajas habilidades:** Resto del personal.

Cuadro 6. Medición de las habilidades o *skills* en la literatura.

AÑO	AUTORES	MEDICION
2000	Pagell et al.	Se toma como base el tiempo total de preparación requerido para realizar un trabajo. El tiempo total de preparación incluye: <ul style="list-style-type: none"> • educación general, • experiencia, • educación vocacional y • entrenamiento en el trabajo (<i>training</i>). Esta medida es una variable continua en semanas requeridas por un empleado promedio para poder realizar un trabajo a un nivel aceptable.
2002	Bresnahan et al.	Fué medido como: <ul style="list-style-type: none"> • Mezcla de educación: porcentaje de trabajadores de producción con educación de bachillerato o menor, con alguna educación universitaria y, con educación universitaria completa. • Habilidades del trabajador: el gerente clasificó las habilidades del trabajador de producción en una escala de 1 a 5.
2003	Chun	Se utiliza una definición de habilidades, basada en un nivel educativo de los trabajadores. <ul style="list-style-type: none"> • Trabajadores con educación universitaria. • Trabajadores con educación de bachillerato.
2004	Patterson et al.	1.1 Los investigadores calificaron el grado de enriquecimiento del trabajo en 3 dimensiones: el grado de flexibilidad de las habilidades de los trabajadores de piso, la extensión de la variedad de empleos y, el grado de responsabilidad del empleo. Para el puntaje se utilizó una escala de 7 puntos. 2.1 Las dos principales formas en que las empresas pueden mejorar los niveles de las habilidades de sus empleados es mediante la selección y la formación (<i>training</i>). Se realizó una escala de 5 puntos para la selección, que iba desde 1 (ningún procedimiento) hasta 5 (excelente procedimiento).
2005	Dunne & Troske	Se midió como la parte de la nómina de la empresa que se paga a trabajadores de no-producción.
2005	Arvanitis	Se usaron 3 variables para aproximar la medición de capital humano: <ul style="list-style-type: none"> • La proporción de empleados con educación vocacional a nivel terciario (universitarios, colegios técnicos y de negocios, etc). • La proporción de empleados que reciben capacitación relacionada al empleo (cursos internos o externos inicializados o apoyados por la empresa). • Una variable <i>dummy</i> para una fuerte orientación del training hacia la capacitación en computación.
2007	Bartel et al.	Se recogieron datos sobre 5 diferentes tipos de habilidades de operadores de maquinaria, a saber: <ul style="list-style-type: none"> • Habilidades matemáticas, • Habilidades computacionales, • Habilidades en la programación operativa de maquinaria, • Habilidades para la resolución de problemas, • Conocimiento en ingeniería. Se les solicito a los participantes si estas habilidades se habían vuelto más importantes desde 1997, menos importantes o igual de importantes.

AÑO	AUTORES	MEDICION
2008	O Mahony et al	<p>Una comparación directa de la proporción de habilidades es difícil de utilizar en un contexto internacional donde los sistemas educativos y de capacitación varían. Una mezcla de cualificaciones y logros educativos son empleados en este estudio, pero se permite que varíen entre países.</p> <p>EE.UU.:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Graduados de licenciatura y mayor (Alta). 2. Graduados asociados. 3. Algo de educación universitaria (no graduados). 4. Graduados de bachillerato. 5. Sin completar el bachillerato (ninguna). <p>Reino Unido:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Primeros graduados y mayor (Alto). 2. Otra cualificación profesional nacional: nivel 4. 3. Cualificaciones profesionales nacionales: nivel 3. 4. Cualificaciones profesionales nacionales: nivel 2 y 1. 5. Sin cualificaciones formales (ninguna). <p>Francia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Graduado de licenciatura y mayor (alto). 2. Bachillerato más 2 años de universidad. 3. Bachillerato. 4. Vocacional. 5. Certificado general de educación. 6. Cualificaciones no formales (ninguna).
2008	Barbosa & Faria	Número de empleados cualificados en proporción al número total de empleados de la empresa.
2008	Bayo et al.	<p>Se consideraron las siguientes dimensiones para el aumento en las habilidades:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Requerimientos de habilidades para el empleo. 2. Estructura de habilidades de la fuerza laboral. 3. <i>Training</i>. <p>a) Para medir los requerimientos de habilidades para el empleo, se les solicitó a los participantes que clasificaran en una escala de 1 a 5, el nivel de habilidades requerido para realizar los empleos de producción en la planta. Esto, siendo 1=muy bajo, 3=medio, 4=alto, 5=muy alto.</p> <p>b) La estructura de habilidades de la fuerza laboral fue medida con 3 variables distintas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • el porcentaje de participación de trabajadores de no-producción a nivel planta, • el porcentaje de participación de trabajadores de producción con un título universitario y, • el porcentaje de participación de trabajadores de producción con educación secundaria (o de instituto). <p>c) Fueron consideradas dos mediciones para el <i>training</i>:</p> <ul style="list-style-type: none"> • el porcentaje de participación de trabajadores de producción que ha recibido capacitación formal financiada por la empresa en los últimos nueve meses y, • la intensidad de la capacitación, medida como el número de horas de capacitación recibida por cada empleado de producción en el último año.
2009	Cordero et al.	<p>Para medir el grado en que el <i>staff</i> de las plantas cuentan con trabajadores competentes, se les pidió a los participantes que indicaran en una escala de 7 puntos. La escala va desde 1=no-cierto a 7=alto grado, el grado en que fuera verdad que los trabajadores de la planta cumplieran con las siguientes afirmaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> • tengan los conocimientos requeridos para su trabajo, • usen el equipo disponible de forma efectiva, • mejoren y corrijan el performance de la planta sobre el tiempo, • que se desempeñen más allá de las limitaciones del equipo disponible. <p>Para determinar si estos eran indicadores de un solo constructo se realizó un análisis de factores con el método de máxima probabilidad. Solo un factor con valor Eigen mayor a uno fue encontrado.</p>
2011	Lewis	<p>Para medir las habilidades, los trabajadores son divididos en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • equivalentes a universidad y bachillerato: estos son definidos como aquellos que tienen formación universitaria (de uno a 3 años de universidad) y graduados. • desertores de bachillerato
Fuente: Elaboración propia.		

3.4.2 TAM (Tecnologías avanzadas de manufactura).

Las TAM son definidas como tecnologías concernientes a la aplicación de sistemas mecánicos, electrónicos y basados en ordenador para operar y controlar la producción (Koc & Bozdog, 2009). Las TAM son tecnologías de ingeniería que automatizan el proceso de manufactura con equipo controlado por ordenador (Cordero et al., 2009). Dentro de las TAM que serán estudiadas en este proyecto se encuentran:

- **CNC** (computadora de control numérico). Este ítem fue medido por: Pagell et al. (2000), Patterson et al. (2004), Barbosa y Faria (2008), Bayo et al. (2008), Koc y Bozdog (2009), Cordero et al. (2009).
- **CAD** (diseño asistido por computadora). Este ítem fue medido por: Patterson et al. (2004), Dunne y Troske (2005), Barbosa y Faria (2008), Theodorou y Florou (2008), Bayo et al. (2008), Koc y Bozdog (2009).
- **CAM** (manufactura asistida por computadora). Este ítem fue medido por: Swing y Nair (2007), Barbosa y Faria (2008), Theodorou y Florou (2008), Bayo et al. (2008), Koc y Bozdog (2009).
- La **robótica**. Este ítem fue medido por: Swing y Nair (2007), Barbosa y Faria (2008), Bayo et al. (2008), Koc y Bozdog (2009), Cordero et al. (2009).
- Los **sistemas flexibles de fabricación (SFF)** Este ítem fue medido por: Pagell et al. (2000), Patterson et al. (2004), Swing y Nair (2007), Bayo et al. (2008), Cordero et al. (2009).

La literatura encargada de estudiar el uso de las TAM en las empresas de manufactura y sus efectos sobre el desempeño de la empresa ha medido este tipo de tecnologías de distintas maneras (ver cuadro 7). Pagell et al. (2000) midieron el uso de dos tipos de TAM (sistemas flexibles de manufactura y el uso de CNC). Baldwin et al. (2003), midieron en primer lugar el número de TAM que habían sido adoptadas por las empresas, sin embargo, van un paso más allá. Con el fin de medir de forma efectiva el uso combinado de estas tecnologías, es realizado un análisis de componentes principales. Este análisis pretende examinar como diferentes combinaciones del uso de las TAM están relacionadas con el *performance* de la empresa. Patterson et al. (2004) midieron el uso de las TAM (máquinas CNC, sistemas flexibles de manufactura, CAD, planeación de los recursos de manufactura y, cualquier equipo específico de la industria) en las empresas. Esto se hizo pidiendo a los evaluadores que asignaran un puntaje a su uso en una escala de 5 puntos. Dunne y Troske (2005) midieron la

adopción y el uso de 7 tecnologías; Monge et al. (2006) tomaron en cuenta las inversiones en TAM usando una escala de Likert de 7 puntos mientras que, Bülbül et al. (2013) para medir la escala de inversión utilizó una escala de Likert de 5 puntos. Cordero et al. (2009) utilizaron, por su parte, una escala de 7 puntos para medir el grado en que las TAM seleccionadas eran usadas en sus plantas.

Para este proyecto hemos seleccionado 4 ítems (que son las tecnologías más utilizadas en España en empresas de manufactura) para medir el uso de las TAM, variable también independiente, los cuales consideramos los más significativos. Estos son:

1. Máquinas de control numérico CNC.
2. Robótica.
3. Diseño asistido por ordenador (CAD/CAM).
4. Sistemas flexibles de fabricación (SFF).

Para este proyecto, únicamente serán consideradas aquellas empresas que utilicen al menos una de estas tecnologías.

Cuadro 7. Medición de las TAM en la literatura.

AÑO	AUTORES	MEDICION
2000	Pagell et al.	Empresas que usan FMS (<i>flexible manufacturing systems</i>) y tecnología CNC.
2003	Baldwin et al.	El uso de la tecnología en este estudio es medido primero como el número de TAM que han sido adoptadas. Pero este método no permite medir de forma efectiva como las diferentes tecnologías son usadas de forma combinada una con otra. Para poder resolver esta problemática, los autores utilizan el análisis de componentes principales tomando en cuenta 60 tecnologías. Esto, para examinar como diferentes combinaciones o dimensiones del uso de tecnologías están relacionadas al <i>performance</i> de la empresa.
2004	Patterson et al.	El uso de las TAM (el número de empleados que las operan y el monto de <i>output</i> que depende de ellos) fue medido de las siguientes tecnologías: máquinas CNC, sistemas flexibles de manufactura, CAD, planeación de los recursos de manufactura y, cualquier equipo específico de la industria. Se les pidió a los evaluadores que dieran un puntaje al uso de TAM usan una escala de 5 puntos.
2005	Dunne & Troske	Adopción y uso de 7 tecnologías de información: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Computer-aided design</i> (CAD1). • <i>CAD controlled machines</i> (CAD2). • <i>Digital CAD</i> (CAD3). • <i>Technical data network</i> (LAN1). • <i>Factory network</i> (LAN2). • <i>Intercompany computer network</i> (LAN3). • <i>Computers used on factory floor</i>(COMP).
2006	Monge et al.	Fuó medida de dos formas: <ul style="list-style-type: none"> • Inversiones en TAM: usando 21 ítems y utilizando una escala de Likert de 7 puntos (desde no- inversión a inversión fuerte). • Actividades de planeación e implementación: fue medida usando 22 ítems de la encuesta incluyendo áreas amplias como estrategia, organizativa y tecnología. Se uso también una escala de Likert de 7 puntos. Siendo 7 el máximo esfuerzo puesto en una actividad en particular.

AÑO	AUTORES	MEDICION
2007	Swing & Nair	Fueron medidas las TAM en planeación y procesos: <ul style="list-style-type: none"> • TAM en procesos: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Computer aided manufacturing (CAM).</i> ○ <i>Flexible manufacturing systems (FMS).</i> ○ <i>Robotics.</i> • TAM en planeación: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Electronic data interchange (EDI) systems.</i> ○ <i>Manufacturing resource planning (MRP II).</i> ○ <i>Enterprise resource planning (ERP).</i>
2008	Barbosa & Faria	Fué considerado el uso de: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Numerically controlled machines.</i> • <i>CNC Computer controlled machines.</i> • <i>Robot Pick and place robot which transfer items from place to place.</i> • <i>MHS (Material Handling System).</i> • <i>Robots and automated guided vehicles.</i> • <i>Network and control---Individual controller units intended to supervise a manufacturing unit.</i> • <i>CAD Computer Aided Design.</i> • <i>CAM Computer Aided Manufacturing.</i> • <i>AIS Automated Inspection Systems.</i>
2008	Theodorou & Florou	Fué medida como la adopción de tecnologías CAD/CAM por más de 3 años.
2008	Bayo-Moriones et al.	Fué medida como el promedio del grado de implementación de: CAD/CAE/CAM, máquinas CNC, AS/RS y AGV, FMS, robótica y CIM.
2009	Koc & Bozdog	Fué medida como la disponibilidad de este tipo de TAM en las empresas: <i>Local area network, CAD, CAM, Automated handling, Automated inspection, Computer numerical control, Automated packaging, Wide area network, Robotics, Automated storage.</i>
2009	Cordero et al.	En este estudio se midió el grado de adopción de tecnologías organizativas (TO) y TAM. Para medir el grado en que las empresas adoptaron TO y TAM, los participantes fueron cuestionados para que indicaran en una escala de 7 puntos (desde 1=no usado a, 7=gran alcance) el grado en el que las siguientes tecnologías de manufactura eran usadas en sus plantas: <ul style="list-style-type: none"> • Técnicas JIT. • <i>Cellular manufacturing.</i> • TQM. • <i>Automatic material handling equipment.</i> • <i>Numerically controlled equipment.</i> • <i>Robots.</i> • <i>Flexible manufacturing systems – configurations of semi-independent machines, robots, and material handling equipment controlled by computer.</i> Para determinar si los gerentes de manufactura distinguen entre la adopción de TO y TAM, se utilizó un análisis de factores con el método de extracción de máxima probabilidad. El primer factor se denominó TO, mientras el segundo se denominó TAM.
2011	Lewis	Fueron medidas categorías de TAM que incluyen procesos usados tanto en actividades de producción como de no-producción, pero la mayoría de las tecnologías son de uso a nivel planta.
2013	Bülbül et al.	Para medir la escala de inversión en TAM, fue utilizada una escala de Likert de 5 puntos que va desde 1 (no inversión), pasando por 3 (inversión moderada) y, llegando a 5 (inversión fuerte). Las variables encapsulan amplias conceptualizaciones de TAM que incluyen tecnologías <i>softy hard</i> . Tres categorías de TAM fueron identificadas, las cuáles, corresponden a la función o tipo de actividad (diseño, manufactura y administrativas).
2015	Uwizeyemungu et al.	Fue medido el nivel de asimilación (o destreza) de 20 diferentes TAM adoptadas. La destreza en el uso de cada TAM fue medida con una escala de 1 (baja) a 5 (alta). Cuando una TAM dada no estaba presente, su destreza era valorada en 0.
Fuente: Elaboración propia.		

3.4.3 *Performance.*

En sentido literal, entendemos por *performance* al desempeño de una empresa. No obstante, este término queda poco delimitado y en la literatura lo podemos encontrar definido de distintas formas: rentabilidad, productividad, beneficio, etc, (ver cuadro 8). Por esta razón, la forma de medir el *performance* también varía de acuerdo al estudio de que se trate y, no existe (hasta ahora), un consenso acerca de la forma adecuada para medirlo. Algunos autores prefieren utilizar medidas más objetivas, como puede ser como la cuota de mercado (Baldwin et al., 2003), el ROI (Theodorou & Florou, 2008), productividad laboral (Baldwin et al., 2003; Patterson et al., 2004) o el beneficio tomado como las ventas totales de la empresa menos los costos por empleado (Patterson et al., 2004). Otros, en cambio, lo miden de forma un tanto más subjetiva estableciendo una escala, donde las empresas encuestadas, reflejan el grado en que creen que ha variado el *performance* de su empresa (Pagell et al., 2000; Monge et al., 2006; Swing & Nair, 2007; Koc & Bozdag, 2009; Cordero et al., 2009; Bülbül et al., 2013; Bayo et al., 2013). En este proyecto tomando como referencia a Patterson et al. (2004), mediremos el *performance* (nuestra variable dependiente) como el logaritmo de las ventas totales de la empresa.

Cuadro 8. Medición del *performance* en la literatura.

AÑO	AUTORES	MEDICION
2000	Pagell et al.	Es medido como nivel de alcance de las metas. Para ello, se les presentan a los gerentes una lista de prioridades competitivas y se les pide que prioricen esas metas. Después se les pregunta el nivel de éxito al alcanzar cada meta. Finalmente el nivel de alcance de la meta es calculado multiplicando la importancia (<i>rank</i>) de la meta por la meta.
2003	Baldwin et al.	Para medir el <i>performance</i> se utilizó: el crecimiento productivo y el crecimiento de la cuota de mercado. El crecimiento es definido como el cambio en la proporción de mercado sobre el periodo. Con el fin de corregir los efectos de industria, el crecimiento es definido en términos de cuota de mercado, calculada por el nivel de industria SIC de cuatro dígitos, y medido como la diferencia entre la cuota de mercado del periodo final e inicial. De forma similar, la productividad laboral es calculada como: el valor total agregado dividido por el total de empleo del establecimiento, dividido por la misma medida calculada de nivel industria de 4 dígitos. El crecimiento relativo en la productividad laboral es calculada por la diferencia entre el periodo final y el inicial.
2004	Patterson et al.	La productividad del trabajo fue medida como el logaritmo del valor financiero de las ventas netas por empleado. Esta productividad fue hecha relativa al sector al que pertenecía la compañía esto, dividiéndolo entre la productividad del trabajo del sector. El beneficio, se midió como el valor económico de las ventas menos los costos por empleado, antes del impuesto a las ganancias. Con el fin de controlar los cambios debido a las variaciones de los precios, el beneficio se deflató.
2006	Monge et al.	La encuesta incluyó 9 ítems usando una escala de Likert para medir el grado en el que las TAM han permitido a la empresa mejorar este <i>performance</i> (tanto operativo y organizativo).
2007	Swing & Nair	Se incluyeron escalas para medir 5 dimensiones de <i>performance</i> en manufactura: 1) eficiencia en costo, 2) calidad, 3) entrega, 4) flexibilidad en el proceso, 5) flexibilidad de nuevo producto. Se les pidió a los encuestados que calificaran el <i>performance</i> de manufactura de su planta relativo a su principal competidor (1= mucho peor, 4=casi igual, 7= mucho mejor).
2008	Theodorou & Florou	ROIC es calculado como la relación entre el beneficio y el capital invertido.
2009	Koc & Bozdog	Rentabilidad del <i>performance</i> medido con una escala de Likert.
2009	Cordero et al.	Para medir el <i>performance</i> en manufactura, se les pidió a los participantes que clasificaran a su planta en un rango de 1 a 7 en cuanto a: <ul style="list-style-type: none"> • Productividad. • Calidad del producto. • Velocidad para completar las ordenes de manufactura. • Satisfacción del cliente. • Flexibilidad para fabricar nuevos productos. • Diversidad de la línea de producto. Un análisis de factores de máxima probabilidad fue usado. Dos factores con valor Eigen mayor que uno fueron encontrados. El primer factor fue llamado efectividad en la manufactura y, el segundo factor fue denominado flexibilidad en la manufactura.
2013	Bülbül et al.	Se les pidió a los participantes que evaluaran y compararan el <i>performance</i> de manufactura de su empresa con los de sus competidores. El <i>performance</i> en manufactura fue medido usando indicadores no financieros, tratándolo como un constructo compuesto de múltiples mediciones denominadas: costo, calidad, flexibilidad, entrega y, <i>performance</i> en innovación. Para medir cada uno de ellos, fueron considerados 8 factores: 1) costo de producción, 2) productividad laboral, 3) calidad del producto y <i>performance</i> , 4) flexibilidad de volumen, 5) flexibilidad en variedad, 6) velocidad de entrega y fiabilidad, 7) nivel de innovación y, 8) tiempo de desarrollo de nuevos productos.
2013	Bayo et al.	Se les solicitó a los gerentes que clasificaran en una escala de 0 (sin efecto) a 10 (efecto muy significativo) en que grado ellos consideraban que el uso de las TIC han permitido que la empresa alcance varias metas relacionadas con el <i>performance</i> . Fueron estudiadas medidas de: <ul style="list-style-type: none"> • Mejora de la comunicación. • <i>Performance</i> operativo: este indicador fue creado incluyendo el crecimiento en la productividad, la reducción en costo, el desarrollo de nuevos productos, procesos y servicios, mejora de la calidad en productos y servicios y, incremento en la velocidad de entrega del producto. • <i>Performance</i> final: esta variable incluye el margen y beneficio, además de la mejora en la cuota de mercado.
Fuente: Elaboración propia.		

3.4.4 Variables de control.

Como variables de control utilizaremos el tamaño de la empresa (Patterson et al., 2004; Barbosa & Faria, 2008; Bayo et al., 2008; Uwizeyemungu et al., 2015) y el sector (Patterson et al., 2004). Para definir el sector al que pertenece una empresa utilizaremos el Código CNAE. La CNAE es la Clasificación Nacional de Actividades Económicas y asigna un código a cada actividad económica de las que se pueden realizar. Generalmente este código (que suele ser de 5 dígitos) se utiliza en muchos formularios e impresos, tanto oficiales como a nivel de empresa.

Tabla 2. Nombre y tipo de variables utilizadas.

NOMBRE DE LA VARIABLE	SIGNIFICADO	TIPO DE VARIABLE
MHCNN	El uso de máquinas de control numérico	<i>dummy</i>
RBN	El uso de robótica	<i>dummy</i>
CADN	El uso de CAD/CAM	<i>dummy</i>
SSFN	El uso de sistemas flexibles	<i>dummy</i>
PIL	Proporción de ingenieros y licenciados	continua
PTIM	Proporción de titulados medios	continua
PNT	Proporción de no titulados	continua
RUTN	polarización	construida
PERTOT	Personal total	continua
NACECLIO	Actividad (sector)	

Fuente: Elaboración propia.

3.5 Resultados.

Para poder contrastar las hipótesis planteadas se realizaron una serie de regresiones con datos de panel con un modelo de efectos fijos dado que el test de Hausman fue significativo al 1% en todos los casos. Los análisis se realizaron utilizando el programa *E-views*, versión 8. La variable dependiente es el “*performance*”, calculado como el logaritmo de las ventas totales.

H1: El uso de tecnologías avanzadas de manufactura (TAM) incrementa el *performance* de la empresa.

Tabla 3. Regresión para contrastar la Hipótesis 1: TAM y *performance*.

Dependent Variable: LOG(VENTAS)
Method: Panel Least Squares
Date: 07/05/16 Time: 11:53
Sample (adjusted): 2006 2010
Periods included: 5
Cross-sections included: 2705
Total panel (unbalanced) observations: 10039
White cross-section standard errors & covariance (no d.f. correction)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	19.66878	242.8045	0.081007	0.9354
MHCNN="1"	0.015387	0.002481	6.202979	0.0000
RBN="1"	-0.004200	0.006308	-0.665730	0.5056
CADN="1"	0.017502	0.008014	2.183897	0.0290
SSFN="1"	0.038781	0.007464	5.195545	0.0000
NACECLIO="10"	-4.367351	286.7128	-0.015232	0.9878
NACECLIO="11"	-4.527722	286.7385	-0.015790	0.9874
NACECLIO="12"	-4.381967	286.6991	-0.015284	0.9878
NACECLIO="13"	-4.591236	286.6959	-0.016014	0.9872
NACECLIO="14"	-4.370937	286.7316	-0.015244	0.9878
NACECLIO="15"	-4.545449	286.6783	-0.015856	0.9874
NACECLIO="16"	-4.427112	286.6864	-0.015442	0.9877
NACECLIO="17"	-4.357861	286.7160	-0.015199	0.9879
NACECLIO="18"	-4.595486	286.6065	-0.016034	0.9872
NACECLIO="19"	-4.521667	286.6913	-0.015772	0.9874
NACECLIO="20"	-4.192568	286.6934	-0.014624	0.9883
NACECLIO="4"	-4.841958	286.6491	-0.016892	0.9865
NACECLIO="5"	-4.513232	286.7659	-0.015738	0.9874
NACECLIO="6"	-4.479488	286.7232	-0.015623	0.9875
NACECLIO="7"	-4.449759	286.7012	-0.015521	0.9876
NACECLIO="8"	-4.529481	286.6729	-0.015800	0.9874
NACECLIO="9"	-4.659981	286.7270	-0.016252	0.9870
PERTOT	0.000233	5.36E-05	4.353159	0.0000

EffectsSpecification

Cross-section fixed (dummy variables)			
Periodfixed (dummy variables)			
R-squared	0.986136	Mean dependentvar	15.91406
Adjusted R-squared	0.980956	S.D. dependentvar	1.985957
S.E. of regression	0.274060	Akaikeinfocriterion	0.475633
Sum squaredresid	548.8968	Schwarzcriterion	2.438186
Log likelihood	343.5611	Hannan-Quinnrcriter.	1.139816
F-statistic	190.4007	Durbin-Watson stat	1.500836
Prob(F-statistic)	0.000000		

En la tabla 3 encontramos que, el *performance* es significativamente mejor en las empresas que utilizan máquinas de control numérico, CAD/CAM y sistemas flexibles. En el caso de la robótica esta hipótesis no se cumple, por el contrario, al parecer las empresas que utilizan este tipo de herramientas tienen un desempeño peor. Sin embargo, el resultado no es significativo en este caso.

H2: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de las TAM incrementa más el *performance* de la empresa. Esto porque ambas variables son complementarias.

**Tabla 4. Regresión para contrastar la Hipótesis 2:
TAM, altas habilidades y performance.**

Dependent Variable: LOG(VENTAS)
Method: Panel LeastSquares
Date: 07/05/16 Time: 12:10
Sample (adjusted): 2006 2010
Periodsincluded: 5
Cross-sectionsincluded: 2702
Total panel (unbalanced) observations: 9995
White cross-section standard errors & covariance (no d.f. correction)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.22849	0.138128	110.2489	0.0000
MHCNN="1"	0.008169	0.002172	3.761183	0.0002
RBN="1"	-0.005209	0.006753	-0.771467	0.4405
CADN="1"	0.004926	0.005050	0.975592	0.3293
SSFN="1"	0.039688	0.005994	6.621643	0.0000
PIL	0.001709	0.000413	4.139338	0.0000
PTIM	0.004247	0.001113	3.815319	0.0001
PNT	0.005108	0.001214	4.206551	0.0000
NACECLIO="10"	0.292589	0.081310	3.598427	0.0003
NACECLIO="11"	0.132987	0.084280	1.577908	0.1146
NACECLIO="12"	0.276088	0.123285	2.239437	0.0252
NACECLIO="13"	0.069847	0.082473	0.846906	0.3971
NACECLIO="14"	0.287504	0.138592	2.074460	0.0381
NACECLIO="15"	0.114029	0.091767	1.242590	0.2141
NACECLIO="16"	0.231912	0.097881	2.369336	0.0178
NACECLIO="17"	0.301630	0.103006	2.928278	0.0034
NACECLIO="18"	0.063676	0.140389	0.453569	0.6502
NACECLIO="19"	0.138262	0.146572	0.943304	0.3456
NACECLIO="20"	0.466548	0.101447	4.598928	0.0000
NACECLIO="4"	-0.183465	0.120541	-1.522017	0.1280
NACECLIO="5"	0.143384	0.169953	0.843668	0.3989
NACECLIO="6"	0.180010	0.041410	4.347009	0.0000
NACECLIO="7"	0.208918	0.098723	2.116196	0.0344
NACECLIO="8"	0.129871	0.118073	1.099917	0.2714
PERTOT	0.000236	5.51E-05	4.281035	0.0000
(MHCNN="1")*PIL	0.000920	0.000626	1.469930	0.1416
(RBN="1")*PIL	0.000374	0.000274	1.366853	0.1717
(CADN="1")*PIL	0.001033	0.001225	0.843293	0.3991
(SSFN="1")*PIL	0.000311	0.001159	0.268504	0.7883

EffectsSpecification

Cross-section fixed (dummy variables)			
Periodfixed (dummy variables)			
R-squared	0.986078	Mean dependentvar	15.90228
Adjusted R-squared	0.980838	S.D. dependentvar	1.979795
S.E. of regression	0.274057	Akaikeinfocriterion	0.476542
Sum squaredresid	545.3519	Schwarzcriterion	2.448698
Log likelihood	352.4833	Hannan-Quinncrier.	1.144120
F-statistic	188.1789	Durbin-Watson stat	1.511532
Prob(F-statistic)	0.000000		

Los resultados obtenidos en la tabla 4 nos muestran que en ningún caso, el uso de personal altamente cualificado tiene una influencia significativa en el *performance* de la empresa. Es decir, la teoría del *Skill Biased Technical Change* no se cumple para el caso de empresas de manufactura en España, como habíamos predicho.

Con el fin de verificar estos resultados, se realizó una regresión utilizando la influencia únicamente de la variable PNT (porcentaje de no titulados). Tampoco se obtuvieron resultados significativos, a excepción del caso de máquinas de control numérico, en las cuáles se encontró que el uso de personal no cualificado empeora el *performance* de las empresas.

Tabla 5. Regresión para verificar hipótesis 2: TAM, bajas habilidades y performance.

Dependent Variable: LOG(VENTAS)
 Method: Panel LeastSquares
 Date: 07/05/16 Time: 12:10
 Sample (adjusted): 2006 2010
 Periodsincluded: 5
 Cross-sectionsincluded: 2702
 Total panel (unbalanced) observations: 9995
 White cross-section standard errors & covariance (no d.f. correction)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.18331	0.154719	98.13455	0.0000
MHCNN="1"	0.122692	0.017580	6.979212	0.0000
RBN="1"	0.035099	0.042428	0.827269	0.4081
CADN="1"	-0.005190	0.037392	-0.138786	0.8896
SSFN="1"	0.016071	0.043117	0.372729	0.7094
PIL	0.002646	0.000304	8.709727	0.0000
PTIM	0.004052	0.000992	4.085923	0.0000
PNT	0.005573	0.001322	4.215875	0.0000
NACECLIO="10"	0.292930	0.081673	3.586630	0.0003
NACECLIO="11"	0.133849	0.084687	1.580510	0.1140
NACECLIO="12"	0.277442	0.124216	2.233551	0.0255
NACECLIO="13"	0.071126	0.083048	0.856441	0.3918
NACECLIO="14"	0.289432	0.139494	2.074867	0.0380
NACECLIO="15"	0.118803	0.094024	1.263550	0.2064
NACECLIO="16"	0.234400	0.099268	2.361277	0.0182
NACECLIO="17"	0.305018	0.105600	2.888440	0.0039
NACECLIO="18"	0.065299	0.140521	0.464693	0.6422
NACECLIO="19"	0.138897	0.145990	0.951415	0.3414
NACECLIO="20"	0.468536	0.101715	4.606370	0.0000
NACECLIO="4"	-0.185590	0.119490	-1.553189	0.1204
NACECLIO="5"	0.143172	0.168965	0.847346	0.3968
NACECLIO="6"	0.182198	0.039852	4.571879	0.0000
NACECLIO="7"	0.210055	0.099076	2.120149	0.0340
NACECLIO="8"	0.130217	0.118378	1.100009	0.2714
PERTOT	0.000236	5.49E-05	4.301907	0.0000
(MHCNN="1")*PNT	-0.001264	0.000180	-7.025475	0.0000
(RBN="1")*PNT	-0.000448	0.000480	-0.934447	0.3501
(CADN="1")*PNT	0.000191	0.000389	0.491032	0.6234
(SSFN="1")*PNT	0.000313	0.000477	0.656823	0.5113

EffectsSpecification

Cross-section fixed (dummy variables)
 Periodfixed (dummy variables)

R-squared	0.986081	Mean dependentvar	15.90228
Adjusted R-squared	0.980842	S.D. dependentvar	1.979795
S.E. of regression	0.274028	Akaikeinfocriterion	0.476334
Sum squaredresid	545.2385	Schwarzcriterion	2.448490
Log likelihood	353.5222	Hannan-Quinncrier.	1.143913
F-statistic	188.2186	Durbin-Watson stat	1.510986
Prob(F-statistic)	0.000000		

H3: Las empresas que utilizan las TAM acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen un mejor *performance*.

La hipótesis 3, la cuál está sustentada en la teoría del RBTC, sostiene que: las altas tecnologías substituyen únicamente a aquellos empleados que tienen un nivel medio de habilidades. Esto, porque los trabajadores altamente cualificados complementan sus habilidades con el uso de este tipo de herramientas y, los poco cualificados aún no son sustituibles por este tipo de máquinas debido a las tareas que realizan no son rutinarias.

Los resultados que arrojan la regresión de la tabla 6, cuando utilizamos la variable denominada "RUTIN" (la cual está formada por el uso conjunto de personal altamente cualificado (PIL) y no cualificado (PNT) y que está sustentada en la hipótesis de la rutinización) son significativos. En primer lugar encontramos que las empresas que utilizan máquinas de control numérico empeoran su *performance* utilizando esta mezcla de habilidades. Por el contrario, el uso de máquinas CAD/CAM y sistemas flexibles mejoran el *performance* de la empresa de forma significativa, es decir, se contrasta la hipótesis del RBTC para las empresas de manufactura españolas. En todos los casos se pudo observar que las variables de control de sector y tamaño de la empresa son significativas.

Tabla 6. Regresión para contrastar hipótesis 3: TAM, altas y bajas habilidades y performance. Teoría del RBTC.

Dependent Variable: LOG(VENTAS)

Method: Panel LeastSquares

Date: 07/05/16 Time: 11:56

Sample (adjusted): 2006 2010

Periodsincluded: 5

Cross-sectionsincluded: 2702

Total panel (unbalanced) observations: 9995

White cross-section standard errors & covariance (no d.f. correction)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.17983	0.148386	102.2998	0.0000
MHCNN="1"	0.202510	0.014154	14.30798	0.0000
RBN="1"	0.015323	0.074730	0.205046	0.8375
CADN="1"	-0.045287	0.026744	-1.693373	0.0904
SSFN="1"	-0.044938	0.043009	-1.044850	0.2961
RUTIN	0.005432	0.001183	4.593037	0.0000
PTIM	0.004018	0.000972	4.133316	0.0000
NACECLIO="10"	0.292832	0.081897	3.575613	0.0004
NACECLIO="11"	0.132852	0.084630	1.569792	0.1165
NACECLIO="12"	0.277649	0.124364	2.232542	0.0256
NACECLIO="13"	0.068639	0.080545	0.852181	0.3941
NACECLIO="14"	0.289216	0.139059	2.079812	0.0376
NACECLIO="15"	0.121000	0.094919	1.274763	0.2024
NACECLIO="16"	0.236430	0.100395	2.354993	0.0185
NACECLIO="17"	0.304009	0.104367	2.912890	0.0036
NACECLIO="18"	0.063255	0.138835	0.455614	0.6487
NACECLIO="19"	0.138482	0.145069	0.954595	0.3398
NACECLIO="20"	0.468729	0.101792	4.604755	0.0000
NACECLIO="4"	-0.186839	0.118484	-1.576908	0.1149
NACECLIO="5"	0.143713	0.168978	0.850482	0.3951
NACECLIO="6"	0.181142	0.039284	4.611066	0.0000
NACECLIO="7"	0.212849	0.100869	2.110151	0.0349
NACECLIO="8"	0.131347	0.119105	1.102786	0.2702
PERTOT	0.000236	5.46E-05	4.315389	0.0000
(MHCNN="1")*RUTIN	-0.002040	0.000173	-11.80235	0.0000
(RBN="1")*RUTIN	-0.000220	0.000789	-0.278761	0.7804
(CADN="1")*RUTIN	0.000618	0.000273	2.263546	0.0236
(SSFN="1")*RUTIN	0.000955	0.000487	1.959214	0.0501

EffectsSpecification

Cross-section fixed (dummy variables)

Periodfixed (dummy variables)

R-squared	0.986075	Mean dependentvar	15.90228
Adjusted R-squared	0.980836	S.D. dependentvar	1.979795
S.E. of regression	0.274069	Akaikeinfocriterion	0.476573
Sum squaredresid	545.4781	Schwarzcriterion	2.448008
Log likelihood	351.3267	Hannan-Quinncrier.	1.143908
F-statistic	188.2295	Durbin-Watson stat	1.509183
Prob(F-statistic)	0.000000		

Con el fin de verificar los resultados obtenidos en esta regresión, utilizaremos ahora la fórmula propuesta por Sparreboom y Tarvid (2016) para medir el índice de polarización del trabajo (JPI). Esta medida está basada en la división de las ocupaciones en 3 grupos: nivel bajo (l), nivel medio y, nivel alto (h).

$$p = \frac{1}{2} \times \underbrace{(\overline{\Delta_5 l} + \overline{\Delta_5 h})}_{\text{change in medium-level jobs reversed}} \times \overbrace{(1 + |\overline{\Delta_5 h} - \overline{\Delta_5 l}|)}^{\text{imbalance in high-/low-level jobs}} \times 100,$$

Fuente: Sparreboom & Tarvid (2016).

Donde, $\Delta_5 l$ es el cambio en la proporción de trabajos de “bajo nivel” del nivel promedio en los últimos 5 años y $\Delta_5 h$ es definido como los trabajos de “alto nivel”. $|\cdot|$ denota el valor absoluto. La suma en los primeros paréntesis es la inversa del cambio en la proporción de empleos de “nivel medio”. Esto determina la principal magnitud y dirección del índice de polarización JPI. La expresión en el segundo paréntesis toma en cuenta el desequilibrio entre el cambio en los empleos de “alto nivel” y de “bajo nivel” y crece linealmente con esta diferencia. Independientemente de lo grande que sea el cambio en los trabajos de “nivel medio” el resultado de p sería cero. Debido a que no es este tipo de comportamiento que los autores quieren que tenga el índice, añaden uno a uno el término lineal en los segundos paréntesis. Aplicando esta fórmula JPI en sustitución de la variable que nosotros creamos y definimos como RUTIN obtuvimos los siguientes resultados (tabla 7). Los resultados que arrojan la regresión cuando utilizamos la variable JIP propuesta por Sparreboom y Tarvid (2016) varían a los encontrados en la anterior regresión. En este caso, podemos observar que las empresas todas las empresas que utilizan las TAM empeoran su *performance* cuando existe una polarización del trabajo, sin embargo, sólo en el caso de las máquinas de control numérico esta relación resulta significativa. Comparando los resultados obtenidos en esta segunda regresión con la realizada con la variable construida por nosotros RUTIN, encontramos que en ambos casos la polarización del trabajo afecta negativamente al *performance* cuando las empresas utilizan máquinas de control numérico. En el caso del uso de la robótica, en ambas regresiones el resultado no es significativo. Esto se puede deber a que España no es un país que cuente con sectores de manufactura de alta tecnología, razón por la cuál los resultados pueden estar sesgados. En el uso de tecnologías como CAD/CAM y sistemas flexibles de manufactura encontramos que la polarización tiene un efecto negativo en el

performance de la empresa cuando utilizando nuestra medida de polarización, pero, a pesar de que utilizando la fórmula de Sparreboom y Tarvid (2016) los resultados no resultan significativos, si coincide en mostrar una tendencia negativa hacia el *performance*.

Tabla 7. Regresión para contrastar hipótesis 3 con la fórmula de Sparreboom y Tarvid (2016).

Dependent Variable: LOG(VENTAS)

Method: Panel LeastSquares

Date: 10/06/16 Time: 13:01

Sample (adjusted): 2006 2010

Periodsincluded: 5

Cross-sectionsincluded: 2702

Total panel (unbalanced) observations: 9995

White cross-section standard errors & covariance (no d.f. correction)

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
C	15.49819	0.107423	144.2725	0.0000
MHCNN="1"	0.067822	0.011047	6.139269	0.0000
RBN="1"	0.023308	0.023959	0.972856	0.3307
CADN="1"	0.023287	0.032021	0.727237	0.4671
SSFN="1"	0.046306	0.025923	1.786306	0.0741
JPI	5.07E-05	1.49E-05	3.409752	0.0007
PTIM	0.001833	0.000662	2.769299	0.0056
NACECLIO="10"	0.293297	0.081514	3.598140	0.0003
NACECLIO="11"	0.137203	0.084970	1.614729	0.1064
NACECLIO="12"	0.276936	0.123784	2.237247	0.0253
NACECLIO="13"	0.072739	0.084255	0.863321	0.3880
NACECLIO="14"	0.290072	0.139797	2.074945	0.0380
NACECLIO="15"	0.117606	0.093511	1.257674	0.2085
NACECLIO="16"	0.233464	0.098405	2.372489	0.0177
NACECLIO="17"	0.305026	0.105606	2.888329	0.0039
NACECLIO="18"	0.066021	0.141020	0.468169	0.6397
NACECLIO="19"	0.140664	0.146976	0.957054	0.3386
NACECLIO="20"	0.468664	0.102054	4.592306	0.0000
NACECLIO="4"	-0.184262	0.120204	-1.532915	0.1253
NACECLIO="5"	0.143539	0.168854	0.850078	0.3953
NACECLIO="6"	0.184834	0.039501	4.679234	0.0000
NACECLIO="7"	0.209308	0.099226	2.109410	0.0349
NACECLIO="8"	0.130572	0.118394	1.102856	0.2701
PERTOT	0.000236	5.47E-05	4.309674	0.0000
(MHCNN="1")*JPI	-1.39E-05	2.30E-06	-6.036308	0.0000
(RBN="1")*JPI	-6.52E-06	5.64E-06	-1.155975	0.2477
(CADN="1")*JPI	-2.53E-06	7.03E-06	-0.360524	0.7185
(SSFN="1")*JPI	-1.34E-06	5.78E-06	-0.230872	0.8174













EffectsSpecification

Cross-section fixed (dummy variables)

Periodfixed (dummy variables)

R-squared	0.986072	Mean dependentvar	15.90228
Adjusted R-squared	0.980832	S.D. dependentvar	1.979795
S.E. of regression	0.274101	Akaikeinfocriterion	0.476806
Sum squaredresid	545.6053	Schwarzcriterion	2.448241
Log likelihood	350.1619	Hannan-Quinncrier.	1.144141
F-statistic	188.1850	Durbin-Watson stat	1.509708
Prob(F-statistic)	0.000000		

Tabla 8. Resumen de la validación empírica de las hipótesis.

HIPÓTESIS	VALIDACIÓN EMPÍRICA
H1a: El uso de tecnologías CNC incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H1b: El uso de tecnologías CAD/CAM incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H1c: El uso de robótica incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H1d: El uso de sistemas flexibles de fabricación incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H2a: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de tecnologías CNC NO incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H2b: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de tecnologías CAD/CAM NO incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H2c: En presencia de trabajadores con altas habilidades, El uso de robótica NO incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H2d: En presencia de trabajadores con altas habilidades, El uso de sistemas flexibles de fabricación NO incrementa el <i>performance</i> de la empresa.	
H3a: Las empresas que utilizan tecnologías CNC acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor <i>performance</i> .	
H3b: Las empresas que utilizan CAD/CAM acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor <i>performance</i> .	
H3c: Las empresas que utilizan robótica acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor <i>performance</i> .	
H3d: Las empresas que utilizan sistemas flexibles de fabricación acompañadas de personal altamente cualificado y no cualificado tienen aún mejor <i>performance</i> .	
Fuente: Elaboración propia.	

CAPÍTULO IV : CONCLUSIONES

4.1 Conclusiones.

En este proyecto de tesis, argumentamos que, mientras que el *Skill Biased Technical Change* ha sido ampliamente recurrido por los autores para poder explicar el incremento en la demanda de trabajadores altamente cualificados en empresas alrededor del mundo (Bresnahan et al., 2002; Chun, 2003; Gretton et al., 2004; Bartel et al., 2007; Bayo & Lera, 2007; O'Mahony et al., 2008; Galve-Gorríz & Gargallo, 2010; Blankenau & Cassou, 2011; Seo et al., 2012), esta teoría no parece adecuarse totalmente a lo que sucede actualmente en el mercado laboral español. El objetivo de este proyecto es verificar si la teoría del RBTC puede explicar mejor los cambios en la estructura ocupacional que han ocurrido en las empresas de manufactura de España en los últimos años. Para ello, construimos un modelo que relacionara las variables: TAM, habilidades (altas y bajas) y *performance* económico de la empresa. La mayor parte de los estudios que han analizado esta relación lo han hecho midiendo las TIC de formas diversas, por lo general, con el uso del ordenador, por esta razón, en ocasiones los resultados no son muy claros, ya que una herramienta como el ordenador es ya utilizada prácticamente en todas las áreas de una empresa sin poder así definir la complejidad de las tareas que realizan los trabajadores tomando esta variable de forma tan amplia. Para poder realizar la fase empírica de este estudio, retomamos la base de datos de la Encuesta sobre Estrategias Empresariales (ESEE). La población de referencia de la ESEE son las empresas con 10 ó más trabajadores de la industria manufacturera española.

En el primer apartado de este proyecto hicimos referencia a algunos estudios que evidencian el crecimiento de empleos tanto de altas como bajas habilidades (a expensas de los empleos que requieren medianas habilidades) que se ha dado tanto en EE.UU. como en Europa. En el estudio de Acemoglu y Autor (2010) se encontró que durante los años 1979-1989, el crecimiento del empleo por ocupación era casi monótono. Sin embargo, en la década siguiente esto cambió dando paso a un patrón de polarización; un crecimiento rápido en altos percentiles, moderadamente positivo en percentiles bajos y modestamente negativo en percentiles intermedios. En los años siguientes (1999-2007) el crecimiento del empleo se concentró en los percentiles más bajos de las ocupaciones, es decir, en las ocupaciones de bajas habilidades. Acemoglu y Autor (2010) también documentaron que este patrón de polarización no sólo se dio en EE.UU, sino que se manifestó en 16 países estudiados de la Europa. En ellos, las ocupaciones con salarios medianos fue cada vez menor, mientras que, las ocupaciones con altos y bajos salarios aumentó. En otro estudio realizado en Europa, Goos et al. (2009) encontraron que los cambios en la estructura del trabajo eran

similares a los observados en EE.UU. Por su parte, David y Dorn (2013), en su estudio realizado en EE.UU también encontraron evidencia de polarización, haciendo hincapié al aumento en más de un 50% de las ocupaciones de servicio realizadas por trabajadores sin estudios universitarios. Lindley y Machin (2014) en su estudio realizado en EE.UU y Europa también observaron un patrón de crecimiento en los empleos con habilidades altas y bajas, y un hueco en aquellos de habilidades medianas.

4.1.1 El caso de España.

Una vez que tuvimos un panorama de lo que estaba sucediendo en el mercado laboral tanto de EE.UU. como de Europa, matizamos la investigación para centrarnos en lo ocurrido específicamente en España. En un estudio realizado por Anghel et al. (2014) se analizaron los cambios ocurridos en la participación ocupacional en España en un periodo de 15 años (1997-2012). Estos autores encontraron pruebas claras de polarización del empleo entre 1997 y 2012 que se aceleraron durante la recesión. De acuerdo a este estudio, las ocupaciones en expansión fueron aquellas, las cuáles, sus contenidos tienen mucho que ver con tareas abstractas o de servicios. En otro estudio realizado en España por Fernández et al. (2015), también se encontró un aumento en la polarización en los mercados de trabajo. Los resultados señalaron que la polarización en este país disminuyó entre 2006 y 2008, sin embargo, la recesión económica provocó un aumento de la polarización en 2010 donde el grupo más perjudicado resulto ser las ocupaciones con un nivel medio de cualificación.

Como hemos observado, sin duda, en las últimas décadas se ha visto un crecimiento del empleo con altas habilidades tanto en EE.UU., como en Europa. Esto, de acuerdo a la teoría del SBTC se debe a la adopción de nuevas tecnologías, las cuales requieren cierto tipo de habilidades para poderlas manejar adecuadamente debido a su alta complejidad. El SBTC, entonces, propone la explicación de un cambio en la estructura ocupacional (impulsado por las nuevas tecnologías) sesgado hacia las habilidades altas. Sin embargo, en estudios recientes, también se ha observado que las ocupaciones con bajos niveles de habilidad también han mostrado un marcado crecimiento. Este patrón de crecimiento no esta contemplado por el SBTC, es entonces cuando surge la necesidad de buscar una explicación más amplia que tome en cuenta lo que sucede con los empleos de baja cualificación. La teoría del SBTC entonces, vendría a ser complementada por la hipótesis de la rutinización o RBTC. La polarización del trabajo aparece cuando la proporción del empleo de los profesionales altamente pagados y gerentes, además de la proporción de trabajadores de servicios

con bajo salario se incrementan a expensas de la proporción de empleo de los trabajadores del medio (empleos de manufactura y oficina) (Goos et al., 2009).

Con el fin de comprobar que la teoría del RBTC se ajusta más a explicar el porqué del cambio en la forma de distribución laboral propusimos 3 hipótesis obteniendo los siguientes resultados.

H1: El uso de tecnologías avanzadas de manufactura (TAM) incrementa el *performance* de la empresa.

Al relacionar la variable TAM con el *performance* de la empresa (representado por el logaritmo de las ventas totales) encontramos que, el *performance* es significativamente mejor aunque esta condición no se cumple para todos los casos, sólo en aquellas que utilizan máquinas de control numérico, CAD/CAM y sistemas flexibles. En el caso de la robótica esta hipótesis no se cumple, por el contrario, al parecer las empresas que utilizan este tipo de herramientas tienen un desempeño peor. Sin embargo, el resultado no es significativo en este caso. Por esta razón, podemos concluir que la hipótesis 1 queda parcialmente demostrada para el caso de las empresas de manufactura españolas. Muchos estudios anteriores han encontrado evidencia positiva del uso de las TIC y el *performance* (Baldwin et al., 2003; Gretton et al., 2004; Gholami et al., 2004; Draca et al., 2006; Bartel et al., 2007; Koc & Bozdog, 2009; Moshiri & Simpson, 2011; Cardona et al., 2013; Enríquez et al., 2015) sin embargo, estos estudios han medido las TIC de formas distintas, siendo la más común el uso de ordenadores. En nuestro estudio, buscamos medir el impacto específico que tienen en la manufactura el uso de la alta tecnología, por esta razón hemos seleccionado el uso de las TAM para realizar la medición. En este sentido, también existen estudios que han encontrado, como nosotros, un impacto positivo en el uso de las TAM (por sí mismas) en el *performance* de la empresa (Baldwin et al., 2003; Monge et al., 2006; Swing & Nair, 2007; Theodorou & Florou, 2009). El impacto positivo que se ve reflejado en los resultados se puede deber a que, como hemos visto, las TAM permiten a las empresas tener una producción más rápida, precisa y flexible. Las TAM generan una ventaja competitiva para la empresa ya que no sólo permiten reducir el número de personas requeridas para realizar las tareas rutinarias, sino que, dan soporte para la fabricación de numerosas variaciones de *outputs* sin que se incrementen los costos de producción. Estas ventajas que ofrece el uso de este tipo de tecnología se ve reflejado en el *performance* de la empresa en el caso del uso de las máquinas de control numérico, CAD/CAM y sistemas flexibles de forma positiva y significativa.

En el único caso que no fue observado un impacto positivo de las TAM en el *performance* fue con el uso de la robótica. Esto puede deberse a que España es un país que no cuenta con una amplia industria en alta tecnología como es el caso de otros países como EE.UU. Al momento de realizar las regresiones, observamos que no existían muchos casos en los cuales empresas españolas utilizaran la robótica, debido a esto podemos pensar que los resultados pudieran haberse visto comprometidos. Otra posible explicación es que, la robótica es una de las tecnologías más novedosas y por tanto, aún resulta cara para las empresas adquirir este tipo de herramientas razón por la cuál no son muy usadas (Koc & Bozdog, 2009). Una tercera explicación puede ser que, como hemos visto que han sugerido otros autores en sus estudios (Theodorou & Florou, 2008; Cardona et al., 2013), el periodo de tiempo en que puede ser amortizado un gasto realizado en este tipo de herramientas puede ser largo o ir aumentando los beneficios que generan con el tiempo (varios años) y no haber sido capturado en el periodo cubierto por este estudio.

De cualquier forma, resulta importante tomar en cuenta los resultados obtenidos en la robótica ya que, las empresas que planean adoptar TAM deben considerar los tipos de mejoras que están buscando. A pesar de que la disminución en el precio real de las tecnologías de información y comunicación, la robótica, al ser alta tecnología puede aún resultar costosa de adquirir. Mientras que con el uso de la robótica se pueden generar muchos beneficios en la producción puede resultar costosa e impactar negativamente el *performance* económico a corto plazo. Pero como mencionaron en su estudio Theodorou y Florou (2008) es importante que la estrategia de negocio y la tecnología utilizada encajen. Ellos encontraron que entre más alta es la adopción e implementación de una estrategia de flexibilidad, más alto es el impacto de la tecnología en el *performance* económico de la empresa. Cuando se invierte en alta tecnología, un incremento a corto plazo en el coste es esperado cuando la empresa empieza a enfocarse en estrategias de calidad e innovación (Theodorou & Florou, 2008).

H2: En presencia de trabajadores con altas habilidades, el uso de las TAM incrementa más el *performance* de la empresa. Esto porque ambas variables son complementarias.

Los resultados obtenidos nos muestran que en ningún caso, el uso de personal altamente cualificado tiene una influencia significativa en el *performance* de la empresa. Es decir, la teoría del *Skill Biased Technical Change* no se cumple para el caso de empresas de manufactura en España, como habíamos predicho en este

proyecto. A pesar de que existe mucha literatura que da soporte a la teoría del SBTC (Black & Lynch, 2001; Bresnahan et al., 2002; Chun, 2003; Gretton et al., 2004; Patterson et al., 2004; Gholami et al., 2004; Arvanitis, 2005; Dunne & Troske, 2005; Pilat, 2005; Bartel et al., 2007; Bayo & Lera, 2007; O'Mahony et al., 2008; Barbosa & Faria, 2008; Bayo et al., 2008; Cordero et al., 2009; Galve-Górriz & Gargallo, 2010; Moshiri & Simpson, 2011; Blankenau & Cassou, 2011; Seo et al., 2012), en nuestro estudio no encontramos que el personal altamente cualificado tuviera un impacto significativo en el *performance* de la empresa. Esto se puede deber a que, el impacto de la tecnología en los trabajadores de producción depende del tipo de tecnología que sea considerada, ya que si bien las TAM tienden a substituir al personal que realiza tareas rutinarias, no ha logrado aún llegar a substituirlo en tareas que requieren interacción no rutinaria como pueden ser los empleos de servicios que requieren bajas habilidades (por ejemplo: tareas de limpieza, cuidar personas, etc). Las computadoras a pesar de haber avanzado en cuanto a su utilidad en los últimos tiempos, su capacidad para realizar una tarea depende de su programación, es decir, del diseño de un guión que le permita tomar ciertas decisiones. Por esta razón, las computadoras como los equipos controlados por ellas sólo pueden realizar tareas rutinarias con un alto índice de fiabilidad. Las tareas que realizan los empleados de medianas habilidades si han resultado entonces afectadas, esto debido a que, son empleos que realizan tareas fácilmente codificables. Este tipo de trabajadores si pueden ser substituidos por computadoras (como por ejemplo, tareas rutinarias de producción o de oficina, preparación de alimentos, etc). El no haber encontrado un impacto de los trabajadores con altas habilidades en el *performance* de la empresa entonces, nos lleva a pensar que la teoría del RBTC se adapta más a las condiciones actuales del sector manufacturero en España. Estudios como los de Pagell et al., (2000) ya mostraban dudas acerca de la necesidad de contar con trabajadores con altas habilidades para incrementar el *performance* de la empresa cuando son utilizadas las TAM. Estos autores argumentan que en realidad sólo se necesita un tiempo de preparación de los trabajadores para que puedan hacer uso de este tipo de herramientas. Esta afirmación sin embargo, debe tomarse con precaución ya que esta no implica que los empleados altamente cualificados serían de poca utilidad. Por su parte, Dunne y Troske (2005) hacen una importante observación con los resultados obtenidos en su estudio. Ellos argumentan que cuando se examinó la relación entre adopción de tecnología y el aumento de habilidades de la fuerza de trabajo, se encontró poca correlación a nivel planta. Bayo et al. (2008) también argumentan que sus resultados sugieren que las TIC parecen requerir más habilidades formales que las TAM, cabe señalar que este estudio fue realizado en España.

Con el fin de verificar los resultados de la hipótesis 2, hicimos una regresión utilizando la influencia únicamente de la variable PNT (porcentaje de no titulados). Tampoco se obtuvieron resultados significativos, a excepción del caso de máquinas de control numérico, en las cuáles se encontró que el uso de personal no cualificado empeora el *performance* de la empresa.

H3: Las empresas que utilizan las TAM acompañadas de personal con altas y bajas habilidades tienen aún mejor *performance*.

Los resultados obtenidos en esta hipótesis nos muestran un impacto positivo y significativo de los trabajadores de altas y bajas habilidades en el *performance* de la empresa cuando son utilizadas las TAM. Matizando los resultados, encontramos que, en primer lugar, las empresas que utilizan CAD/CAM y sistemas flexibles mejoran el *performance* de la empresa de forma positiva y significativa utilizando esta mezcla de habilidades. Es decir, para estos dos tipos de TAM se contrasta la hipótesis 3. Por el contrario, se pudo observar que las empresas que utilizan máquinas de control numérico empeoran su *performance* cuando utilizan esta mezcla de habilidades de la fuerza de trabajo. En el caso del uso de la robótica, también se encontró un impacto negativo en el *performance*, sin embargo no es significativo. Esto se puede deber a que, como mencionan Arntz et al. (2016) en su estudio, el uso de robots industriales en los años noventa y principios de los 2000 ha estado sesgado a favor de trabajadores altamente cualificados en relación con trabajadores poco cualificados.

Estos hallazgos son congruentes a lo encontrado en estudios previos que dan soporte a la teoría del RBTC (Oesch & Rodríguez, 2011; Michaels et al, 2014; Kim & Hwang, 2013; Katz & Margo, 2013; David & Dorn, 2013; Lindley & Machin, 2014; Goos et al., 2014; Anghel et al., 2014; Fernández et al., 2015). También son compatibles con el estudio de Consoli y Sánchez (2016) donde se observó que durante tres décadas, la demanda de ocupaciones poco cualificadas ha crecido, mientras que la demanda de empleos rutinarios de declinó. Este estudio demostró que existe en España una correlación positiva y robusta entre la contracción de los trabajos rutinarios y la difusión del capital informático.

Esta tercera hipótesis, que es el objetivo central de este proyecto, fundamentada en la teoría del RBTC pudo ser contrastada. Como recordamos, la teoría del *Routine biased technical change* sostiene que, las altas tecnologías substituyen únicamente a aquellos empleados que tienen un nivel medio de habilidades. Esto, porque los trabajadores altamente cualificados complementan sus habilidades con el uso de este tipo de tecnología y, los poco cualificados aún no son sustituibles por este tipo de

máquinas debido a las tareas que realizan no son rutinarias. Como hemos mencionado, las tareas no rutinarias pueden ser divididas en 2 grupos: las abstractas o analíticas y las manuales o interactivas. Estas dos subcategorías se encuentran ubicadas en extremos opuestos de la distribución de habilidades, e incluso, de la distribución salarial. La tecnología computarizada resulta complementaria tanto para empleos analíticos altamente remunerados e interactivos bajamente remunerados (Oesch & Rodríguez, 2011). Las tareas abstractas o analíticas son aquellas que requieren altas habilidades para la resolución de problemas. Los trabajadores que desarrollan este tipo de tareas suelen tener altos niveles de educación como pueden ser: altos administrativos, médicos, científicos, ingenieros, etc. Por otro lado, las tareas manuales o interactivas no rutinarias, son aquellas actividades que no requieren contar con un alto nivel educativo (la mayoría de los trabajadores han completado sólo el bachillerato) pero si requieren adaptación a la situación e interacción entre personas. Se trata de tareas difíciles de automatizar como pueden ser: conducir un vehículo, preparar comida, limpieza o mantenimiento, servicios de protección, entre otros.

4.1.2 Sumario SBTC o RBTC.

Como hemos observado, las TAM tienen un impacto positivo en el *performance* de la empresa, cuando son medidas como el uso de herramientas de control numérico, CAD/CAM y sistemas flexibles. La robótica no mostró resultados positivos relacionados con el *performance*. En cuanto a la relación que guardan las altas habilidades y el uso de TAM con el *performance* de la empresa, encontramos que, éstas (las altas habilidades) no tienen un impacto significativo para el caso de España. Por otro lado la hipótesis de la rutinización si que se adapta más a explicar la distribución ocupacional del mercado laboral español. Se encontró que el uso de ciertas TAM (específicamente, CAD/ CAM y los sistemas flexibles), además del uso de personal tanto altamente como bajamente cualificado, tienen un impacto positivo en el *performance* de las empresas. Es decir, las tareas no rutinarias no han podido ser substituidas (hasta el momento) por el uso de maquinaria de alta tecnología, por tanto, para el buen desempeño financiero de una empresa es necesario contar con personal ubicado en los polos opuestos de la estructura ocupacional. El personal ubicado en la parte más baja de la distribución ocupacional es el que se encarga de las tareas no rutinarias, mientras que, los empleados que cuentan con medianas habilidades si que han sido substituidos por este tipo de tecnología. Con los resultados obtenidos en este estudio podemos concluir que el enfoque basado en las tareas (RBTC) resulta más

coherente para la descripción de los patrones de polarización observados en los mercados de trabajo de EEUU y Europa.

4.2 Limitaciones.

A pesar de que España es un país que ha logrado alcanzar un importante desarrollo tecnológico, aún no es identificado como un país de alta tecnología como lo puede ser EE.UU., Alemania o Japón. Por esta razón, el uso de tecnología como la robótica aún no se encuentra muy asimilado en este país y puede ser una de las razones por las cuáles no hemos encontrado resultados positivos en nuestro análisis. Los casos de las empresas que usan este tipo de maquinaria en la base de datos utilizada en este proyecto eran pocos, cuestión que puede haber sesgado los resultados empíricos.

Por otro lado, el intervalo de tiempo que cubren los datos de la encuesta que utilizamos, es únicamente de 5 años (de 2005 a 2010). Como ya ha sido mencionado en numerosos artículos, el periodo de asimilación de herramientas de alta tecnología suele ser largo, tanto para los trabajadores como para poder ser amortizado el gasto realizado por la adquisición de este tipo de maquinaria. Posiblemente, si se repitiera este estudio con datos más recientes, podríamos encontrar un impacto positivo más pronunciado en el *performance* de la empresa.

4.3 Futuras líneas de investigación.

Como hemos mencionado anteriormente, España es un país tecnológicamente desarrollado de forma moderada y al parecer, la teoría del RBTC se adecua más que el SBTC para dar explicación a los cambios observados en el mercado laboral. Sería interesante repetir este estudio con datos de un país desarrollado con alta tecnología y con otro en vías de desarrollo, esto, con el fin de corroborar si esta teoría viene a desplazar al tan recurrido SBTC. Si fuera así, podríamos concluir con más certeza que, la complejidad de las tareas que desarrollan los empleados, al influir directamente en las habilidades requeridas, explican junto con la introducción de herramientas tecnológicas los cambios sufridos en los últimos tiempos en la estructura del mercado laboral en todos los países. En el caso de los países en vías de desarrollo, pocos estudios se han dedicado a investigar el impacto de las TAM en estos lugares. Sin embargo, es importante observar que es lo que sucede con esta relación TAM y *performance* en estos países ya que pueden tener economías muy distintas y,

además, encontrarse en una fase distinta de adopción de TIC (en general) en comparación a los países desarrollados.

Otro aspecto importante para considerar en futuras líneas de investigación, podría ser, el analizar de forma independiente el efecto que tienen las TAM en las grandes empresas y las PYMES. Resultaría importante verificar que las PYMES también pueden verse beneficiadas al invertir en tecnología avanzada ya que, muchas veces, se muestran cautelosas a invertir en ellas debido a que no cuentan con los grandes recursos económicos de que pueden disponer las grandes empresas.

Por otro lado, en este proyecto, utilizamos el *performance* financiero de la empresa como variable dependiente. Sería útil repetir el análisis tomando ahora en cuenta el *performance* productivo de las empresas de manufactura. Esto debido a que, si las TAM han sido implementadas recientemente en las empresas encuestadas, aún no serían muy notorios los beneficios económicos de la empresa al haber realizado una inversión en este tipo de tecnología. Sin embargo, es probable que, los efectos de las TAM sean visibles de forma más temprana en el *performance* productivo. Incluso un estudio realizado por Bülbül et al. (2013) encontró que las TAM incrementaban el *performance* productivo de la empresa pero impactaban negativamente en el *performance* financiero. Esto se podría deber a que, como hemos mencionado, se necesita un periodo de tiempo para poder amortizar los gastos realizados para adquirir esta tecnología, pero además, podría ser que la estrategia de negocio no sea la adecuada y por eso no se estén generando los beneficios esperados.

Otra línea de investigación que podría complementar este proyecto es, considerar la influencia que ejercen otros factores en la relación TAM, habilidades y *performance*. Aunque la literatura revisada señala a las nuevas tecnologías y las habilidades como factores principales para el incremento del *performance* de las empresas de manufactura, la forma en que se organiza una empresa también es importante a la hora de implementar nuevas tecnologías. Los cambios organizativos a los que se refiere frecuentemente la literatura son: delegación de autoridad, administración lean, y sistemas de calidad total. Por ejemplo, para que un trabajador que forma parte de un sistema de manufactura avanzada pueda tomar decisiones en base al flujo de grandes cantidades de información, debe contar con los conocimientos (altas habilidades) y con la autoridad necesaria para poder responder de forma rápida a los problemas que se vayan presentando. Este fenómeno en el que las tecnologías, las habilidades y los cambios organizativos son tomados como factores principales que influyen en el *performance* de una empresa de manufactura es conocido como "*Skill Biased*

Organizational Change". Otros factores que pueden también ser considerados como moderadores de esta relación son: el aumento de la competencia de las importaciones (Keller & Utar, 2016), y el hecho de que muchas tareas de trabajo de rutina sean *offshorable* (Heyman, 2016).

Como último punto, creemos que debemos considerar en futuras líneas de investigación como seguirá afectando el avance tecnológico al mercado laboral. Los avances recientes en el campo de la digitalización y la robótica como son: los automóviles sin conductor, las grandes fábricas autónomas inteligentes, los robots de servicio o la impresión 3D, dan lugar al temor público de que la tecnología pueda substituir a la mano de obra a gran escala. Los encargados de la formulación de políticas deben centrarse en las cualificaciones de los trabajadores para garantizar que las habilidades de éstos correspondan a los requerimientos futuros del mercado laboral (Arntz et al., 2016), y de esta forma, contrarresten las posibles pérdidas de puestos de trabajo.

**REFERENCIAS
BIBLIOGRÁFICAS**

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2010). Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings.

- Anghel, B., De la Rica, S., & Lacuesta, A. (2014). The impact of the great recession on employment polarization in Spain. *SERIEs*, 5(2-3), 143-171.

- Armbruster, H., Kirner, E., Lay, G., Szejczewski, M., Industrielle Internationale, F., Evangelista, R., ... & Cozza, C. (2007). Patterns of Organisational Change in European Industry (PORCH) Ways to Strengthen the Empirical Basis of Research and Policy.

- Arntz, M., Gregory, T., & Zierahn, U. (2016). ELS issues in robotics and steps to consider them. Part 1: Robotics and employment. Consequences of robotics and technological change for the structure and level of employment. ZEW-Gutachten und Forschungsberichte.

- Arvanitis, S. (2005). Computerization, workplace organization, skilled labour and firm productivity: Evidence for the Swiss business sector. *Economics of Innovation and New Technology*, 14(4), 225-249.

- Atzeni, G. E., & Carboni, O. A. (2006). ICT productivity and firm propensity to innovative investment: evidence from Italian microdata. *Information Economics and Policy*, 18(2), 139-156.

- Baldwin, J. R., Sabourin, D., & Smith, D. (2003). Impact of advanced technology use on firm performance in the Canadian food processing sector. *The Canadian Economy in Transition, Statistics Canada Economic Analysis (EA) Research Paper Series 11F0027*, (012).

- Barbosa, N., & Faria, A. P. (2008). Technology adoption: does labour skill matter? Evidence from Portuguese firm-level data. *Empirica*, 35(2), 179-194.

- Bartel, A., Ichniowski, C., & Shaw, K. (2007). How does information technology affect productivity? Plant-level comparisons of product innovation, process improvement, and worker skills. *Quarterly Journal of Economics*, 122(4).

- Bas, M. (2012). Technology adoption, export status, and skill upgrading: theory and evidence. *Review of International Economics*, 20(2), 315-331.

- Bayo-Moriones, A., & Lera-López, F. (2007). A firm-level analysis of determinants of ICT adoption in Spain. *Technovation*, 27(6), 352-366.

- Bayo-Moriones, A., Billón, M., & Lera-López, F. (2008). Skills, technology and organisational innovation in Spanish firms. *International Journal of Manpower*, 29(2), 122-145.

- Bayo-Moriones, A., Billón, M., & Lera-López, F. (2013). Perceived performance effects of ICT in manufacturing SMEs. *Industrial Management & Data Systems*, 113(1), 117-135.

- Black, S. E., & Lynch, L. M. (2001). How to compete: the impact of workplace practices and information technology on productivity. *Review of Economics and Statistics*, 83(3), 434-445.

- Blankenau, W. F., & Cassou, S. P. (2011). Industry estimates of the elasticity of substitution and the rate of biased technological change between skilled and unskilled labour. *Applied Economics*, 43(23), 3129-3142.

- Blien, U., & Dauth, W. (2016). *Job polarization on local labor markets?*. European Regional Science Association.

- Bloom, N., Garicano, L., Sadun, R., & Van Reenen, J. (2014). The distinct effects of information technology and communication technology on firm organization. *Management Science*, 60(12), 2859-2885.

- Bresnahan, T. F., Hitt, L. M., & Brynjolfsson, E. (2002). Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: Firm-level evidence. *Quarterly journal of economics*, (1), 339-376.

- Bülbül, H., Ömürbek, N., Paksoy, T., & Bektaş, T. (2013). An empirical investigation of advanced manufacturing technology investment patterns: Evidence from a developing country. *Journal of Engineering and Technology Management*, 30(2), 136-156.

- Cardona, M., Kretschmer, T., & Strobel, T. (2013). ICT and productivity: conclusions from the empirical literature. *Information Economics and Policy*, 25(3), 109-125.

- Chun, H. (2003). Information technology and the demand for educated workers: disentangling the impacts of adoption versus use. *Review of economics and statistics*, 85(1), 1-8.

- Consoli, D., & Sánchez-Barrioluengo, M. (2016). *Polarization and the growth of low-skill employment in Spanish Local Labor Markets* (No. 1628). Utrecht University, Section of Economic Geography.

- Cordero, R., Walsh, S. T., & Kirchhoff, B. A. (2009). Organization technologies, AMT and competent workers: Exploring relationships with manufacturing performance. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(3), 298-313.

- David, H., & Dorn, D. (2013). The growth of low-skill service jobs and the polarization of the US labor market. *The American Economic Review*, 103(5), 1553-1597.

- Dedrick, J., Gurbaxani, V., & Kraemer, K. L. (2003). Information technology and economic performance: A critical review of the empirical evidence. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 35(1), 1-28.

- Draca, M., Sadun, R., & Van Reenen, J. (2006). Productivity and ICT: A Review of the Evidence.

- Dunne, T., & Troske, K. (2005). Technology adoption and the skill mix of US manufacturing plants. *Scottish Journal of Political Economy*, 52(3), 387-405.

- Eldridge, D., & Nisar, T. M. (2006). The significance of employee skill in flexible work organizations. *The International Journal of Human Resource Management*, 17(5), 918-937.

- Enríquez, L. A., Cuevas-Vargas, H., & Adame, M. G. (2015). The Impact of Information and Communication Technologies on the Competitiveness: Evidence of - - Manufacturing SMEs in Aguascalientes, Mexico. *International Review of Management and Business Research*, 4(3), 758.

- Fernández M, J., López S. J. I., Rodríguez D. A., & Sandulli, F. D. (2007). The impact of the actual use of the ICT on the technical efficiency of the spanish firms. *Estudios Gerenciales*, 23(103), 65-84.

- Fernández, R. M. G., Rodríguez, C. M. L., & González, F. P. (2015). The impact of the economic crisis on Spanish income polarization. *Estadística española*, 57(186), 49-66.

- Frey, C. B., & Osborne, M. A. (2017). The future of employment: how susceptible are jobs to computerisation?. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280.

- Galve-Górriz, C., & Gargallo Castel, A. (2010). The relationship between human resources and information and communication technologies: Spanish firm-level evidence. *Journal of theoretical and applied electronic commerce research*, 5(1), 11-24.

- Gholami, R., Moshiri, S., & Lee, S. Y. T. (2004). ICT and the Productivity of the Manufacturing Industries in Iran. *The Electronic Journal of Information Systems in Developing Countries*, 19.

- Gretton, P., Gali, J., & Parham, D. (2004). The effects of ICTs and complementary innovations on Australian productivity growth. *The economic impact of ICT: Measurement, evidence and implications*, 105-30.

- Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2009). Job polarization in Europe. *The American Economic Review*, 99(2), 58-63.

- Goos, M., Manning, A., & Salomons, A. (2014). Explaining job polarization: Routine-biased technological change and offshoring. *The American Economic Review*, 104(8), 2509-2526.

- Hempell, T. (2003). *Do Computers Call for Training? Firm-level Evidence on Complementarities Between ICT and Human Capital Investments* (No. 03-20). ZEW Discussion Papers.

- Heyman, F. (2016). Job polarization, job tasks and the role of firms. *Economics Letters*, 145, 246-251.

- Katz, L. F., & Margo, R. A. (2013). *Technical Change and the Relative Demand for Skilled Labor: The United States in Historical Perspective* (No. 18752). National Bureau of Economic Research, Inc.

- Kim, S. M., & Hwang, J. T. (2013). Technical Change, Heterogeneity in Skill Demand, and Employment Polarization. *Seoul Journal of Economics*, 26(3), 361.

- Keller, W., & Utar, H. (2016). *International trade and job polarization: Evidence at the worker-level* (No. w22315). National Bureau of Economic Research.

- Kerr, S. P., Maczuskij, T., & Maliranta, M. (2016). Within and Between Firm Trends in Job Polarization: Role of Globalization and Technology. In *Society of Labor Economists Meeting in Seattle, Washington*.

- Koc, T., & Bozdog, E. (2009). The impact of AMT practices on firm performance in manufacturing SMEs. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 25(2), 303-313.

- Levy, F., & Murnane, R. J. (2003). The skill content of recent technological change: An empirical exploration. *The Quarterly journal of economics*, 118(4), 1279-1333.

- Lewis, E. (2011). Immigration, skill mix, and capital skill complementarity. *The Quarterly Journal of Economics*, 126(2), 1029-1069.

- Lindley, J., & Machin, S. (2014). Labour market polarization, urbanization and skillbiased consumption. In *Sole Conference* (pp. 2-3).

- Manning, A. (2004). We Can Work It Out: The Impact of Technological Change on the Demand for Low - Skill Workers. *Scottish Journal of Political Economy*, 51(5), 581-608.

- Melville, N., Kraemer, K., & Gurbaxani, V. (2004). Review: Information technology and organizational performance: An integrative model of IT business value. *MIS quarterly*, 28(2), 283-322.

- Michaels, G., Natraj, A., & Van Reenen, J. (2014). Has ICT polarized skill demand? Evidence from eleven countries over twenty-five years. *Review of Economics and Statistics*, 96(1), 60-77.

- Milgrom, P., & Roberts, J. (1990). The economics of modern manufacturing: Technology, strategy, and organization. *The American Economic Review*, 511-528.

- Mital, A., & Pennathur, A. (2004). Advanced technologies and humans in manufacturing workplaces: an interdependent relationship. *International journal of industrial ergonomics*, 33(4), 295-313.

- Monge, C. A. M., Rao, S. S., Gonzalez, M. E., & Sohal, A. S. (2006). Performance measurement of AMT: a cross-regional study. *Benchmarking*, 13(1/2), 135.

- Moshiri, S., & Simpson, W. (2011). Information technology and the changing workplace in Canada: firm-level evidence. *Industrial and Corporate Change*, 20(6), 1601-1636.

- Oesch, D., & Rodriguez Menes, J. (2011). Upgrading or polarization? Occupational change in Britain, Germany, Spain and Switzerland, 1990-2008. *Socio-Economic Review*, 9(3).

- O'Mahony, M., Robinson, C., & Vecchi, M. (2008). The impact of ICT on the demand for skilled labour: a cross-country comparison. *Labour Economics*, 15(6), 1435-1450.

- Pagell, M., Handfield, R. B., & Barber, A. E. (2000). Effects of operational employee skills on advanced manufacturing technology performance. *Production and Operations Management*, 9(3), 222-238.

- Patterson, M. G., West, M. A., & Wall, T. D. (2004). Integrated manufacturing, empowerment, and company performance. *Journal of Organizational Behavior*, 25(5), 641-665.

- Pilat, D. (2005). The ICT productivity paradox. *OECD economic studies*, 2004(1), 37-65.

- Seo, H. J., Lee, Y. S., Hur, J. J., & Kim, J. K. (2012). The impact of information and communication technology on skilled labor and organization types. *Information systems frontiers*, 14(2), 445-455.

- Shepherd, D. A., McDermott, C., & Stock, G. N. (2000). Advanced manufacturing technology: does more radicalness mean more perceived benefits?. *The Journal of High Technology Management Research*, 11(1), 19-33.

- Söyleyici, C., & Keser, S. B. (2016). A Hybrid Algorithm for Automated Guided Vehicle Routing Problem.

- Sparreboom, T., & Tarvid, A. (2016). Imbalanced job polarization and skills mismatch in Europe. *Journal for Labour Market Research*, 49(1), 15-42.

- Spitz-Oener, A. (2006). Technical change, job tasks, and rising educational demands: looking outside the wage structure. *Journal of labor economics*, 24(2), 235-270.

- Solow, R. M. (1957). Technical change and the aggregate production function. *The review of Economics and Statistics*, 312-320.

- Swink, M., & Nair, A. (2007). Capturing the competitive advantages of AMT: Design-manufacturing integration as a complementary asset. *Journal of Operations Management*, 25(3), 736-754.

- Theodorou, P. (2008). Manufacturing strategies and financial performance-the effect of advanced information technology: CAD/CAM systems. *Strategic Direction*, 24(2).

- Uwizeyemungu, S., Poba-Nzaou, P., & St-Pierre, J. (2015). Assimilation patterns in the use of advanced manufacturing technologies in SMEs: exploring their effects on product innovation performance. *JISTEM-Journal of Information Systems and Technology Management*, 12(2), 271-288.

- Violante, G. L. Skill-Biased Technical Change.