
TECNOLOGÍAS, COMPETENCIAS Y FORMACIÓN DE LA INDUSTRIA 4.0 Y SU INFLUENCIA EN LA SERVITIZACIÓN DE EMPRESAS INDUSTRIALES

BART KAMP
JUAN P. GAMBOA

Orkestra-Fundación Deusto

La digitalización ha sido aclamada muchas veces como catalizador de la servitización. Varios estudios destacan la interacción entre la digitalización y la servitización (Martín-Peña *et al.*, 2019; Opresnik y Taisch, 2015; Rymaszewska *et al.*, 2017). Del mismo modo, Adrodegari *et al.* (2017), así como Kohtamäki *et al.* (2019), sostienen que la digitalización permite nuevos servicios, modelos de negocio y modos de pago innovadores, que son necesarios

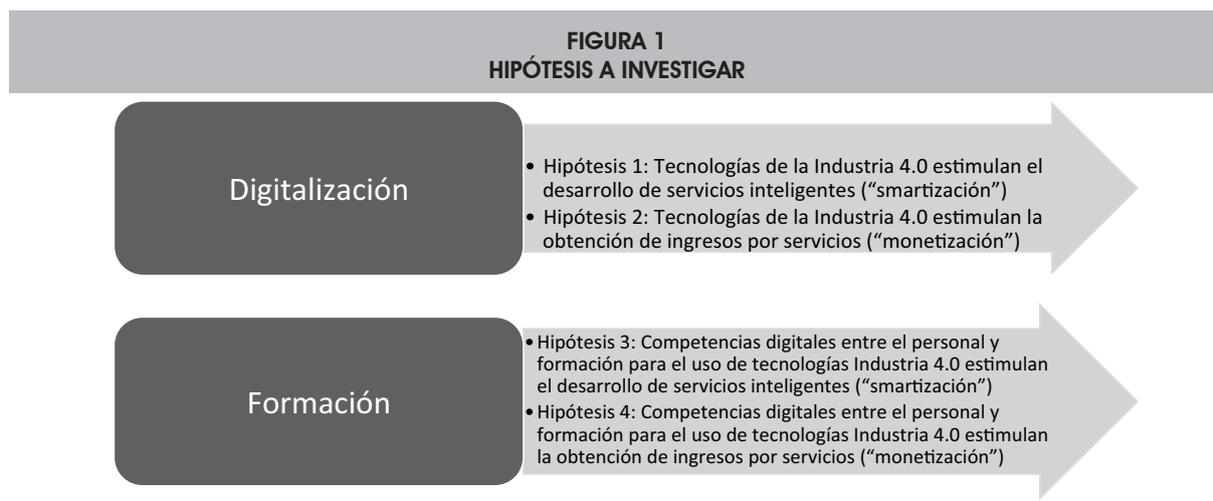
para capturar el valor de la digitalización. Sin embargo, el papel de las tecnologías digitales (TD) en la transformación de los servicios de las empresas industriales sigue siendo un tema de investigación válido (Akaka y Vargo, 2014), ya que pocas investigaciones se han centrado específicamente en la contribución de las TD en dicha transformación de los servicios (Ardolino *et al.*, 2018).

Del mismo modo, la Industria 4.0 se ha presentado como un elemento que permite el desarrollo de servicios inteligentes (Kamp *et al.*, 2017). Sin embargo, la digitalización y/o la Industria 4.0 se mencionan a menudo en términos genéricos o como conceptos tipo «black box». Rara vez se desglosan la digitalización o la Industria 4.0 en una serie de tecnologías constitutivas para ver su relación con (formas de) servitización. En lo que respecta a las TD individuales, Ardolino *et al.*

(2018) sentaron una base, aunque su investigación solo examina una pequeña gama de estas: Internet de las cosas (IoT), computación en la nube y análisis predictivo.

Por lo tanto, y para dar un paso más allá, en la presente contribución se siguen los planteamientos de Rüssmann *et al.* (2015) para diseccionar la Industria 4.0 en nueve tecnologías que las empresas pueden aplicar, evaluando si estas tienen un impacto en el comportamiento de servitización de la empresa. Además, se examina si la disponibilidad previa de habilidades digitales del personal de la empresa que adopta las respectivas tecnologías influye en las prácticas de servitización. Asimismo, se analiza si las empresas cuentan con una estrategia y programas de formación que preparan a los empleados para trabajar con las tecnologías adoptadas y su influencia en dichas prácticas.

FIGURA 1
HIPÓTESIS A INVESTIGAR



Fuente: Elaboración propia

ANTECEDENTES TEÓRICOS

El presente trabajo combina las ideas de los estudios que analizan el concepto de Industria 4.0/digitalización y el de servitización. Además, se basa en estudios que investigan el papel de las habilidades y la formación del personal para el desarrollo de los negocios de servicios en las empresas industriales (Marcos-Martínez y Martín-Peña, 2016). Dado que la digitalización y la servitización representan procesos de cambio y de desarrollo (Kohtamäki *et al.*, 2019; Sklyar *et al.*, 2019), la formación y la inversión en las habilidades del personal para hacer frente a estos cambios parecen ser muy relevantes. Sobre todo, porque el afrontamiento de los cambios requiere capacidad de absorción (Cohen y Levinthal, 1990) y desarrollo de competencias por parte de los empleados (Baines *et al.*, 2013). En una línea similar, Brynjolfsson y McAfee (2012) y Wamba *et al.* (2017) afirman que la implantación de nuevos sistemas digitales requiere el desarrollo de habilidades y competencias humanas: el personal necesita aprender a utilizar los nuevos sistemas, lo que requiere formación, entrenamiento y desarrollo de nuevas habilidades informáticas. En consecuencia, Kohtamäki *et al.* (2019), así como Porter y Heppelmann (2014), sostienen que la implementación de la digitalización requiere inversiones en recursos humanos (y no solo en tecnología). Por extensión, Orlikowski y Scott (2018) afirman que en estos casos se hace hincapié en el desarrollo de competencias.

La *Industria 4.0* se refiere a una familia de tecnologías que implican el uso y la coordinación de actividades de información, automatización, computación y detección (Acatech, 2015; Posada *et al.* 2015). Aunque el término o concepto de la Industria 4.0 es muy utilizado, a menudo falta una operacionalización clara de lo que representa. En consecuencia, el presente documento se adhiere a un desglose de la Industria 4.0 en nueve tecnologías, tal y como introducen Rüssmann *et al.* (2015): Internet de las cosas (IoT), computación en la nube, análisis de Big data,

sistemas de simulación virtual, realidad aumentada, fabricación aditiva/impresión 3D, sistemas ciber-físicos, robótica y ciber-seguridad.

Por otra parte, la *servitización* se refiere tanto a la situación en que las empresas industriales de ampliar su negocio de servicios y los ingresos procedentes de los mismos (Vandermerwe y Rada, 1988), como a la transformación de las empresas para mejorar sus capacidades de prestación de servicios (Baines y Lightfoot, 2013) y a la infusión de servicios con dimensiones digitales/inteligentes (Coreynen *et al.*, 2017). Los indicadores clave en este sentido son el desarrollo de servicios inteligentes y la generación de ingresos a partir de dichos servicios, como forma de apropiarse del valor de la digitalización (Cenamora *et al.*, 2017).

Teniendo en cuenta los antecedentes teóricos anteriores y partiendo de la premisa de que la digitalización facilita procesos de servitización en las empresas industriales, así como de que contar con un personal con las competencias adecuadas debería constituir un valor añadido, se plantean las siguientes hipótesis:

Hipótesis 1: la introducción de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de empresas industriales se relaciona positivamente con el desarrollo de servicios inteligentes.

Hipótesis 2: la introducción de tecnologías de la Industria 4.0 por parte de empresas industriales se relaciona positivamente con la obtención de ingresos por servicios.

Hipótesis 3: las competencias disponibles en el personal y la aplicación de estrategias y acciones de formación para la correcta utilización de las tecnologías Industria 4.0 introducidas por las empresas industriales se relacionan positivamente con el desarrollo de servicios inteligentes.

Hipótesis 4: las competencias disponibles en el personal y la aplicación de estrategias y acciones de

formación para la correcta utilización de las tecnologías Industria 4.0 introducidas por las empresas industriales se relacionan positivamente con la obtención de ingresos por servicios.

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Muestra

El presente estudio se llevó a cabo con datos procedentes de 271 empresas industriales que se encuentran en el País Vasco (España) dado que el País Vasco ofrece campo de pruebas relevante, ya que su economía tiene una dependencia del sector industrial por encima de la media. Las actividades manufactureras representan casi una cuarta parte del valor añadido bruto de la economía, lo que es claramente superior a la proporción española y de la UE (Kamp y Ruiz de Apodaca, 2017). De hecho, dicha región forma un núcleo industrial tradicional dentro de la Península Ibérica, y aunque ha sufrido una importante reconversión industrial en las últimas décadas, ha demostrado un compromiso político permanente para mantener la industria en el centro de la economía regional (Konstantynova, 2017). Además, alberga una población de empresas manufactureras activas en cuanto a la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 (Kamp y Gibaja, 2021).

Los datos en cuestión se recogieron en 2019 gracias a una encuesta organizada por la SPRI (la agencia vasca de desarrollo empresarial) con relación a la adopción de tecnologías digitales entre las empresas de la comunidad autónoma. Dicha encuesta fue dirigida a empresas con un perfil activo en la adopción de nuevas tecnologías, en el sentido de que se distribuyó entre las empresas que habían permitido recientemente expresiones de interés o solicitudes a uno de los programas de apoyo a la innovación o de Investigación y Desarrollo de SPRI. El muestreo fue intencional o dirigido dado que el objetivo de la encuesta no fue el de obtener una visión representativa de «qué porcentaje de las empresas industriales vascas adoptan las tecnologías de la Industria 4.0», sino de obtener una visión sobre qué otro tipo de comportamientos e inversiones revelan las empresas que muestran una postura proactiva hacia las nuevas tecnologías.

La muestra final de 271 empresas industriales que participaron en la encuesta tenía las siguientes características: en términos de su actividad principal, la muestra estaba compuesta por empresas de mecanizado y mecanización (10%), fabricantes de productos acabados para otras empresas industriales (56,5%), proveedores de piezas o componentes para otros usuarios industriales (20,3%), proveedores de sistemas para otros usuarios industriales (13,3%). En cuanto al tamaño de dichas empresas, la muestra comprende principalmente empresas de hasta 49 empleados (61,6%) con un volumen de negocios anual de hasta diez millones de euros (59,8%).

Variables

Las variables independientes consideradas fueron: la adopción de nueve tecnologías que corresponden a la categorización de la Industria 4.0 de Rüssmann *et al.* (2015). En concreto, en la encuesta se preguntó a las empresas si habían adoptado alguna de las tecnologías enumeradas durante los últimos 3 años. Asimismo, la encuesta indagaba sobre la existencia de habilidades digitales previas entre el personal para trabajar con las tecnologías adoptadas en la empresa, y si la empresa contaba con una estrategia y/o programa de formación que permitiera a los empleados familiarizarse con las tecnologías implementadas. Como variables dependientes y en lo que respecta al comportamiento de servitización, se analizaron las preguntas de la encuesta que indagaban sobre la generación de ingresos por servicios y el desarrollo de servicios inteligentes por parte de las empresas. Se definieron variables de control relacionadas con el tamaño de la empresa (en términos de número de empleados) y el volumen de negocio anual (millones de euros) dado que estas variables pueden tener un impacto en las variables dependientes. Tanto las variables dependientes como las independientes se midieron a través de una escala dicotómica: Sí (1) y No (0) por lo que las hipótesis del estudio se pusieron a prueba mediante regresiones logísticas jerárquicas.

HALLAZGOS

Desarrollo de servicios inteligentes

Los resultados del análisis de regresión logística realizado para estimar la relación entre la adopción de tecnologías de la Industria 4.0, por un lado, y el desarrollo de servicios inteligentes como consecuencia de la adopción de las respectivas tecnologías, por otro, se muestran en la Tabla 1. Más concretamente, esta Tabla presenta los coeficientes beta, la prueba de Wald y los estadísticos Exp (B).

En primer lugar, se introdujeron las variables de control en la ecuación de regresión (Paso 1). Este modelo explicó el 3,2% de la varianza en el desarrollo de servicios inteligentes (R^2 de Nagelkerke = 0,032) y es estadísticamente significativo según el estadístico χ^2 : $\chi^2(2) = 6,453$, $p < 0,05$. Sin embargo, ninguna de las variables de control introducidas en este paso muestra una relación significativa con la variable dependiente, sólo el término constante de la ecuación de regresión.

A continuación, se introdujeron cada una de las nueve tecnologías que podían adoptar las empresas (Paso 2). Este modelo explicó el 23,1% de la varianza en el desarrollo de servicios inteligentes (R^2 de Nagelkerke = 0,231). Junto con las variables de control, la ecuación de regresión produjo el siguiente estadístico χ^2 : $\chi^2(11) = 50,678$, $p < 0,01$, explicando el 23,4% de la varianza en el desarrollo de servicios inteligentes (R^2 de Nagelkerke = 0,234).

TABLA 1
RELACIÓN ENTRE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS INDUSTRIA 4.0 Y EL DESARROLLO DE SERVICIOS INTELIGENTES COMO CONSECUENCIA DE LA ADOPCIÓN DE DICHAS TECNOLOGÍAS

Predictores	B			Wald			Exp (B)		
	Step 1	Step 2	Step 3	Step 1	Step 2	Step 3	Step 1	Step 2	Step 3
Step 1: Variables Control									
Tamaño de empresa (nº de empleados)	.16	-.00	.01	1.67	.00	.00	1.17	1.00	1.01
Facturación anual	1.0	-.07	-.05	.19	.09	.04	1.10	.93	.95
Step 2: Adopción de tecnologías Industria 4.0									
Análisis de Big data		.65*	.58*		3.6*	2.7*		1.9*	1.8*
Computación en la nube		.66*	.56*		4.6*	3.2*		1.9*	1.8*
Ciber-seguridad		-.17	-.27		.30	.70		.84	.77
Internet de las cosas		.66*	.62*		4.8*	4.0*		1.9*	1.9*
Robótica		.18	.09		.28	.07		1.20	1.10
Fabricación aditiva/impresión 3D		.51	.44		2.52	1.77		1.67	1.54
Sistemas ciber-físicos		1.70**	1.78**		8.59**	8.97**		5.46**	5.91**
Realidad aumentada		.14	.29		.08	.32		1.15	1.34
Sistemas de simulación virtual		-.039	-.11		.01	.10		.96	.89
Step 3: Competencias y formación									
Disponibilidad previa de competencias digitales dentro de la empresa			.26			.60			1.28
Estrategia de formación digital en la empresa			1.08**			7.93**			2.94**
Programas de formación digital en la empresa			-.47			1.56			.63

*p < .05; **p < .01 (dos colas).

Fuente: Elaboración propia

Por último, se introdujeron las variables relativas a las competencias disponibles, la aplicación de estrategias de formación y las acciones/programas para el buen uso de las tecnologías adoptadas (Paso 3). Este modelo explicó el 3,9% de la varianza en el desarrollo de servicios inteligentes (R^2 de Nagelkerke = 0,039). En este caso, la ecuación de regresión produjo el siguiente estadístico χ^2 : $\chi^2(14) = 60,484$, $p < 0,01$. En conjunto, los tres factores considerados explicaban el 27,5% de la varianza en el desarrollo de servicios inteligentes (R^2 de Nagelkerke = 0,275).

Los resultados de los pasos anteriores revelan que cuatro de las nueve tecnologías (análisis de Big data, $p = 0,05$; computación en la nube, $p < 0,05$; Internet de las cosas, $p < 0,05$ y sistemas ciber-físicos, $p < 0,01$) muestran una relación estadísticamente significativa con el desarrollo de servicios inteligentes. Por lo tanto, estos resultados apoyan parcialmente la Hipótesis 1. En este caso particular, la implementación de análisis de Big data aumenta 1,8 veces las posibilidades de desarrollo de servicios inteligentes Exp (B) = 1,8, la computación en la nube también aumenta 1,7 veces estas posibilidades Exp (B) = 1,7, el Internet de las cosas aumenta 1,9 veces estas posibilidades Exp (B) = 1,9, y finalmente, los sistemas ciber-físicos

aumentan 5,9 veces las posibilidades de desarrollo de servicios inteligentes Exp (B) = 5,9. En cuanto a la importancia de las habilidades previas y la formación para el uso de las nuevas tecnologías, los resultados indican que sólo la implementación de estrategias de formación para la correcta utilización de las nuevas tecnologías introducidas mostró una relación significativa con el desarrollo de servicios inteligentes ($p < .01$), proporcionando un apoyo parcial a la Hipótesis 3. En este caso, la implementación de estrategias de formación aumenta 2,9 veces las posibilidades de desarrollo de servicios inteligentes Exp (B) = 2,9.

Generación de ingresos por servicios ↓

Los resultados del análisis de regresión logística realizado para estimar la relación entre la adopción de tecnologías de la Industria 4.0, por un lado, y la generación de ingresos por servicios, por otro, se muestran en la Tabla 2. Más concretamente, esta Tabla presenta los coeficientes beta, el test de Wald y el Exp (B).

En primer lugar, se introdujeron las variables de control en la ecuación de regresión (Paso 1). Este modelo explicó el 0,3% de la varianza de la generación

TABLA 2
RELACIÓN ENTRE LA ADOPCIÓN DE TECNOLOGÍAS INDUSTRIA 4.0 Y LA GENERACIÓN DE INGRESOS POR SERVICIOS

Predictores	B			Wald			Exp (B)		
	Step 1	Step 2	Step 3	Step 1	Step 2	Step 3	Step 1	Step 2	Step 3
Step 1: Variables Control									
Tamaño de empresa (nº de empleados)	.07	-.02	-.02	.29	.03	.03	1.07	.98	.98
Facturación anual	-.02	-.08	-.09	.01	.13	.14	.98	.92	.92
Step 2: Adopción de tecnologías Industria 4.0.									
Análisis de Big data		.52	.54		2.48	2.60		1.69	1.72
Computación en la nube		.08	.09		.09	.10		1.09	1.10
Ciber-seguridad		.27	.28		.89	.94		1.31	1.32
Internet de las cosas		.48*	.47		2.79*	2.66		1.61	1.60
Robótica		-.42	-.42		1.63	1.56		.66	.66
Fabricación aditiva/ impresión 3D		-.04	-.03		.02	.01		.96	.97
Sistemas ciber-físicos		1.40**	1.41**		6.89**	6.96**		4.06**	4.09**
Realidad aumentada		.34	.33		.44	.41		1.40	1.39
Sistemas de simulación virtual		-.26	-.25		.58	.52		.78	.78
Step 3: Competencias y formación									
Disponibilidad previa de competencias digitales dentro de la empresa			.10			.13			1.11
Estrategia de formación digital en la empresa			-.08			.05			.92
Programas de formación digital en la empresa			-.03			.01			.97

*p < .05; **p < .01 (dos colas).
Fuente: Elaboración propia

de ingresos por servicios (R^2 de Nagelkerke = 0,003), y no es estadísticamente significativo.

A continuación, se introdujeron cada una de las nueve tecnologías que podían adoptar las empresas (Paso 2). En este punto, la ecuación de regresión arrojó el siguiente estadístico χ^2 : $\chi^2(11) = 23,254$, $p < 0,05$. Este modelo explica el 11,1% de la varianza en la generación de ingresos por servicios (R^2 de Nagelkerke = 0,111), y más concretamente, las tecnologías adoptadas explican el 10,8% de la varianza.

Por último, se introdujeron las variables relativas a las competencias y la formación (Paso 3). En este punto, la ecuación de regresión produjo el siguiente estadístico χ^2 : $\chi^2(14) = 23,481$, $p < 0,05$. Este modelo explicó el 11,2% de la varianza en la generación de ingresos por servicios (R^2 de Nagelkerke = 0,112), que es casi la misma cantidad de varianza explicada por el modelo probado en el paso 2.

Los resultados de los pasos anteriores revelan que sólo una de las nueve tecnologías (sistemas ciber-físicos, $p < 0,01$) muestra una relación estadísticamente significativa con la generación de ingresos por servicios. Por lo tanto, estos resultados apoyan

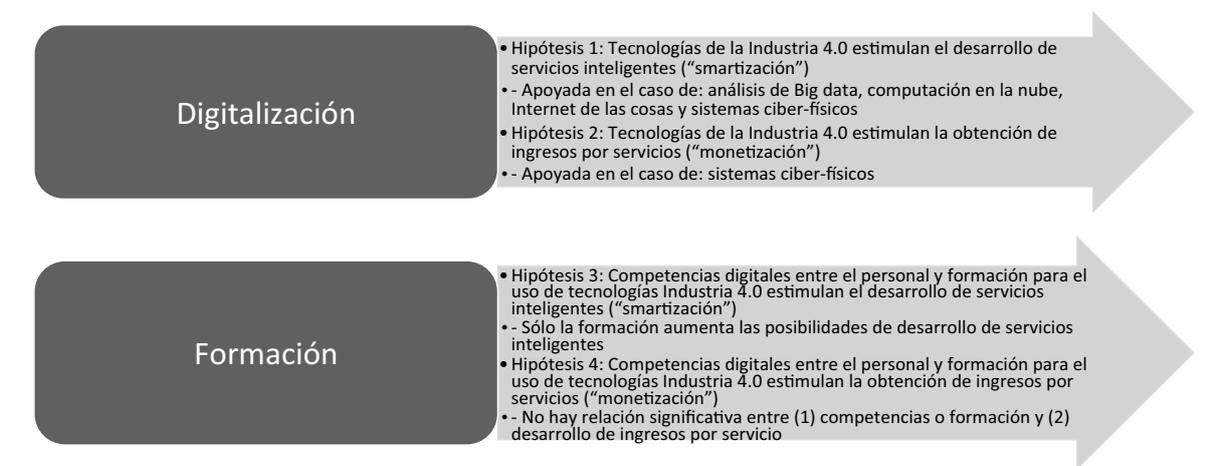
parcialmente la Hipótesis 2. En este caso concreto, la implantación de sistemas ciber-físicos multiplica por 4,1 las posibilidades de generar ingresos por servicios $Exp(B) = 4,09$. Además, los resultados indican que las habilidades disponibles y la implementación de estrategias y acciones/programas de formación para la correcta utilización de las nuevas tecnologías introducidas por las empresas no muestran una relación significativa con la generación de ingresos por servicios, lo que conduce a rechazar la Hipótesis 4.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos llevan a concluir que es más probable que la adopción de las tecnologías de la Industria 4.0 fomente el desarrollo de servicios inteligentes que la generación de ingresos por servicios. Como tal, la presente investigación apoya la idea de que las empresas pueden ser presas de una especie de paradoja de la digitalización (Kohtamäki *et al.*, 2019).

El hecho de que ciertas tecnologías como análisis de Big data, el Internet de las cosas, computación en la nube y sistemas ciber-físicos, parezcan impulsar la smartización de los servicios más que otras, es un ha-

FIGURA 2
RESUMEN DE LOS RESULTADOS ESTADÍSTICOS



Fuente: Elaboración propia

llazgo que desde la literatura no es sencillo de interpretar. Esto se debe a que son escasas las investigaciones sobre la relación directa entre tecnologías individuales de la Industria 4.0 y el desarrollo de servicios inteligentes, por no decir que son inexistentes hasta donde se tiene conocimiento. Por esta razón se debe ser cauto a la hora de atribuir (demasiada) importancia al efecto significativo que el análisis de Big data, el Internet de las cosas, la computación en la nube y los sistemas ciber-físicos tienen sobre la oferta de servicios inteligentes en la muestra de empresas analizada.

Lo mismo ocurre con la relación de los sistemas ciberfísicos *vis-à-vis* la generación de ingresos por servicios. Encontramos una correlación y naturalmente es un hallazgo relevante que merece un seguimiento vía estudios posteriores. Sin embargo, a estas alturas parece más indicado resaltar que -de forma general- las tecnologías de la Industria 4.0 y la digitalización pueden tener más impacto en la «smartización de los servicios» que en la «monetización de los servicios».

Además, cabe postular que, en el momento de la realización de la encuesta, buena parte de las empresas encuestadas actuaba en conformidad con una «lógica dominante del producto» (PDL), más que con una «lógica dominante del servicio» (SDL) (Vargo y Lusch, 2004). Cuando los fabricantes de productos mantienen una relación con el mercado según la PDL éstas suelen tener un carácter transaccional y, por tanto, los clientes suelen comprar productos físicos más que consumir servicios. En consecuencia, las empresas que actúan como proveedoras dentro de este tipo de relaciones están más centradas en temas de producto y fabricación, y por extensión, en operaciones internas. En este sentido, les puede resultar difícil centrarse en el desarrollo de servicios y en la aplicación de tecnologías para fines externos, incluyendo aplicaciones que subyacen a las interacciones con clientes y la captación de valor de tales

interacciones y servicios para los clientes. Evidentemente, las tecnologías digitales facilitan la transición de un modus operandi centrado en el producto hacia una lógica dominante centrado en los servicios (inteligentes) y en la monetización de tales servicios (Coreynen *et al.*, 2017). Esta también es una de las conclusiones del estudio de Ardolino *et al.* (2018) el cual se centra en las trayectorias que las empresas industriales pueden seguir para alcanzar un mayor grado y ciertos perfiles de servitización, y el papel que un trío de tecnologías digitales juegan dentro de tales procesos de transformación empresarial. Sin embargo, no es lo que hemos podido observar entre nuestra muestra, aunque esto puede deberse en parte a la falta de medir el estado de los servicios inteligentes e ingresos por servicios entre las empresas censadas a lo largo del tiempo.

Por otra parte, en lo que respecta a la importancia de los programas de formación y capacitación disponibles, se observa que la aplicación de estrategias de formación para la correcta utilización de las nuevas tecnologías aumenta las posibilidades de que las empresas desarrollen servicios inteligentes, mientras que su impacto en el aumento de los ingresos procedentes del negocio de los servicios resulta ser mucho menos claro. Esto lleva a pensar que, en general, estos programas de formación están más orientados a que los empleados aprendan a trabajar con las nuevas tecnologías desde el punto de vista de la fabricación, el diseño y/o los procesos internos, que desde el punto de vista comercial de los servicios orientados al cliente que estas tecnologías pueden facilitar, o desde la perspectiva de la venta de servicios en su conjunto.

CONTRIBUCIONES TEÓRICAS Y PRÁCTICAS ↓

Los resultados muestran que el desarrollo de servicios (inteligentes) es una cosa, pero que obtener ingresos

de ellos es otra. Esto indica que las empresas industriales tienen dificultades para pasar de los «servicios gratuitos» a los «servicios de pago» (Witell y Löfgren, 2013). O, que tienden a ofrecer «ofertas de productos y servicios» integrados o como «paquetes», en los que la parte del servicio no se cobra ni se contabiliza por separado (Kamp, 2020). De la misma manera, refuerza la idea de que las empresas que invierten en digitalización puedan tener problemas de convertir esas inversiones en rendimiento.

Lo que observamos entre la muestra de empresas industriales vascas resuena con la forma en que la Industria 4.0 se distingue del concepto «Internet industrial de las cosas». En el sentido de que el primero es fruto de una acepción germana que parte de rasgos corporativistas y de fabricación (Pfeiffer, 2017), mientras que el Internet industrial de las cosas proviene de una cultura anglosajona que transmite con más claridad un *Leitmotiv* financiero. Por el «sesgo» industrial que caracteriza a empresas que siguen una lógica «PDL», éstas pueden tener menor propensión a innovar en una dirección comercial y, por lo tanto, tener menos probabilidades de aplicar nuevas formas de cobrar a los usuarios por el valor que extraen de los productos o de los sistemas producto-servicio (Kamp, 2020).

En definitiva: las empresas pueden aplicar la Industria 4.0 centrada en tecnologías y operaciones manufactureras, pero también deben basar su competitividad en la oferta de servicios inteligentes para apoyar y vincular más a sus clientes, y para captar información que permita una mejor monetización del valor que pueden representar dichos servicios.

Adicionalmente, nuestros resultados proporcionan evidencia sobre la importancia del desarrollo de competencias entre el personal de empresas manufactureras para aprovechar las tecnologías de la Industria 4.0 en aras del desarrollo de servicios inteligentes. Así, al formar a los empleados para el uso de las tecnologías de la Industria 4.0, los programas de capacitación deberían orientarse también hacia las aplicaciones de mercado y el pensamiento de diseño de servicios ya que enfocarse solo en saber utilizarlas para fines manufactureros con carácter intramural puede reducir el retorno sobre las inversiones en dichas tecnologías. Por lo tanto, puede ser indicado apostar por un mayor desarrollo de competencias relacionadas a la Industria 4.0 desde un ángulo comercial y orientado al mercado (Maglio y Spohrer, 2008), y por perfiles de ingenieros de servicio en forma de 'T' entrenados en «*service design thinking*» (Barile y Saviano, 2013; Marcos-Martínez y Martín-Peña, 2016). I.e., ingenieros que combinan entendimiento de diferentes áreas funcionales dentro de las empresas, conocimiento horizontal/transversal, con conocimientos en profundidad de algunas disciplinas o sistemas empresariales, conocimiento vertical, formando en su conjunto una forma de 'T'. Este tipo de perfiles dota a las personas en cuestión de una facilidad para interrelacionar conocimientos

de distintas áreas que permite adaptarse a nuevas realidades, tanto a nivel personal como a nivel de empresa según haya cambios en unos campos (por ejemplo, tecnológicos y/o comerciales) u otros.

Por último, el presente estudio introduce una operacionalización de la Industria 4.0 que permite conectar la digitalización con la servitización desde una perspectiva tecnológica amplia. Como tal, va más allá del tratamiento discursivo o fragmentario de estos conceptos y clarifica su contenido.

LIMITACIONES Y SUGERENCIAS PARA INVESTIGACIONES ADICIONALES ↓

Como todos los estudios, el presente también tiene ciertas limitaciones. Esta investigación ha logrado revelar que hay ciertas tecnologías que parecen tener mayor repercusión sobre la smartización de servicios o la monetización de servicios que otras, pero no ha revelado qué mecanismos entran en juego. La investigación futura tendrá que indagar más a fondo en la relación bilateral entre las tecnologías identificadas y dicha smartización y monetización de servicios, quizás desde un punto de vista más cualitativo.

Otra limitación del enfoque del presente estudio está relacionada con la medición dicotómica de las variables objeto de estudio, lo que reduce el alcance del análisis estadístico, concretamente en lo que se refiere al papel que puede desempeñar el desarrollo de habilidades en los procesos de servitización.

Adicionalmente, se carece de momento de un seguimiento en el tiempo de la situación de las empresas que integraron la muestra de estudio. Para obtener una imagen de evolución de las empresas encuestadas desde una perspectiva semi-longitudinal, sería indicado organizar una nueva encuesta de seguimiento. Alternativamente, se podría poner el foco en empresas que mostraban un perfil particularmente interesante en cuanto a la adopción de tecnologías Industria 4.0, la formación de los empleos y el desarrollo de servicios inteligentes y de ingresos por prestación de servicios. Tales empresas se podrían someter a unos análisis de caso en profundidad con el fin de revelar dinámicas de la relación entre las variables consideradas.

Una recomendación adicional para futuros estudios es el análisis en mayor profundidad del papel moderador del capital de competencias de los empleados de la relación entre la adopción de tecnologías de la Industria 4.0 y los indicadores de servitización. En este sentido, será necesario refinar y la medición de diferentes características de la formación recibida por los empleados en torno a las tecnologías adoptadas, así como de las competencias ya existentes entre el personal.

Por último, unas palabras sobre el peso de los factores residuales. El reducido número de variables utilizadas explican aproximadamente una cuarta

parte de los resultados de las empresas en lo que respecta al desarrollo de servicios inteligentes y a los ingresos procedentes de la comercialización de servicios, lo que puede considerarse «aceptable» dado que muchos otros factores pueden ejercer un efecto sobre las variables dependientes consideradas. Aun así, el peso de los factores residuales resulta considerable. Como conjeturas sobre los factores residuales que podrían estar en juego, es posible pensar en la afiliación sectorial, la madurez de los mercados en los que venden las empresas, la intensidad de conocimiento y el nivel de sofisticación de los productos que comercializan las empresas, entre otros.

AGRADECIMIENTOS ↓

Los autores dan las gracias al Grupo SPRI (Sociedad para la Promoción y Reconversión Industrial), la agencia de desarrollo empresarial del Gobierno Vasco.

REFERENCIAS ↓

- Acatech. (2015). *Smart Service Welt*. Acatech.
- Adrodegari, F., Pashou, T., & Saccani, N. (2017). Business Model Innovation: Process and Tools for Service Transformation of Industrial Firms. *Procedia CIRP*, 64(1), 103–108.
- Ardolino, M., Rapaccini, M., Saccani, N., Gaiardelli, P., Crespi, G., & Ruggeri, C. (2018). The role of digital technologies for the service transformation of industrial companies. *International Journal of Production Research*, 56(6), 2116–2132.
- Akaka, M., & Vargo, S. (2014). Technology as an Operant Resource in Service (Eco)Systems. *Information Systems and e-Business Management*, 12(3), 367–384.
- Baines, T., & Lightfoot, H. (2013). *Made to Serve. How Manufacturers can Compete through Servitization and Product-service Systems*. Wiley.
- Baines, T., Lightfoot, H., Smart, P., & Fletcher, S. (2013). Servitization of manufacture. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 24(4), 637–646.
- Barile, S., & Saviano, M. (2013). «Dynamic Capabilities and T-Shaped Knowledge: A Viable Systems Approach». Contributions to Theoretical and Practical Advances in Management. A Viable Systems Approach (VSA), ARACNE Editrice Srl, Roma, 39–59.
- Brynjolfsson, E., & McAfee, A. (2012). *Race against the machine: How the digital revolution is accelerating innovation, driving productivity, and irreversibly transforming employment and the economy*. Digital Frontier Press.
- Cenamor, J., Sjödin, D. R., & Parida, V. (2017). Adopting a platform approach in servitization. *International Journal of Production Economics*, 192(October), 54–65.
- Cohen, W., & Levinthal, D. (1990). Absorptive capacity: A new perspective on learning and innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), 128–152.
- Coreynen, W., Matthyssens, P., & Van Bockhaven, W. (2017). Boosting servitization through digitization. *Industrial Marketing Management*, 60, 42–53.
- Kamp, B. (2020). Assessing the financial aptitude of industrial firms to implement servitised earnings models. *Int. J. Business Environment*, 11(1), 1–10.
- Kamp, B., Ochoa, A., & Díaz, J. (2017). Smart servitization within the context of industrial user–supplier relationships. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*, 11(3), 651–663.
- Kamp, B., Ruiz de Apodaca, I. (2017). Are KIBS beneficial to international business performance? *Competitiveness Review: An International Business Journal*, 27(1), 80–95.
- Kamp, B., Gibaja, J.J. (2021). Adoption of digital technologies and backshoring decisions: is there a link?. *Operations Management Research*, advanced online publication: <https://doi.org/10.1007/s12063-021-00202-2>
- Kohtamäki, M., Parida, V., Oghazi, P., Gebauer, H., & Baines, T. (2019). Digital servitization business models in ecosystems. *Journal of Business Research*, 104(C), 380–392.
- Konstantynova, A. (2017). Basque Country cluster policy: the road of 25 years. *Regional Studies, Regional Science*, 4(1), 109–116.
- Maglio, P., & Spohrer, J. (2008). «Fundamentals of service science». *Journal of the Academy of Marketing Science*, 36, 18–20.
- Marcos-Martínez, E., y Martín-Peña, M.L. (2016). Formación de profesionales para la empresa del siglo XXI. *EKONOMIAZ. Revista vasca de Economía*, 89(01), 174–193.
- Martín-Peña, M. L., Sánchez-López, J. M., & Díaz-Garrido, E. (2019). Servitization and digitalization in manufacturing. *Journal of Business & Industrial Marketing*, 35(3), 564–574.
- Opresnik, D., & Taisch, M. (2015). The value of Big Data in servitization. *International Journal of Production Economics*, 165, 174–184.
- Orlikowski, W. J., & Scott, S. V. (2018). Sociomateriality: Challenging the Separation of Technology, Work and Organization. *Academy of Management Annals*, 2(1), 433–474.
- Pfeiffer, S. (2017). The Vision of «Industrie 4.0» in the Making—a Case of Future Told, Tamed, and Traded. In: *Nanoethics* 11(1), pp. 107–121
- Porter, M., & Heppelmann, J. (2014). How smart, connected products are transforming competition. *Harvard Business Review*, 92(11), 66–68.
- Posada, J., Toro, C., Barandiaran, I., Oyarzun, D., Stricker, D., de Amicis, R., Pinto, E., Eisert, P., Dollner, J., & Vallarino, I. (2015). Visual computing as a key enabling technology for industry 4.0 and industrial internet. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 35(2), 26–40.
- Rüssmann, M., Lorenz, M., Gerbert, P., & Waldner, M. (2015). Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries, April 09, 1–14.
- Rymaszewska, A., Helo, P., & Gunasekaran, A. (2017). IoT powered servitization of manufacturing. *International Journal of Production Economics*, 192(October), 92–105.
- Skiyar, A., Kowalkowski, C., Tronvoll, B., & Sörhammar, D. (2019). Organizing for digital servitization: A service ecosystem perspective. *Journal of Business Research*, 104, 450–460.
- Vandermerwe, S., & Rada, J. (1988). Servitization of business. *European Management Journal*, 6(4), 314–324.
- Vargo, S.L., & Lusch, R.F. (2004). Evolving to a new dominant logic in Marketing. *Journal of Marketing*, 68, 1–17.
- Wamba, S., Gunasekaran, A., Akter, S., Ren, S., Dubey, R., & Childe, S. (2017). Big data analytics and firm performance. *Journal of Business Research*, 70, 356–365.
- Witell, L., & Löfgren, M. (2013). From service for free to service for fee: Business model innovation in manufacturing firms. *Journal of Service Management*, 24(5), 520–533.