

# Digitalización y robotización del trabajo del futuro: ¿demasiadas grandes esperanzas?

Una propuesta para la evaluación empírica de la *calidad del trabajo digital(izado)*

ARTURO LAHERA SÁNCHEZ\*

## RESUMEN

En el artículo se revisan los pronósticos sobre la emergencia de un inevitable desempleo tecnológico masivo futuro por la difusión de la inteligencia artificial (IA) y de la Industria 4.0. Se argumenta, a partir de experiencias empresariales concretas, que no están implicando la eliminación (de la mayoría) del empleo humano, haciendo visibles las dependencias de la propia IA y sus algoritmos respecto a la "computación humana" y su fiabilidad para implantar exitosamente las nuevas tecnologías. Por último, se presenta una propuesta para una evaluación empírica de la "calidad" de las nuevas condiciones de trabajo y de empleo implantadas por la digitalización y la robotización en la actualidad.

## 1. EL DEBATE SOBRE LA EXTENSIÓN E "IMPACTOS" DE LA DIGITALIZACIÓN Y LA ROBOTIZACIÓN EN EL TRABAJO DEL FUTURO

En la última década, paralelamente al comienzo de los negativos efectos de la Gran Recesión financiera y productiva, con su destrucción mundial de empleos, de precarización de la existencia ciudadana en la economía mundial

\* Universidad Complutense de Madrid (alaheras@ucm.es).

(cierres empresariales, migraciones globalizadas, desigualdad socioeconómica incrementada, trabajadores pobres...), volvió a difundirse un (recurrente a lo largo de la historia contemporánea) "miedo por la automatización" del trabajo, en esta ocasión como consecuencia del desarrollo e implantación empresarial de la *inteligencia artificial* (IA) y de su consiguiente *digitalización* de los procesos productivos. Automatización que implicaría que en un proceso de una o dos décadas (entre 2020 y 2030) esa inteligencia artificial acabaría con millones de empleos y con la "inteligencia humana" y el "trabajo humano" que los sustentaban. Este argumento *tecnopessimista* volvía a recuperar el fantasma de un "desempleo tecnológico masivo" (similar al surgido durante la segunda mitad de la década de 1970, en pleno inicio de la estanflación), el miedo a la máquina, a los robots y a la IA como destructores de empleo<sup>1</sup>, pero en un contexto dramático de desempleo creciente por la propia

<sup>1</sup> Algunos titulares mediáticos recientes: "¿El fin del trabajo? La automatización y la inteligencia artificial van a provocar una transformación sin precedentes en el mundo laboral. Peligra hasta el 38 por ciento del empleo", *El Correo*, 19 de febrero de 2021; "El fin del trabajo tal y como lo conocemos", *Abc*, 7 de junio de 2019; "¿Es el fin del factor humano en las empresas? Los robots ya reemplazan a algunos trabajadores en puestos tradicionales", *20 Minutos*, 2 de septiembre de 2021; "¿Los robots nos quitarán todos nuestros trabajos?", *Forbes*, 3 de junio de 2021; "¿Sabemos hasta dónde puede llegar la Inteligencia Artificial?, ¿podría llegar a sustituir a las personas?", *20 Minutos*, 23 de agosto de 2021; "Casi la mitad del trabajo existente hoy, en cuatro años, será realizado por máquinas", *La Vanguardia*, 8 de julio de 2021.

recesión internacional simultánea en los diferentes bloques económicos mundiales.

Precisamente, la “depresión económica y social” provocada por la crisis financiera hacía (y hace) más fácil la aceptación acrítica y la difusión de que el futuro del trabajo humano y de su empleo empresarial productivo implicarían: 1) que hasta la mitad de empleos podrían desaparecer como consecuencia de la automatización y la IA, con el ya mítico siguiente augurio: “De acuerdo con nuestra estimación, el 47 por ciento del total del empleo de Estados Unidos se encuentra en la categoría de alto riesgo [de automatización], lo que significa que las ocupaciones asociadas son potencialmente automatizables a lo largo de un número no especificado de años, probablemente una década o dos”<sup>2</sup> (Frey y Osborne: 2013: 38); 2) que las nuevas tecnologías digitales están dando lugar a una Cuarta Revolución Industrial con efectos disruptivos en la sociedad y en las actividades del trabajo humano; 3) que la IA acabará por realizar no solo tareas productivas rutinarias, sino también actividades creativas cualificadas; 4) que la formación en competencias digitales será la única estrategia colectiva e individual para poder “adaptarse” al “apocalipsis robótico” y poder trabajar con (y para) las nuevas máquinas digitales; 5) que la Cuarta Revolución Industrial de la IA obligaría (de forma determinista) a transformar los mercados de trabajo, las políticas públicas de bienestar y los sistemas educativos. Todo ello, de manera acelerada, en menos de un par de décadas.

Estos argumentos se vienen repitiendo, casi sin solución de continuidad, en medios de comunicación masiva y, como muestran los resultados de diversos sondeos y barómetros de opinión, han sido asumidos por amplios grupos sociales, que temen esos impactos de la nueva ola de automatización. Cerca de la mitad de las personas entrevistadas en España consideran que los procesos de robotización y de implantación de IA implican muchos riesgos (Lobera y Torres-Albero, 2019), mientras que el 66 por ciento teme que sustituyan multitud de puestos de trabajo, que, además, no serán recuperados con otros empleos (Cotec, 2020). A nivel europeo, “aunque más de seis entrevistados tienen una visión positiva de los robots y la IA, una

<sup>2</sup> Doménech, García, Montáñez y Neut (2018), siguiendo la misma metodología econométrica, predijeron que alrededor de un 36 por ciento de los puestos de trabajo españoles tienen un elevado riesgo de automatización por los nuevos procesos de digitalización.

proporción incluso mayor (72 por ciento) están de acuerdo en que “roban” los puestos de trabajo de la gente” (Comisión Europea, 2017). Esa cifra sube al 90 por ciento en el caso de los entrevistados en España<sup>3</sup>.

Sin embargo, pasada alrededor de una década del inicio de este debate podemos sintetizar ya algunos argumentos que ponen en cuestión críticamente o que limitan esa prognosis del fin del trabajo humano y del carácter inmediatamente disruptivo de las tecnologías de la Industria 4.0<sup>4</sup> (IA, internet industrial de las cosas, robótica avanzada, fabricación aditiva mediante impresión 3D, realidad aumentada y virtual, transporte autónomo, etc.): “El cambio tecnológico está simultáneamente reemplazando trabajos actuales y creando nuevos trabajos. No está eliminando trabajo totalmente” (Autor, Mindell y Reynolds, 2020: 7).

### 1.1. Menor ritmo de difusión e inversión en tecnologías digitales avanzadas del esperado

Hasta la globalización acelerada de la pandemia de COVID-19, y tras un par de lustros de intensa innovación digital, los niveles de inversión en capital tecnológico e informático siguen estando proporcionalmente por debajo de los niveles de décadas anteriores: “Los equipos de procesamiento de información [TIC] crecieron a una tasa del 8 por ciento anual en el periodo 2002-2007 [en Estados Unidos], casi la mitad de la tasa del 15,6 por ciento en el periodo 1995-2002, y creció incluso más lentamente (4,8 por ciento anualmente) después de 2007. Si la tec-

<sup>3</sup> En el caso de los Estados Unidos de América: “el 48 por ciento de los estadounidenses creen sobre todo que la automatización y la tecnología han dañado a los trabajadores, mientras que solo el 22 por ciento dicen que, en general, les ha ayudado. De forma similar, el 76 por ciento de los estadounidenses creen que la automatización exacerbará la desigualdad entre ricos y pobres, y el 66 por ciento cree que es improbable que una amplia automatización vaya a crear muchos empleos nuevos y mejor pagados para los humanos” (Pew Research Center, 2019).

<sup>4</sup> Significante acuñado gubernamental y empresarialmente por Alemania en la relevante Feria de Hannover (Hannover Messe) en 2011 (*Industrie 4.0*), con diversas adaptaciones internacionales: *Industry 4.0*, *Industrial Internet (of Things)*, *Advanced Manufacturing*, *Integrated Industry*, *Smart Industry*, *Smart Manufacturing*, *Industrie du Futur*, etcétera.

nología estuviera transformando rápidamente nuestros centros de trabajo, esperaríamos exactamente lo contrario, un fuerte aumento en el uso de equipamiento y de *software* en la producción de bienes y servicios. Es lo que ocurrió a finales de la década de 1990, pero no está ocurriendo ahora” (Mishel y Shierjolz, 2017).

Es cierto que, cualitativamente, estas cifras de inversión digital han tenido un efecto muy intenso en la modificación de los procesos productivos, en su organización y en la mutación de las competencias y/o cualificaciones del factor humano cuyos puestos de trabajo modifican, pero, al mismo tiempo, indican los límites empresariales y organizativos que están ralentizando la difusión de las supuestamente disruptivas tecnologías de la Industria 4.0.

Algunos de los *cuellos de botella* que están limitando la digitalización y la robotización, especialmente de pequeñas y medianas empresas, son la alta inversión económica que requieren esas tecnologías, que superan ampliamente el mero coste del dispositivo tecnológico. El coste final de su integración en la estructura de la empresa, el entrenamiento para su uso, su programación y vigilancia continua, su mantenimiento, etc. se puede multiplicar por entre cuatro y nueve veces (MIT, 2020: 8; Brynjolfsson y McAfee, 2011 y 2015), lo que ralentiza su adopción. Con ese gasto real de la inversión tecnológica, el coste relativo del trabajo humano para seguir realizando las tareas a digitalizar sigue siendo, en muchos casos, más rentable: que una tarea o conjunto de ellas pueda automatizarse, no significa que sea óptimo en términos de coste o que no merezcan seguir siendo realizadas con tecnologías previas ya maduras<sup>5</sup> (Eurofound, 2018; Arntz, Gregory y Zierhan,

<sup>5</sup> Solo como ejemplo para reflexionar: en un estudio pionero de Eurofound (2019b), se calculaba que las tareas de limpieza industrial desarrolladas por ‘trabajadores/as humanos’ de forma tradicional suponían un coste de 15,13 euros cada hora (incluyendo salario, consumo energético, inversión en equipamiento y mantenimiento del equipo), mientras que al estudiar el coste de ese mismo proceso de limpieza por un robot autónomo suponía 21,51 euros por hora (coste del robot, integración informática y programación, consumo de energía, mantenimiento y reparaciones, desarrollo de *software*, etc.). Obviamente, este ejemplo únicamente muestra que hay una variabilidad en la pertinencia y utilidad de automatizar procesos, que no siempre tiene por qué ser la decisión óptima y más productiva: ello pone en cuestión la imagen dominante de que la automatización ‘siempre’ mejora la productividad y rentabilidad de los procesos. También existen numerosas experiencias en que es así, pero estas siempre son publicitadas, no así las que resultan fallidas.

2016). Todo lo cual permite suponer que el impacto sobre la posible destrucción de empleo a medio y largo plazo será menor (o requerirá procesos temporalmente más amplios) y menos intenso<sup>6</sup>: “Hemos leído la literatura que predijo una ola masiva de robots sustituyendo trabajadores en un horizonte de 5 a 10 años, por lo que nos sorprendimos de encontrar muy pocos robots en cualquier lugar [de Estados Unidos]. Con seguridad, si el proceso por el que los robots reemplazarían a los trabajadores hubiera avanzado en el corto periodo de tiempo que Frey y Osborne, o las publicaciones del World Economic Forum, predijeron en 2017, para 2018-2020 deberíamos haber visto ya a los robots entrando en las fábricas. Pero apenas están presentes” (MIT, 2020: 6).

## 1.2. Los efectos diversos provocados por la digitalización y la robotización sobre el empleo

Además, frente a las investigaciones económicas que predicen el desempleo tecnológico masivo, basadas en modelos teóricos y suposiciones sobre el comportamiento empresarial esperado, pero no en el análisis de comportamientos de empresas que están introduciendo “realmente” en sus procesos productivos las tecnologías de la Industria 4.0, investigaciones alternativas han mostrado cómo la innovación tecnológica ha implicado simultáneamente el incremento global del empleo: “necesitamos comenzar desde una comprensión de la fabricación que esté más cerca de las realidades actuales en el terreno que de la que los modelos estándar proporcionan” (MIT, 2020). Por un lado, los incrementos de productividad asociados a la digitalización/robotización facilitan ganancias en la competitividad de las empresas y de sus productos (en términos de calidad, volumen producido y reducción de precio de comercialización), ganando nichos de mercado e incrementando la demanda de sus productos

<sup>6</sup> Hace poco más de un año (13 de junio de 2020), la revista británica *The Economist* publicó en su suplemento *Technology Quarterly* varios artículos breves (bajo la rúbrica “Artificial intelligence and its limits”) en los que se señalaban los límites, dificultades, expectativas incumplidas y, en cierta manera, las expectativas defraudadas en muchas empresas con su inversión en aplicaciones de inteligencia artificial.

o servicios, con el consecuente aumento de la inversión y, por tanto, de la creación de nuevos empleos, que superarían los sustituidos por la nueva ola de automatización (Gregory, Salomon y Zierhan, 2016)<sup>7</sup>. Solo se produciría desempleo si la empresa automatiza pero no incrementa su producción, aunque si esta crece, crecerá también el empleo (Arntz, Gregory y Zierhan, 2016): “se requerirán nuevas cualificaciones para entrenar, probar y mantener robots que se introduzcan” (Stewart *et al.*, 2019: 36).

Por ejemplo, frente a la idea/axioma de que la introducción de robots industriales avanzados supone la reducción de puestos de trabajo humano que son sustituidos, varias investigaciones internacionales han señalado la diversidad del sustento empírico y la importancia de los contextos institucionales, de relaciones laborales, de modelos productivos de los sectores y empresas robotizados para entender sus efectos específicos en el empleo agregado (Parlamento Europeo, 2021): la robotización no afectaría al empleo total, especialmente en las zonas/sectores con alta intensidad del uso de la robótica. Incluso en Alemania, las empresas que incorporan robots mantienen a los trabajadores afectados, que son resituados en otros puestos de trabajo o funciones dentro de la misma empresa (Dauth *et al.*, 2018). Por ejemplo, a nivel europeo, se ha encontrado una correlación positiva entre la incorporación de robots y el incremento del empleo agregado: en el periodo 1995-2015, se calcula que la incorporación de una unidad de robot implicó el aumento de alrededor de cinco trabajadores/as adicionales. Tampoco se han encontrado evidencias de una disminución de la proporción de empleo de baja cualificación en Europa, provocada por el avance de la robotización, (Klenert, Fernández-Macías y Antón, 2020). En el caso de Japón, una de las economías más robotizadas tradicionalmente y más innovadora en ciencias de computación y robótica, una investigación muestra que un incremento de un 1 por ciento en la incorporación de robots, en el periodo 1978-2017, incrementó un 0,28 por ciento el empleo, de forma que la instalación de una unidad de robot por cada 1.000 trabajadores/as supuso un incremento del empleo de un 2,2 por

<sup>7</sup> Gregory, Salomon y Zierhan (2017) señalan que, a pesar de la amplia e intensa ola de automatización que se verificó entre 1993 y 2007, periodo durante el que se sustituyeron más de ocho millones de empleos en Europa, se crearon entre 2,8 y 11,4 millones de empleos netos adicionales.

ciento (Adachi, Kawaguchi y Saito, 2020: 2-3). En general, las investigaciones no permiten llegar a una conclusión general sobre si los robots reducen o incrementan el empleo (Klenert, Fernández-Macías, y Antón, 2020), lo que ayudaría a debilitar el imaginario social y mediático del fin el trabajo humano por la “rebelión de las máquinas<sup>8</sup>”: “A pesar de muchas décadas de ominosos avisos, no hemos visto evidencias de que la automatización conduzca a una general pérdida de empleo a gran escala” (Mishell, 2017: 14).

Asimismo, algunas investigaciones internacionales recientes sobre la innovación digital en España (a partir de la *Encuesta sobre Estrategias Empresariales*) señalan que, contra-intuitivamente, las empresas españolas con una tradición de adoptar robots industriales que en las dos últimas décadas (1998-2016) han seguido “robotizando” su producción, han incrementado su empleo en más de un 50 por ciento, mientras que aquellas que no han introducido esa innovación tecnológica lo han reducido en un 20 por ciento (Koch, Manuylov y Smolka, 2019): “Descubrimos que la adopción de robots genera mejoras sustanciales de producción cercanas al 20-25 por ciento en cuatro años, reduce la proporción del coste de mano de obra en 5-7 por cien puntos, y conduce a una creación neta de empleo a una tasa del 10 por ciento. Finalmente, hallamos pérdidas sustanciales de empleo en las empresas que no adoptan robots, y una reasignación de la mano de obra entre las empresas que mejora la productividad desde las empresas que no adoptan robots hacia las que sí lo hacen” (Koch, Manuylov y Smolka, 2019: 30).

### 1.3. La automatización (parcial) de tareas a través de la digitalización y la robotización

Esas investigaciones pegadas al terreno, a las condiciones organizativas reales de las

<sup>8</sup> Wolters (2020) recopila y sintetiza críticamente tanto las publicaciones más relevantes a nivel internacional que defienden que esta nueva ola de automatización digital y robotización está provocando la sustitución de empleo humano como aquellas otras que respaldan la hipótesis contraria, el mantenimiento del empleo humano por el incremento de la productividad asociada a la digitalización.

empresas que están digitalizando y automatizando sus procesos de producción, refuerzan la perspectiva de interpretación que defiende que la automatización no sustituye ocupaciones o empleos completos de una vez por todas (*sustitución de ocupaciones*), sino que digitaliza o automatiza tareas específicas de esas ocupaciones, modificando los contenidos del puesto de trabajo, sus cualificaciones exigidas, incrementalmente y a lo largo del tiempo. Por tanto, no se estaría produciendo tanto una “sustitución de ocupaciones” cuanto una “automatización de tareas” que, más que eliminar el puesto de trabajo, lo va transformando y obligando simultáneamente al trabajo humano a adaptarse a esos cambios tecnológicos, sobre cuyo diseño y contenidos, además, no suele tener ningún tipo de intervención (Lahera Sánchez, Tovar y Negro, 2021).

Desde esta perspectiva, para poder conocer, explicar o intervenir en los procesos de digitalización y abordar sus efectos sobre el empleo, es imprescindible no analizar las realidades organizativas de las empresas desde ese enfoque basado en las ocupaciones, sino desde una observación de los puestos de trabajo efectivos y de sus tareas, desde la observación “micro” de las interacciones entre el factor/trabajo humano y las unidades concretas de la tecnología o dispositivo de la Industria 4.0. No es, por tanto, razonable analizar la cuestión a partir de un modelo econométrico “macro” que, a pesar de desconocer las nuevas características o funcionalidades de las tecnologías digitales y sus efectos sobre el proceso productivo, la productividad y las tareas del puesto de trabajo específico en que se incorpora, pronostica el tamaño del mercado de trabajo del futuro, sino hacerlo a partir de la recopilación de experiencias organizativas concretas de implantación de esas tecnologías, en casos de estudio específicos que permiten observar y proponer posibles tendencias “reales” (no únicamente “modelizadas”) sobre el uso, también “real”, de esas tecnologías.

Precisamente, investigaciones de campo enfatizan que, si bien la IA y la robótica avanzada van automatizando progresivamente más tareas de diversas ocupaciones –en particular, aquellas tareas rutinarias de escasa cualificación, estandarizables y, por tanto, codificables en algoritmos digitalizados, sustentados en procedimientos repetitivos y regulares (Autor,

2015)–, se mantienen otras tareas que siguen siendo difíciles de automatizar e imprescindibles para el control de los procesos productivos (Arntz, Gregory y Zierhan, 2016). Por ejemplo, en el sector de la automoción, a pesar de su digitalización, “el análisis muestra que la supuesta simplicidad y carácter rutinario del trabajo de montaje [en el sector de la automoción] no es, de ninguna manera, tan sencillo, sino que además ese trabajo de montaje está también lleno de diferentes aspectos de tareas no-rutinarias y capacidades que hay que gestionar” (Pfeiffer, 2018).

El mantenimiento de la importancia del trabajo humano en los procesos digitalizados permite defender que la introducción de las nuevas tecnologías de la Industria 4.0 no implica irremediamente una automatización de sustitución que elimina los puestos de trabajo y el empleo del futuro. Antes bien, los procesos de digitalización pueden estar diseñados organizativamente para implantar una automatización de integración (*augmentation*), en que el factor humano colabore, aprovechando sus conocimientos empíricos y tácitos de los procesos (es decir, su conocimiento productivo basado en la experiencia), con la IA, complementándola, para mejorar la productividad continuamente (Pfeiffer, 2016; Lahera Sánchez 2019). Son muchas las empresas que siguen apostando por un estilo tecnológico de innovación en que “las ideas sobre cómo mejorar la producción surgen a menudo de los trabajadores del centro de trabajo (...). Las gerencias creen que siempre necesitarán gente en los talleres que conversen con la ingeniería de diseño para obtener nuevas ideas de producto y mejoras en el proceso” (MIT, 2020: 9-10).

Como se argumentó en una reflexión previa (Lahera Sánchez, 2021), que el futuro del trabajo se sustente en la *sustitución* digital del trabajo humano, hacia el (no demostrado) desempleo tecnológico masivo, o en la difusión de una *automatización inclusiva*, que *integre* o siga manteniendo al trabajo humano en el pilotaje de la tecnología, dependerá de las decisiones organizativas de quienes diseñan las características de esa tecnología y de las gerencias que las implantan: en concreto, del *estilo tecnológico* con el que interpreten las tecnologías digitales (Lahera Sánchez, 2006), bien desde un objetivo de sustitución, bien desde un objetivo de integración, o incluso desde la aplicación de ambos

objetivos en fases distintas del proceso productivo de una misma organización.

#### 1.4. “Ganadores” y “perdedores” de la digitalización: ¿la formación continua digital como solución?

Aunque plantear que la mayoría o un segmento muy importante de los puestos de trabajo del futuro próximo están en un alto riesgo de desaparecer por su digitalización y robotización se ha mostrado como un pronóstico con un sustento empírico a nivel de la realidad de las empresas muy discutible y variable, el análisis de los procesos de innovación digital de las dos últimas décadas sí permite argumentar (teórica y empíricamente) la existencia de puestos de trabajo cuyas tareas son más automatizables (por ser rutinarias) y sustituibles digitalmente. La reducción de estos puestos en el mercado de trabajo, o el empeoramiento de sus retribuciones salariales o sus condiciones es, por tanto, muy probable. Este es el trabajo humano que afronta un mayor riesgo de convertirse en *perdedor* de la digitalización, porque sus cualificaciones, competencias y tareas pueden ser sustituidas por las nuevas tecnologías de la Industria 4.0.

Para estas personas, sin embargo, la discusión académica o científica sobre un (todavía no demostrado ni emergente) desempleo tecnológico masivo, en relación con el debate sobre su probabilidad o imposibilidad, es irrelevante, ya que les bastaría con sufrir su propio desempleo, independientemente de que sea generalizado o no. La ausencia de competencias digitales entre una parte importante de los trabajadores descalificados y semicalificados, sobre los que se han construido la mayoría de los mercados de trabajo de las economías desarrolladas, sus clases medias y las políticas keynesianas del bienestar, incrementa su vulnerabilidad ante una posible sustitución de sus puestos de trabajo (o partes de sus tareas) por la IA, por limitado o pausado que sea su ritmo de difusión, favoreciendo procesos de reproducción de esa vulnerabilidad laboral.

Frente a estos perfiles *perdedores*, la digitalización productiva favorece la emergencia de perfiles *ganadores* que podrán no solo evitar o reducir la probabilidad de ser sustituidos (normalmente en parte, más que completamente) por la IA o la robótica avanzada, sino que sus cualificaciones y competencias digitales (programación de algoritmos, recuperación de información, definición de categorías y patrones de interpretación de datos, optimización y planificación, creatividad, etc.) les permitirán gestionar estas nuevas tecnologías, colaborar con ellas, integrarlas en sus puestos de trabajo y mejorar su inserción laboral y su productividad (McKinsey Global Institute, 2017). Son los “ganadores de la digitalización” que completarán la eficiencia de la tecnología con la propia “eficiencia humana” de un factor humano cualificado y experto, que permite rentabilizar al máximo la propia tecnología y sus prestaciones, mediante un pilotaje humano cualificado (Lahera Sánchez, 2006 y 2020).

Por tanto, aquellas perspectivas que cuestionan críticamente la probabilidad de un desempleo tecnológico masivo, como este mismo artículo, sí adoptan una perspectiva *pragmática* al enfatizar que, a pesar de que la digitalización y robotización están suponiendo ganancias ciertas de productividad y de creación de empleos tanto en sectores específicos como en términos agregados, también están afectando negativamente a sectores, puestos de trabajo y empleos que se están “desacoplando” de las innovaciones tecnológicas y organizativas. El riesgo de deterioro de sus condiciones de trabajo o de empleo está provocando una redistribución de las demandas de cualificación, y de retribución, entre ocupaciones y perfiles profesionales (Arntz, Gregory y Zierhan, 2016).

De esta forma, esta posición pragmática sobre el factor humano perdedor y ganador de la digitalización permite también apostar y defender la ineludible necesidad de investigar, analizar y explicar procesos de digitalización específicos, a nivel empresarial y organizativo, en estudios de caso concretos, en sus puestos de trabajo reales para explicar y entender las transformaciones concretas que sufren con la introducción de nuevas tecnologías digitales en sus contextos y relaciones laborales también específicas. Se trata, por tanto, de analizar “desde un enfoque de investigación muy diferente. Uno que asciende de abajo a arriba, desde los huma-

nos y las máquinas ya en la planta y desde la concepción de la gerencia de la fábrica sobre opciones posibles (...) Escuchando la explicación de cómo organizan la producción, cuándo y cómo deciden comprar nuevo equipamiento, cómo contratan y forman a los trabajadores y cuáles ven como estrategias prometedoras para sus negocios en el futuro” (MIT, 2020: 5).

A este respecto, existe un argumento compartido tanto por las investigaciones económicas que predicen el desempleo tecnológico masivo por la digitalización y la robotización como aquellas centradas en evaluar los cambios organizativos en los puestos de trabajo concretos: la digitalización, la Industria 4.0 y la Cuarta Revolución Industrial exigen un interminable proceso de formación continua por parte del trabajo humano, de adquisición de aquellas competencias digitales<sup>9</sup> que requieren esas nuevas tecnologías, como estrategia pública (mediante la adaptación de los sistemas educativos a ellas) y privada (mediante prácticas formativas en los centros productivos). En esta formación continua reside la fórmula para lograr que los perdedores (por su escasa capacitación digital o tecnológica) no queden arrumbados en la “carrera contra la máquina”, sino que, por el contrario, puedan reintegrarse en la nueva organización del trabajo y “correr con la máquina” como posibles ganadores del propio proceso de digitalización.

Sin embargo, este argumento sobre la recualificación continua a lo largo de la vida, que ha configurado una especie de “axioma consensuado” entre gerencias, sindicatos, administraciones públicas y profesionales de la formación, merece un comentario crítico por dar por sentado, por ejemplo, que los trabajadores y trabajadoras que desarrollan tareas de bajo nivel de cualificación efectiva, que no han podido alcanzar durante su trayectoria laboral o educativa competencias digitales básicas<sup>10</sup> van a conseguir adquirir las habilidades digitales

<sup>9</sup> Construidas sobre credenciales (regladas o empíricas) matemáticas, de ingeniería, científicas, tecnológicas y creativas(-artísticas): *STEAM* o *Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics*.

<sup>10</sup> Las competencias digitales básicas son: comunicación digital, creación y edición de documentos, navegación en ciberespacio, localización y manejo de documentación digital, reproducción digital, seguridad digital... Según el programa *Cedefop Skills Panorama*, solamente uno de cada tres europeos superaba las competencias digitales básicas en 2019.

avanzadas que requieren las tecnologías digitales, sin fricciones, sin dificultades y sin costes de transacción, pasando de perdedores a ganadores simplemente si sus actitudes formativas son las adecuadas y si aceptan formarse (incluso fuera del horario de su jornada laboral).

Más bien, por el contrario, lo que la investigación de campo muestra es que esos perfiles descalificados o semicalificados son los que, por su limitada capacitación tecnológica previa reciben menos formación en sus empresas y más dificultades (por su edad, necesidades de conciliación, etc.) tienen para incorporarse a procesos formativos, lo que puede reforzar su posición ya vulnerable (brecha en las competencias digitales o *digital skills gap/divide*) en los mercados de trabajo: “Este es un grupo que recibe muy poco re-entrenamiento por parte de sus propios empleadores y pueden enfrentarse a varias barreras para participar en la formación para adultos, notablemente por sus bajas cualificaciones básicas, limitaciones de tiempo o motivación limitada” (Nedelkoska y Quintini, 2018: 24).

Del mismo modo, a pesar de que los procesos masivos de digitalización y robotización se están desarrollando temporalmente más en (largas) décadas que en años, las transformaciones de los sistemas educativos y formativos (especialmente de grado superior en formación profesional o universitarios) carecen de la velocidad de adaptación a la difusión de las competencias digitales que ese consenso académico y político vuelve a dar por supuesto: “Empleadores y gobiernos reconocen los requerimientos de cualificaciones digitales, de flexibilidad y de comportamientos innovadores, pero la educación formal falla en equipar a la fuerza de trabajo que ingresa con esas cualificaciones” (Knack et al., 2019: 29).

Las limitaciones de adaptación y de acceso a la formación digital parecen estar favoreciendo a los perfiles ya ganadores de la nueva ola de automatización digital más que a los perdedores (*efecto Mateo*), reproduciéndose en éstos su vulnerabilidad laboral por un proceso de exclusión formativa y de permanencia en puestos de escasa cualificación que le lleva a perder relevancia en la redistribución de la cualificación entre la IA y el trabajo humano que produce la digitalización. Por tanto, la esperanza hegemónica de que la formación masiva en compe-

tencias digitales garantizará una digitalización que no dejará a nadie atrás (que integrará al trabajo humano y no solo lo sustituirá) permite, por un lado, legitimar (política y empresarialmente) las transformaciones socioeconómicas disruptivas de la Cuarta Revolución Industrial y, por otro, señalar que quienes no logren insertarse en los nuevos procesos digitalizados serán responsables de no haber adquirido (esforzada y meritocráticamente) la formación necesaria. Se olvidan (u ocultan) esas limitaciones que la propia trayectoria educativa y laboral estratificada socialmente imponen a los grupos con menor cualificación, cuyas probabilidades de recualificación son mucho menores de las que serían necesarias para una *digitalización inclusiva*. ¿Qué probabilidad real tendrían de adquirir las competencias matemáticas, informáticas, de creatividad que parece exigir la Industria 4.0? De ahí el surgimiento del debate sobre si la implantación de una “renta básica universal” será imprescindible para apoyar a esos posibles perdedores de la digitalización.

### 1.5. Sobreestimación tecnológica, tecnologías inmaduras y prototipos: ejemplos fallidos que no suelen mostrarse

Teniendo en cuenta, como se señalaba previamente, los costes ampliados de la digitalización, que superan varias veces el mero coste del equipo tecnológico, las pequeñas y medianas empresas son reacias a incorporarlas porque sus posibles ganancias de productividad no justifican una alta inversión tecnológica. A estas empresas, dado el elevado coste concentrado en las primeras fases de los procesos de adaptación tecnológica, puede resultarles más rentable mantener su sistema tecnológico habitual (seguro, rutinario, estable y conocido) e irlo mejorando incrementalmente sobre la base de tecnologías ya maduras y conocidas, perfectamente integradas (MIT, 2020).

Esta especie de (tradicional) cautela empresarial respecto a la innovación tecnológica está justificada también porque las tecnologías de la Industria 4.0, a pesar de su desarrollo intenso en la última década, su continua promoción publicitaria y mediática, siguen siendo tecnologías que, aunque ya han supe-

rado una fase de prototipo, están todavía más cercanas a una fase de demostración (y certificación) en entornos reales que a una fase de implantación exitosa. Sin ser todavía tecnologías lo suficientemente estables o maduras como para ser instaladas ampliamente, se están implantando mayoritariamente de forma muy limitada, para ir probando su utilidad, comprobando sus posibilidades y, sobre todo, para evaluar su funcionamiento y las posibles dificultades de integración organizativa, valorando sus potencialidades o fortalezas, pero también sus riesgos.

Que publicitariamente se exhiban todas las capacidades de una impresora 3D no significa que esas capacidades tengan finalmente una aplicación apropiada, rentable e integrable en los procesos de trabajo de una empresa. El proceso de ensayo y error, desde luego, puede favorecer la adaptación y difusión generalizada de los robots autónomos, pero a un ritmo temporal que se mide en décadas más que en años (Dellot, 2018). En ocasiones, pequeñas y medianas empresas se plantean la adquisición de estas nuevas tecnologías, pero acaban descartándolas por no tener garantizado pedidos suficientes de sus productos a medio y largo plazo que las hagan rentables en relación con su inserción en las competitivas cadenas globales de producción, dificultando la justificación de esa ambiciosa inversión (MIT, 2020: 7).

Por ejemplo, la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y Trabajo (Eurofound) ha sido pionera en evaluar un amplio número de tecnologías de la Industria 4.0<sup>11</sup>, basadas en algoritmos de IA, desde la robótica avanzada y la fabricación aditiva, pasando por vehículos autónomos y la Internet Industrial de las Cosas (“sensorización” de los procesos productivos), hasta llegar a los *wearables* (dispositivos “ponibles”) y la realidad virtual/aumentada. Según esta evaluación, dichas tecnologías están en su “infancia”, instalándose lentamente, no siempre con éxito y con dificultades para ser todavía más rentables que otras tecnologías de producción maduras, o se hallan mucho menos implantadas o difundidas de lo pronosticado (Hinojosa y Potau, 2017; Van Barneveld y Janson, 2017; Scholten, 2017; Knack *et al.*, 2019; Stewart *et al.*, 2019; Knack *et al.*, 2020).

<sup>11</sup> Dentro de su programa sobre el futuro de la fabricación en Europa (*Future of Manufacturing in Europe*).

De nuevo, metodológicamente, como se planteará más abajo, se trataría de rastrear el *trhecho* que va desde los *discursos* (publicitarios y mediáticos, nunca problemáticos) sobre las potencialidades de estas tecnologías y los *hechos* sobre su funcionamiento real en las empresas que los instalan, sus limitaciones, sus incidencias, sus problemas. Desvelar esas dificultades permite también no solo mejorar el aprendizaje sobre cómo hacer más eficiente e inclusiva la digitalización en la organización del trabajo, sino además poner en cuestión las propias profecías apocalípticas sobre el fin del trabajo humano.

De hecho, mediáticamente, multitud de noticias impresas o digitales y de publicidad muestran imágenes de robots que fabrican sin asistencia humana, que atienden (y cuidan) a personas, que desarrollan todo tipo de movimientos y tareas (desde poner ladrillos, imprimir edificios, servir mesas o transportar productos, hasta saltar, bailar o vigilar policialmente)<sup>12</sup> o automóviles y camiones autónomos sin conducción humana: mostrando el “triumfo” de la IA frente al ser humano. Imágenes de una sustitución del trabajo humano que ya parece haberse hecho realidad, que es imparable y a la que hay que adaptarse; imágenes y narrativas que solo exhiben el éxito de estas tecnologías, pero (casi) nunca muestran cuando esas mismas tecnologías fallan, dejan de ser precisas, se paran inesperadamente y deben ser reparadas (por humanos), de manera más frecuente de lo esperado, ocultando un proceso de ensayo-error (de mejora continua) que es históricamente intrínseco al desarrollo tecnológico, pero que, sin embargo, pareciera inconcebible o innecesario en cuestiones de inteligencia artificial.

Por ejemplo, en 2017 se difundió ampliamente en diversos medios y plataformas digitales que la empresa alemana Adidas había instalado un par de fábricas digitales (*Speedfactories*)

<sup>12</sup> Es el caso de los muy exhibidos mediáticamente robots de la empresa Boston Dynamics, que, sin embargo, ha ido cambiando de propiedad entre diversas compañías ante la dificultad de vender sus robots para tareas útiles actualmente para sus posibles clientes: “No son precisamente baratos y no han mostrado a la hora de la verdad cómo utilizar todo ese talento técnico para ofrecer algo que no puedan ofrecer otros modelos más asequibles, más allá de demostraciones muy concretas. En resumen, son demasiado caros para hacer algo que pueden hacer máquinas más sencillas”, en *El Confidencial*, 23 de junio de 2021, “No sabemos usar los mejores robots del mundo: la verdad tras la venta de Boston Dynamics” (Michael McLoughlin).

totalmente automatizadas (en la ciudad alemana de Ansbach y en la estadounidense de Atlanta) para la fabricación robótica de diversos modelos de zapatillas deportivas, con una gran flexibilidad productiva. Se ubicaban en la proximidad de los mercados de consumo desarrollados más importantes, reduciendo la deslocalización industrial y presentándose como ejemplo del futuro fabril automatizado de la robótica avanzada. Sin embargo, se difundió mediáticamente en menor medida que ambas fábricas fueron clausuradas en 2020 (y trasladadas al sudeste asiático) porque Adidas comprobó que la automatización había implicado “dificultades”: solo se podía fabricar un limitado número de modelos de zapatillas por el mantenimiento de la (tradicional) dificultad de modificar las líneas de producción, siendo más sencillo (y rentable) recualificar al factor humano (Coldewey, 2019; Porter, 2019)<sup>13</sup>.

Una difusión más equilibrada de los éxitos, pero también de los fracasos de la digitalización<sup>14</sup> permitiría evaluar y predecir con más soporte empírico las mutaciones reales del trabajo del futuro, más allá de expectativas exageradas, tanto a favor como en contra de la tecnología: a través de un pragmatismo, que señale, desde luego, los amplios avances y oportunidades de la Cuarta Revolución Industrial, junto a sus limitaciones y riesgos, superando un *tecnoptimismo* y un *tecnopesimismo* (¿neoludita?) escasamente anclados en las realidades productivas del trabajo humano real y de organizaciones reales. Por ejemplo,

<sup>13</sup> Otros ejemplos pueden ser el hotel japonés robotizado Hen-na, en Japón, ‘famoso’ desde 2015 por atender a sus clientes exclusivamente con robots y asistentes digitales, la mitad de los cuales fueron ‘despedidos’ en 2019 por un alto número de incidencias y fallas (choques entre ellos, bloqueos, caídas de equipajes...), que incrementaron el trabajo humano de mantenimiento y las quejas de los huéspedes por su incapacidad de ‘entender’ conversaciones básicas y resolver sus dudas, que tuvieron que ser finalmente atendidas por humanos, con un incremento de costes (Hertfeld, 2019). Otro caso sería el robot colaborativo Baxter (2012), que apareció de forma innovadora para trabajar al lado de operadores humanos en tareas rutinarias y básicas de ensamblaje, cuya empresa, Rethink Robotics (Estados Unidos), acabó cerrando por falta de éxito y ventas en el mercado (en 2018). Sin embargo, la empresa danesa Universal Robots está teniendo más éxito comercial con sus robots colaborativos (en los que se integra su inteligencia artificial con el factor humano) presentes en múltiples empresas industriales. Otras experiencias pueden rastrearse en Lahera Sánchez (2021).

<sup>14</sup> Sin olvidar los debates éticos sobre los sesgos morales, de origen humano, que se diseñan en los algoritmos digitales de la inteligencia artificial: sesgos sexistas, racistas, clasistas, etc. (O’Neil, 2018).

según un reciente sondeo realizado por la revista Massachusetts Institute of Technology Sloan Management Review y Boston Consulting Group, recopilando cuestionarios respondidos por 2.500 responsables de gerencias que han invertido en IA, alrededor del 70 por ciento considera que esa IA ha tenido mínimo o ningún impacto en sus negocios; incluso un 40 por ciento de aquellas empresas que han invertido intensamente en este proceso de digitalización no reconocen que haya provocado ganancias relevantes, mientras que la mayoría de la muestra enfatiza que han tenido dificultades para generar valor: la IA sigue pareciendo una herramienta futura ineludible, pero con exigentes riesgos y dificultades de implantación organizativa (Ransbotham *et al.*, 2019).

## 2. DE LA HETEROMATIZACIÓN AL ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL TRABAJO DIGITAL(IZADO) REAL PARA ENTENDER Y EXPLICAR LOS PROCESOS DE DIGITALIZACIÓN Y ROBOTIZACIÓN

Tanto en olas previas de automatización en décadas anteriores como en la actual difusión y generalización de los procesos de digitalización, el énfasis mediático del debate sobre la innovación tecnológica se ha centrado (y se centra) en sus efectos sobre la cantidad de empleo: dimensión especialmente relevante en el mercado de trabajo español, estructuralmente estancado en elevadas tasas de desempleo, duplicando sobradamente las cifras medias del resto de economías de la Unión Europea. En estas circunstancias cobra fuerza la idea de que la prioridad de la política económica ha de consistir en favorecer la creación de empleo y reducir (¿como sea necesario?) cuanto antes el desempleo (habitualmente mediante intervenciones desreguladoras en las instituciones jurídicas del trabajo por cuenta ajena).

Sin embargo, una vez puestos en cuestión los pronósticos tecnopesimistas sobre (un improbable y lejano) desempleo tecnológico masivo como consecuencia de la implantación (mucho más lenta de lo esperado) de la IA de la Cuarta Revolución Industrial y de la Industria 4.0, se debe proponer una perspectiva no únicamente centrada en la cantidad de empleo

afectado por la innovación tecnológica, sino también preocupada por evaluar la calidad del empleo automatizado, digitalizado y robotizado: ¿cuáles son las condiciones laborales de los puestos de trabajo a los que se están incorporando esas tecnologías de Industria 4.0?, ¿qué transformaciones –positivas o negativas– se están implantando en esos puestos de trabajo digitalizados respecto a la salud laboral del factor humano que los desempeña o con los que interactúan?, ¿están emergiendo nuevos riesgos laborales (ergonómicos y psicosociales) por la introducción de estas nuevas tecnologías?

Esta preocupación por la calidad de los puestos de trabajo (*job quality*) digitalizados es imprescindible para poder intervenir tanto en el diseño del proceso de innovación tecnológica de las empresas (¿cómo automatizar?) como en garantizar la protección de la salud laboral de quienes interactúan y trabajan con esas nuevas tecnologías. Si, como se ha señalado previamente, las experiencias y estudios de caso analizados señalan que mayoritariamente la digitalización no elimina ocupaciones/puestos de trabajo completos, sino que modifica tareas específicas de puestos de trabajo que siguen requiriendo apoyo directo (manipulación, vigilancia, pilotaje, supervisión, etc.) o indirecto (por ejemplo, programación, mantenimiento o interpretación) del trabajo humano, la evaluación de las nuevas condiciones de trabajo incorporadas a esos puestos transformados tecnológicamente debe aparecer como un objetivo relevante de análisis sobre los efectos reales de la digitalización en nuestras sociedades. Semejante objetivo consiste en conocer posibles tendencias, oportunidades vitales, trayectorias laborales, condiciones de vida y de salud de la ciudadanía, tal y como se planteará en el resto de este artículo.

Ahora bien, identificar la calidad de los puestos de trabajo afectados por la digitalización y la robotización implica también devolver la relevancia al trabajo humano que sigue participando en la gestión de (la mayoría) de ellos. Esa relevancia es defendida metodológicamente por una perspectiva de interpretación académica, procedente de la disciplina de las ciencias de la computación, que pretende mostrar la *heteromatización* que sustenta los procesos de automatización (Ekbja y Nardi, 2014). La *heteromatización* implica rastrear cómo el trabajo humano, los seres humanos, trabajadores y

trabajadoras, sustentan con su trabajo multitud de procesos de la IA: esta requiere el apoyo de la “computación humana” para completar los límites de la propia IA, mostrando que en el lazo de control de los procesos digitales siguen participando factores humanos, cuya cooperación e integración con las tecnologías de Industria 4.0 es imprescindible para el éxito digital (Ekbia y Nardi, 2017; Lahera Sánchez, 2021).

Computación humana “avanzada”, como la realizada por el factor humano que programa, codifica, revisa y depura los algoritmos continuamente, o que realiza el mantenimiento mecánico, hidráulico, eléctrico de los robots colaborativos o de la robótica industrial avanzada cuando sufren alguna incidencia que afecta negativamente a su funcionamiento. También por quienes convierten (o lo intentan) la inmensa cantidad de datos recogidos por los sensores de la internet industrial de las cosas incorporados en todo tipo de maquinaria y equipos informáticos para interpretarlos y nutrir a la IA con patrones de identificación que convierten esos datos masivos en “datos inteligentes” (*big data to smart data*) a rentabilizar mediante la modificación del proceso de producción.

Pero también en relación con una computación humana “deteriorada” por las condiciones de trabajo en que se apoya la IA y sus algoritmos. Desde la *gig economy* de plataformas digitales que intermedian entre consumidores ávidos de precios lo más bajos posibles por servicios personales prestados por seres humanos (*riders*, cuidadoras por horas, chóferes, etc.), que aportan su trabajo de forma deteriorada, con bajos salarios, largas jornadas, forzados a trabajar por cuenta propia (*autónomos forzados*) sin protección social. Pasando por trabajadores/as humanos que realizan online todo tipo de microtareas digitales (cualificadas o no) asignadas por otra plataforma digital para otras empresas. También haciendo visibles a quienes desarrollan tareas de programación básica al final de las cadenas globales de producción del *software*, siendo retribuidos “a la pieza” y en competencia global con millones de operadores humanos (etiquetando y censurando imágenes para los navegadores y buscadores de internet, moderando mensajes en redes sociales, traduciendo partes de documentos, localizando información, en centros de teleoperación que nutren la información recogida en páginas web y asistentes digitales...) en una subasta (en muchas ocasiones a la baja) de sus retribuciones. Un

“trabajo fantasma” de degradadas condiciones de trabajo e invisibilizado, imprescindible para sostener la brillante imagen de la IA no siempre tan inteligente como se publicita<sup>15</sup> (Gray y Suri, 2019).

Todas estas tareas quedan ocultas detrás de los interfaces digitales y de los resultados de la inteligencia digital (apoyándola donde todavía falla o donde su coste es todavía superior al del trabajo humano), pero se sustentan en una inteligencia humana (Ekbia y Nardi, 2017), con sus condiciones de trabajo (y vida) que hay que evaluar para entender la posible totalidad de efectos de los procesos de digitalización y automatización digital: cómo la automatización digital se basa también en un trabajo humano “heteromatizado” (Nardi y Ekbia, 2018), que refuerza los argumentos e investigaciones que todavía no vislumbran un futuro desempleo tecnológico masivo, sino el mantenimiento del empleo, con cambios en las características de los puestos de trabajo, sus tareas y condiciones.

Sin olvidar que, detrás de muchos procesos digitalizados, especialmente de consumo digital, es el propio consumidor el que colabora (voluntaria e inconscientemente) con la IA mediante su trabajo y computación humanos al introducir sus datos personales, navegar por pantallas para lanzar procesos y llevar a cabo todas las tareas anteriormente realizadas analó-

<sup>15</sup> Otro ejemplo sería el del pequeño vehículo autónomo Kiwibot, instalado originalmente en California por la empresa Kiwi Campus, para repartir pedidos, sobre todo, de comida a través de un sistema de ‘visión artificial’ que permite superar cualquier obstáculo y orientarse por las calles, con una velocidad reducida (alrededor de un par de kilómetros por hora). Sin embargo, la supuesta conducción autónoma del vehículo se sustenta en la actuación de ‘pilotos humanos’ que realmente los conducen telemáticamente y monitorizan su trayecto a través de las cámaras instaladas en los ‘kiwibots’: una ‘computación humana’ invisible que se realiza, además, con trabajadores en Colombia (con salarios de alrededor de 2 dólares a la hora). También es necesario que tradicionales repartidores humanos lleven los pedidos desde los restaurantes y tiendas hasta las bases centralizadas de kiwibots, desde las que estos reparten (en la ‘última milla’) finalmente el pedido al cliente; Carolyn Said: “Kiwibots win fans at UC Berkeley as they deliver fast food at slow speed”, en *San Francisco Chronicle*, 26 de mayo de 2019. Un nuevo ejemplo de ‘computación humana’ o ‘trabajo fantasma’ como sustento de la (todavía más que ‘inmadura’) conducción autónoma (semi-autónoma, en este caso) de la IA. Revisando una oferta de trabajo de la compañía (28 de octubre de 2021) para el puesto de Supervisor-Operador de Robot, se indican las siguientes tareas: responsable de supervisar y controlar un robot cuando sea necesario, asegurar el movimiento seguro y eficaz del robot desde el punto de partida hasta el de entrega y tener experiencia en jugar con videojuegos [https://jobs.wrkhq.com/kiwibot/21576].

gicamente por empleados/as de ventas. En este caso no ha desaparecido el trabajo de venta, sino que se ha “transferido” de forma (casi) completa al propio consumidor (Dellot, 2018), que no solo no recibe retribución, sino que, además, cediendo sus datos personales (características personales, estilos de consumo, perfiles de compra, intereses de ocio o ideológico-morales) facilita su “valorización” a las grandes corporaciones digitales, que los venden como mercancía publicitaria a otras empresas (Lasén, 2019).

Se trataría de analizar los procesos de automatización digital en empresas y organizaciones haciendo visibles la actividad y el funcionamiento *reales* de la IA de las tecnologías de la Industria 4.0 y del factor humano que interactúa con ellas. Hacer emerger esos procesos de heteromatización imprescindibles para la propia automatización, ahora digital(izada), aparece como una estrategia metodológica ineludible para poder evaluar la posible mejora o deterioro de las condiciones de trabajo y de la salud laboral (física y psicosocial) que se están diseñando en esta construcción social del futuro del empleo. Un enfoque pegado al terreno que obliga a conocer el funcionamiento real de las tecnologías en “ambiente taller”, en las fábricas, laboratorios y oficinas en las que se instalan<sup>16</sup>, con sus limitaciones; que permita mostrar empíricamente la realidad y la calidad laboral de la Cuarta Revolución Industrial (Seamans y Raj, 2018). No desde un modelo teórico, sino desde los comportamientos organizativos de quienes deciden, diseñan y seleccionan estas tecnologías, desde las interacciones de quienes trabajan con ellas, las atienden (y entienden) y manipulan (Lahera Sánchez, 2005), desde la realidad de la organización del trabajo y de la actividad real del factor humano en su interacción con la tecnología. Este enfoque requiere definir y seleccionar las dimensiones de evaluación de la calidad de ese trabajo digital(izado) en los centros de producción.

### 3. UNA PROPUESTA PARA ANALIZAR Y EVALUAR LA CALIDAD DE LAS NUEVAS CONDICIONES DE TRABAJO Y DE EMPLEO EN PROCESOS DE DIGITALIZACIÓN Y DE ROBOTIZACIÓN

A partir de las aportaciones de este enfoque de interpretación sobre los actuales pro-

<sup>16</sup> “Tenemos que examinar qué está ocurriendo dentro de los laboratorios” (Frey, 2019: 313).

cesos de digitalización y robotización, en esta tercera parte de la reflexión sobre el debate referido al futuro del trabajo y del empleo humanos, se presenta una primera versión de una herramienta de intervención organizativa para evaluar y caracterizar los cambios “reales” que se están produciendo ya actualmente (y se van a producir en el futuro) en los procesos de automatización digital y robótica.

El punto de partida es defender metodológicamente, desde una ineludible intervención aplicada, que una investigación sobre los procesos de digitalización requiere obtener un conocimiento empírico sobre qué características técnicas se han incorporado en el diseño de la tecnología a implantar (internet industrial de las cosas, impresión 3D o fabricación aditiva, robotización colaborativa, etc.), sobre sus posibles efectos reales en los cambios en las tareas específicas (como instrucciones de trabajo o protocolos de funcionamiento) de la nueva organización del trabajo (Eurofound, 2019), respecto a nuevas exigencias de cualificación o competencias (¿descualificación o recualificación?), a modificaciones en las clasificaciones profesionales, en virtud de posibles cambios en las exigencias de cualificación, a modificaciones retributivas en los centros de trabajo, etcétera.

Este conocimiento (lo más detallado posible) sobre las características (socio)técnicas<sup>17</sup> de la tecnología implantada debe plantearse desde una perspectiva *constructivista* y *no determinista*, de forma que se apueste por plantear modificaciones alternativas en esa tecnología para evitar, sobre todo, efectos negativos en la salud laboral y el bienestar del factor humano desde un posicionamiento favorable y centrado en la mejora de las condiciones de trabajo y la recualificación (ergonómica) del factor humano. Una perspectiva de acceso a las realidades productivas de las empresas y organizaciones que “busca investigar en el interior de las plantas de producción, con un enfoque cualitativo de las realidades diarias de la vida en el trabajo” (Pfeiffer, 2016: 2).

Desde esta perspectiva, se están definiendo dimensiones de evaluación de los pro-

<sup>17</sup> Por ‘sociotécnicas’ entendemos, siguiendo una perspectiva ergonómica, la obligada consideración de las interacciones entre el factor humano y los sistemas tecnológicos para evaluar la eficacia productiva y la protección de la salud de cualquier innovación tecnológica.

cesos de digitalización/robotización susceptibles de ser integrados en una *matriz de análisis empírico* en el marco del proyecto FINDeR<sup>18</sup> de la Universidad Complutense de Madrid (junto al proyecto FuWorkTech, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación). En un proceso continuo de reformulación metodológica crítica adaptada al objeto de investigación (innovación digital y robotización) se han seleccionado las siguientes propuestas internacionales de *índices de evaluación de calidad de puestos de trabajo y empleos (Jobs Quality Indices)*:

- 1) Propuestas desde la Unión Europea, especialmente a partir de la encuesta de condiciones de trabajo de su European Foundation for the Improvement of Working and Living Conditions (Eurofound, 2017 y 2012); incluyendo asimismo la metodología del Parlamento Europeo sobre indicadores de calidad laboral (Muñoz de Bustillo, Fernández-Macías, Ignacio-Antón y Esteve, 2009 y 2011) y teniendo también en cuenta las recomendaciones del Employment Committee de la UE (EMCO, 2010).
- 2) *Job Quality Index* del European Trade Union Institute-ETUI (Piasna, 2017; Leschke, Watt y Finn, 2008 y 2012).
- 3) *Job Quality Framework* de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico-OCDE (Cazes, Hijzen y Saint-Martin, 2016; OECD, 2017).
- 4) *Índices de Trabajo Decente* de la Organización Internacional del Trabajo (OIT-ILO), especialmente aquellos referidos a las condiciones de trabajo (OIT, 2013).
- 5) Propuesta de Naciones Unidas para la medición de la calidad del empleo (UNECE, 2015), especialmente respecto a los indicadores de medida

<sup>18</sup> Proyecto FINDeR - *Futuros del Trabajo: Digitalización, Robotización en Industria 4.0*. Universidad Complutense de Madrid, Fondo Específico de Investigación FEI-EU-17-25. Proyecto FuWorkTech-El impacto de la digitalización en las relaciones de trabajo: retos y oportunidades (Ministerio de Ciencia e Innovación: PID2019-104287RB-100; Proyectos de I+D+i RTI Tipo B). También en el proyecto ROVIN-Robotización y transformaciones del trabajo en el sector vitivinícola (Universidad de Valladolid).

de los factores de riesgo laborales de carácter físico y cognitivo, de riesgos psicosociales y de formación.

- 6) Propuestas de la asociación empresarial Business Europe (Union of Industrial and Employers Confederation of Europe-UNICE, 2001) y del británico Chartered Institute of Personnel and Development-CIPD (Warhurst, Wright y Lyonette, 2017).

La revisión crítica de estas propuestas metodológicas para su posible incorporación a la matriz de evaluación de los procesos de digitalización/robotización empresarial ha implicado reformular sus índices desde una perspectiva centrada en la salud laboral, las condiciones de trabajo y las condiciones de empleo que realmente se puedan encontrar en los centros de trabajo: "Para pensar claramente sobre la tecnología y el trabajo, debemos, por tanto, empezar de abajo a arriba, centrándonos en las tareas particulares que las personas hacen, más que observar desde arriba hacia abajo, mirando solo los perfiles profesionales más generales" (Susskind, 2020: 39-40).

Esta matriz, es importante señalarlo, se construye teóricamente a partir de un enfoque ergonómico vinculado a la propuesta de un modelo basado en la valoración de la posible distancia entre los recursos organizativos (*job resources*) para gestionar las tareas de trabajo proporcionados organizativamente al factor humano (recursos humanos, trabajadores/as, empleados/as, fuerza de trabajo/mano de obra, etc.) y las demandas productivas del puesto de trabajo específico (*job demands*): siempre desde la priorización de la actividad real del factor humano en su puesto de trabajo (*human centered work design*; EMCO, 2010; CIPD, 2017). De tal forma, las modificaciones en la organización del trabajo diseñada por una determinada empresa/organización al introducir nuevos equipamientos de digitalización o robotización en sus procesos productivos puede estar provocando una mejora en las condiciones de trabajo de su factor humano si los recursos que se ponen organizativamente a su disposición le permiten gestionar las nuevas demandas productivas del puesto. Por el contrario, si la organización no proporciona recursos organizativos suficientes para la realización de las nuevas tareas productivas, se estará favoreciendo la

degradación de las condiciones de trabajo y el desgaste de la salud laboral, como consecuencia de un incremento de los “estresores” organizativos ante la falta de esos recursos (estrés, intensificación del trabajo, lesiones, ausencia de autonomía y control sobre las tareas o incongruencia de rol): mediante una alta demanda de rendimiento productivo, pero con una baja disponibilidad de recursos organizativos para poder cumplir esa demanda, tal y como plantea, desde la ergonomía y la psicología del trabajo, el tradicional modelo de *demandas y recursos laborales* (*Job Demands-Resources* o JD-R) (EMCO, 2010; Schaufeli y Taris, 2014).

Asimismo, junto a este enfoque teórico ergonómico, se ha decidido centrar la metodología de evaluación (*Matriz FINDeR-UCM 1.0*) en el análisis de las tecnologías más destacadas del nuevo modelo productivo de la Industria 4.0 (*i40*), como ejemplo destacado de la integración de digitalización y robotización en las organizaciones. Tecnologías digitales que están permitiendo una expansión masiva de la capacidad para almacenar, procesar y comunicar información mediante dispositivos electrónicos para la fabricación de productos y la prestación de servicios. Todo lo cual les permite realizar tareas previamente ejecutadas por el factor humano, en una nueva división del trabajo entre el factor humano, la máquina y los algoritmos informáticos, de forma que cualquiera de estos dispositivos digitales puede realizar tareas productivas e interactuar con el entorno con menor asistencia humana (Lahera Sánchez, 2019).

La relación de la Industria 4.0 con la matriz de evaluación diseñada se centra en las posibles modificaciones que estas nuevas tecnologías digitales y robóticas pueden tener en las demandas de cualificación para su implantación en los procesos productivos automatizados y en su pilotaje por parte del factor humano, así como en la emergencia de nuevos riesgos laborales que puede incorporar la digitalización y robotización (Eurofound, 2020). Para ello, se han documentado las aportaciones más recientes de la Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Trabajo y Vida sobre las características técnicas y de ingeniería de esas tecnologías i40, sus fortalezas y oportunidades, pero también –siguiendo los recientes análisis de la Agencia Europea para la Salud y Seguridad en el Trabajo (EU-OSHA, 2018)– sus posibles nuevos riesgos laborales.

Con este marco teórico (heteromatización en los procesos de digitalización, enfoques sobre la calidad de los puestos de trabajo, enfoque ergonómico de demandas y recursos laborales) se han definido exploratoriamente dimensiones organizativas para evaluar los procesos de digitalización y/o robotización a través de la matriz de evaluación FINDeR-UCM, operacionalizando exploratoriamente diversos indicadores a observar e interpretar en las empresas y organizaciones para cada una de las dimensiones (Muñoz de Bustillo *et al.*, 2011). La matriz de evaluación define así originalmente una “lista de comprobación” de cada una de las dimensiones incorporadas (con una justificación teórica), analizando su “calidad laboral” (ergonomía y salud laboral) a partir de la presencia de los indicadores operacionalizados para cada dimensión y sus contenidos. Ello permite valorar los efectos “reales” sobre la mejora o deterioro de las condiciones de trabajo (Eurofound, 2012) de procesos también “reales” de digitalización y robotización, mediante la implantación de dispositivos tecnológicos ya comerciales (no prototipos), con el fin último de contribuir científicamente al desarrollo empírico de una cultura organizativa para la consecución de una estrategia de calidad de los puestos de trabajo digitalizados (*job quality strategy*) (Warhurst, Wright y Lyonette, 2017).

Una síntesis de las dimensiones de evaluación que se proponen rastrear en un análisis empírico –referidas todas ellas a un puesto de trabajo específico sometido organizativamente a la digitalización y/o robotización de sus tareas– sería la siguiente:

- 1) Cualificaciones y competencias digitales: probabilidad/posibilidad de adquisición de nuevos conocimientos y competencias del puesto digitalizado/robotizado (demandados y proporcionados por la organización), *paradoja de la autonomía* (“autoexplotación”);
- 2) Factores ergonómicos y condiciones de trabajo: intensidad y ritmo, nuevos riesgos/peligros laborales de las tecnologías i40;
- 3) Factores psicosociales: utilidad y satisfacción subjetiva del puesto digitalizado/automatizado, apoyo organizativo, aportación de recursos organizativos suficientes para las tareas digitalizadas;

- 4) Aprendizaje, formación continua y desarrollo profesional: oportunidades organizativas (internas) de formación tecnológica y digital, aprendizaje de nuevas competencias/conocimientos *transferibles* en tecnologías i40, "alfabetización en inteligencia artificial";
- 5) Tiempo de trabajo y conciliación laboral: amplitud de jornada, horarios atípicos, posibilidades de (des)conexión digital, flexibilidad para la conciliación familiar y teletrabajo;
- 6) Gestión participativa: participación del factor humano en decisiones sobre el diseño tecnológico (i40) del puesto de trabajo, posibilidad e intensidad de negociación tecnológica sindical (Lahera Sánchez, 2004);
- 7) Diseño y gestión de algoritmos de inteligencia artificial en la organización del trabajo: participación (y agencia) en el diseño de los algoritmos por el factor humano o sus representantes sindicales, protección de datos personales, principio de "ser humano al mando" (*human-in-command*) en el diseño y operación de algoritmos, "vigilancia y evaluación algorítmica (de perfiles individuales)" (Ponce del Castillo, 2021);
- 8) Seguridad en el empleo: tipo de relación laboral, perspectivas de desarrollo profesional en la empresa, "plataformización" y/o trabajo autónomo *forzado*;
- 9) Retribuciones: categoría salarial y revisión por implantación de i40, igualdad y equidad salarial, negociación y redistribución de ganancias de productividad tecnológicas (por digitalización/robotización).

La evaluación de estas dimensiones<sup>19</sup> se realizaría, desde un enfoque basado en la ergonomía y la psicología del trabajo,

<sup>19</sup> Esta Matriz FINDeR-UCM analiza esas nueve dimensiones referidas a las condiciones de trabajo y empleo de los puestos de trabajo digitalizados y/o robotizados mediante la incorporación de un mayor número de indicadores que los sintetizados en este artículo: considerando para su evaluación empírica, en su versión actual, 49 indicadores o características de la organización del trabajo automatizado en su interacción con el factor humano que lo desempeña.

con el empleo de las técnicas de investigación de las ciencias sociales del trabajo habituales, adaptadas a las prácticas y tecnologías de i40: observación de la actividad situada de trabajo, autoconfrontación del factor humano con su actividad, evaluación de riesgos laborales y métodos globales de análisis de condiciones de trabajo, entrevistas y grupos focales, listas de comprobación, identificación de *huellas* del trabajo y análisis ergonómico del trabajo.

La aplicación empírica de esta *Matriz FINDeR-UCM 1.0* para la evaluación de procesos de digitalización y/o robotización de una empresa u organización concreta en su posible implantación de tecnologías de Industria 4.0 permitiría identificar si esa innovación tecnológica se centra en un modelo de digitalización/robotización de sustitución del factor humano (*replacing digitization*) o si, por el contrario, apuesta por un modelo de digitalización/robotización de integración (*augmentation digitization*) del factor humano (Lahera Sánchez, 2019 y 2020).

El modelo de sustitución implica como objetivo organizativo la reducción o eliminación del factor humano y sus competencias en una producción automatizada y construida exclusivamente sobre la fiabilidad tecnológica, con lo que el posible deterioro de las condiciones de trabajo, de los niveles de cualificación, de participación, de seguridad en el empleo y salariales del factor humano se detectarían a través de los indicadores de la matriz de evaluación diseñada (Lahera Sánchez, 2006).

Por el contrario, el modelo de integración implicaría (ergonómicamente) que la digitalización tiene como objetivo no sustituir el trabajo humano, sino complementar las competencias del factor humano para incrementar el uso eficiente de la propia fiabilidad tecnológica con el apoyo de la fiabilidad humana. El modelo sitúa en el centro a un factor humano cualificado, con competencias cognitivas, emocionales, de gestión y resolución de problemas, capaz de extraer todo el potencial a la propia tecnología i40 a través de esas condiciones de trabajo, de cualificación y demás dimensiones evaluadas e identificadas por la matriz diseñada.

Por tanto, esta propuesta de matriz de análisis empírico pretendería contribuir a eva-

luar los contornos, las posibilidades y características positivas y negativas que la transformación digital del trabajo humano puede provocar en las condiciones de empleo y de trabajo de la ciudadanía. Sin el conocimiento de ese “trabajo real”, del uso real de las tecnologías digitales, cualquier pronóstico o “vaticinio” sobre el futuro del trabajo o del empleo puede estar más cerca de la ciencia ficción que de la comprobación empírica.

Por último, se defiende también que es imprescindible no centrarse exclusivamente en la cantidad de puestos de trabajo que pueden crear, transformar o sustituir las tecnologías de esta Cuarta Revolución Industrial, sino evaluar, prioritariamente, la “calidad” de esos puestos de trabajo digitalizados y robotizados respecto a las condiciones y salud laboral de quienes los desempeñen en un futuro en el que se mantendrá el empleo y trabajo humanos.

#### 4. BREVES CONCLUSIONES

#### BIBLIOGRAFÍA

En definitiva, las propuestas recogidas en este artículo pretenden contribuir al debate sobre el futuro del empleo y del trabajo humano, mostrando las limitaciones, especialmente empíricas, de aquellos enfoques y discursos que difunden la inevitabilidad de un desempleo tecnológico masivo como consecuencia de la expansión de la IA y de la robotización en la gestión de los procesos de producción de bienes o prestación de servicios.

Alternativamente, es imprescindible estudiar (y acceder a) los comportamientos organizativos de las empresas que se están digitalizando, cómo diseñan e implantan “realmente” las tecnologías de la i40 en sus puestos de trabajo y cómo sus trabajadores/as se enfrentan a ellas: observar sus resultados empíricos.

Precisamente, a partir de los resultados de las múltiples experiencias revisadas, se muestra, al menos por ahora: 1) que no se está produciendo la emergencia de ese temido desempleo tecnológico masivo; 2) que las empresas avanzan de manera muy cauta (y mucho más lenta de lo esperado) en esa digitalización, por sus elevados costes y limitada fiabilidad actual (ensayo y error); 3) que la formación continua en competencias digitales no parece estar siendo impartida a quienes “pierden” con la digitalización, lo que plantea problemas sociales de vulnerabilidad laboral y posible exclusión social; y 4) que el trabajo humano (la computación humana) sigue siendo fundamental para un funcionamiento más eficaz y rentable de la inteligencia artificial, compensándose las debilidades y fortalezas de ambas.

ACEMOGLU, D. y RESTREPO, P. (2017). Robots and Jobs. Evidence from U.S. Labor Markets. *Working Paper*, 23285. National Bureau of Economic Research,

ADACHI, D., KAWAGUCHI, D. y SAITO, Y. (2020). Robots and employment: Evidence from Japan, 1978-2017. *Discussion Paper*, 20-E-051. Research Institute of Economy, Trade and Industry,.

ÁLVAREZ, G. y PÉREZ ZAPATA, O. (2020). Hacia la plataforma digital cualificada. En: A. RIESCO (Ed.), *Fronteras del trabajo asalariado*. Madrid: La Catarata.

ARNTZ, M., GREGORY, T. y ZIERAHN, U. (2016). The Risk of Automation for Jobs in OCDE countries: A Comparative Analysis. *OCDE Social, Employment & Migrations Working Papers*, 189.

AUTOR, D. (2015). Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation. *Journal of Economic Perspectives*, 29 (3), pp. 3-30.

AUTOR, D., GOLDIN, C. y KATZ, L. F. (2019). Extending the race between education and technology. *2020 American Economics Association Meetings*.

AUTOR, D., MINDELL, D. y REYNOLDS, E. (2020). *The Work of the Future: Building better jobs in an age of Intelligent Machine*. MIT Task Force on the Work of the Future.

BENANAV, A. (2019). Automation and the future of work. *New Left Review*, 119 y 120.

BRYNJOLFSSON, E. y MACAFEE, A. (2011). *Race Against the Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*. Digital Frontier Press.

BRYNJOLFSSON, E. y MACAFEE, A. (2015). *The Second Machine Age: Work, Progress and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*. W.W. Norton & Company.

CAZES, S., HIZJEN, A. y SAINT-MARTIN, A. (2016). Measuring and Assessing Job Quality: The OECD Job Quality Framework. *OECD Social, Employment and Migration, Working Paper*, 174.

COLDEWEY, D. (11 de noviembre de 2019). Adidas backpedals on robotic shoe production with Speedfactory closures. *Tech Crunch*.

COMISIÓN EUROPEA (2017). Attitudes towards the impact of digitisation and automation on daily life. *Special Eurobarometer*, nº 460.

COTEC (2020). *III Encuesta de Percepción Social de la Innovación en España*. Fundación COTEC para la Innovación y Sigma Dos.

DAUTH, W., FINDEISEN, S., SUEDEKUM, J. y WOESSNER, N. (2018). Adjusting to robots: Worker-level evidence. Opportunity & Inclusive Growth Institute, *WP*, nº 13.

DEGRYSE, CH. (2016). Digitalisation of the economy and its impact on labor markets. *European Trade Unions Institute-ETUI Working Paper*, 2016.02.

DELLOT, B. (20 de julio de 2018). Why automation is more than just a job killer? RSA blog, Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce. <https://www.thersa.org/blog/2018/07/the-four-types-of-automation-substitution-augmentation-generation-and-transference>

DELLOT, B. y WALLACE-STEPHENS, F. (2018). *Good work in an age of radical technologies*. Royal Society for the Encouragement of Arts, Manufactures and Commerce.

DOMÉNECH, R., GARCÍA, J. R. MONTÁÑEZ, M. y NEUT, A. (2018). ¿Cuán vulnerable es el

empleo en España a la revolución digital? *BBVA Research: Observatorio Económico*.

EKBIA, H. y NARDI, B. (2014). Heteromation and its (dis)contents: the invisible division of labor between humans and machines. *First Monday*, 19(6).

EKBIA, H. y NARDI, B. (2017). *Heteromation and Other Stories of Computing and Capitalism*. Cambridge. MIT Press.

EKBIA, H. R. (2016). Digital inclusion and social exclusion: the political economy of value in a networked world. *The Information Society*, 32(3), pp.165-175.

EMCO-EUROPEAN UNION (2010). Ad Hoc Group Report on the Thematic Review "Quality of Work". *Employment Committee Report*, nº 6.

EU-OSHA (2018). *Foresight on new and emerging occupational safety and health risks associated with information and communication technologies and work location by 2025*. European Agency for Safety and Health at Work.

EUROFOUND (2012). *Trends in Job Quality in Europe*. Publication Office of the European Union.

EUROFOUND (2017). *6<sup>th</sup> European Working Conditions Survey – Overview Report*. Publication Office of the European Union.

EUROFOUND (2018). *Game changing technologies. Exploring the impact on production processes and work*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

EUROFOUND (2019). *The Future of Manufacturing in Europe*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

EUROFOUND (2019b). Advanced robotics: Implications of game-changing technologies in the services sector in Europe. Eurofound WPEF19001.

EUROFOUND (2020). *Game-changing Technologies: Transforming Production and Employment in Europe*. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea.

FORD, M. (2015). *The Rise of Robots*. Oneworld Publications.

FREY, C. B. (2019). *The Technology Trap. Capital, Labor and Power in the Age of Automation*. Princeton University Press.

FREY, O. B. y OSBORNE, M. A. (2013). *The Future of Employment: How Susceptible are Jobs to Computerization?* Oxford Martin School. *Working paper*. University of Oxford.

GRAY, M. L. y SURI, S. (2019). *Ghost Work: How to Stop Silicon Valley from Building a New Global Underclass*. HMH Books.

GREGORY, T., SALOMONS, A. y ZIERAHN, U. (2016). *Racing With or Against the Machine? Evidence for Europe*. Centre for European Economic Research-ZEW.

HERTFELD, E. (13 de enero de 2019). Japan's Henna Hotel fires half its robot workforce. *Hotel Management*. <https://www.hotelmanagement.net/tech/japan-s-henn-na-hotel-fires-half-its-robot-workforce>

HIDALGO, M. A. (2018). *El empleo del futuro. Un análisis del impacto de las nuevas tecnologías en el mercado laboral*. Deusto.

HINOJOSA, C. y POTAU, X. (2017). Advanced Industrial Robotics: Taking human-robot collaboration to the next level. Eurofound, WPFOMEEF, 18003.

INTERNATIONAL FEDERATION OF ROBOTICS (2018). *Robots and the workplace of the future. IFR Positioning Paper*.

IRANI, L. y SIX SILBERMAN, M. (2013). Turkopticon: Interrupting worker invisibility in Amazon Mechanical Turk. *Annual CHI Conference on Human Factors in Computing System 2013*.

KLENERT, D., FERNÁNDEZ-MACÍAS, C. y ANTÓN, J. I. (2020). Do robots really destroy jobs? Evidence from Europe. Joint Research Center-European Commission, JCR 118393.

KLENERT, D., FERNÁNDEZ-MACÍAS, E. y ANTÓN, J. (2020). Do robots really destroy jobs? Evidence

from Europe. *JRC Working Paper*, 2020/01. Comisión Europea.

KNACK, A., DESHPANDE, A., HOORENS, S. y GUNASHEKAR, S. (2019). Virtual and augmented reality: Implications of game-changing technologies in the services sector in Europe. *Eurofound Working Paper WPEF*, 19004.

KNACK, A., HOORENS, S., DESHPANDE, A. y GUNASHEKAR, S. (2020). Wearable devices: Implications of game-changing technologies in services in Europe. *Eurofound Working Paper WPEF*, 19005.

KOCH, M., MANUYLOV, I. y SMOLKA, M. (2019). Robots and Firms. *CESifo Working Paper*, 7608.

KOLBE, D. (2020). Into a new era of work. En: *Social Europe, Artificial Intelligence* (pp. 10-15). Social Europe Publishing.

LAHERA SÁNCHEZ, A. (2005). *Enriquecer el Factor Humano*. El Viejo Topo-Fundación de Investigaciones Marxistas.

LAHERA SÁNCHEZ, A. (2006). *Diseño tecnológico y proceso de trabajo: mutaciones organizativas en empresas de ingeniería mecánica*. Miño y Dávila Editores.

LAHERA SÁNCHEZ, A. (2019). Digitalización, robotización, trabajo y vida: Cartografías, debates y prácticas. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 37(2), pp. 249-273.

LAHERA SÁNCHEZ, A. (2021). El debate sobre la digitalización y la robotización del trabajo (humano) del futuro: automatización de sustitución, pragmatismo tecnológico, automatización de integración y heteromatización. *Revista Española de Sociología*, 30(2).

LAHERA SÁNCHEZ, A., NEGRO, A. y TOVAR, F. J. (2021). Sindicalismo 4.0 y negociación tecnológica: Por un diseño integrador de los procesos de digitalización y robotización. En: *Iniciativa Interuniversitario sobre el Futuro del Trabajo* (pp. 580-592). Ministerio de Trabajo y Economía Social e Organización Internacional del Trabajo.

LASÉN DÍAZ, A. (2019). Lo ordinario digital: digitalización de la vida cotidiana como forma

de trabajo. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 37(2), pp. 313-330.

LESCHKE, J., WATT, A. y FINN, M. (2008). Putting a Number on Job Quality? Constructing and European Job Quality Index. *Working Paper*, 2008.03. European Trade Union Institute.

LESCHKE, J., WATT, A. y FINN, M. (2012). Job Quality in the Crisis – An Update of the Job Quality Index-JQI. *Working Paper*, 2012.07. European Trade Union Institute.

LOBERA, J. y TORRES-ALBERO, C. (Eds.) (2019). *Percepción social de la Ciencia y la Tecnología 2018*. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología-FECYT.

McKINSEY GLOBAL INSTITUTE (2017). *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*. McKinsey & Company.

MISHEL, L. y BIVENS, J. (2017). The Zombie Robot Argument Lurches On: There is no evidence that automation leads to joblessness or inequality. Economic Policy Institute, report 126750.

MIT-MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY (2020). Manufacturing in America: A view from the field. *MIT Research Brief* n° 16.

MUÑOZ DE BUSTILLO, R., FERNÁNDEZ-MACÍAS, E., ESTEVE, F. y ANTÓN, J. I. (2009). *Indicators of Job Quality in the European Union*. Parlamento Europeo.

MUÑOZ DE BUSTILLO, R., FERNÁNDEZ-MACÍAS, E., ESTEVE, F. y ANTÓN, J. I. (2011) E Pluribus Unum? A Critical Survey of Job Quality Indicators. *Socio-Economic Review*, 9, pp. 447-475.

NARDI, B. y EKBA, H. (2018). The future of human labor: A look at manufacturing and war. *ACM-Association for Computing Machinery SIGCAS Computer & Society*, 47(4), pp. 46-53.

NEDELKOSKA, L. y QUINTINI, G. (2018). Automation, skills use and training. *OECD Social Employment & Migration Working Papers*, n° 202.

OECD (2017). *Guidelines on Measuring the Quality of the Working Environment*. OECD.

O' NEILL, C. (2018). *Armas de destrucción matemática*. Capitán Swing.

ORGANIZACIÓN INTERNACIONAL DEL TRABAJO-INTERNATIONAL LABOUR ORGANIZATION (2013). *Decent Work Indicators. Guidelines for Producers & Users of Statistical and Legal Framework*. ILO Publications.

ORTEGA, A. (2016). *La imparable marcha de los robots*. Alianza Editorial.

PARLAMENTO EUROPEO (2021). *Digital automation and the future of work*. EPRS, PE656.311.

PERUFFO, E., RODRÍGUEZ CONTRERAS, D. y SCHMIDLECHNER, L. (2017). Digitisation of processes. Literature review. Eurofound.

PERUFFO, E., SCHMIDLECHNER, L., RODRÍGUEZ CONTRERAS, D. y MOLINUEVO, D. (2017). Automation of work. Literature review. Eurofound.

PEW RESEARCH CENTER (2019). *Looking for the Future. Public Sees an America in Decline on Many Fronts*. PRC.

PIASNA, A. (2017). Bad Jobs Recovery? European Job Quality Index 2005-2015. European Trade Union Institute, WP2017-06.

PFEIFFER, S. (2016). Robots, Industry 4.0 and humans, or why assembly work is more than routine work. *Societies*, 16(16).

PFEIFFER, S. (2018). The "Future of Employment" on the Shop Floor: Why Production Jobs are Less Susceptible to Computerization than Assumed. *International Journal for Research in Vocational Education and Training*, 5(3), pp. 208-225.

PONCE DEL CASTILLO, A. (2021). The AI Regulation: entering an AI regulatory winter? ETUI Policy Brief 2021.7.

PORTER, J. (13 de noviembre de 2019). Adidas to end robotic shoe production in Germany and the US. *The Verge*. <https://www.theverge.com/2019/11/13/20962688/adidas-robotic-speedfactories-ansbach-germany-atlanta-usa-athletic-shoes>

PRICE WATERHOUSE COOPERS (2018). Will robots really steal our jobs? PWC documents.

RANSBOTHAM, S., KHODABANDEH, S., FEHLING, R., LAFOUNTAIN, B. y KIRON, D. (2019). *Winning With AI*. MIT Sloan Management Review y Boston Consulting Group.

SCHAUFELI, W. B. y TARIS, T. W. (2014). A Critical Review of the Jobs Demands-Resources Model: Implications for Improving Work and Health. En: G. F. BAUER y O. HÄMMIG. *Bridging Occupational, Organizational and Public Health: A Transdisciplinary Approach*. Springer Netherlands.

SCHOLTEN, CH. (2017). Industrial Internet of Things: Digitisation, value networks and changes in work. Eurofound WPFOMEEF 18006.

SEAMANS, R. y RAJ, S. (2018). AI, labor, productivity, and the need for firm-level data. *Working Paper*, 24239. National Bureau of Economic Research.

SERRANO, A. y FERNÁNDEZ RODRÍGUEZ, C. J. (2018). De la metáfora del mercado a la sinécdoque del emprendedor: la reconfiguración política del modelo referencial de trabajador. *Cuadernos de Relaciones Laborales*, 36(2), pp. 207-224.

STEWART, K., DESHPANDE, A., HOORENS, S. y GUNASHEKAR, S. (2019). Advanced robotics. Implications of game-changing technologies in the service sectors. *Eurofound Working Paper WPEF*, 19001.

SUSSKIND, D. (2020). *A World without Work. Technology, Automation and How We Should Respond*. Henry Holt & Company.

UNECE (2015). *Handbook on Measuring Quality of Employment. A Statistical Framework*. United Nations Economic Commission for Europe.

UNICE (2011). *Employment and Social Policies: A Framework for Investing in Quality*. Union of Industrial & Employers Confederation of Europe, UNICE Position Paper.

VAN BARNEVELD, J. y JANSON, T. (2017). Additive Manufacturing: A layered revolution. *Eurofound Working Paper WPFOMEEF*, 18002.

WARHURST, C., WRIGHT, S. y LYONETTE, C. (2017). *Understanding and Measuring Job Quality*. Chartered Institute of Personnel & Development.

WONG, J. C. (17 de mayo de 2017). Tesla factory workers reveal pain, injury, and stress: "Everything feels like the future but us". *The Guardian*. <https://www.theguardian.com/technology/2017/may/18/tesla-workers-factory-conditions-elon-musk>

WOLTERS, L. (2020). Robots, automation, and employment: where we are. *MIT Work of the Future Working Paper*, 05-2020.

WORLD ECONOMIC FORUM (2016). *The Future of Jobs. Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*. WEF.

WORLD ECONOMIC FORUM (2018). *The Future of Jobs Report 2018*. WEF.