

Sociología del Trabajo

ISSN-e 2603-9710

<https://dx.doi.org/10.5209/stra.92439>

 EDICIONES
COMPLUTENSE

Más allá de la automatización. Impacto de la Cuarta Revolución Industrial sobre las condiciones de trabajo y la cualificación

José Luis López Carmona¹

Recibido: 20/08/2023 / Aceptado: 16/12/2023

Resumen. La actual digitalización de las empresas en el sector industrial genera un *nuevo entorno digital* que tiene efectos diversos sobre las condiciones de trabajo, representando un nuevo modelo de consumo y organización del factor humano en las fábricas y talleres. En este artículo se presentan una parte de los resultados obtenidos en una investigación de cinco años para medir y evaluar el impacto ocupacional de la industria 4.0. En concreto, se exponen los resultados relativos a la existencia de una serie de factores que, como resultado de la digitalización de las empresas, tienen capacidad para alterar las condiciones de trabajo en los diferentes empleos y ocupaciones.

Palabras clave: Cuarta Revolución Industrial, industria 4.0, digitalización, entorno digital de trabajo.

[en] Beyond the automation. Impact of the Fourth Industrial Revolution on Working Conditions and Qualifications

Abstract. The current digitalization of companies in the industrial sector generates a *new digital environment* that has diverse effects on working conditions, representing a new model of consumption and organization of the human factor in factories and workshops. This article presents some of the results obtained in five-year research to measure and evaluate the occupational impact of Industry 4.0. Specifically, the results are presented regarding the existence of a series of factors that, because of the digitalization of companies, have the capacity to alter working conditions in different jobs and occupations.

Keywords: Fourth Industrial Revolution, Industry 4.0, digitalization, digital work environment.

Sumario: 1. Introducción 2. Metodología 3. Más allá de la automatización: Un nuevo entorno digital de trabajo en las fábricas 4. Mapeado de los impactos ocupacionales en el nuevo entorno digital 5. Conclusiones 6. Referencias bibliográficas.

Nota biográfica: Doctor en sociología por la Universidad Complutense de Madrid. Su área de investigación son las transformaciones del trabajo en la Cuarta Revolución Industrial, lo que se define como trabajo 4.0. Recientemente ha leído en la Universidad Complutense su tesis doctoral sobre los efectos de la digitalización de la industria en las ocupaciones y empleos en el sector manufacturero español.

Su trayectoria profesional ha estado en el mundo de la empresa, desarrollando una carrera de más de 20 años en el área de Recursos Humanos, y ocupando posiciones de dirección y de consultor especializado en Selección y Formación. Desde 2017 trabaja como profesional independiente, desarrollando proyectos de consultoría y gestión del aprendizaje relacionados con la digitalización y sus consecuencias para las organizaciones y las personas. Es autor del blog Trabajo 4.0 (trabajo4cero.com).

Cómo citar: López Carmona, J. L. (2023). Más allá de la automatización. Impacto de la Cuarta Revolución Industrial sobre las condiciones de trabajo y la cualificación. *Sociología del Trabajo* 103, 29-42. <https://dx.doi.org/10.5209/stra.92439>

1. Introducción

Desde la segunda década de este siglo, con la incorporación de las tecnologías que están protagonizando la actual revolución tecnológica (la llamada *Cuarta Revolución Industrial*) a todas las esferas de la actividad económica, se está renovando el interés académico –si es que en algún momento ha desaparecido totalmente– por las consecuencias sociales de la innovación tecnológica sobre el trabajo y el empleo. Este debate se traslada a la esfera pública, y desde los medios de comunicación se recogen de manera asidua noticias de cómo las nuevas tecnologías hacen que ocupaciones o tareas que hasta el momento concebíamos como esencialmente humanas sean realizadas por máquinas. Estas noticias aparecen y generan un debate social que muchos viven con preocupación y con ciertas dosis de resignación.

¹ E-mail: jose.luis.lopez@trabajo4cero.com

Este interés social, percibido como “ansiedad tecnológica”, no es nada novedoso. A lo largo de la historia, la tecnología ha sido considerada, en general, la principal fuente de progreso económico, pero también ha generado preocupación por los efectos sobre el desempleo y la *deshumanización* (sustitución de hombres por máquinas) del trabajo (Mokyr et al., 2015). Esta preocupación suele coincidir cuando confluyen dos circunstancias. En primer lugar, un cambio tecnológico de amplio alcance, como es la actual revolución tecnológica (Warhurst y Hunt, 2019), que consigue reconfigurar todas las esferas de la vida social mediante las llamadas “Tecnologías de Propósito General”. Y, por otro lado, una crisis económica como la que se ha experimentado a nivel mundial entre 2008 y 2014 y que ha tenido en la *crisis sanitaria del Covid*, entre 2019 y 2021, un segundo capítulo.

Tradicionalmente el estudio de las relaciones entre tecnología y trabajo se ha centrado en los efectos del cambio tecnológico sobre el nivel de empleo (creación y destrucción de puestos de trabajo) y sobre la estructura ocupacional. Con la difusión de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) en la industria y los servicios desde las últimas décadas del siglo XX las investigaciones se han orientado hacia el análisis de otras temáticas (Castaño et al., 2002). Así entonces, a la continuidad de los debates sobre el desempleo tecnológico y sus consecuencias sociales, se unieron otros temas de interés relativos a: los cambios en el uso de los diversos factores (capital y trabajo) en la producción de bienes y servicios (Hidalgo, 2018); los cambios en la composición de las tareas en los puestos de trabajo, o las habilidades necesarias para afrontar los cambios tecnológicos (Acemoglu, 2000; Autor, 2015); o a las nuevas formas de flexibilidad de la fuerza de trabajo (Eurofound, 2017b), entre otros.

Más allá de las consecuencias que la automatización provoca en el nivel de empleo, la conjunción de innovaciones tecnológicas e innovaciones organizativas en el interior de las empresas alteran el modelo de uso y consumo productivo del trabajo. Por eso desde los años 1980 venimos asistiendo desde la sociología y otras ciencias sociales a un crecimiento del interés por los efectos de la *complementariedad entre capital y trabajo* (Castaño, 1994; Goldin y Katz, 1998; Hidalgo, 2018), en un intento por trasladar el debate “hacia el trabajo humano y el proceso mismo de producción, como origen y motor de los cambios” (Castillo, 1991). El foco de los estudios se dirige a los cambios generados por la tecnología sobre las tareas, que son lo que las personas hacen en el trabajo. Por tanto, la incorporación de una nueva generación de tecnologías en las empresas tiende generalmente a eliminar, transformar o agregar tipos específicos de tareas, transformando el contenido de los empleos y ocupaciones (Acemoglu y Restrepo, 2017; Autor, 2015; Autor et al., 2001). En estos estudios, las tareas se clasifican en función de dos criterios. Por un lado, las tareas pueden diferenciarse por el grado de rutinización, es decir en qué medida la tarea se realiza en un ambiente controlado y se basa en movimientos predecibles, que responden a unas reglas claras y explícitas. La otra distinción se establece entre el tipo de actividad que se realiza, clasificando a la tarea en manual (requiere de la manipulación de objetos) o cognitiva (supone esfuerzo mental).

Tomando esta clasificación, diferentes estudios e investigaciones apuntan a que asistimos desde la primera década del siglo XXI a una *segunda ola de automatización* que, de la mano de la robótica industrial y la Inteligencia Artificial, está afectando a las ocupaciones y empleos en todos los sectores de actividad (Brynjolfsson et al., 2018; Ford, 2016; Frey y Osborne, 2013; Ortega, 2016). La *primera ola de automatización*, iniciada en la década de los 1970 con los primeros robots industriales y que se intensifica en las dos décadas siguientes con el desarrollo de la informática, afectó principalmente a las tareas rutinarias. Esto supuso un alcance limitado a determinados sectores y actividades productivas, como fue el caso de la industria del automóvil, donde se conjugaban dos tipos de factores que hacían idónea la automatización del trabajo. Primero porque en estas actividades las tareas rutinarias eran numerosas, propias de un sistema de producción fordista basado en la cadena de montaje y/o la estandarización de puestos de trabajo. Pero también, porque los salarios de estos trabajadores eran relativamente elevados en comparación con otros sectores y actividades industriales debido a la alta productividad que se conseguía (Hidalgo, 2018).

En la *segunda ola*, la automatización alcanza más esferas productivas. El desarrollo de las nuevas tecnologías de la *Cuarta Revolución Industrial*, como el uso de la IA, el *big data* o la nueva generación de robot industriales, permiten mayores niveles de productividad que el trabajo realizado por humanos en un mayor número y diversidad de ocupaciones y empleos (Frey y Osborne, 2013). La automatización se extiende hacia el resto de las tareas que no fueron automatizadas en la *primera ola*; las ocupaciones con más riesgo de ser automatizadas serán empleos con tareas manuales no rutinarias y empleos con tareas cognitivas, tanto rutinarias como no rutinarias. Además, la automatización seguirá afectando a aquellos empleos que ya fueron golpeados por ella en la *primera ola*, principalmente empleos con tareas manuales y rutinarias, pero que aún permanecían en manos de los humanos por la mayor ventaja comparativa que todavía suponían respecto a las máquinas.

Los estudios que ponen el foco en la automatización de las tareas han recibido varias **críticas** sobre determinados aspectos de la teoría sobre la que se sustentan. La primera tiene relación con que estos estudios se centran en un número reducido de dimensiones de las tareas, como es el caso del nivel de rutina (la posibilidad técnica de convertir la tarea en reglas explícitas y codificables), que se considera como la variable más discriminante a la hora de determinar el grado de riesgo de que la tarea sea automatizada (Fernández-Macias y Bisello, 2020). Junto a la anterior, existe un segundo tipo de crítica que se realiza a estos estudios y es la presumible inevitabilidad de los cambios. En estos estudios se tiende a minusvalorar los aspectos sociales y organizativos de la producción que hay detrás de la incorporación de las nuevas tecnologías en las empresas (Castillo, 1991, 1994; Rodrigues et al., 2021)

Una forma de salvar las críticas anteriores supone estudiar en su conjunto las transformaciones productivas que tienen lugar en las empresas con motivo de la incorporación de las tecnologías de la *Cuarta Revolución Industrial* en los procesos productivos. La *transformación digital de la empresa*, como concepto, nos puede servir de marco o esquema interpretativo para analizar los efectos que la combinación de innovaciones tecnológicas y organizativas

tienen sobre las ocupaciones. La transformación digital consiste en un cambio total de las organizaciones “mediante la implementación de tecnologías contemporáneas y la introducción de nuevos procesos de negocio con el fin de crear nuevos productos y servicios, o mejorar los existentes, y entregarlos al mercado global de manera más rápida, barata e innovadora” (Pihir et al., 2019:33; trad. propia).

En este artículo vamos a exponer una parte de los resultados obtenidos en una investigación realizada para medir y evaluar el impacto ocupacional de la industria 4.0, y que ha sido parte de una tesis doctoral leída recientemente en la Universidad Complutense de Madrid (López Carmona, 2023). En concreto, exponemos los resultados relativos a la existencia de una serie de factores que, como resultado de la digitalización de las empresas, tienen capacidad para alterar las condiciones de trabajo en los diferentes empleos y ocupaciones.

El artículo se estructura en cuatro partes. En un primer apartado se describe la estrategia metodológica multimétodo que se siguió en esta fase de la investigación. En el segundo apartado se describen un grupo de cuatro factores explicativos que se han identificado para estudiar el impacto ocupacional que tiene la digitalización de las empresas, y que suponen un *nuevo entorno digital de trabajo* en las fábricas. En el tercer apartado describimos los efectos encontrados de este *nuevo entorno digital de trabajo* sobre las ocupaciones y los empleos en el sector industrial. Finalizamos el artículo con un apartado de conclusiones.

2. Metodología

Dentro de una investigación que llevó cinco años y donde se estudió el impacto ocupacional de la industria 4.0 en el sector manufacturero español, se procedió a analizar de qué manera el conjunto de transformaciones productivas que acompañaban a la digitalización de las empresas se trasladaba a las ocupaciones y empleos.

Por ello, en esta fase de la investigación el interés se centró en dos cuestiones. Primero, se pretendió identificar una serie de factores explicativos que, como consecuencia de la digitalización de las empresas, tenían capacidad para impactar en las condiciones de trabajo. Pero también, como segunda cuestión estaba el desarrollo de un mapeado de los posibles efectos que estos factores explicativos tenían sobre el conjunto de ocupaciones y empleos.

Para dar respuesta a ambas cuestiones, la estrategia de investigación que se siguió combinó el uso de fuentes documentales con el uso de la técnica de la entrevista cualitativa (Corbetta, 2010) y la consiguiente triangulación de resultados (Cea D’Ancona, 2012).

2.1. Fuentes documentales

El uso de documentos representaba para los fines perseguidos una doble ventaja. En primer lugar, estos documentos contienen información no reactiva, que no se ve afectada por la relación del investigador y los sujetos investigados. Además, la lectura de estos documentos permitió estudiar la evolución en los últimos 20 años de las condiciones de trabajo en Europa.

Se utilizaron informes y artículos científicos sobre las condiciones de trabajo en Europa y España, publicados desde 2016. Los informes proceden tanto de organismos internacionales como nacionales. Entre los primeros están los informes y estudios de la Comisión Europea, Eurofound y el Consejo Económico y Social (CES) europeo. También se recurrió a informes del CES en España, y a estudios promovidos por los dos sindicatos mayoritarios en nuestro país, Comisiones Obreras (CCOO) y Unión General de Trabajadores (UGT).

De manera especial se acudió a diversos estudios e informes que desde la *Fundación Europea para la Mejora de las Condiciones de Vida y de Trabajo* (Eurofound) se han realizado dentro del proyecto “*Future of Manufacturing in Europe*”². El proyecto, originado a instancias del Parlamento Europeo y delegado a Eurofound por la Comisión Europea, ha consistido en un estudio exploratorio sobre el futuro de la industria manufacturera en Europa que comenzó en abril de 2015 y duró cuatro años. El informe final del proyecto se presentó en abril de 2019 (Eurofound, 2019). También se revisaron los informes de la *Agencia Europea para la Seguridad y Salud en el Trabajo* (EU-OSHA) que en los últimos años viene publicando dentro de su “*Proyecto de prospectiva EU-OSHA*”³ sobre el impacto que tiene para el trabajo la incorporación de las tecnologías digitales a los procesos productivos, incluida la inteligencia artificial y la robótica, y el posible impacto resultante en la seguridad y la salud en el trabajo.

2.2. Entrevistas cualitativas

Además de las fuentes documentales, el modo de acercarnos y recoger una visión lo más aproximada al estudio del impacto ocupacional de la industria 4.0 sobre las condiciones de trabajo, ha sido la entrevista cualitativa.

Se realizaron de manera sucesiva dos series de entrevistas para dar cuenta de los dos objetivos marcados. En una primera serie se seleccionó una muestra de 24 *interlocutores clave* para conocer sobre qué contenidos y formas las empresas del sector industrial se estaban digitalizando. Entre las cuestiones que se abordaron en las entrevistas se trató de los factores explicativos mediante los cuales estas transformaciones productivas alteraban o cambiaban las condiciones de trabajo en las ocupaciones y los empleos del sector, y que constituían un *nuevo entorno digital de*

² Información obtenida en <https://www.eurofound.europa.eu/observatories/emcc/fome>

³ Información obtenida de <https://osha.europa.eu/es/emerging-risks/developments-ict-and-digitalisation-work>

trabajo. En una segunda tanda de entrevistas se seleccionó una muestra de 12 *trabajadores del sector industrial* para mapear los efectos que tenían los anteriores factores explicativos que habíamos descubierto en el paso anterior para las condiciones de trabajo.

2.2.1. Entrevistas a interlocutores clave

En el **diseño de la muestra** se pretendió que estuvieran representadas cuatro situaciones que, a juicio de investigador, cubren la variedad de instancias sociales y productivas desde la que se produce la implantación de la *Industria 4.0* en España (representatividad sustantiva):

- Empresas industriales en proceso de adaptación a la Industria 4.0.
- Proveedores de soluciones tecnológicas e industriales.
- Observatorios, Institutos Tecnológicos, Consultoras de Industria 4.0.
- Representantes de la Administración Pública y de los Agentes Sociales.

En la definición de los grupos hemos primado aquellos que podían darnos una visión técnica y productiva *pegada al terreno* de las experiencias *reales* de transformación digital en la industria española; también por su cercanía con los efectos que los cambios productivos tenían sobre los empleos y las ocupaciones. Así, se han buscado perfiles de profesionales del campo de la ingeniería de producción, o del área de instalación y mantenimiento de las nuevas tecnologías habilitadoras. También hemos recurrido a perfiles del campo de la consultoría que trabajan en el desarrollo de programas y estrategias de modernización tecnológica y organizativa para empresas y plantas industriales.

El proceso de **búsqueda y selección de participantes** se realizó acudiendo a la red social y profesional LinkedIn. La búsqueda fue ardua, el contexto social y económico protagonizado por la emergencia sanitaria de la COVID-19 no favoreció en nada el esfuerzo del investigador. Se necesitó contactar con más de un centenar de personas –exponiendo el tema de la investigación y solicitando colaborar en ella mediante una entrevista– para conseguir la muestra de 24 interlocutores, con el perfil definido, que finalmente aceptaron la invitación (Tabla 1).

Debido también a la situación excepcional vivida en el año 2020 y a las dificultades mencionadas para conseguir interlocutores, la realización de las entrevistas se prolongó más de lo habitual en estos casos, desde mayo de 2020 hasta febrero 2021. Antes de celebrarse las entrevistas, todos los participantes recibieron por correo electrónico un modelo de consentimiento informado, donde se exponían los objetivos de la entrevista y las temáticas a discutir en la misma.

Las entrevistas se realizaron por videoconferencia, utilizando Google Meet. En las entrevistas se utilizó un **guion** previo, con varias temáticas que se propusieron siempre en el mismo orden a todos los entrevistados. Las temáticas se agruparon en varios bloques; en uno de ellos se indagó sobre los efectos generales que las diferentes intervenciones sobre la organización productiva en las empresas tenían sobre las condiciones de trabajo.

Las entrevistas se grabaron en formato mp4 para su **análisis**, siempre obteniendo el permiso explícito de los entrevistados, y se transcribieron de manera automática mediante el uso de la aplicación Amazon Transcribe. La transcripción original de las entrevistas, que resultó del uso de la App, necesitó de una revisión y corrección de errores, tanto aquellos que se debían a una mala transcripción del audio como a errores de puntuación y ortográficos.

En el análisis de las transcripciones se seleccionaron y agruparon los textos según temas. Se buscaron similitudes o divergencias en los verbatim de los diferentes entrevistados sobre cada ítem, redactando un informe final de resultados. Mediante triangulación de resultados, las evidencias encontradas en las entrevistas se pusieron en relación con los resultados encontrados mediante el uso de las fuentes documentales consultadas.

Tabla 1. Perfiles de los entrevistados: interlocutores clave

| Grupo 1. Empresas industriales en proceso de adaptación a la industria 4.0 | |
|---|--|
| E08_Eduardo | Director de Producción, empresa fabricantes componentes sector del automóvil |
| E10_Elías | Director de Manufacturing y Services, empresa sector aeronáutica |
| E17_Enrique | Director Técnico, empresa fabricante de electrodomésticos |
| E21_Ernesto | Director de Innovación, empresa de servicios logísticos |
| E22_Esteban | Power, Controls and Information Systems Manager, empresa de alimentación |
| Grupo 2. Proveedores de soluciones tecnológicas e industriales | |
| E06_Teodoro | Director I+D+i en empresa soluciones industriales I4.0 |
| E11_Teófilo | Director ejecutivo, empresa de ingeniería industrial |
| E12_Tiberio | Director, empresa de soluciones tecnológicas y de automatización |
| E14_Tobias | Consultor especializado en <i>industria 4.0</i> |
| E18_Tomás | CEO, empresa de soluciones de mantenimiento predictivo I4.0 |

| | |
|---|---|
| E19_Toni | Gerente, empresa de soluciones industriales 14.0 |
| E20_Tristán | Consultor especializado en transformación digital de la industria |
| E23_Tulio | CEO en empresa de soluciones tecnológicas para industria |
| Grupo 3. Observatorios, Institutos Tecnológicos, Consultoras de Industria 4.0 | |
| E01_Camilo | Director, empresa de consultoría estratégica y servicios |
| E07_Candido | Consultor especializado en transformación digital |
| E09_Carlos | Consultor especializado en <i>Industria 4.0</i> |
| E13_Carmela | Consultora especializada en <i>industria 4.0</i> |
| E15_Cayetano | CEO de empresa de consultoría especializada en transformación digital |
| E16_Cecilia | Consultora transformación digital e <i>industria 4.0</i> |
| Grupo 4. Representantes de la Administración Pública y de los Agentes Sociales | |
| E02_Antonio | Miembro de la ejecutiva de la Federación de Industria de Madrid de CCOO |
| E03_Alfonso | Sindicalista de CCOO, asesor del Ministerio de Trabajo |
| E04_Alonso | Director empresa de servicios auxiliares, miembro de la ejecutiva de AMETIC |
| E05_Agustin | Miembro de la ejecutiva confederal de UGT |
| E24_Aitor | Federación Estatal de Industria CCOO |

2.2.2. Entrevistas a trabajadores de la industria

La **muestra de entrevistados** la componían trabajadores en activo, ocupados en empresas españolas del sector manufacturero, y que desempeñaban puestos en centros de trabajo que habían sido o estaban siendo digitalizados. El estudio se centró, además, en los puestos de trabajo de las plantas industriales, obviando otros puestos de oficina o de gerencia.

En el diseño de la muestra se buscó la representación de diferentes realidades sociotécnicas que permitieran una capacidad interpretativa más extensa y completa de las transformaciones que se estudiaban. Esto se alcanzó mediante la selección de trabajadores ocupados en diferentes ramas de la industria. En las entrevistas estuvieron representadas las siguientes actividades de la Clasificación Nacional de Actividades Económicas (CNAE-2009):

- Fabricación de productos informáticos, electrónicos y ópticos.
- Fabricación de otro material de transporte.
- Industria de la alimentación.
- Industria del Papel.
- Industria textil.
- Fabricación de muebles.

Además, en los casos seleccionados se buscó que estuvieran representados los tres grupos profesionales que existen en la realidad productiva de las fábricas y que consideramos que nos podían aportar contraste en los resultados, ya que nuestra hipótesis era que el impacto ocupacional era diferente entre categorías o grupos profesionales. Los grupos considerados fueron: los operarios de fábrica; los ingenieros y el personal técnico; y los directores y coordinadores.

- En el grupo “Operarios de Fábrica” se ubican aquellos puestos que su desempeño consiste en atender y vigilar el funcionamiento de máquinas e instalaciones industriales, o la conducción de maquinaria móvil dentro de las instalaciones de la fábrica. También en este grupo se engloban los trabajadores que realizan tareas generales que requieren el empleo de herramientas manuales dentro del proceso de fabricación.
- En el grupo “Ingenieros y Personal Técnico” se sitúan los puestos de trabajo que su desempeño requiere de conocimientos profesionales y experiencia en campos relacionados con las disciplinas STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). También en este grupo están los técnicos cuyo desempeño consiste en la instalación y mantenimiento de máquinas e infraestructuras industriales.
- Por último, en el grupo de “Directores y Coordinadores” están englobados los puestos cuyo desempeño consiste en planificar, dirigir y coordinar la actividad de una fábrica, o que tienen bajo su responsabilidad algún departamento o línea de producción dentro de la misma.

La **búsqueda y selección de los participantes** fue ardua, también en este caso, por el contexto social y económico protagonizado por la emergencia sanitaria de la COVID-19. Por ello, se decidió iniciar gestiones con diversas entidades (asociaciones empresariales, foros de empresas, sindicatos, etc.). El diseño de las entrevistas, dirigido a tratar cuestiones de *carácter objetivo* referidas a los cambios experimentados en el puesto de trabajo con motivo del

cambio tecnológico, y por tanto poco sujetas a introducir motivaciones u opiniones, hacía factible recurrir a este tipo de *entidades sociales*, cuyos afiliados –en el caso de los sindicatos– o los trabajadores de empresas asociadas –en el caso de asociaciones empresariales– pudieran participar en las entrevistas.

Tras unos primeros contactos con estas entidades, la respuesta vino de la Federación de Industria Comisiones Obreras (CCOO). Se hizo solicitud formal, por escrito, de colaboración, en la que se informaba de los objetivos de la investigación y la necesidad de contar con la participación de trabajadores en activo del sector industrial. La Federación de Industria de CCOO buscó y seleccionó entre sus afiliados al grupo de participantes, que trabajan en diferentes empresas y sectores (Tabla 2).

Las entrevistas fueron realizadas entre marzo y abril de 2021. Antes de celebrarse las entrevistas, todos los participantes recibieron por correo electrónico un modelo de consentimiento informado, donde se exponían los objetivos de la entrevista y las temáticas a discutir en la misma. Las entrevistas se realizaron por videoconferencia, utilizando Google Meet.

Previo a la realización de las entrevistas se redactó un **guion** compuesto de una serie de preguntas abiertas. El orden en que se formularon las preguntas fue el mismo para todos los participantes. Para la elaboración de las preguntas se tomaron en consideración los hallazgos encontrados en la serie anterior de entrevistas a *interlocutores clave* en los que los participantes aportaron información sobre la realidad de la digitalización de la industria española y sus efectos sobre las condiciones de trabajo.

Tabla 2. Perfiles de los entrevistados. Trabajadores de la industria

| Grupo 1. Operarios de Fábrica | |
|---|---|
| T01_Pablo | Fabricación de cubiertas de vehículos. |
| T04_Pedro | Fabricación de componentes electrónicos. |
| T08_Pascual | Elaboración de pan de molde y bollería salada. |
| T11_Patricia | Fabricación de prendas de algodón. |
| Grupo 2. Ingenieros y Personal Técnico | |
| T02_Marisa | Técnico de mantenimiento, fabricación de cubiertas para automóviles. |
| T03_Miriam | Técnico de mantenimiento, elaboración de pan de molde y bollería salada. |
| T07_Ignacio | Ingeniero informático, desarrollo de productos y servicios tecnológicos. |
| T09_Inés | Ingeniera informática, desarrollo de software y aplicaciones para empresas. |
| T10_Isaac | Técnico electrónico, instalación y mantenimiento soporte informático planta industrial. |
| T12_Israel | Ingeniero industrial, soporte técnico a planta de industria alimentaria. |
| Grupo 3. Directores y Coordinadores | |
| T05_Carlos | Coordinador de producción, fabricación de productos de papel. |
| T06_Camilo | Coordinador de producción, fabricación muebles de oficina. |

Las preguntas fueron agrupadas en tres bloques de preguntas. En el primer bloque las preguntas iban dirigidas a que el entrevistado describiera brevemente el proceso productivo en el que participaba dentro de la línea de producción, taller o fábrica donde está encuadrado su puesto de trabajo. En un segundo bloque se le preguntaba sobre las innovaciones tecnológicas y organizativas asociadas a la *Industria 4.0* que se habían introducido en el taller y qué cambios había experimentado su puesto de trabajo como consecuencia de estas. Un tercer y último bloque de preguntas se refirieron a los nuevos requerimientos de cualificación (relativos a autonomía, formación y experiencia, y habilidades/actitudes) que conllevan las anteriores transformaciones.

Las entrevistas quedaron grabadas en formato mp4 para su **análisis**, siempre obteniendo el permiso explícito de los entrevistados, y se transcribieron de manera automática mediante el uso de la aplicación Amazon Transcribe. La transcripción original de las entrevistas que resultó del uso de la App necesitó de una revisión y corrección de errores, tanto aquellos que se debían a una mala transcripción del audio como a errores de puntuación y ortográficos.

En el análisis de las transcripciones se seleccionaron y agruparon los textos según el tipo de efecto (impacto ocupacional) que el entrevistado manifestaba que estaba teniendo su trabajo como consecuencia de la digitalización de su planta. Las evidencias encontradas en las entrevistas se pusieron en relación con los resultados encontrados en las fuentes documentales encontradas.

3. Más allá de la automatización: Un nuevo entorno digital de trabajo en las fábricas

La investigación se inserta en el debate clásico sobre las relaciones entre cambio tecnológico y transformación del trabajo, representado comúnmente mediante la confrontación dialéctica entre visiones optimistas o pesimistas del

cambio tecnológico. Y, además, se hace aportando un análisis concreto de situaciones reales –y tomando una perspectiva histórica– sobre el uso de la tecnología y la maquinaria en su imbricación con las relaciones sociales de producción en el capitalismo. Está es una idea que se viene desarrollando desde los años 1970 desde una actualización de las tesis de Marx sobre el cambio tecnológico y su repercusión en el proceso de trabajo. Diversos autores rechazaron de manera crítica la idea sobre el *Progreso de la Humanidad* como consecuencia de las revoluciones tecnológicas (Braverman, 1975; Coriat, 1976; Gorz, 1977); una expresión contemporánea y reactualizada de esta idea sería el discurso sobre la *Cuarta Revolución Industrial* y el *modelo de industria 4.0*. Recordemos que, frente a los postulados de la economía de su tiempo sobre el buen o mal uso de la ciencia y la técnica aplicadas a la producción, Marx define el progreso técnico en el capitalismo en el marco de la valorización del capital. Las innovaciones tecnológicas y las nuevas máquinas son evaluadas por las empresas en función de la mejora de la productividad que se consigue con ellas. En muchas ocasiones, además, la innovación tecnológica se dirige a garantizar una mayor disciplina del factor humano, favoreciendo a la dirección de la empresa. Estas cuestiones son las que dictan en último término la incorporación o no de las nuevas máquinas y técnicas a la producción de bienes y servicios (Coriat, 1976).

En la actualidad, la aplicación de las tecnologías de la *Cuarta Revolución Industrial* a la fabricación viene a cambiar o alterar los procesos de trabajo, introduciendo novedades en algunos casos o potenciando rasgos que ya existían en las empresas y que las nuevas tecnologías permiten su mayor difusión y empleabilidad. Esto tiene como consecuencia la emergencia de un **nuevo entorno digital de trabajo** en las fábricas y talleres. Entendemos por tal, un *conjunto de factores contextuales que –como consecuencia de la transformación digital de la empresa– tienen capacidad de impactar en las condiciones de trabajo de manera variable en los diferentes empleos de la industria*. La diferente combinación de estos factores en cada empresa tiene como consecuencia que los efectos sobre las condiciones de trabajo de los diferentes puestos sean distintos.

En las entrevistas que se realizaron siempre se dejó claro que el objetivo del estudio era analizar los efectos del cambio tecnológico sobre las condiciones de trabajo en las fábricas y talleres de la industria española. Sin embargo, en casi todas las entrevistas ha estado rondando el tema de la sustitución de la fuerza laboral por la introducción de las nuevas máquinas y dispositivos digitales. Muchas de las cuestiones que se planteaban por parte de los trabajadores, como los mayores ritmos de trabajo, la rotación de puestos, los nuevos problemas de seguridad y salud en el entorno del taller, entre otros, referían a una causa primigenia, a un *pecado original* que se había consumado en la empresa con anterioridad y desde el cual se explicaba todo lo demás que se venía dando en su planta industrial: la eliminación de empleos.

La reducción de puestos de trabajo con motivo –o con la excusa– de la automatización en los centros productivos no es una novedad en la industria. En la *primera ola de automatización*, iniciada en la década de los 1970 con los primeros robots industriales y que se intensifica en las dos décadas siguientes con el desarrollo de la informática, la automatización afectó principalmente a tareas rutinarias, “aquellas que se realizan en ambientes controlados y basados en movimientos altamente predecibles, que responden a unas reglas ciertas, claras y explícitas” (Hidalgo, 2018):

Hemos vivido otros procesos, por ejemplo, de reindustrialización –yo personalmente los he vivido– donde yo he llegado a esa conclusión: que gente que se iba al paro por miles, de esos miles que se iban quedaba siempre una bolsa que, por mucho esfuerzo que hicieras, nunca se volvió a enganchar. [T06_ Directores y Coordinadores].

El desarrollo de una nueva generación de robots industriales y la entrada de la inteligencia artificial en las fábricas ha permitido procesos de automatización y sustitución del factor humano con mayor profundidad que en las anteriores olas de automatización. El desarrollo de las nuevas tecnologías de la *Cuarta Revolución Industrial*, como el uso de la Inteligencia Artificial (IA), el *big data* o la nueva generación de robot industriales, permiten mayores niveles de productividad que el trabajo realizado por humanos en un mayor número y diversidad de ocupaciones y empleos (Frey y Osborne, 2013).

En la Figura 1 se muestran los cuatro factores o elementos que, a partir de la información recabada en las entrevistas, hemos identificado como aquellos que tienen capacidad para alterar las condiciones de trabajo en los diferentes puestos de trabajo de las fábricas y talleres.



Figura 1. Factores que componen el Nuevo Entorno digital de trabajo

En primer lugar, la *automatización casi completa del proceso de fabricación* que, como ya hemos visto, es una de las principales novedades que introduce la *industria 4.0* como nuevo paradigma industrial, **las máquinas y los procesos automatizados son controlados en remoto** mediante dispositivos y herramientas digitales por los operarios: “estar pendiente de que una máquina funcione correctamente todo el día” [T11_Operario Fábrica]. A diferencia de las fábricas de periodos anteriores, donde ese control remoto solo se circunscribía a sectores muy concretos, en el nuevo modelo industrial este pasa a ser la norma de funcionamiento de las máquinas, gracias a la implantación del Internet de las Cosas (IoT) a lo largo de toda la cadena de valor dentro de la fábrica o taller.

Desde una silla tú controlas todo [...] y no es necesario que tu tengas que estar allí, al lado de la prensa con el calor que supone, con el humo, o con los vapores que se desprenden y que alrededor de... y estás en un entorno mucho menos expuesto gracias a esa digitalización y a ese control remoto desde fuera del proceso productivo. [T01_Operario Fábrica]

No tenemos inteligencia artificial pero sí que tenemos máquinas que se hablan. Tú tienes una pesadora, bueno tienes tres pesadoras que pesan el producto y a través de las embolsadoras pasan por la encartonadora... Cada pesadora te da sesenta bolsas por minuto, una bolsa por segundo, y la cartonadora ciento ochenta, o sea tres por segundo. Y luego de la encartonadora pasa por un control de peso, una báscula que te pesa cada paquete te rechaza los que están por encima del peso permitido o por debajo del peso permitido. [...] La báscula controla el peso cada cincuenta paquetes te hace pequeñas medias y les dice a las pesadoras estáis por encima de la media y te baja “cero coma” dos gramos. Y entonces el propio control de peso va lanzando impulsos cada cincuenta, cien paquetes a las pesadoras y las pesadoras reaccionan y ahí el operario no hace nada. El operario solo las ha calibrado, arrancado y luego las máquinas hablan solas entre ellas. [T12_Ingenieros y Técnicos].

El control automático de las máquinas no se da por igual entre ramas industriales y actividades, lo que provoca diferentes grados de participación del factor humano en el proceso de fabricación. De este modo, se dan múltiples casos en determinados sectores donde en mayor o menor medida la puesta en marcha y control de las máquinas requiere aún de la presencia cercana de los operarios. Tal es el caso de la fábrica de neumáticos donde trabaja Marisa, en la que “no hay ni una máquina que arranque o pare a través de algún dispositivo digital. Tiene que ir alguien manualmente a arrancarla y cargarla.” Lo que sí está automatizado es la contabilidad de las cubiertas que se fabrican mediante una aplicación. El grado bajo de digitalización de la fábrica hace que los avisos de avería no los haga directamente la máquina, sino que es el propio operario el que debe comunicar la avería desde su ordenador. No hay nada parecido a sensores que avisen de una posible avería. Marisa cuenta que existen en prueba carretillas autónomas para el área de logística. [T02_Ingenieros y Técnicos].

Otro ejemplo es la fábrica del sector textil donde trabaja Patricia. El control de la máquina cortadora de prendas se hace de manera manual, aunque el mando está a cierta distancia de la máquina, disponiendo además en el mismo puesto de trabajo de una pantalla en la que visualizar el funcionamiento correcto del proceso [T11_Operario Fábrica].

Un tercer y último ejemplo lo representa la fábrica de pan de molde donde trabaja Pascual. En ella, aunque existen máquinas automáticas que reducen la intervención humana en su funcionamiento, se sigue “necesitando la intervención de un operario en la mayoría de los procesos: bien para modificar parámetros, bien para modificar temperaturas, bien para añadir ingredientes o quitar ingredientes de los procesos, hacer un control de las cargas, descargas... Todo esto al final necesita de un operario.” [T08_Operario Fábrica].

Como consecuencia de la automatización de máquinas y procesos industriales, se producen y recopilan datos en tiempo real a lo largo de la cadena de valor. La **gestión de datos**, su análisis e interpretación, permite a los trabajadores *cierta capacidad* para tomar decisiones en su propio ámbito de actuación con vistas a mejorar los procesos. En el caso de los trabajadores directos, el operario de fábrica se convierte en un “conductor” del proceso o subproceso productivo donde se halla, que vela por la calidad, por la eficiencia, por la mejora continua. Para el resto de los segmentos profesionales –cuadros intermedios, ingenieros y personal técnico– la gestión y análisis de los datos ha pasado a ser una de sus principales funciones. Al mismo tiempo que de la mano de la automatización se ven reducidas las tareas que conllevan la manipulación de objetos, el tiempo que dedican a realizar otras tareas que requieren el tratamiento, análisis e interpretación de la información recogida aumenta.

Se recogen y gestionan de manera automática datos. Este año, de hecho, hemos avanzado mucho en un proyecto [...]. O sea, es tener todos los datos en tiempo real, todos los KPI⁴ en tiempo real, y bastante digitalizado todo. [T12_Ingenieros y Técnicos].

Hay unos datos que son los que ellos ven cada día, que son las mermas, que son las eficacias, que son una serie de componentes que hacemos una formulación que preparan y les da el rendimiento que les va saliendo en cada línea en cada turno. Bueno eso es lo más tecnológico que hay aquí a la hora de hacer un control real de lo que está pasando. Aparte del control que están instalando instantáneo de todo el proceso, para que se va haciendo es cada turno, cada jornada de trabajo, se analizan una serie de valores y se hace una fórmula que ahora mismo la desconozco sobre la cual ellos sacan la eficiencia de la línea en ese turno. [T08_Operario Fábrica]

De manera progresiva, **los puestos de trabajo se van digitalizando**. Los trabajadores cuentan con *dispositivos y herramientas digitales* en su puesto de trabajo que le ayudan a desarrollar las nuevas funciones que la automatiza-

⁴ Los KPI (Key Performance Indicator) son valores que miden el desempeño de los procesos operativos en una empresa u otra entidad organizativa. Utilizando valores óptimos, los KPI indican la distancia entre los valores reales obtenidos y esos mismos valores óptimos que se desean alcanzar.

ción de los procesos le exige. En las entrevistas salen casos concretos: robots industriales y cobots⁵ que “ayudan a ciertas tareas que inicialmente las podía hacer el propio operario” [T01_Operario Fábrica]; pantallas o dispositivos inalámbricos desde los que se visualiza y se controlan digitalmente los procesos; cámaras y sensores ubicados a lo largo de la fábrica o taller que permiten vigilar desde remoto el funcionamiento de las máquinas [T11_Operario Fábrica], gemelos digitales⁶ que permiten tener en todo momento una idea aproximada del funcionamiento de la fábrica [T12_Ingenieros y Técnicos]. Son innovaciones que se han ido incorporando en los últimos años al taller y que vienen conformando un nuevo paisaje dentro de las fábricas.

Hace años, pues allí va a un operario apuntando la cantidad de ruedas que ibas haciendo, y ahora eso está evidentemente informatizado a través de internet, de las conexiones... Eso está instalado desde hace bastante tiempo. [T01_Operario Fábrica].

Hasta ahora lo que había eran puestos fijos, pero ya se va a dispositivos móviles. Y en eso es lo que estamos, en poner avisadores al operario incluso con unos *smartwatch* y cosas de estas, hasta las tablets y todo esto [...] Sobre todo en los últimos dos años vamos cada vez más a tablet. [T10_Ingenieros y Técnicos].

El grado de digitalización de los puestos en diferentes en cada fábrica. En el caso de la fábrica de tarjetas electrónicas de Pedro el entorno está muy digitalizado. Tienen desplegado IoT mediante sensores a lo largo de la cadena de producción. Aparte de trabajar con robótica industrial para el montaje de piezas, emplean impresión 3D para pequeñas piezas de mecánica: “Por ejemplo. nosotros en las máquinas que te comentaba [*pick and play*], hay muchas veces que necesitamos hacer utillajes, y ahora los están haciendo con impresoras 3D.” [T04_Operario Fábrica].

Cada vez, una parte importante del trabajo en la fábrica se realiza de manera virtual, realizando tareas sobre una plataforma informática, como reuniones de equipo o entre departamentos, o el control del rendimiento en tiempo real de las máquinas y los procesos.

Además, antes en esas reuniones físicas tenía que llevar todas las intervenciones del día anterior y qué acciones se proponían para que no se dieran los mismos problemas. Ahora, ya no tenemos que andar rellenando papeles por la mañana, acciones, sino que tenemos toda la información en una plataforma online y utilizamos el [Microsoft] Teams para poder comunicarnos.” [T02_Ingenieros y Técnicos].

La conectividad ha mejorado muchísimo, ahora todo se ve en remoto. Antes había que ir allí al campo, darte una vuelta y ahora se ve desde lejos. La conectividad ha modificado muchísimo, la memoria se emplea muchísimo, la integración evidentemente, porque ahora todo [está] más interrelacionado y es lo que se busca, saber la influencia de unas cosas en otras. [T10_Ingenieros y Técnicos].

Por último, con la transformación digital de las empresas la forma de organizar el trabajo cambia hacia formulas duales que conservan rasgos de lo que se define como *taylorismo* (por ejemplo, la parcelación de las tareas en el caso de los operarios de fábrica) pero incorporando y extendiendo el uso de nuevas formas de trabajo *posttayloristas* que ya se conocían en la industria en las últimas décadas, como son los grupos de trabajo, la autonomía de los puestos de trabajo, la reducción de niveles jerárquicos o la integración de tareas (Lahera Sánchez, 2005). Se apuesta en las empresas por crear un **entorno colaborativo**, basado en la comunicación y participación de los trabajadores; aunque, como vimos al caracterizar la industria 4.0 realmente existente en España, eso no siempre se pone en marcha o se diseña de manera limitada a determinados segmentos de trabajadores.

En las fábricas se da una reconfiguración de la organización del trabajo, eliminando niveles jerárquicos de supervisión y/o introduciendo nuevos niveles técnicos y operativos especializados en el tratamiento de los datos y en la mejora de los procesos. La reducción de niveles jerárquicos está relacionada con la informatización de los controles del proceso productivo, así como con la automatización de tareas.

[...] en 2019 desapareció la figura del jefe de turno. El jefe de turno era la cabeza visible de toda la planta durante sus ocho horas de turno. El jefe de turno debajo tenía coordinadores para líneas. Entonces ahora cada coordinador lleva su parte de la planta y todo luego se reporta online al *business area*. Toda la información le fluye en tiempo real.” [T12_Ingenieros y Técnicos].

Ahora, los niveles jerárquicos efectivamente se han reducido, y con lo que decíamos antes de responsabilizarse los propios trabajadores no hay necesidad de que haya un jefe en la fábrica en cada turno. Sino que dentro de esa organización “responsabilizante” que forman quince, veinte trabajadores, hay unas ciertas tareas que son las de portavoz, que son las que hacen un poco de coordinador. Se ha sustituido la figura del jefe por dar mayor responsabilidad a los propios trabajadores de una manera rotatoria. [T01_Operario Fábrica].

Las *nuevas configuraciones organizativas* no solo se caracterizan por su mayor o menor número de niveles jerárquicos, sino por desarrollar metodologías de trabajo colaborativo y en red basadas en tres principios:

- a) El aumento de las tareas relacionadas con la comunicación, la colaboración, la formación o la coordinación de procesos y personas.

⁵ Los *cobots* son robots colaborativos que sirven para automatizar procesos industriales. A diferencia de los robots industriales tradicionales, los cobots están diseñados para trabajar e interactuar con personas. Su programación es sencilla y requiere de una mínima formación previa de los operarios.

⁶ El gemelo digital (o *digital twins*) consiste en una copia digital de la cadena de valor creada a partir de los datos adquiridos en tiempo real de las máquinas y los procesos de la fábrica. Son un *modelo virtual* de la planta física, que puede incluir máquinas, productos y humanos.

- b) Una mayor exigencia de participación e implicación para los trabajadores, a la par que se proporcionan cauces limitados para la autonomía y responsabilidad de los trabajadores en cuestiones relacionadas a sus puestos de trabajo.
- c) Nuevas exigencias de formación de diversa índole, tales como capacidad para tomar decisiones, conocimientos informáticos, aprendizaje de códigos ligados a las máquinas, etc. (Martín Artiles, 2021, 2023).

4. Mapeado de los impactos ocupacionales en el nuevo entorno digital

Los resultados obtenidos avalan la hipótesis con la que se trabajó durante la investigación: la actual transformación digital de las empresas en el sector industrial genera un *nuevo entorno digital de trabajo* que tiene efectos diversos sobre las condiciones de trabajo, representando un nuevo modelo de consumo y organización del factor humano en las fábricas y talleres.

En la Tabla 3 definimos el mapa –o matriz– de impactos de la *industria 4.0* sobre los empleos y ocupaciones, que se ha definido a partir de las evidencias encontradas en las entrevistas personales a *interlocutores clave* y a *trabajadores de la industria*. En las columnas aparecen los cuatro elementos o factores a través de los cuales operan los cambios productivos originados en el interior de las empresas y que introducen novedades en los procesos de trabajo, delimitando un *nuevo entorno digital de trabajo en las fábricas*. Así también, en las filas aparecen los aspectos del puesto de trabajo que, según lo que hemos obtenido de las entrevistas personales a trabajadores, pueden verse alterados o cambiados como consecuencia del impacto del nuevo *entorno digital de trabajo*. Por último, los círculos (en gris) de la tabla hacen referencia a los impactos de los cuales hemos conseguido evidencia en nuestra investigación, relacionado el factor o componente del *entorno digital de trabajo* que lo genera (variable de impacto) con el aspecto del puesto de trabajo que se ve alterado por él mismo.

Tabla 3. Mapa de impactos sobre los puestos de trabajo

| | Entorno digital de trabajo | | | |
|--|----------------------------|----|----|----|
| | v1 | v2 | v3 | v4 |
| 1. Contenido del trabajo | | | | |
| Desaparición total, o disminución, de las tareas físicas | ● | | ● | |
| Incremento de las tareas intelectuales | ● | ● | ● | ● |
| Mayor protagonismo de las tareas sociales | | | ● | ● |
| 2. Workspace de la fábrica | | | | |
| Mejora de las Condiciones Ambientales de la fábrica | ● | | | |
| Emergencia de nuevos riesgos de Seguridad y Salud | ● | | ● | |
| 3. Organización del trabajo | | | | |
| Mayor frecuencia del trabajo híbrido y del teletrabajo | | ● | ● | ● |
| Mayor frecuencia en que producen tiempos de trabajo atípicos | | | ● | |
| Intensificación del trabajo | ● | | | |
| Mayor frecuencia en que se rota de puesto dentro de la misma categoría profesional | ● | | | |
| Monitorización del desempeño del trabajador | | | ● | |
| 4. Requerimientos de cualificación | | | | |
| Mayor autonomía para tomar decisiones | ● | | ● | ● |
| El propio desempeño del puesto (experiencia) y la formación dentro de la empresa, los mayores <i>drivers</i> | ● | ● | ● | |
| Necesidad de nuevos conocimientos relacionados con la I4.0 | ● | ● | ● | ● |
| Importancia creciente de habilidades digitales relacionadas con el proceso de trabajo | ● | ● | ● | ● |

Nota.

v1= Control automático de máquinas y procesos. v2= Gestión del dato.

v3= Digitalización del puesto de trabajo. v4= Entorno colaborativo.

4.1. Rediseño de los empleos industriales y emergencia de nuevos empleos

Los diferentes efectos encontrados los hemos agrupado en cuatro categorías de impactos. En primer lugar, los impactos relacionados con el *contenido del puesto de trabajo*. Aquí se han incluido aquellos efectos relacionados con las tareas y actividades que el trabajador desarrolla en el desempeño de su trabajo y cuya composición se ve alterada por la incorporación de los habilitadores digitales en la planta industrial.

En la investigación hemos encontrado evidencias que se corresponden con diferentes trabajos publicados recientemente por Eurofound (Eurofound, 2017a, 2019b) donde se aborda el estudio de la transformación digital de la industria en Europa. La digitalización trae transformaciones en los puestos de trabajo existentes, al cambiar la forma en que se llevan a cabo las tareas y su contenido y, como consecuencia, la cualificación y las competencias necesarias para realizar estas tareas (Eurofound, 2018). En cada caso particular la incorporación de las tecnologías digitales –como Internet de las Cosas (IoT), la robótica industrial, la fabricación aditiva en 3D, la Realidad Aumentada o la Realidad Virtual (por ejemplo, los gemelos digitales)– tienen impactos en la definición y el contenido de las tareas.

Esos impactos son mayores o menores dependiendo de cuáles son las innovaciones organizativas que acompaña en cada caso particular a las innovaciones tecnológicas, o lo que es lo mismo, según sea el proceso de transformación digital que se lleva a cabo en cada empresa particular. Además de la variabilidad según el proceso de transformación digital en cada empresa, los efectos son diferentes en los diferentes grupos profesionales que estamos analizando.

- El operario de fábrica como “conductor de procesos”. Con la digitalización de la fábrica cambia el rol del operario de fábrica, que deja de ser un “operario” de una o varias máquinas y se convierte en un “conductor” de su proceso. Se convierte en “un supervisor que vela por la calidad, por la eficiencia, por la mejora continua” [E19_Director empresa soluciones industriales I4.0].
- Especialización y nuevos perfiles relacionados con la gestión de datos. Para los otros dos grupos profesionales –la de ingenieros y personal técnico, y la de directores y coordinadores– también se ha dado una reconfiguración del contenido de sus puestos, incrementando la importancia de las tareas más relacionadas con el tratamiento de la información, la gestión de equipos y la resolución de problemas. “Hay unos datos que son los que ellos [los supervisores] ven cada día, que son las mermas, que son las eficacias, [...] y les da el rendimiento que les va saliendo en cada línea, en cada turno.” [T08_Operario Fábrica].
Los puestos de trabajo en estos grupos profesionales tienden además a la especialización. Se crean nuevas figuras de trabajadores indirectos que tienen su cometido principal en el análisis y gestión de los datos del proceso productivo. “Pero se ha creado el puesto de ingeniero de procesos. Ese ingeniero de procesos, gracias a los datos que aporta la digitalización, pues tiene que analizar todos esos datos para ver anomalías, puntos de mejora...” [T09_Ingenieros y Técnicos].
- Las ‘tareas sociales’ clave: comunicación y colaboración. A lo largo del conjunto de la fábrica, en todos los grupos profesionales, las actividades de carácter social, relacionadas con la comunicación o el trabajo en equipo (colaborativo) ganan en importancia y se hacen fundamentales para el funcionamiento de la fábrica o taller. “Pues esa comunicación sigue fluida y es obligatoria. ¡Si no, no trabajaríamos, no podríamos trabajar!” [T08_Operario Fábrica].

4.2. Mejora el *workspace* de las fábricas, pero con nuevos riesgos laborales

En una segunda categoría de impactos hemos incluido aquellos cambios que se dan y que están relacionados con el *lugar de trabajo (Workspace)*.

La incorporación de las tecnologías digitales al proceso de fabricación permite una mejora de los espacios de trabajo (*workspace*), como se vienen constando en diversos estudios (EU-OSHA, 2018; Eurofound, 2018, 2019a, 2019c). Básicamente son cuatro los aspectos positivos que suelen mencionarse en estos estudios y que han salido en las entrevistas realizadas:

- En primer lugar, el desarrollo del IoT en las fábricas permite el control automático en remoto (a distancia) de las nuevas máquinas y robots industriales, lo que hace innecesaria la presencia y cercanía de los operarios de las zonas donde estas máquinas operan. Se tiende, como consecuencia, a separar en las plantas los espacios donde actúan las máquinas y robots (fabricando o ensamblando) y los espacios de trabajo donde los trabajadores llevan cabo la labor de control y supervisión de las máquinas. Esta separación física reduce o elimina la exposición de esos mismos operarios a agentes físicos, químicos o biológicos existentes en el proceso de fabricación.
- Además de lo anterior, la automatización reduce el número de desplazamientos físicos de los trabajadores en el interior de las fábricas, lo que permite el descenso de accidentes provocados por caídas, cortes o golpes contra objetos, entre otros.
- También la reducción de tareas físicas y repetitivas que permite la automatización reducen riesgos de sufrir problemas físicos y musculares, debido a unas nocivas exigencias posturales en el puesto de trabajo.
- Por último, disponer de dispositivos como los exoesqueletos⁷ o los vehículos autónomos en el trabajo, permite a los trabajadores de mayor edad continuar desarrollando trabajos que implican esfuerzo y/o destreza física, o incluso ayudan a mejorar el acceso al trabajo de personas con alguna discapacidad.

⁷ Aún no muy difundidos en las empresas españolas, un exoesqueleto consiste en un armazón mecánico externo que se coloca el operador y que está dotado de articulaciones (brazos o piernas mecánicas) que permiten su movimiento y la realización de determinadas tareas y actividades con menor gasto físico, como cargar y trasladar pesos.

La interacción entre las nuevas tecnologías y la mejora de la seguridad y salud laborales es, sin embargo, ambigua. La mejora en el workspace coexiste con la emergencia de nuevos riesgos para la salud de los trabajadores.

El trabajo se hace más sedentario, por cuanto que no requiere de tantos desplazamientos físicos dentro de la fábrica. Esto, supone que al mismo tiempo que –como hemos apuntado antes– se reducen los riesgos de accidentes por caídas, cortes o golpes contra objetos, también suponen un aumento de otros riesgos de tipo físico (sobrepeso, hipertensión, enfermedades cardiovasculares, etc.) y problemas osteo-musculares. Además, el diseño de los dispositivos digitales no es adecuado, desde el punto de vista de la ergonomía, para ser utilizados durante mucho tiempo. Pueden generar lesiones en las extremidades superiores, el cuello y la espalda debido a posturas o movimientos inadecuados en el puesto de trabajo por un mal diseño de este (dimensiones, ubicación de elementos, altura y alcances, cargas a manejar, etc.) o por unos ritmos de trabajo excesivos (EU-OSHA, 2018).

Además de esto, las nuevas tecnologías aportan nuevos riesgos de seguridad en el trabajo. Por ejemplo, existen riesgos por contacto mecánico con los robots industriales, los vehículos autónomos o los drones: atrapamientos, cortes, impactos, atropellos, proyecciones, quemaduras, etc. También existen riesgos de combustión espontánea, explosión o incendio, debido a la presencia de polvos metálicos utilizados en determinadas técnicas de fabricación aditiva. El aumento del uso de equipos eléctricos autónomos, generan nuevos riesgos de contacto eléctrico con las baterías instaladas en esos equipos.

La digitalización de los procesos de fabricación permite métodos de gestión de la producción más exigentes, donde los trabajadores pueden perder el control sobre el contenido, el ritmo o la propia planificación de su jornada laboral. El papel cada vez más secundario de la intervención humana en los procesos de fabricación, limitándose a tareas de supervisión, puede generar trastornos psicosociales como la pérdida de control y una sensación de alienación de su trabajo (EU-OSHA, 2018).

4.3. Trabajar en el nuevo entorno digital

Todos aquellos efectos que hemos encontrado y que se refieren a cambios en los métodos de trabajo, o a cambios en la forma de organizar el tiempo de trabajo, han sido agrupados en otra categoría sobre la **organización del trabajo**.

Los nuevos dispositivos y herramientas digitales que están a disposición de los trabajadores permiten a la dirección de las empresas realizar cambios en la organización del trabajo. El trabajo en la fábrica cambia su fisonomía respecto a años pasados. Aunque muchos cambios ya se venían gestando desde los años 90, desde lo que se definía como la producción flexible, *ligera* o *lean* (Womack et al., 1992), las nuevas tecnologías digitales han permitido extenderse a todos los sectores productivos y a todos los tipos de empresa. Se configura así, en estos inicios de la *Cuarta Revolución Industrial*, un trabajo caracterizado por ser híbrido, conectado y autónomo. En concreto, en las entrevistas hemos encontrado las siguientes evidencias:

- Aumentan los casos de trabajadores a los que la dirección de la empresa permite que una parte de su jornada laboral la realicen en su propio domicilio (teletrabajo).
- Se da una mayor frecuencia en las fábricas en que el horario de trabajo y o el número de horas de jornada semanal se altera para cumplir con los picos de demanda de la producción (tiempo de trabajo atípico).
- Se da de manera general una intensificación del trabajo, aumentando las exigencias cuantitativas (velocidad de los ciclos de producción) y las exigencias emocionales.
- Aumentan el número de casos donde la dirección de la empresa opta por la rotación de determinados puesto de trabajo dentro de la misma categoría profesional.
- Se tiende a un aumento del control y la supervisión del desempeño del trabajador por medios digitales (monitorización).

4.4. Adquisición de las competencias para trabajar en el nuevo entorno digital

En un último grupo de efectos hemos agrupado los **requerimientos de cualificación**, entendiéndolo por tal es el conjunto de capacidades y conocimientos sobre el proceso de trabajo que debe poseer el trabajador para desempeñar sus tareas.

El doble movimiento de cualificación y descualificación de los empleos que se observa en las plantas industriales solo puede entenderse “dentro de y como resultado de, una determinada división del trabajo” (Castillo et al., 2000:4). Para una minoría de trabajadores, sus puestos se recalifican, pueden poner en práctica más conocimientos y tienen algún grado de capacidad para tomar decisiones sobre su puesto de trabajo (autonomía). Por contra, la mayoría de los trabajadores se sitúan “en espacios de menor relevancia productiva, dificultando su posterior acceso a puestos más exigentes en términos de conocimientos al no haber podido adquirir y desarrollar previamente en sus puestos descualificados las competencias que requieren las tareas más complejas” (Lahera Sánchez, 2005).

Los cambios que se producen en el contenido de los puestos de trabajos y los nuevos componentes del trabajo que se da en las fábricas (trabajo híbrido, conectividad de los puestos de trabajo, incremento de los ritmos y de las exigencias productivas, etc.), tienen su correlación con la necesaria adquisición de un nuevo *catálogo* de competencias (como conjunto de conocimientos, habilidades y actitudes) que los trabajadores deben poseer. Pero no solo se requieren nuevas competencias relacionadas con las transformaciones productivas puestas en curso en las empresas. También los mecanismos de adquisición de estas competencias se ven alterados. Así, en las entrevistas se han encontrado las siguientes evidencias:

- La tendencia general a una mayor capacidad de los trabajadores para tomar decisiones sobre algunos aspectos de su proceso de trabajo (autonomía).
- La creciente importancia para la capacitación de los trabajadores de la experiencia acumulada en el desempeño del puesto de trabajo y de la formación recibida en las empresas,
- La necesidad de formar a todos los trabajadores en nuevos conocimientos relacionados con la industria 4.0.
- El aumento creciente de poseer ciertas habilidades digitales relacionadas con el proceso de trabajo.

5. Conclusiones

En este artículo se han presentado de manera sintética algunos resultados obtenidos sobre los mecanismos o factores desde los que la digitalización de las empresas impacta sobre las condiciones de trabajo y la cualificación en los distintos empleos y ocupaciones. Además de la automatización, se han tomado en consideración otros factores explicativos del cambio ocupacional, como la digitalización del puesto de trabajo, la emergencia de fórmulas de trabajo colaborativo o en red, o la gestión de los datos a lo largo de la cadena de valor.

La evidencia muestra que estos factores constituyen un nuevo entorno digital de trabajo en las fábricas y talleres. Este entorno, lejos de ser homogéneo, es peculiar en cada empresa –y en cada centro de trabajo– a tenor de la diferente presencia y combinación de los factores que lo componen, por lo que los efectos sobre las ocupaciones serán diferentes en cada caso.

En el artículo se presentan los efectos de este nuevo entorno digital. El contenido de los empleos se reconfigura sobre la base de una mayor importancia de tareas intelectuales (tratamiento de los datos, toma de decisiones, etc.) y tareas sociales (comunicación, colaboración en equipos conectados en red, etc.) en los diferentes puestos. Aunque se da una mejora de la seguridad en los espacios de trabajo, al mismo tiempo se producen nuevos riesgos de salud laboral relacionados con el mayor sedentarismo del trabajo, la falta de adecuación –desde la ergonomía– en el diseño de los dispositivos digitales para realizar trabajos de larga duración, o los propios riesgos de seguridad y salud que las nuevas tecnologías incorporan.

Los nuevos dispositivos y herramientas que se incorporan a la fabricación ponen a disposición de las empresas potenciar algunas fórmulas de trabajo que se venían implantando desde los años 90, como son el trabajo a distancia (y el teletrabajo, como caso especial), o la gestión flexible de los tiempos y jornadas de trabajo, el incremento de las exigencias laborales (intensificación del trabajo), la rotación de puestos o el aumento del control y supervisión del desempeño mediante el uso de plataformas digitales.

Por último, en el artículo se identifican varias tendencias en los requerimientos de cualificación, con una mayor capacidad de los trabajadores para la toma de decisiones, un aumento de las necesidades de formación en nuevos conocimientos relacionados con la industria 4.0, y la adquisición de habilidades digitales para trabajar en entornos colaborativos y en red.

6. Referencias bibliográficas

- Acemoglu, D. (2000). “Technical Change, Inequality, and the Labor Market” Working Paper 2000, 7800. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Acemoglu, D., y Restrepo, P. (2017). “Robots and Jobs: Evidence from US Labor Markets” Working Paper 2017, 23285. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo (EU-OSHA). (2018). “Estudio prospectivo sobre los riesgos nuevos y emergentes para la seguridad y salud en el trabajo asociados a la digitalización”. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Luxemburgo.
- Autor, D. H. (2015). “Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation”. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 3-30. <https://doi.org/10.1257/jep.29.3.3>
- Autor, D. H., Levy, F., y Murnane, R. J. (2001). “The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration”. Working Paper 2001, 8337. National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Braverman, H. (1975). *Trabajo y capital monopolista. La degradación del trabajo en el siglo*. Nuestro Tiempo, México.
- Brynjolfsson, E., Mitchell, T., y Rock, D. (2018). “What Can Machines Learn, and What Does It Mean for Occupations and the Economy?” *AEA Papers and Proceedings*, 108, 43-47. <https://doi.org/10.1257/pandp.20181019>
- Castaño, C. (1994). *Tecnología, empleo y trabajo en España*. Alianza Editorial, Madrid
- Castaño, C., Iglesias Fernández, C., y Sánchez-Herrero Clemente, M. (2002). “Tecnología y empleo en perspectiva de género: El caso español al final del siglo XX”. *Economía industrial*, 348, 27-40.
- Castillo, J. J. (Ed.). (1991). *La automatización y el futuro del trabajo. Diseño del trabajo y cualificación de los trabajadores*. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social, Madrid
- Castillo, J. J. (1994). *El trabajo del sociólogo*. Universidad Complutense, Madrid
- Castillo, J. J., Santos, M., Galán, A., Del Bono Maldonado, A., y Alas-Pumariño Sela, A. (2000). “División del trabajo, cualificación, competencias: Una guía para el análisis de las necesidades de formación por los trabajadores”. *Sociología del trabajo*, 40, 3-50.
- Cea D’Ancona, M. Á. (2012). *Fundamentos y aplicaciones en metodología cuantitativa*. Síntesis, Madrid.
- Corbetta, P. (2010). *Metodología y Técnicas de Investigación Social*. McGraw Hill, México
- Coriat, B. (1976). *Ciencia, Técnica y Capital*. Hermann Blume Ediciones, Barcelona.

- Eurofound. (2017a). “Digitisation of processes. Literature review”. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Bruselas. <https://euagenda.eu/upload/publications/untitled-150329-ea.pdf>.
- Eurofound. (2017b). “Non-standard forms of employment: Recent trends and future prospects”. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Bruselas. https://www.eurofound.europa.eu/sites/default/files/ef_publication/field_ef_document/ef1746en.pdf
- Eurofound. (2018). “New tasks in old jobs: Drivers of change and implications for job quality”. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Bruselas. <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2018/new-tasks-in-old-jobs-drivers-of-change-and-implications-for-job-quality>
- Eurofound. (2019a). “Technology scenario: Employment implications of radical automation”. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Bruselas. <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2019/technology-scenario-employment-implications-of-radical-automation>
- Eurofound. (2019b). “The future of manufacturing in Europe”. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea, Bruselas. <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2019/the-future-of-manufacturing-in-europe>
- Eurofound. (2019c). “Working conditions and workers’ health”. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://www.eurofound.europa.eu/publications/report/2019/working-conditions-and-workers-health>
- Fernández-Macías, E., y Bisello, M. (2020). “A Taxonomy of Tasks for Assessing the Impact of New Technologies on Work”. JRC 2020/120618. Comisión Europea, Bruselas.
- Ford, M. (2016). *El auge de los robots: La tecnología y la amenaza de un futuro sin empleo*. Paidós, Buenos Aires.
- Frey, C. B., y Osborne, M. A. (2013). “The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?”. *Technological Forecasting and Social Change*, 114, 254-280. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2016.08.019>
- Goldin, C., y Katz, L. F. (1998). “The Origins of Technology-Skill Complementarity”. *The Quarterly Journal of Economics*, 113(3), 693-732.
- Gorz, A. (Ed.). (1977). *Crítica de la división del trabajo*. Laia, Barcelona.
- Hidalgo, M. A. (2018). *El empleo del futuro: Un análisis del impacto de las nuevas tecnologías en el mercado laboral*. Deusto, Vizcaya.
- Lahera Sánchez, A. (2005). *Enriquecer el Factor Humano: Vól. VI*. Fundación de Investigaciones Marxistas, Madrid.
- López Carmona, J. L. (2023) *Trabajar en la Industria 4.0. Medición del Impacto Ocupacional ocasionado por la transformación digital de las empresas en el sector manufacturero español*. Lahera Sánchez, A. (dir.). Universidad Complutense de Madrid.
- Martín Artilles, A. (2021). “Cambios en la organización del trabajo, formación y competencias laborales”. Universidad Complutense de Madrid. Cursos de Verano El Escorial. https://www.academia.edu/4728899/Cambios_en_la_organizaci%C3%B3n_del_trabajo_formaci%C3%B3n_y_competencias_laborales
- Martín Artilles, A. (2023). “¿Representan los sindicatos a la clase trabajadora? Ideología y política en España (2002-2020)”. *Sociología del Trabajo*, 102, 37-52. <https://doi.org/10.5209/stra.85831>
- Mokyr, J., Vickers, C., y Ziebarth, N. L. (2015). “The history of technological anxiety and the future of economic growth: Is this time different?”. *Journal of Economic Perspectives*, 29(3), 31-50.
- Ortega, A. (2016). *La imparable marcha de los robots*. Grupo Anaya, Madrid.
- Pihir, I., Tomić-Pupek, K., y Furjan, M. T. (2019). “Digital transformation playground: Literature review and framework of concepts”. *Journal of Information and Organizational Sciences*, 43, 33-48. <https://doi.org/10.31341/jios.43.1.3>
- Rodrigues, M., Fernández-Macías, E., y Sostero, M. (2021). “A unified conceptual framework of tasks, skills and competences”. JRC Working Papers Series on Labour, education and Technology 2021/02. EU Science Hub, Sevilla.
- Warhurst, C., y Hunt, W. (2019). “The Digitalisation of Future Work and Employment. Possible impact and policy responses”. JRC Working Papers Series on Labour, Education and Technology 2019/05. EU Science Hub, Sevilla.
- Womack, J. P., Jones, D. T., y Roos, D. (1992). *La máquina que cambio el mundo*. McGraw Hill, México.