

Medición y evaluación del impacto ocupacional 4.0: un ejemplo en el sector de alimentación

Measuring and evaluating occupational impact 4.0: an example in the food sector

JOSE LUIS LOPEZ CARMONA

Universidad Complutense de Madrid, España

Resumen:

En este artículo se presenta la utilización de una metodología propia y original para la medición y evaluación del cambio en las ocupaciones y los empleos como consecuencia de la digitalización de las empresas. Este procedimiento es el resultado de una investigación que fundamentó la tesis doctoral del autor. Mediante la consideración de tres dimensiones y 10 indicadores, se calcula el Impacto Ocupacional 4.0 que, de manera individual y para cada puesto de trabajo, mide el grado y las características de los cambios que se dan en las condiciones de trabajo y en la cualificación como resultado de la digitalización del centro de trabajo en que se halla. Además, se expone un ejemplo de la aplicación de la metodología en una planta de elaboración y envasado de productos de gran consumo, perteneciente a una multinacional del sector de alimentación.

Palabras clave: Impacto Ocupacional, Condiciones de trabajo, Digitalización, Cuarta Revolución Industrial.

Abstract:

This article presents the use of a proprietary and original methodology for the measurement and evaluation of the change in occupations and jobs because of the digitalization of companies. This procedure is the result of research that underpinned the author's doctoral thesis. By considering three dimensions and 10 indicators, the Occupational Impact 4.0 is calculated, which, individually and for each job, measures the degree and characteristics of the changes that occur in working conditions and qualifications because of the digitalization of the workplace in which it is located. In addition, an example of the application of the methodology in a plant for the production

Correspondencia a: José Luis López Carmona

Email: joseluis.lopez@trabajo4cero.com – ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4640-7116>

Recibido: 05-02-2024; aceptado: 10-04-2024.

ISSN 1575-7048 - eISSN 2444-5819 / © 2021 UPV/EHU



2021 CC BY Autor/a o Autores/as y UPV/EHU Press

and packaging of consumer products, belonging to a multinational in the food sector, is presented.

Keywords: Occupational Impact, Working Conditions, Digitalization, Fourth Industrial Revolution

1. Introducción

Como ha sucedido en anteriores revoluciones industriales, la incorporación de una nueva generación de tecnologías y de innovaciones organizativas al sistema productivo posibilita a las empresas innovar en nuevos productos y modelos de negocio, en nuevas formas de producir bienes o servicios, o en nuevas formas de organizar el trabajo, que las permiten aprovechar al máximo las nuevas capacidades productivas y que, al demostrarse su éxito, son incorporadas por el conjunto de las empresas. Como consecuencia, las empresas abordan de manera diferente y con diferentes ritmos una *transformación digital* de sus organizaciones productivas. Por *transformación digital de la empresa* entendemos “un cambio total de las organizaciones mediante la implementación de tecnologías digitales y la introducción de nuevos procesos 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” (Phir, et al. 2019, p. 33; trad. propia).

La transformación digital del sector industrial -lo que se define como *industria 4.0*- está asociada a un proceso de modernización e innovación tecnológica de las empresas que las permite competir en un mercado mundial, donde la industria europea ha perdido terreno en los últimos decenios a manos de otras economías asiáticas, como China, Corea del Sur o India. Por eso, la *industria 4.0* se suele caracterizar como una *oportunidad* para las economías europeas de recuperar su competitividad en base a una reindustrialización de sus estructuras productivas. Atrás ha quedado la idea -que fue hegemónica en los gobiernos de los países más avanzados desde los años 1970- que la desindustrialización era “un síntoma de la transición hacia una especialización deseada hacia nuevos servicios de alto valor, intensivos en conocimiento y asociados a incrementos de productividad y renta” (Estrada, 2016, p. 12). En un escenario internacional caracterizado por una elevada competencia mundial, tanto la Unión Europea como sus principales competidores comerciales (EE. UU., China, Japón, o Corea del Sur) están desarrollando importantes esfuerzos inversores para modernizar sus industrias. La industria enfrenta el reto de aprovechar las oportunidades que brinda la *Cuarta Revolución Industrial*, de manera plena y con rapidez, y garantizar la competitividad frente a sus competidores globales a medio y largo plazo (Consejo Económico y Social, 2019).

La industria presenta una serie de claves importantes para el desarrollo económico: poseen un mayor gasto en I+D+i, una tasa de exportación más elevada, una mayor cualificación de sus trabajadores, así como una productividad mayor en comparación con el resto de los sectores económicos (McKinsey, 2012). En la industria manufacturera el nivel salarial de los trabajadores es mayor que en el conjunto de los sectores económicos, y presenta una menor polarización de las cualificaciones y los salarios que la existente en el sector servicios, dando como resultado que una pérdida de peso de la industria manufacturera en el empleo acentúa y agrava la desigualdad social (Roland Berger,

2015). Ese tipo de razones han conducido a que en la segunda década de este siglo, en el contexto de la *Cuarta Revolución Industrial* y -no hay que olvidarlo- en medio de una crisis económica sin precedentes en la economía mundial iniciada en 2008, las grandes potencias han puesto en marcha iniciativas para la relocalización o relanzamiento de la industria en sus territorios.

En el caso de la industria española, el sector de la alimentación (CNAE 10) ocupa un lugar importante en la economía por su contribución a la producción industrial y al empleo. Es una de las actividades productivas en que España posee una especialización funcional con respecto a la Unión Europea, con un índice de Especialización Productiva (IEP)¹ de 1,5 en 2023 (datos de Eurostat, National Accounts Aggregates by Industry). Además, el sector empleó a 471.000 trabajadores en 2022 (datos de Eurostat), que representan el 2,3% de la población ocupada española (el 2,6% de los varones y el 2% de las mujeres).

Las investigaciones más recientes sobre la digitalización del sector de la alimentación apuntan a las mejoras que se introducen en la logística y en las cadenas de suministro (Annosi et al. 2021; Dong et al. 2023; Maric et al. 2024; Michel-Villarreal et al. 2021; Rejeb et al. 2022; Vilalta-Perdomo et al. 2023), o en la seguridad alimentaria (Grau-Noguer et al. 2023), y también a los beneficios en los dos extremos de la cadena de valor: las explotaciones agrarias, especialmente las familiares (Barile et al., 2022; Giroto et al., 2022; Jorge-Vázquez et al., 2021); y los consumidores (Schneider y Eli 2023; Stoian et al. 2022). Más relacionado con el interés científico de nuestra investigación, existe también bibliografía que aborda el impacto de la digitalización en el interior de las fábricas, en los cambios que se producen en la estrategia corporativa y en los procesos internos de elaboración y envasado de los productos (Alnoor, Atiyah, y Abbas 2023; Kosior 2022). En este sentido, la literatura menciona ciertos beneficios que aportan las nuevas tecnologías a las empresas del sector alimentario, principalmente la mejora de la eficiencia y la flexibilidad productiva, así como la mejora de la trazabilidad de los productos.

Todos estos estudios avanzan los retos que la digitalización presenta para el sector de la alimentación en la actualidad, que como se acabamos de ver es un sector clave en la industria española en cuanto a Valor Añadido (VAB) y empleo. Sin embargo, el grado de implantación de la industria 4.0 en el sector alimentario es todavía deficiente, como ha mostrado recientemente una investigación realizada por el Centro Tecnológico AZTI-Tecnalia sobre empresas del sector en el País Vasco (España). Mediante una encuesta online a más de 200 empresas se concluyó que el grado de madurez digital general alcanzado por la industria alimentaria vasca era de “nivel principiante” (nivel 2 en una escala de 1 a 5) debido a la alta presencia de empresas de menos de 10 trabajadores en el sector. Más de un 58% de las empresas consideró que la implementación del concepto 4.0 era inexistente en su compañía. Por actividad económica también se daban diferencias

¹ El índice de especialización productiva (IEP) se calcula según: $IEP_i = (VA_i ESP / VA_t ESP) / (VA_i UE28 / VA_t UE28)$; donde *i* se refiere a cada sector y *t* el total de la industria manufacturera. Los sectores en los que $IEP > 1$, la industria manufacturera española está especializada en este tipo de sectores y cuando $IEP < 1$, los sectores considerados tienen una menor importancia relativa en España.

en el grado de madurez digital, siendo las empresas de “Panadería y Pastas” y el “sector Lácteo” las que manifestaron mayor desconocimiento sobre la industria 4.0, precisamente los dos sectores en que se concentraban las empresas de menos de 10 empleados (AZTI 2019).

En la investigación que se llevó a cabo (López Carmona, 2023b) el objeto de análisis cambió de foco, y se ocupó de los efectos de la industria 4.0 sobre las ocupaciones y los empleos. En este sentido, la literatura tiende a distinguir entre dos tipos de efectos. Por un lado, la digitalización permite a las empresas sustituir el trabajo humano por máquinas, desapareciendo un volumen determinado de empleos en la economía, generando grupos de *ganadores* y *perdedores* que sufren un impacto desigual del cambio tecnológico (Heijts et al., 2015). Por otro lado, la conjunción de innovaciones tecnológicas e innovaciones organizativas en el interior de las empresas alteran el modelo de uso y consumo productivo del trabajo (Arana-Landín et al. 2023). Suponen un cambio en las tareas y actividades de los trabajadores, en los dispositivos organizativos que implementan las empresas y en la necesaria incorporación de nuevas destrezas y habilidades; en casos determinados, esto da lugar a la emergencia de nuevas ocupaciones o la reconfiguración de las existentes.

Es en este segundo conjunto de transformaciones en el trabajo donde se ubicó la investigación y que pretendía responder a dos cuestiones.

- a) En primer lugar, con la digitalización de las empresas se da un cambio global en el proceso productivo que altera el producto, los procesos y la organización. La hipótesis que manejamos es que estos cambios productivos afectan a los procesos de trabajo que tienen lugar en los talleres, con lo que nos preguntamos ¿Cómo y de qué manera afectan estos cambios productivos a las condiciones de trabajo?
- b) Una segunda pregunta se refirió a los aspectos epistemológicos y metodológicos de la anterior. Si se planteó que existen ese impacto en las condiciones de trabajo, ¿cómo podemos medirlo y evaluarlo en el interior de las empresas?

Para responder a ambas preguntas necesitábamos contrastar las hipótesis en varias plantas industriales -o talleres- de empresas españolas. Por su importancia en la industria española en cuanto a volumen de empleo, se contactó con varias empresas del sector de la alimentación para solicitar su participación en la investigación. Finalmente, respondió afirmativamente a nuestra solicitud una planta de elaboración y envasado que una multinacional del sector de alimentación tiene en España².

Además de esta introducción, el artículo se estructura en varios apartados. En un primer epígrafe, hacemos una descripción de los aspectos metodológicos generales seguidos en la investigación, y en concreto los aspectos referidos a la medición y evaluación del impacto ocupacional que se llevó a cabo en la planta. Pasamos, después, a una presentación de los resultados obtenidos en la medición del impacto ocupacional,

² Para preservar la confidencialidad de la información contenida, y por sugerencia de un responsable de la planta, se ha omitido en el artículo el nombre de la compañía y su actividad.

desagregando los datos por puesto de trabajo analizado sobre la muestra de trabajadores que respondieron el cuestionario. En un epígrafe posterior establecemos las conclusiones obtenidas. En este sentido, la medición y evaluación del impacto ocupacional supone un *enfoque ergonómico* de las transformaciones productivas, que apuesta por complementar las habilidades del factor humano para incrementar el uso eficiente de la propia tecnología.

2. Metodología

El diseño de la metodología y los resultados obtenidos en la planta de elaboración y envasado de alimentos han formado parte de una investigación mayor en la que se estudiaron los efectos de la digitalización en el sector industrial sobre las condiciones de trabajo. En la investigación, y mediante el empleo de diferentes técnicas (entrevistas personales, fuentes documentales, fuentes estadísticas, etc.)³ se mapeó un conjunto de efectos sobre las condiciones de trabajo como consecuencia de la digitalización de las empresas. Esto se realizó mediante dos pasos (López Carmona, 2023b):

- a) Identificación de las variables que impactan sobre las condiciones de trabajo, y que son resultado de un cambio en el entorno laboral, generado la digitalización en las empresas.
- b) Descripción de los efectos provocados por el nuevo entorno laboral sobre las condiciones de trabajo, relacionando cada efecto (variable dependiente) con la variable de impacto (variable independiente).

Con estas variables se procedió, en una fase posterior, a elaborar una matriz de datos que nos permitiera cuantificar el impacto ocupacional 4.0 (IO4.0). Por impacto ocupacional 4.0 entendemos el “conjunto de efectos -previstos o imprevistos- que la puesta en marcha de programas de transformación digital dentro de las empresas ocasiona sobre las condiciones de trabajo” (ibid.).

2.1. Identificación de las variables: el entorno digital de trabajo

2.1.1. Fuentes empleadas

Para realizar el mapeado de impactos de la industria 4.0 sobre las condiciones de trabajo se recurrió a diversas técnicas de investigación: fuentes documentales y entrevistas cualitativas.

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

³ Se remite al lector interesado a la lectura del capítulo 3 de la tesis doctoral (López Carmona, 2023b).

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*”⁴. 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*”⁵ 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.

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 trabajo*. 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 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. 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. Además, en los casos seleccionados se buscó que estuvieran representados los tres grupos profesionales que existen en la realidad

⁴ Información obtenida en <https://www.eurofound.europa.eu/observatories/emcc/fome>

⁵ Información obtenida de <https://osha.europa.eu/es/emerging-risks/developments-ict-and-digitalisation-work>

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 primera tanda de entrevistas a *interlocutores claves* fue realizada entre mayo de 2020 y febrero 2021; las entrevistas a *trabajadores* se realizaron 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 (López Carmona, 2023b).

2.1.2. Variables de impacto: el entorno digital de trabajo

En la investigación hemos planteado como hipótesis que las consecuencias de las diferentes intervenciones sobre el producto, los procesos y la organización que se llevan a cabo en una empresa concreta, dentro de su estrategia de digitalización, suponen un **nuevo entorno digital de trabajo**. Este se define en la investigación, de manera operativa, como el “conjunto de cambios operados en la empresa con motivo de su transformación digital y que tienen capacidad para impactar de manera variable en las condiciones de trabajo” (López Carmona, 2023b). Es decir, no todas las intervenciones y cambios que se operan en la empresa con motivo de la implantación de la Industria 4.0 afectan a las condiciones de trabajo, al menos de una manera clara y directa. Y además, aquellas que sí afectan solo tienen la capacidad -es decir, existe solo probabilidad- de impactar en las condiciones de trabajo; para que esa capacidad se materialice se requiere de una toma de decisión en la dirección de la empresa. Como consecuencia, el impacto en las condiciones de trabajo no es igual entre puestos de trabajo -o entre áreas o departamentos- de la empresa, lo que permite su gradación y comparación.

Como resultado de las entrevistas a interlocutores clave se pudieron identificar y caracterizar cuatro factores contextuales que caracterizarían el *nuevo entorno digital de trabajo* (Figura 1). Estos elementos suponen las variables de impacto, que consideramos causantes de los efectos sobre las condiciones de trabajo que se estudiaron:

- **Control automático de máquinas y procesos**, como consecuencia de la automatización casi completa del proceso de fabricación que introduce la industria 4.0 como nuevo paradigma industrial.
- **Gestión de los datos**. Con la recogida de información de manera automática y en tiempo real de máquinas y procesos industriales a lo largo de la cadena de valor, las diferentes categorías de trabajadores aumentan la capacidad para tomar decisiones en su propio ámbito de actuación con vistas a mejorar los procesos.
- **Digitalización del puesto de trabajo**. La incorporación de dispositivos y herramientas digitales ayuda a los trabajadores en el desempeño de las nuevas funciones que la automatización de los procesos les exige.
- **Entorno colaborativo de trabajo**. Aunque se conservan rasgos de lo que se define como taylorismo (por ejemplo, la parcelación de las tareas en el caso de los operarios de producción) se incorporan y extienden nuevas formas de trabajo postayloristas 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.

Figura 1. Factores que componen el Nuevo Entorno Digital de Trabajo



2.1.3. Mapa de impactos ocupacionales de la Industria 4.0

A partir de los verbatim de las entrevistas a trabajadores de la industria procedimos a identificar un conjunto de cambios en las condiciones de trabajo y en la cualificación de los puestos de trabajo en empresas donde se desarrollaban procesos de transformación digital. Estos efectos se registraron y se agruparon en cuatro categorías.

- a) **Contenido del puesto.** Aquí se incluyeron los efectos sobre los cambios en la composición del puesto de trabajo que tienen lugar con la incorporación de los habilitadores digitales en la planta industrial. Es decir: ¿qué tareas desaparecen o cuáles ven disminuir su importancia?, ¿qué tareas incrementan su importancia?
- b) **Lugar de trabajo (Workspace).** Se incluyeron los cambios en las condiciones ambientales (físicas, químicas y biológicas) y los efectos observados en los riesgos de seguridad y salud laboral.
- c) **Organización del trabajo.** Se incluyeron en esta categoría los diferentes cambios que están relacionados con la forma en que se organiza el trabajo⁶, como la intensidad del trabajo, la rotación de puestos, el tiempo de trabajo, etc.
- d) **Requerimientos de cualificación.** Aquí se clasifican los efectos de la transformación digital sobre las capacidades y conocimientos sobre el proceso de trabajo que debe poseer el trabajador para desempeñar sus tareas.

Estas categorías de impacto fueron delimitadas en la propia investigación, aunque se tomaron en consideración diversos modelos y esquemas clasificatorios. De especial relevancia fueron dos. Para el caso del *contenido del puesto* y la *organización del trabajo* se empleó la taxonomía desarrollada por Fernández-Macías y Bisello (2016), en la que se clasifican las tareas en dos ejes conceptuales diferentes: 1) el contenido de las tareas (qué se hace); y 2) los métodos y herramientas empleados (cómo se trabaja). En el caso de la categoría *requerimientos de cualificación*, se empleó el modelo contenido en el European Qualifications Framework (EQF)⁷.

También, a partir de los verbatim de las entrevistas se pudo relacionar cada uno de los efectos -o impactos- sobre las ocupaciones con alguno de los factores impulsores del *entorno digital de trabajo* con los efectos observados en la investigación. Como resultado del cruce de los factores impulsores (entorno digital) con los efectos identificados obtuvimos un *mapa -o matriz- de impactos*, que vemos representado en la Tabla 1. 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.

⁶ Por organización del trabajo entendemos un conjunto de relaciones que mantiene un trabajador en su puesto de trabajo con datos (información, ideas, teorías, instrucciones diversas, ...), con personas (compañeros de trabajo, proveedores, clientes, superiores, subordinados, ...) o con cosas (herramientas, máquinas, equipos, materias primas...)

⁷ <https://europa.eu/europass/en/europass-digital-tools/european-qualifications-framework>

Tabla 1. Mapa de impactos sobre los puestos de trabajo

	<i>Entorno digital de trabajo</i>			
	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.

2.2. La matriz de indicadores CMQ

Después de identificar y mapear los impactos ocupacionales en la industria, se pudo construir un modelo para medir el impacto ocupacional, de manera individualizada, sobre cada puesto de trabajo. Para ello, previamente, se realizó una revisión crítica de la literatura publicada desde la década de 1980 sobre los efectos de la digitalización en el trabajo y los modelos teóricos y taxonomía empleados en las investigaciones (López Carmona, 2023a)⁸.

La selección del puesto de trabajo como unidad de análisis posee la virtud de poder medir el impacto ocupacional mediante la consideración de tres dimensiones y 10 indicadores del proceso de trabajo que se ven afectados por la transformación digital de la empresa, y que refieren a:

- ¿Qué hace el trabajador en su puesto de trabajo? (Contenido). Nos preguntamos por los cambios en la *composición de los puestos de trabajo* en cuanto a los tipos de tareas que se desarrollan.
- ¿Cómo hace su trabajo? (Metodología y dispositivos organizativos). Al estar inmerso en una organización, bajo la dirección de la empresa, el trabajo se desarrolla con *métodos de trabajo y dispositivos organizativos* que la dirección de la empresa utiliza para dirigir la producción dentro de la fábrica.
- ¿Qué requerimientos de cualificación necesita el trabajador para acometer las tareas? (Requerimientos de cualificación). Consideramos cuestiones como el grado de autonomía y el grado de importancia que poseen la experiencia y la formación / aprendizaje como formas de adquisición de las competencias requeridas.

Para poder hacer comparaciones entre grupos, primeramente, hemos asignado a la matriz una puntuación máxima de 100 puntos, que se corresponde con el mayor grado de impacto ocupacional que un puesto de trabajo puede sufrir como consecuencia de la transformación digital en la empresa donde se encuadra. En la asignación de puntuaciones a cada una de las tres dimensiones que analizamos se han tomado en consideración las evidencias encontradas en las fases anteriores de la investigación.

Después de asignada una puntuación a cada dimensión de la matriz de puntuaciones, hemos distribuido esa puntuación entre los diferentes indicadores que consideramos para la medición del impacto ocupacional 4.0. En la Tabla 2 aparece un cuadro resumen con las dimensiones e indicadores⁹. En la columna izquierda de la tabla aparecen los indicadores que hemos seleccionados para la medición del impacto ocupacional. En la columna derecha de la tabla aparece la puntuación que hemos dado a cada indicador.

⁸ Aparte del resumen que aparece en este artículo, se remite al lector interesado a la lectura del capítulo correspondiente de la tesis (López Carmona, 2023b).

⁹ Por falta de espacio se omite la explicación de la distribución de las puntuaciones entre los distintos indicadores y la fundamentación de la asignación de las puntuaciones en el interior de cada indicador. Se remite nuevamente al lector interesado a la tesis doctoral (López Carmona, 2023b).

Tabla 2. Matriz CMQ para la medición del Impacto Ocupacional 4.0. Dimensiones e indicadores

1. Contenido del puesto (C)		48 puntos
Tareas físicas		18 puntos
Tareas intelectuales	Cambio en la presencia de las diferentes tareas en el puesto de trabajo.	18 puntos
Tareas sociales		12 puntos
2. Métodos y dispositivos organizativos (M)		32 puntos
Intensidad del trabajo	¿Ha habido incremento de las exigencias en el puesto de trabajo?	15 puntos
Rotación de puestos	¿Con qué frecuencia rota el trabajador de puesto dentro de la fábrica?	6 puntos
Tiempo de trabajo atípico	¿Con qué frecuencia se dan cambios en la jornada laboral o en el horario de trabajo?	6 puntos
Teletrabajo	¿Con qué frecuencia el trabajador realiza sus tareas desde su propio domicilio?	5 puntos
3. Requerimientos de cualificación (Q)		20 puntos
Autonomía	¿Qué grado de libertad tiene el trabajador para llevar a cabo sus tareas sin contar con un supervisor?	10 puntos
Experiencia previa	¿Qué importancia tiene contar con experiencia previa en otros puestos, o en otras empresas, para desempeñar su trabajo?	5 puntos
Formación en el puesto	¿Qué importancia tiene la formación en el puesto de trabajo?	5 puntos

El Impacto Ocupacional de la *Industria 4.0* en un puesto de trabajo considerado ($IO4.0_{lx}$) se calcula simplemente mediante la suma aritmética de las puntuaciones obtenidas en cada dimensión. En los casos donde obtuvimos varias observaciones de un mismo puesto de trabajo procedimos a asignar a este las puntuaciones medias obtenidas en los diferentes indicadores.

$$IO4.0_{(lx)} = IOC_{lx} + IOM_{lx} + IOQ_{lx}$$

Siendo:

$$IOC_{lx} = c_1 + c_2 + c_3$$

$$IOM_{lx} = m_1 + m_2 + m_3 + m_4$$

$$IOQ_{lx} = q_1 + q_2 + q_3$$

El cálculo del IO4.0 en los puestos de trabajo nos permitió medir y cuantificar dos aspectos diferentes del impacto ocupacional que se deriva de la transformación digital de las empresas: la *intensidad* del impacto y su *estructura*.

- En primer lugar, por **intensidad del impacto** entendemos la magnitud global de este sobre el contenido, sobre la metodología y organización del trabajo, y

sobre los requerimientos de cualificación del puesto de trabajo que estamos considerando.

- El impacto ocupacional sobre un determinado puesto de trabajo puede ser resultado de diferentes situaciones sociotécnicas que se producen al calor de la transformación digital de la empresa. Por este motivo, junto a la intensidad, debemos evaluar la **estructura del impacto ocupacional**. Es decir, de qué manera particular cambian y se alteran las condiciones del puesto de trabajo en lo relativo a su contenido, a la organización de su trabajo o a los requerimientos de cualificación que conlleva su desempeño.

2.3. La encuesta como técnica de investigación

Para cuantificar los efectos del impacto ocupacional se eligió la encuesta como técnica de investigación, por ser la más aconsejada en estos casos para obtener de manera sistemática y ordenada información relevante sobre el tema de nuestra investigación. Además, con la encuesta se da una estandarización del estímulo -el cuestionario- que nos permitía comparar las respuestas -puntuaciones de los diferentes indicadores del IO4.0- y analizarlas con técnicas estadísticas.

2.3.1. Diseño del cuestionario

Se procedió a diseñar un cuestionario individual como instrumento para medir los diferentes indicadores del IO4.0. El cuestionario fue autoadministrado (es el propio sujeto el que lo cumplimentaba) y estuvo disponible -en formato online- en Microsoft Forms. El cuestionario se componía de un conjunto de preguntas que recabaron información sobre *hechos objetivos* referidos a cambios en el puesto de trabajo con motivo de la digitalización. Estas preguntas hacían referencia a dos tipos de cuestiones (Alvira Martín y Aguilar, 2015):

- a) la *frecuencia*, o incidencia, medida por el número de veces que aparece el efecto que estamos midiendo en un cierto intervalo de tiempo convenido; y
- b) la *magnitud*, expresada por el grado de importancia que tiene ese efecto sobre el contenido, las formas de trabajar o las necesidades de cualificación del puesto de trabajo.

Las preguntas del cuestionario se organizaron en varios bloques temáticos. En el primero se preguntó sobre cuestiones referidos a la actividad que se realiza en la fábrica y sobre determinadas características sociodemográficas del trabajador, como edad, género, antigüedad en la empresa, nivel de estudios, etc. En el segundo bloque preguntábamos sobre las diferentes variables operativas que hemos englobado en el concepto *entorno digital de trabajo*. Queríamos saber con qué cambios concretos y con qué intensidad se había alterado el entorno de trabajo en que se hallaba el trabajador. El tercer bloque entraba a preguntar sobre las consecuencias concretas que el nuevo entorno de trabajo tiene para las variables relacionadas con las condiciones de trabajo que hemos seleccionado: contenido del trabajo (tareas y actividades); metodología y dispositivos organizativos; y requerimientos de cualificación. Muy relacionado con los requerimientos de cualificación, en un cuarto bloque preguntamos sobre las habilidades y actitudes que el trabajador consideraba más necesarias para desarrollar con éxito su puesto de trabajo.

Hay que apuntar que cuando se procedió al diseño del cuestionario se pensó en un análisis de los datos que fuera más allá del cálculo de los indicadores del impacto ocupacional IO4.0. Se pretendía con los datos recogidos en una muestra considerable de casos, establecer asociaciones y correlaciones entre diversas variables sociodemográficas de los trabajadores, y las variables del *entorno digital de trabajo*, con las puntuaciones obtenidas de los indicadores de los IO4.0. Sin embargo, el reducido número de casos analizados nos hizo adaptar el tratamiento y análisis de los datos obtenidos de los cuestionarios. Se hizo imposible desarrollar un análisis de datos más exhaustivo del que finalmente se llevó a cabo; el cual se limitó al cálculo de los indicadores y de los índices del IO4.0.

2.3.2. Realización de la encuesta a trabajadores de la planta

El trabajo de campo consistió en una única recopilación de datos entre los trabajadores de la planta de la empresa de alimentación durante los meses de octubre a diciembre de 2021. Desde la dirección de la planta se mandó email a los trabajadores, con un enlace online donde entrar y poder realizar el cuestionario. Con ello se consiguió salvaguardar la privacidad y la protección de datos de los sujetos participantes.

En total, cumplieron el cuestionario online 69 trabajadores. Con los datos recogidos, se creó un fichero mediante el uso del software estadístico IBM-SPSS 25. A este fichero se le realizaron varias tareas de depuración de la información para identificar posibles errores cometidos durante la realización de la encuesta, o en la grabación de los datos, y corregirlos.

Para cada una de las 69 observaciones que se obtuvieron en la encuesta, se puntuaron las respuestas obtenidas en el segundo bloque del cuestionario (las que hacían referencia a los impactos de la industria 4.0) y se calcularon los diferentes indicadores. Las puntuaciones obtenidas en el cuestionario fueron agrupadas en dos niveles. En primer lugar, según la denominación del puesto de trabajo. Así, conseguimos información sobre un total de 17 puestos de trabajo. En un segundo nivel de agrupación se asignó cada puesto de trabajo resultante a uno de los cuatro grupos profesionales que se definieron (Tabla 3):

- En el grupo “Operarios de Fábrica” agrupamos 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 “Personal de mantenimiento” se engloban los puestos de trabajo que su desempeño requiere de conocimientos técnicos y profesionales y cuyo desempeño consiste en la instalación y mantenimiento de máquinas e infraestructuras industriales.
- En el grupo “Ingenieros y Técnicos” están presentes 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).

- Por último, en el grupo de “Directores y Coordinadores” agrupamos 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.

Tabla 3. Puestos de trabajo analizados, por grupo profesional

Grupo	Puesto
Operarios de Fábrica	Operario de proceso
	Operario de packing
Personal de mantenimiento	Electromecánico
Ingenieros y Técnicos	Food Expert
	PCyIS Engineer
	Process Execution Technician
	Technology owner
	Técnico de calidad / laboratorio
Directores y Coordinadores	Business Unit Manager
	Coordinador de producción
	Encargado de almacén
	Manager de Mantenimiento
	Operations Manager
	Smart Factory Ksum Lead
	Team leader
	Technical Manager
	Utilities coordinator

2.4. Validez y fiabilidad de la matriz CMQ¹⁰

En la investigación se realizó un análisis de la validez y fiabilidad mediante técnicas estadísticas, y con el empleo del paquete SPSS-25, para comprobar la bondad de la medición realizada y considerando que ambos análisis nos “proporcionan el lenguaje esencial de la medición y constituyen los índices de calidad de los cuestionarios” (Batista-Foguet, Coenders, y Alonso 2004:21). La *validez* refiere al grado en que la

¹⁰ El estudio de validez y fiabilidad que aquí se presenta de manera resumida se realizó con el conjunto de respuestas obtenidas en las empresas que participaron en la investigación. En total se recogieron 87 respuestas al cuestionario y se analizó el IO4.0 de un total de 28 puestos de trabajo. Para el lector interesado se remite a la lectura del capítulo 6 de López Carmona (2023b).

operacionalización del concepto de *Impacto Ocupacional 4.0* -mediante la definición de las dimensiones e indicadores que hemos establecido- refleja la realidad que queremos medir con ese concepto. Con la validez el investigador “tratará, en suma, de identificar si las definiciones operacionales e indicadores aplicados resultan apropiados” (Cea D’Ancona 2001:150) para medir el concepto de IO4.0. La *fiabilidad*, por su parte, se relaciona con la estabilidad de las puntuaciones obtenidas tras la aplicación del cuestionario; la *fiabilidad* se puede controlar mejor que la *validez* y posee un carácter empírico y cuantificable que no se da con la *validez* (ibid. p. 223).

2.4.1. Análisis de Validez. Análisis Factorial

Para evaluar la validez de la matriz CMQ hemos utilizado dos criterios: la validez de contenido y la validez de constructo. La *validez de contenido* plantea la cuestión de la utilidad del instrumento de medida. Evaluamos si en la operacionalización del concepto de Impacto Ocupacional 4.0 (IO4.0) hemos considerado un número suficiente y significativo de indicadores que dé cuenta de los diferentes aspectos que conforman la realidad empírica que estamos estudiando.

Este tipo de validez no se cuantifica y se fundamenta en la opinión de figuras *expertas* que enjuician la adecuación y la pertinencia de los indicadores empleados. En nuestro caso particular, esto lo hemos realizado a lo largo de la investigación, mediante el uso combinado de fuentes estadísticas y documentales, y de entrevistas cualitativas a *informantes clave* y a *trabajadores* de la industria.

El segundo criterio de validez que hemos analizado es la *validez del constructo*, que consiste en un análisis de la significación de las puntuaciones obtenidas para expresar el concepto expresado en su medición. Para comprobar el grado de correspondencia entre la estructura de las puntuaciones de la escala con la estructura del constructo (validez estructural) hemos realizado un *análisis factorial confirmatorio* (AFC), que es el que mejor se ajusta para este fin (Pérez Gil, Chacón Moscoso, y Moreno Rodríguez 2000). El AFC es una técnica estadística multivariable basada en la reducción de datos, y que está orientada a la comprobación de modelos teóricos donde se cuenta con un modelo inicial que es preciso *confirmar*.

Previo al análisis factorial confirmatorio, hemos comprobado estadísticamente la adecuación de los datos mediante la *prueba de KMO* (Medida Kaiser-Meyer-Olkin) de adecuación de la muestra y la *prueba de esfericidad de Bartlett*. El valor encontrado en la *prueba de KMO* es superior a 0,6 que es el valor mínimo que se considera deseable para realizar con las máximas garantías el AFC. En la *prueba de esfericidad de Bartlett* el nivel crítico (Sig.) obtenido es 0.046 (un valor por debajo de 0,05) por lo podemos rechazar la hipótesis nula y considerar que el modelo factorial es adecuado para analizar los datos de la matriz CMQ.

Tomando la muestra de datos obtenida en la encuesta a trabajadores, con el AFC buscamos grupos homogéneos de variables (factores) capaces de explicar el máximo de información contenida en los datos para, posteriormente, comparar estos factores con los indicadores y dimensiones que habíamos planteado inicialmente en la matriz CMQ. La **tabla de comunalidades** reveló que todas las variables de la matriz CMQ pueden ser explicadas por el modelo factorial, dado que ninguno de los valores se sitúa alrededor del

valor 0. Estos resultados se confirman con el **análisis de la varianza total explicada**, donde obtuvimos cuatro factores que poseen un autovalor superior a 1. Como contraste, hemos obtenido una segunda solución factorial con tres factores, para poder evaluar cómo se agrupan las variables considerando el mismo número de factores que el número de dimensiones del modelo teórico de la matriz CMQ.

Seguidamente obtuvimos la **matriz de estructura factorial** donde se encuentra la solución factorial con cuatro y con tres factores que el programa estadístico IBM SPSS obtiene con los datos de nuestra muestra. Para facilitar la interpretación de la solución factorial hemos rotado la matriz mediante el método Varimax, que es un método de rotación ortogonal que minimiza el número de variables que tienen saturaciones altas en cada factor, lo que ayuda a simplificar la interpretación de los factores, optimizando la solución por columna. La solución rotada aparece en la **matriz de componentes rotados** (con cuatro factores), y que solo incluyen los valores de las correlaciones mayores de 0,30 (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis factorial. Matriz de componentes rotados, con cuatro factores.

	Componente			
	1	2	3	4
Tareas físicas	,803			,338
Tareas intelectuales	,736	,349	,363	
Tareas sociales	,820			
Intensidad del Trabajo	,480		,676	
Rotación del puesto				,848
Tiempo de trabajo atípico			,691	
Teletrabajo		,475	,607	
Experiencia previa				,725
Formación Recibida		,828		
Autonomía	,381	,737		

Nota. Método de rotación Varimax con normalización Kaiser. Coeficientes con un valor superior a 0,30.

2.4.2. Fiabilidad. Alpha de Cronbach

Después de comprobar la validez de constructo de la matriz CMQ que hemos diseñado para el análisis y cuantificación del impacto ocupacional, se evaluó la fiabilidad de las puntuaciones obtenidas, analizando la consistencia interna de los indicadores del IO4.0 a través del cálculo del *Alpha de Cronbach*.

Hemos obtenido un valor de 0,635, para al *Alpha de Cronbach*, y de 0,610 para el *Alpha de Cronbach estandarizado*, que se sitúan en los valores mínimos para ser considerados como una medida cuestionable (entre 0,60 y 0,70), según los criterios de consistencia interna de (George y Mallery 2002) para esta prueba.

También hemos calculado la fiabilidad en cada una de las tres dimensiones de la escala, obteniendo en todas ellas un valor superior a 0.6 (Tabla 5).

Tabla 5. *Análisis de la fiabilidad de la medición mediante el cálculo del «Alpha de Cronbach»*

	Alpha de Cronbach	Alpha de Cronbach estandarizado	N elementos
IO4.0	,635	,610	10
IOC	,731	,765	3
IOM	,671	,610	4
IOQ	,601	,626	3

Como último paso, se consideró la fiabilidad de la matriz de indicadores en caso de desaparecer un elemento (Tabla 6).

Como conclusión del análisis realizado, se puede afirmar que el instrumento de medida que hemos definido a lo largo de la investigación cumple con los suficientes requerimientos de validez y fiabilidad.

Por tanto, y con la información aportada por nuestra pequeña muestra de observaciones, podemos inferir que la matriz CMQ es una herramienta útil y fiable que nos permite medir el impacto ocupacional que se produce en los puestos de trabajo como consecuencia de la transformación digital de las empresas. Esto no es óbice para que consideremos necesario realizar nuevos estudios, con tamaños de muestra mayores para apuntalar lo dicho aquí sobre la validez y fiabilidad de las mediciones obtenidas con la matriz CMQ.

Tabla 6. *Alpha de Cronbach si se elimina el elemento*

	Media de escala si el elemento se ha suprimido	Varianza de escala si el elemento se ha suprimido	Correlación total de elementos corregida	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido
Tareas físicas	49,29	197,746	,493	,561
Tareas intelectuales	45,75	208,305	,712	,485
Tareas sociales	49,72	256,205	,478	,569
Intensidad del Trabajo	51,44	230,875	,400	,589
Rotación del puesto	57,52	323,496	,013	,655
Tiempo de trabajo atípico	58,47	322,988	,209	,634
Teletrabajo	57,41	321,118	,062	,646
Experiencia previa	51,19	305,804	,153	,637
Formación Recibida	55,53	311,659	,220	,627
Autonomía	54,55	315,292	,286	,625

3. Resultados. El impacto ocupacional 4.0 en una planta del sector de alimentación

En el interior de la planta de elaboración de alimentos, la materia prima pasa, en términos generales, por diferentes áreas de procesado y embalaje. Primeramente, hay un *área de planificación* que controla la recepción de las materias primas y emite las órdenes de producción a la planta. Existen tres *áreas de producción*, cada una encargada de elaborar una línea de productos diferente de la marca y de su empaquetado.

La planta lleva desde 2019 desarrollando un *Smart Factory Plan*, al que anualmente se le asigna una partida presupuestaria para su implementación, y que tiene por objetivo estratégico el aumento del OEE (Overall Equipment Effectiveness) o Eficiencia General de los Equipos¹¹. El Plan está liderado por un equipo de *Smart Factory* y que dirige el propio director de la planta. En los diferentes módulos del Plan participan en la fase de diseño e implementación los trabajadores de las áreas implicadas.

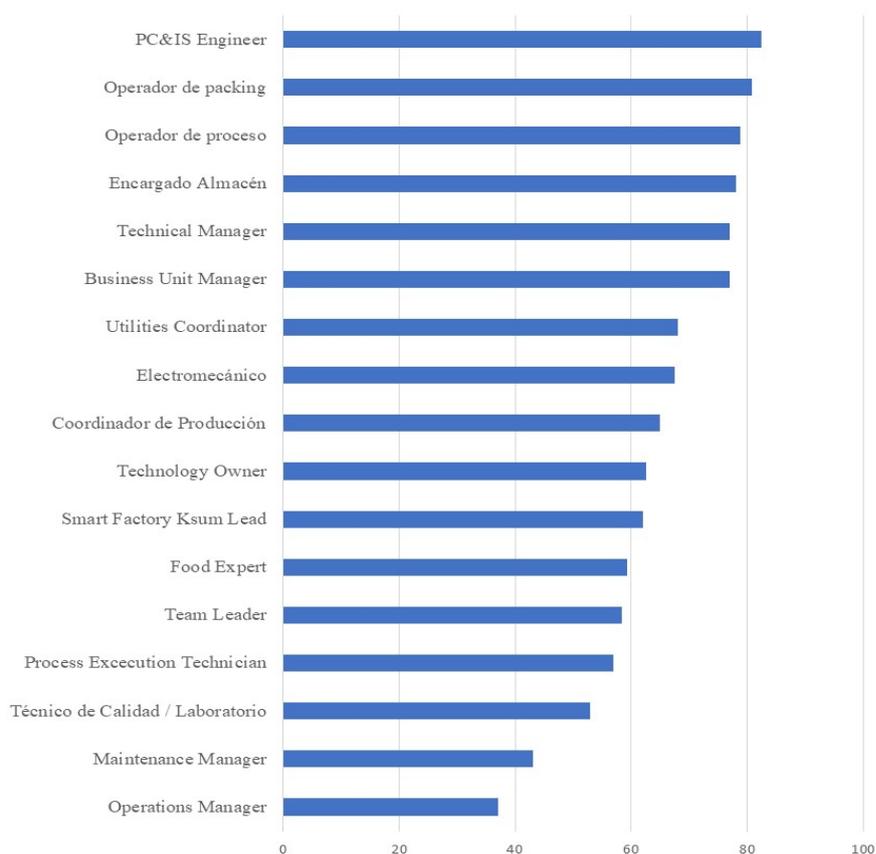
3.1. Intensidad del Impacto Ocupacional 4.0

Un rasgo característico de la muestra -limitada y exploratoria- de puestos de trabajo que estamos examinando (Figura 2), consiste en la variabilidad de situaciones entre grupos profesionales y puestos de trabajo, incluso dentro de una misma empresa, en lo que respecta a la intensidad del impacto ocupacional. La intensidad se corresponde con la puntuación obtenida en el cálculo del IO4.0 en cada puesto de trabajo, y es resultado

¹¹ El OEE consiste en una medida de la eficiencia productiva de la maquinaria industrial y se ha convertido en la actualidad en un estándar internacional reconocido, ya que engloba en un único indicador información cuantitativa sobre disponibilidad, eficiencia y calidad de la máquina.

de la suma de puntuaciones obtenidas en los 10 indicadores -agrupado en tres dimensiones- que lo conforman.

Figura 2. *Medición del IO4.0 en los puestos de trabajo*



Como consecuencia de la implantación de su *Smart Factory Plan* en los últimos años, en la fábrica de productos de alimentación encontramos un grado medio-alto de impacto ocupacional, aunque existen diferencias de intensidad entre los puestos de trabajo. Uno de cada tres puestos (6 casos) se encuentra en un nivel alto en la puntuación del IO4.0 (más de 70 puntos); la mayor puntuación la obtiene el puesto de *PC&IS Engineer*, con 83 puntos. En este grupo están representados todos los grupos profesionales, desde los *operarios de fabrica* (producción y proceso), pasando por *ingenieros y personal técnico*, hasta el personal de *dirección y coordinación* de la planta.

La mayoría de los puestos de trabajo -10 casos de 17- se sitúa en un nivel intermedio de impacto ocupacional (entre 40 a 69 puntos), propio de entornos digitales que están siendo alterados, pero no de manera completa y además con desigual impacto entre las áreas o departamentos de la fábrica. Solo el puesto de *Operations Manager* tiene un índice inferior a 40 puntos, lo que en el estudio considerábamos como un nivel bajo de impacto.

3.2. Estructura del Impacto Ocupacional 4.0 ¹²

La mayor o menor intensidad del impacto ocupacional en los diferentes grupos profesionales y los puestos analizados se conjuga con una desigual incidencia de los diversos indicadores que hemos construido para dar cuenta de los cambios sufridos. En las dos tablas siguientes aparecen los *coeficientes de impacto ocupacional* de cada uno de los 10 indicadores que estamos considerando para medir el IO4.0. Estos coeficientes nos permiten comparar el impacto entre distintas variables que poseen diferentes escalas de medida, y son el resultado de dividir la puntuación obtenida por la puntuación máxima que hemos asignado a cada uno de los indicadores. Lo que nos indica el coeficiente es, de manera sintética, cual es el grado de impacto de cada variable en el grupo profesional (Tabla 7) o en el puesto de trabajo (Tabla 8).

Tabla 7. Coeficientes de impacto ocupacional por grupo profesional

Grupo profesional	IOC			IOM				IOQ		
	c1	c2	c3	m1	m2	m3	m4	q1	q2	q3
Operarios de fábrica	39	56	42	47	50	0	20	80	40	80
Personal de mantenimiento	67	94	92	67	50	17	0	90	100	80
Ingenieros y técnicos	61	67	83	60	0	0	40	80	60	60
Directores y coordinadores	56	83	92	47	17	17	40	70	80	100

3.2.1. Contenido del trabajo (IOC)

La digitalización cambia 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, 2019). El trabajo efectivo se hace más inmaterial (menor manipulación de objetos físicos), con más tiempo de trabajo dedicado a tareas intelectuales donde se gestionan los datos recogidos a lo largo de la cadena de valor, y donde los trabajadores tienen 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.

De este modo, la medición del IO4.0 en todos los grupos profesionales revela que el impacto ocupacional se dirige principalmente a incrementar las **tareas intelectuales** (c2) relacionadas con la supervisión, el tratamiento de la información y la resolución de problemas, y en menor medida las tareas sociales, relacionadas con **interacción social** y

¹² En López Carmona (2023b) se hace un análisis más detallado del impacto ocupacional y se relacionan los datos obtenidos de la encuesta con los obtenidos en las entrevistas personales. Aquí hacemos una presentación resumida de los resultados.

el trabajo en equipo (c3). El impacto ocupacional sobre la reducción de **tareas físicas** (c1) es menor en todos los grupos de la fábrica, producto del avanzado estado de desarrollo de su Smart Factory Plan (Tabla 7).

Tabla 8. *Coficientes de Impacto Ocupacional, por puesto de trabajo*

Puesto de trabajo	IOC			IOM				IOQ		
	c1	c2	c3	m1	m2	m3	m4	q1	q2	q3
Business Unit Manager	83	100	100	100	0	33	0	50	100	100
Coordinador de Producción	100	83	100	33	0	0	0	100	0	100
Electromecánico	50	83	75	100	0	33	0	100	83	67
Encargado Almacén	83	67	100	67	100	0	100	80	100	100
Food Expert	92	42	88	50	0	17	0	88	50	100
Maintenance Manager	0	67	50	0	0	0	100	100	100	100
Operador de packing	100	100	100	100	0	0	0	100	57	100
Operador de proceso	67	100	75	100	85	3	0	100	92	100
Operations Manager	0	67	100	0	0	0	0	30	100	100
PC&IS Engineer	100	100	100	100	0	0	100	45	100	100
Process Execution Technician	0	67	75	100	0	17	100	100	50	50
Smart Factory Ksum Lead	67	100	100	0	0	33	100	30	100	100
Team Leader	33	67	100	56	0	0	0	100	100	100
Technical Manager	50	100	50	100	0	67	100	100	100	100
Technology Owner	67	67	100	33	0	0	67	100	100	67
Técnico de Calidad / Laboratorio	50	67	100	11	0	0	0	100	67	100
Utilities Coordinator	17	100	100	100	0	0	100	50	100	100

3.2.2. Metodología y los dispositivos organizativos (IOM)

El impacto ocupacional sobre la organización del trabajo (métodos y dispositivos organizacionales) presenta unas puntuaciones menores en los cuatro indicadores medidos, respecto a las puntuaciones halladas en las otras dimensiones del IO4.0. Este menor impacto ocupacional -aún con alguna excepción- se debe a la existencia de formas duales de organizar el trabajo, 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 *postayloristas*, que ya se conocían en la industria en las últimas décadas, como son los grupos de trabajo, la autonomía relativa, la reducción de niveles jerárquicos o la integración de tareas (Lahera Sánchez 2005).

Analizando las puntuaciones entre grupos profesionales (Tabla 7) vemos que no existen grandes diferencias en la intensidad del impacto ocupacional en la organización

del trabajo. Junto a la reconfiguración de las tareas, el incremento de la estandarización de las tareas y actividades a desarrollar en la planta abre la puerta a un incremento de la **intensidad del trabajo** (m1). En 14 de los 17 puestos analizados, aparece reflejado un incremento generalizado del ritmo y la velocidad de trabajo, con mayores exigencias de atención y concentración en los procesos, y con la consiguiente sobrecarga emocional para los trabajadores, que puede causar determinados trastornos psicosociales, como el estrés (Pérez Zapata, Alvarez Hernández, y Revilla Castro 2021).

Otras consecuencias de la estandarización de las tareas y rutinas de trabajo, como el aumento de la frecuencia en la **rotación de puestos** (m2) y en los **tiempos de trabajo atípicos** (m3) están poco presentes en los datos obtenidos, a pesar que ambos elementos se sitúan en el centro de las estrategias de flexibilidad organizativa que tienen a disposición las empresas para hacer frente a los ajustes de la producción ante variaciones de la demanda, y que están siendo potenciadas por las nuevas posibilidades de producción que otorgan las nuevas tecnologías habilitadoras de la industria 4.0. Mayor incidencia tiene el aumento del **trabajo híbrido** y el teletrabajo (m4) para 9 puestos de trabajo pertenecientes al grupo de ingenieros y personal técnico.

3.2.3. Requerimientos de Cualificación (IOQ)

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. Como consecuencia, la cualificación y las competencias necesarias para realizar estas tareas también sufren cambios. En los puestos de trabajo analizados, nos encontramos con un ligero impacto de los requerimientos de cualificación, con incremento general de la **autonomía en el trabajo** (q1) en todos los puestos y en una mayor importancia de la **experiencia previa** para desempeñar el trabajo (q2).

El proceso de aprendizaje / formación que se produce en el propio desempeño del puesto, y que tiene como resultado una revalorización de la experiencia acumulada por el trabajador, hace crecer también la necesidad de formar a los trabajadores en **nuevas áreas de conocimientos** (q3) sobre determinadas áreas relacionadas con la industria 4.0 para mejorar su desempeño (Tabla 9).

En 13 de los 17 casos analizados, los trabajadores señalan la necesidad de más formación en las nuevas tecnologías empleadas en el proceso industrial. En 9 casos se manifiesta también la necesidad de formación en competencias transversales y en la evaluación de información.

Como resumen de lo hallado en la medición del IO4.0 en la planta del sector de alimentación podemos apuntar a los siguientes puntos:

1. Debido a los planes anuales de Smart Factory que se han llevado a cabo en la planta, existe un entorno digital avanzado, con una casi total automatización de todos los procesos productivos y una progresiva digitalización de los puestos de trabajo.
2. Más de la mitad de los puestos analizados manifiestan un impacto ocupacional intermedio como consecuencia de las transformaciones productivas llevadas a cabo en la planta. Esto revela que, según se avance en la transformación digital

de los procesos productivos en la planta, se seguirán dando nuevos cambios en los puestos de trabajo en los próximos años.

3. La composición del impacto ocupacional revela la desigual incidencia de las variables estudiadas. Los principales puntos de impacto están en el contenido de los puestos (tareas y actividades), en la autonomía de los puestos, y en las situaciones de trabajo híbrido o teletrabajo en puestos relacionados con la ingeniería y coordinación.
4. La práctica totalidad de puestos manifiesta la necesidad de mayor formación en el uso de las tecnologías en los procesos productivos y en competencias digitales transversales, relacionadas con la gestión y evaluación de la información.

Tabla 9. Necesidades de nuevos conocimientos, por puesto de trabajo

	1	2	3	4	5
Business Unit Manager		●		●	
Coordinador de Producción	●	●	●	●	●
Electromecánico	●	●			
Encargado Almacén		●		●	
Food Expert		●		●	
Maintenance Manager			●		
Operador de packing	●	●	●	●	●
Operador de proceso	●	●	●	●	●
Operations Manager				●	
PC&IS Engineer		●	●		●
Process Execution Technician			●		●
Smart Factory Ksum Lead		●			
Team Leader		●			
Technical Manager			●		
Technology Owner	●	●	●	●	●
Técnico de Calidad / Laboratorio		●	●	●	
Utilities Coordinator		●			

Notas: (1) El proceso industrial global de la fábrica o taller. (2) Nuevas tecnologías y herramientas digitales empleados en el proceso industrial. (3) Competencias transversales. (4) Recopilación, tratamiento y evaluación de información. (5) Comunicación y trabajo colaborativo.

4. Conclusiones

Se ha presentado una metodología propia y original que ha sido resultado de una investigación del autor sobre los efectos de la Cuarta Revolución Industrial en las

ocupaciones y empleos. Se ha formulado un procedimiento con el que se cuantifica y evalúa el impacto ocupacional ocasionado por la digitalización de las empresas -el impacto ocupacional 4.0 (IO4.0)- mediante la medición de 10 indicadores que corresponden a las tres dimensiones de los puestos de trabajo (Contenido del puesto, Métodos y dispositivos organizativos y requerimientos de Cualificación) que son alteradas por una serie de transformaciones productivas que se dan en el interior de las empresas con la llegada de las tecnologías de la industria 4.0 a los centros de trabajo; esto permite analizar tanto la intensidad general del impacto ocupacional como la estructura interna del mismo debido a la diferente incidencia de las variables consideradas en cada puesto de trabajo. Con la medición del IO4.0 se pueden, además, realizar comparaciones dentro de una misma empresa entre áreas o departamentos, o hacer también comparaciones entre empresas de un mismo sector o de sectores diferentes.

En este artículo se han presentado también los resultados de la medición del IO4.0 llevados a cabo en la investigación en una planta radicada en España perteneciente a una multinacional del sector de la alimentación. El análisis de los datos obtenidos, a pesar de lo reducido de la muestra de puestos de trabajo, avala la utilidad de la matriz de datos CMQ.

El procedimiento de medición del impacto ocupacional, así conseguido, se convierte en una herramienta para la intervención organizativa en las empresas mediante un enfoque ergonómico de las transformaciones productivas, que formando parte de los programas de transformación digital, ayude al análisis y evaluación preliminar de los efectos sobre las condiciones de trabajo. También a nivel de sector, o rama productiva, la medición del IO4.0 permite a las Administraciones Públicas y a los Agentes Sociales disponer de una medida estandarizada de las transformaciones en las condiciones de trabajo que se producen como consecuencia de las innovaciones tecnológicas y organizativas, lo que puede colaborar a una mayor claridad en los debates y discusiones sobre el uso eficiente de la tecnología en el sistema productivo.

5. Referencias bibliográficas

ALNOOR, Alhamzah, ATIYAH, Abbas Gatea, & ABBAS, Sammar. (2023). “Toward digitalization strategic perspective in the European food industry: Non-linear nexuses analysis”, *En. Asia- Pacific Journal of Business Administration*. Emerald Group Publishing LTD. <https://doi.org/10.1108/APJBA-07-2023-0298>

ALVIRA MARTÍN, Francisco Ricardo, & AGUILAR, María José (2015). “La evaluación de intervenciones sociales: Proyectos, programas y políticas”, *En. M. GARCÍA FERRANDO, F. ALVIRA MARTÍN, L. E. ALONSO, & M. ESCOBAR (Eds.), El análisis de la realidad social: Métodos y técnicas de investigación* (pp. 270-294).

ANNOSI, María Carmela, BRUNETTA, Federica., BIMBO, Francesco., & KOSTOULA, Marianthi (2021). “Digitalization within food supply chains to prevent food waste”. Drivers, barriers and collaboration practices, *En. Industrial Marketing Management*, Vol. 93, pp. 208-220. <https://doi.org/10.1016/j.indmarman.2021.01.005>

ARANA-LANDÍN, Germán, LASKURAIN-ITURBE, Iker, ITURRATE, Mikel., & LANDETA-MANZANO, Beñat (2023). Assessing the influence of industry 4.0 technologies on occupational health and safety. *Heliyon*, 9(3), e13720. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13720>

AZTI. (2019). “Transformación digital: Reto para la industria alimentaria”. Disponible en <https://www.azti.es/la-transformacion-digital-reto-pendiente-para-la-industria-alimentaria/>

BARILE, Domenica, SECUNDO, Giustina, & DEL VECCHIO, Pasquale (2022). “Food 4.0 for competing during the COVID-19 pandemic: Experimenting digitalization in family firms”, *En*. European Journal of Innovation Management. Emerald Group Publishing LTD. <https://doi.org/10.1108/EJIM-07-2022-0373>

BATISTA-FOGUET, Joan Mamuel, COENDERS, Germà, & ALONSO, Jordi (2004). “Análisis factorial confirmatorio. Su utilidad en la validación de cuestionarios relacionados con la salud”. *Medicina Clínica*, 122, Número S1, pp. 21-27.

CEA D’ANCONA, María Ángeles. (2001). *Metodología cuantitativa: Estrategias y técnicas de investigación social: 1. Síntesis*.

CONSEJO ECONÓMICO Y SOCIAL. (2019). *Informe sobre la industria en España; propuestas para su desarrollo* (Número 04/2019). <http://www.ces.es/documents/10180/5209150/Inf0419.pdf>

DONG, Yan, AHMAD, Sayed Fayad, IRSHAD, Muhammad, AL-RAZGAN, Muna, ALI, Yaser A., & AWWAD, Emad Marous (2023). “The Digitalization Paradigm: Impacts on Agri-Food Supply Chain Profitability and Sustainability”, *En*. Sustainability, Vol. 15, Número 21. <https://doi.org/10.3390/su152115627>

ESTRADA, Bruno (2016). *Disrupciones tecnológicas y empleo. Diagnóstico y propuestas*. <https://www.fundacionalternativas.org/recursos/disrupciones-tecnologicas-y-empleo-diagnostico-y-propuestas>

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.

FERNÁNDEZ-MACÍAS, Enrique, & BISELLO, MARTINA. 2016. «A framework for measuring tasks across occupations». *VoxEU.org*. Recuperado 26 de marzo de 2024. (<https://voxeu.org/article/framework-measuring-tasks-across-occupations>).

GEORGE, Darren, & MALLERY, Paul (2002). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference*. Allyn & Bacon

GIROTTI, Francesca, GALEAZZI, Andrea, MANENTI, Flavio, GUEGUEN, Sophie, & PIAZZA, Laura (2022). “Water-food-energy nexus: Assessing challenges in the trend toward digitalization: The case study of an Italian winemaking industry”, *En*. Environmental Progress & Sustainable Energy. Vol. 41, Número 6. <https://doi.org/10.1002/ep.13893>

GRAU-NOGUER, Eduard, SUPPI, Remo RODRIGUEZ-SANZ, Maica, SERRATOSA, Jordi, BOLAO, Assun, LUNDEN, Janne, HAU, Patrick, de VASCONCELOS, Filipa Melo, ABERG, Riikka, BLOMGREN, Cecilia, LAMBERT, Michael, LEPIK, Keidi, VAGSHOLM, Ivar, KAUTTO, Arja Helena, LUECKL, Johannes, ABELN-RICHTER, Sara, KAMPHAUSEN,

Rolf, BAMMENS, Erno, GEORGIADES, Filippos, ... PORTANA, Samuel (2023). "Digitalization and official food safety inspections at retail establishments", *En. Food Control*, Vol. 154). <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109950>

HEIJS, Joost, MOLES, Gabriel, & IGLESIA-VILLASOL, María Covadonga (2015). El impacto de las innovaciones de producto y de proceso sobre el empleo industrial. *Documento Trabajo LAIF N° 97*.

JORGE-VAZQUEZ, Javier, CHIVITE-CEBOLLA, Ma Peana, & SALINAS-RAMOS, Francisco (2021). "The Digitalization of the European Agri-Food Cooperative Sector. Determining Factors to Embrace Information and Communication Technologies", *En. Agriculture-Basel*, Vol. 11, Número 6. <https://doi.org/10.3390/agriculture11060514>

KOSIOR, Katarzyna. (2022). "The advancement of digitalization processes in food industry enterprises in the European Union". *En Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, Vol. 371, Número 2, pp. 28-46. <https://doi.org/10.30858/zer/146782>

LAHERA SÁNCHEZ, Arturo. (2005). *Enriquecer el Factor Humano: Vol. VI*. Fundación de Investigaciones Marxistas.

LÓPEZ CARMONA, José Luis (2023a). "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://doi.org/10.5209/stra.92439>

LÓPEZ CARMONA, José Luis (2023b). *Trabajar en la Industria 4.0. Medición del impacto ocupacional como consecuencia de la transformación digital de las empresas en el sector manufacturero español*. Universidad Complutense de Madrid. Tesis doctoral dirigida por Arturo Lahera Sánchez.

MARIC, Drazen, VUKMIROVIC, Goran, MARIC, Radenko, NUSEVA, Daniela, LEKOVIC, Ksenija, VUCENOVIC, Sonja, & TESTA, Ricardo (2024). "Analysis of Food Supply Chain Digitalization Opportunities in the Function of Sustainability of Food Placement in the Western Balkans Region". *En Sustainability*, Vol. 16, Número 1. <https://doi.org/10.3390/su16010002>

MCKINSEY GLOBAL INSTITUTE. (2012). *Manufacturing the future: The next era of global growth and innovation*. https://www.mckinsey.com/~/_/media/McKinsey/Business%20Functions/Operations/Our%20Insights/The%20future%20of%20manufacturing/MGI_Manufacturing%20the%20future_Executive%20summary_Nov%202012.pdf

MICHEL-VILLARREAL, Rosario, VILALTA-PERDOMO, Eliseo Luis, CANAVARI, Maurizio, & HINGLEY, Martin (2021). "Resilience and Digitalization in Short Food Supply Chains: A Case Study Approach", *En Sustainability*, Vol. 13, Número 11. <https://doi.org/10.3390/su13115913>

PÉREZ GIL, José Antonio, CHACÓN MOSCOSO, Salvador, & MORENO RODRÍGUEZ, Rafael (2000). "Validez de constructo: El uso de análisis factorial exploratorio-confirmatorio para obtener evidencias de validez". *Psicothema*, 12(Su2). Disponible en <https://www.psicothema.com/pdf/601.pdf>

PÉREZ ZAPATA, Oscar, & ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, Gloria (2021). “Empleo, trabajo y riesgos para la salud mental: Análisis y propuestas de intervención”. *Panorama social*, 34, 77-103.

PIHIR, Igor, TOMICIC-PUPEK, Katarina, & FURJAN, Martina Tomicic (2019). *Digital transformation playground: Literature review and framework of concepts*. <https://doi.org/10.31341/jios.43.1.3>

REJEB, Abderahman, REJEB, Karim, ABDOLLAHI, Alireza, ZAILANI, Suhaiza, IRANMANESH, Mohammad, & GHOBAKHLOO, Morteza (2022). “Digitalization in Food Supply Chains: A Bibliometric Review and Key-Route Main Path Analysis”, *En. Sustainability*, Vol. 14, Número 1. <https://doi.org/10.3390/su14010083>

ROLAND BERGER (2015). *The digital transformation of industry*. www.rolandberger.com/publications/publication_pdf/roland_berger_digital_transformation_of_industry_20150315.pdf

SCHNEIDER, Tanja, & ELI, Karin (2023). “The digital labor of ethical food consumption: A new research agenda for studying everyday food digitalization”, *En. Agriculture and Human Values*, Vol. 40, Número 2, pp. 489-500. <https://doi.org/10.1007/s10460-022-10390-7>

STOIAN, Mirela, DOBRE, Iuliana, POPESCU, Cristian George, COSMIN, Marius Vasile, DIMITRIU, Anton Theodor, & ION, Ana (2022). “Increasing sustainability of food production and ensuring human health through agriculture digitalization”, *En. Ekonomika Poljoprivreda-economics of agriculture*, Vol. 69, Número 4, pp. 1209-1223). <https://doi.org/10.5937/ekoPolj2204209S>

VILALTA-PERDOMO, Eliseo, SALINAS-NAVARRO, David E., MICHEL-VILLARREAL, Rosario, & GARCIA BUSTAMANTE, Rocio (2023). “Digitalization of the Logistics Process in Short Food Supply Chains. An online Viable System Model application during the COVID-19 pandemic”, *En. Systemic practice and Action Research*, Vol. 36, Número 4, pp. 509-534. <https://doi.org/10.1007/s11213-022-09619-7>