

Universidades coordinadoras



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA

# MÁSTER EN ESTUDIOS DE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y LA INNOVACIÓN

DEFENDIDO EN LA UNIVERSIDAD DE OVIEDO

Curso 2021-2022

UN NUEVO CONTRATO PARA LA EDUCACIÓN ANTE EL RETO DE LA  
CUARTA REVOLUCIÓN INDUSTRIAL

AUTORA:

María José Quintanal Fernández

TUTOR:

Dr. Guillermo Aleixandre Mendizábal  
Universidad de Valladolid

Oviedo, 9 de junio de 2022

## **Un nuevo contrato para la educación ante el reto de la cuarta revolución industrial**

### **Resumen**

El concepto de cuarta revolución industrial, acuñado por Klaus Schwab, nos sitúa ante un nuevo paradigma en el que las tecnologías emergentes convergen rompiendo las barreras entre el mundo físico, digital y biológico. En esta nueva etapa, la educación se convierte en un elemento fundamental para el diseño de un futuro centrado en el ser humano. El desarrollo de nuevas capacidades y habilidades conforma un marco para la práctica docente y el diseño de nuevas políticas educativas en el que el desarrollo de la alfabetización STEM, la formación permanente y las nuevas pedagogías son instrumentos privilegiados para conseguir este objetivo.

El enorme potencial de estas interacciones no debe hacer perder de vista los riesgos asociados a esta nueva realidad y las dificultades que aparecen en el ámbito educativo. Se precisa la definición de un nuevo contrato para educación en el que se actualicen aspectos como: el papel del profesorado y su actualización profesional, la respuesta de los nuevos currículos educativos ante una realidad cambiante, así como las alternativas que favorezcan el aprendizaje a lo largo de la vida. Mediante una profunda revisión bibliográfica definiré los aspectos que se han de considerar en el diseño de este nuevo contrato.

Palabras clave: digitalización; STEM; competencias de aprendizaje; tecnologías emergentes; riesgo.

### ***A new contract for education responding to the challenges of the fourth industrial revolution***

#### **Abstract**

The concept of the Fourth Industrial Revolution, coined by Klaus Schwab, describes a new paradigm where emerging technologies converge breaking the gap between the physical, digital, and biological worlds. In this new chapter of the human development, the importance of education is essential to create a human-centred future. The development of new capacities and skills, especially the ability to learn throughout life in both formal and non-formal environments, promotes a new framework for teaching practice and the design of new educational policies where the development of STEM literacy, lifelong learning and new pedagogies are privileged instruments to achieve this objective.

This publication analyses, throughout literature review, the possible risks and enormous potential arising from these new interactions, the role of the teachers and their professional development, the response that new educational curricula offer to this deep transformation.

**Keywords:** digitalisation; STEM; learning skills; emerging technologies; risk.

## 1. Introducción

En un mundo en el que la realidad ha evolucionado hacia la realidad virtual, la realidad aumentada y ha alcanzado la realidad extendida; en el que expresiones como “nos vemos en el metaverso” sugieren nuevos espacios con posibilidades desconocidas y desconcertantes; en el que el cambio y la adaptación son las constantes, surgen cuestiones como: cuál es el alcance de esta nueva realidad, cómo se pueden maximizar sus beneficios a la vez que disminuimos los riesgos, cuáles son los retos que nos plantea como individuos y como sociedad, cómo vamos a adecuar nuestras capacidades a este cambio vertiginoso y qué cambios incluyen nuestras leyes educativas para adaptarse al cambio.

En este escenario en continua transformación se hace preciso un análisis del papel de la educación y su posible transformación como impulsor de un avance real hacia la sostenibilidad.

## 2. Caracterización de la cuarta revolución industrial

La sociedad actual se caracteriza por la fusión de tecnologías y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos. El ritmo al que se desarrollan estas transformaciones, su amplitud y profundidad, así como el impacto sobre la sociedad en su conjunto hacen que nos enfrentemos a un cambio de paradigma bautizado por Klaus Schwab como la cuarta revolución industrial: “Lo que considero la Cuarta revolución industrial no se aparece a nada que la humanidad haya experimentado antes” (Schwab, 2017, 7).

Al igual que en las tres revoluciones industriales precedentes, las tecnologías emergentes y sus campos de acción marcan las condiciones para el avance de esta revolución y el nuevo paradigma tecno-económico resultante. El papel desarrollado por el vapor, la electricidad o la electrónica y la automatización en las anteriores revoluciones industriales, es asumido en la cuarta revolución industrial por las tecnologías digitales con servidores en la nube y su interacción con el mundo físico, el ser humano y el medio ambiente: “Es la fusión de estas tecnologías y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos lo que hace que la cuarta revolución industrial sea fundamentalmente diferente a las anteriores” (Schwab, 2017,12). Son las personas y no los sistemas, como ocurrió en las tres anteriores revoluciones, las que se sitúan en el centro de esta transformación.

El avance de las tecnologías digitales de la tercera revolución industrial hacia dispositivos ubicuos con mayor velocidad de procesamiento y capacidad de almacenamiento, así como la evolución de la tecnología computacional cuántica, han permitido un nuevo entorno en el que las tecnologías distribuidas o el internet de las cosas interactúan con el mundo físico. Los dispositivos regidos desde la inteligencia artificial, fabricados utilizando tecnologías aditivas, a partir de nuevos materiales, son capaces de adaptar su respuesta a los condicionamientos externos al servicio de un ser humano en continuo desarrollo. Una época de convergencia digital en la que se rompen las fronteras entre la biología y la tecnología mediante la aplicación de la biotecnología, la neurotecnología y las posibilidades de la realidad aumentada a la vez que se desarrollan nuevos materiales, se aumentan las posibilidades de las tecnologías espaciales y se analizan nuevas alternativas en la producción, almacenamiento y transporte de energía.

La era digital propicia una nueva sociedad en la que los dispositivos están universalmente interconectados, captando datos gracias a los sensores y al internet de las cosas que contribuyen, mediante el análisis del big data, a mejorar las capacidades en inteligencia

artificial de los sistemas, con mayor nivel de autonomía y con una mayor disolución entre los límites entre el espacio real y el virtual. Una explosión en las posibilidades del conocimiento que lleva a una optimización del ser humano gracias a la digitalización, aunque sin olvidar su condición: “El hecho de que el ser humano sea liberado de sus limitaciones biológicas no le hará menos humano” (WBGU – German Advisory Council on Global Change, 2019, 272).

La realidad física convive e interactúa con la realidad virtual integrándose en el metaverso, un espacio tridimensional virtual en el que interactúan nuestros avatares y nosotros mismos por medio de la realidad aumentada. “El metaverso discurre paralelo a las sociedades reales, y expande enormemente el espacio vital y laboral de los humanos” (Wang et al., 2022, 2). Interacción social y económica en un entorno de metaversos interconectados, en los que se pueden evaluar y adaptar las decisiones de las sociedades reales utilizando un enfoque computacional, en una interacción mutua, en la que las posibilidades de intercambio de las sociedades reales se expanden en el mundo virtual gracias a las unidades de valor no fungibles (NFT, Non-Fungible Tokens) adquiridas mediante criptomonedas a través de la tecnología blockchain. “Los NFT rompen la distancia entre las metasociedades y las sociedades reales y proveen una forma efectiva para la interacción y transmisión entre estas dos sociedades” (Wang et al., 2022, 3).

### **3. La educación en la cuarta revolución industrial**

“La percepción de presencia en el mundo virtual, la interconectividad, el anonimato, las múltiples identidades, la capacidad de inmersión en el mundo virtual producen transformaciones en la forma en la que nos comportamos y aprendemos” (McCain et al., 2019, 19). Las tecnologías emergentes en la cuarta revolución industrial producen un cambio abrupto. A conceptos como industria 4.0, surgidos en la feria de Hannover de 2011 para referirse a “una nueva situación industrial en la que varias tecnologías disruptivas o emergentes, incluyendo el internet de las cosas, la inteligencia artificial, la impresión 3D convergen para proveer soluciones digitales” (Bongomin et al., 2020, 2), se han ido uniendo otros como: trabajo 4.0, (Ministerio de Trabajo Alemán, 2017) para referirse al marco donde se desarrollará el futuro del trabajo marcado por la digitalización, la globalización, el cambio demográfico, las migraciones y el cambio en los valores del individuo y la sociedad; u operario 4.0, “el operario del futuro, inteligente, habilidoso que realiza su trabajo asistido por máquinas para lograr unos sistemas de producción adaptativos en los que las capacidades humanas son integradas en un entorno ciber-físico” (Romero et al., 2017, 677), utilizando métodos de interacción humanos y la potencia de procesamiento digital.

Mientras que las revoluciones anteriores sustituyeron la mano de obra humana por el trabajo de las máquinas, liberándonos de tareas costosas y repetitivas, en la cuarta revolución industrial asistimos a una concatenación de tecnologías en las que la capacidad de captar datos del entorno mediante sensores, codificarlos y actuar dentro de unos parámetros propiciados por la inteligencia artificial propiciarán nuevos entornos en los que las capacidades cognitivas humanas, que no habían sido desplazadas por las revoluciones anteriores, pueden verse afectadas.

El trabajo del futuro precisará de una serie de habilidades transversales, necesarias para generar soluciones innovadoras, en un escenario en continua transformación y adaptación: la adaptación a la toma de decisiones basadas en los datos captados por el entramado de dispositivos y aplicaciones conectados a internet; la habilidad para resolver problemas complejos asociados a las tecnologías emergentes y las habilidades cognitivas ligadas a la

resolución de problemas complejos; el pensamiento crítico, la creatividad, la coordinación, la inteligencia emocional, la flexibilidad en la toma de decisiones, la capacidad de negociación y la flexibilidad cognitiva (Van Laar et al., 2017, 583).

El informe *Aumentando el potencial humano: educación y habilidades para la cuarta revolución industrial* señala que ante un ritmo de cambio cada vez más vertiginoso, una habilidad fundamental será la capacidad de aprender durante toda la vida y en algunos casos también será necesario desaprender ideas que han podido ser consideradas como fundamentales en otras épocas (IHDC, 2016). Alvin Toffler citó las palabras de Herbert Gerjuoy para definir las características de la nueva educación, palabras que, ante la disrupción de las tecnologías emergentes, cobran vigencia:

La nueva educación debe enseñar al individuo cómo clasificar y reclasificar la información, cómo comprobar su veracidad, cómo cambiar las categorías en caso necesario, cómo pasar de lo concreto a lo abstracto y viceversa, cómo considerar los problemas desde un nuevo punto de vista: cómo enseñarse a sí mismo. El analfabeto de mañana no será el hombre que no sabe leer, sino el que no ha aprendido la manera de aprender (Toffler, 1973, 294).

La falta de cualificación profesional es una restricción clave en la innovación a la que se pretende dar respuesta con la combinación de las materias STEM<sup>1</sup> en un intento de romper las barreras entre estas disciplinas centrándose en la innovación y el proceso de diseño como solución a situaciones complejas. Bybee, citado por Zollman, define una nueva alfabetización STEM caracterizada por la capacidad para identificar problemas en el entorno, describir y analizar el diseño, funcionamiento y posibles mejoras de los objetos y sus implicaciones psicológicas, sociales, económicas y medioambientales, así como por el deseo de afrontar los retos como ciudadano crítico añadiendo la perspectiva que ofrecen los conocimientos aportados por las disciplinas STEM (Zollman, 2012, 12).

La “habilidad para la adaptación a una tecnología cambiante, anticipación del impacto, disposición para comunicar ideas complejas y capacidad de diseñar soluciones creativas y sostenibles a problemas que aún son hoy imaginables” han sido las claves utilizadas por Leon Lederman para definir la alfabetización en STEM (National Governors Association, 2007, 3). Sin embargo, los esfuerzos no deben dirigirse únicamente a aumentar las vocaciones STEM, es necesario prestar atención a la forma en la que estas disciplinas son abordadas para que no supongan una desconexión entre ciencias y humanidades. “Una completa formación STEM debe ir unida a una genuina exposición a las artes junto con una profunda inmersión en idiomas, entendimiento del poder del estudio humanístico y el compromiso con los modos sociales, políticos, culturales y económicos” (Dirks, 2021, 6). A las tradicionales materias STEM se añade el arte que completa esa visión humanista de las materias científicas y el acrónimo se transforma en STEAM apostando por la promoción de la creatividad (Perignat, 2019, 32). El impulso de las vocaciones STEAM se convierte en un enfoque prioritario en nuestra sociedad en el que el papel de las mujeres y el aumento de vocaciones en este campo se convierte en un instrumento privilegiado para disminuir la brecha digital en cuestión de género y la desigualdad entre hombres y mujeres.

---

<sup>1</sup> STEM es un acrónimo inglés que recoge los términos: Science, Technology, Engineering y Mathematics.

La escuela no es ajena a las transformaciones de la cuarta revolución industrial, no puede continuar utilizando métodos educativos tradicionales en los que el profesor transmite su conocimiento ante una audiencia silenciosa. Conocido es que la actividad cerebral de los estudiantes durante una clase magistral es prácticamente inexistente e incluso inferior a la que se produce durante las horas de sueño (Picard y Kapoor, 2005, 677). En los estudiantes actuales, considerados por algunos autores como “nativos digitales” (Prensky, 2001, 3), en los que las tecnologías forman parte de sus vidas, sus conocimientos y aprendizajes o “generación Google” (Rowlands et al., 2008, 209), por la forma en la que resuelven las inquietudes dependiendo de motores de búsqueda en lugar de los libros tradicionales, se ha producido una alteración en los procesos de búsqueda e intercambio de información.

Las interacciones en línea de los adolescentes han desplazado a las conversaciones cara a cara propiciando una generación con dificultades para escuchar, establecer contacto visual o leer el lenguaje corporal, consumidos por las redes sociales. Sus relaciones individuales y colectivas con la tecnología, pero también la de algunos adultos, pueden afectar negativamente en sus habilidades sociales y su capacidad de empatía (Echeverría y Martínez, 2018, 13).

De este modo, se hacen cada vez más necesarias nuevas habilidades para seleccionar, procesar, organizar y presentar de una manera crítica toda esta información recibida de un modo discontinuo e interrelacionado.

La idea de la educación tradicional, como un periodo en la infancia y la juventud en la que aprendemos unos conocimientos que utilizaremos durante el resto de nuestra vida, ha dejado de ser válida. La rapidez de los avances de la cuarta revolución industrial nos sitúa continuamente ante nuevas situaciones de adaptación y aprendizaje. Nos encaminamos hacia una nueva escuela en la que los métodos y las disciplinas tradicionales van perdiendo relevancia dirigiéndose hacia tareas realizadas en grupo basadas en la resolución de problemas.

Una nueva forma de aprendizaje que llevará a una nueva concepción de las instituciones educativas que es preciso diseñar. Jasanoff introdujo el concepto de imaginarios colectivos como:

Las visiones de futuros deseables aceptadas colectivamente, asentadas institucionalmente y aplicadas públicamente, animadas por ideas compartidas de formas de vida social y de orden social alcanzables gracias a los avances de la ciencia y la tecnología, unos avances que ellas mismas propician (Jasanoff y Kim, 2016, 4).

De este modo, podríamos concebir un futuro digital, asentado sobre los avances de la cuarta revolución industrial, en el que los nuevos desarrollos tecnológicos sean empleados para preparar a los profesores y los estudiantes con el conocimiento y las habilidades necesarias para afrontar los retos de esta disrupción. “Existe una necesidad urgente de encaminar el poder de estas tecnologías hacia un impacto social positivo basado en la sostenibilidad de las tecnologías futuras” (Yusuf et al., 2020, 96).

Nuestro tiempo asiste a un cambio en el modelo de pensar, en el modo en el que abordamos los problemas. Afrontar los retos exige, según la teoría U aplicada a la educación, ver el mundo de hoy desde nuevas perspectivas con mente abierta por la curiosidad, corazón abierto por la empatía y determinación para conectar con las posibilidades emergentes y hacerlas cristalizar en una nueva realidad. Un camino marcado por la percepción, la

observación, la acción en común, la cristalización y la creación para la evolución (Scharmer y Foz, 2017).

En este cambio de paradigma, las instituciones educativas no pueden contentarse con pequeños ajustes. Es necesaria una transformación profunda para asegurar su supervivencia. El ecosistema de colaboración entre estudiantes y profesores permite que el alumnado realice una profunda reflexión y evaluación de su propio proceso de aprendizaje. Las nuevas pedagogías hacen que los estudiantes construyan su conocimiento y lo conecten con el mundo utilizando el poder de las herramientas digitales. Las herramientas digitales pueden catalizar un aprendizaje significativo e incrementar la motivación del alumnado gracias a las posibilidades de colaboración que ofrecen (Fullan et al., 2014).

En una etapa disruptiva, con enormes retos para el ser humano, es preciso un nuevo contrato social para la educación cuyo objetivo sea la reconstrucción de nuestras relaciones interpersonales, con el planeta y con la tecnología. “Ahora es necesario actuar urgentemente, de forma conjunta para cambiar el rumbo y reimaginar nuestros futuros” (UNESCO, 2021, 3).

Algunas consideraciones previas deberían tenerse en cuenta al introducir la tecnología en la escuela: evaluar el impacto que tendrá la tecnología sobre los métodos de enseñanza-aprendizaje, analizar cómo los desarrollos digitales pueden utilizarse para aumentar la calidad de las explicaciones, medir el impacto que la tecnología tiene sobre las producciones del alumnado y reflexionar sobre el papel de la tecnología en la evaluación y retroalimentación de aprendizajes.

En un entorno en el que los libros tradicionales han dejado de ser el único medio de transmisión de la información y en el que la digitalización no consiste en reformatear los viejos contenidos, una nueva pedagogía debe acompañar a todo este proceso promoviendo formas de aprendizaje activo que desarrollen la creatividad y la investigación.

Así, el modelo SMAR (Substitution, Augmentation, Modification, Redefinition) elaborado por Rubén Puentedura (2013) tiene su justificación en la mejora de la calidad de la enseñanza como medio de promoción social que garantiza la equidad. El modelo se divide en dos capas: la primera de ellas de mejora, en la que las antiguas tareas se comienzan a realizar con las nuevas herramientas sin que se produzca un cambio funcional significativo y una segunda capa en la que las tecnologías se emplean en la transformación llegando a la redefinición de nuevas tareas imposibles de realizar sin la existencia de las tecnologías, creando nuevas experiencias de aprendizaje con implicaciones fuera del espacio físico y temporal del aula.

Con la finalidad de analizar la naturaleza del conocimiento de los profesores para enseñar de una forma efectiva, integrando la tecnología en su práctica docente, ha surgido el modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) que busca la integración del uso de la tecnología al servicio de la enseñanza aprendizaje en un medio en el que el papel del profesor es fundamental al administrar tres áreas de conocimiento: tecnológico, pedagógico y del contenido de la asignatura que generaran en sus intersecciones tres conocimientos específicos:

- El conocimiento pedagógico del contenido (PCK) permite al profesor explorar las diferentes vías de comunicación entre los docentes y el alumnado para hacer accesibles, mediante situaciones de aprendizaje enriquecedoras y variadas, los contenidos y la información propia del área a la amplia diversidad del alumnado.

- El conocimiento tecnológico del contenido (TCK) permite captar las necesidades tecnológicas específicas adecuadas para lograr el aprendizaje de la materia.
- El conocimiento tecnológico pedagógico (TPK) analiza la idoneidad pedagógica de las herramientas tecnológicas de aprendizaje para propiciar los logros del alumnado (Koehler et al., 2015, 14-16).

La confluencia de todos los elementos del modelo permite alcanzar el conocimiento tecnológico pedagógico del contenido en el que se deben combinar la neuroeducación con un conocimiento profundo del contenido y el dominio de las mejores herramientas tecnológicas para lograr los objetivos de aprendizaje. En la aplicación de este modelo, la importancia del contexto en el que se produce el proceso de enseñanza aprendizaje, las instituciones implicadas, así como los currículos oficiales actúan como elementos condicionantes para la práctica docente (Herring, 2008).

#### **4. Riesgos y dificultades asociados a la cuarta revolución industrial en el ámbito educativo.**

El cambio de paradigma que supone la cuarta revolución industrial plantea los retos educativos anteriormente expuestos en un escenario en el que los riesgos propiciados por las tecnologías emergentes influyen de manera notable en el ámbito educativo y sus actores. Ante una tecnología que no es neutra, puesto que proviene de decisiones y acciones que cambian y redefinen el mundo, así como el conocimiento y la acción humanas, el análisis de los riesgos asociados a su utilización se muestra como una herramienta relevante para el diseño e implementación de nuevas políticas educativas. Cuestiones como la universalidad en el acceso a internet, privacidad, ciberseguridad, brecha de género o cualificación del profesorado son analizados a continuación debido a su influencia en el desarrollo de un nuevo contrato para la educación.

En un entorno digital en el que nuestras acciones y comportamientos se traducen a secuencias numéricas listas para transmitir, almacenar, procesar y analizar información existe simultáneamente la brecha digital caracterizada por la dificultad del acceso a internet y la ausencia de habilidades necesarias para aprovechar la tecnología con un fin personal y colectivo.

La dependencia de la conexión a alta velocidad a internet de las tecnologías emergentes en la cuarta revolución industrial hace que las infraestructuras, el coste de los dispositivos en continua evolución y las tarifas de acceso a la conexión puedan aumentar la brecha digital entre países y usuarios individuales dentro del mismo país. La capacidad de desarrollo de nuevas aplicaciones basadas en los valores propios de los países desarrollados sin la presencia de otros puntos de vista provenientes de países y culturas en los que estas tecnologías no se han desarrollado se asocia con un mayor riesgo de exclusión. El desarrollo de las infraestructuras de conexión y acceso a la educación universal constituyen las piezas claves para que la cuarta revolución industrial no profundice en las desigualdades existentes entre economías avanzadas, emergentes y en vías de desarrollo.



La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU)<sup>2</sup>, en su último informe anual sobre desarrollo digital, revela que el acceso a internet se sitúa en un 63% de la población mundial frente a un 54% al inicio de la COVID-19 (ITU, 2021). A pesar de estos datos, la distribución de usuarios no es homogénea, puede observarse como Europa presenta una cifra de conectividad del 87%, que contrasta con África donde la cifra media de conectividad se sitúa en el 33%. El sesgo de edad influye notablemente en la conectividad a internet así el grupo de jóvenes entre 15 y 24 años conectado a internet supera a otros grupos etarios lo que podría mejorar las perspectivas de desarrollo de estos países cuando estos jóvenes se incorporen al mercado laboral. Más allá de la conectividad, el desarrollo de la competencia digital resulta fundamental para su aprovechamiento e integración en la cuarta revolución industrial. Así se constata que únicamente en un 15% de los países, un porcentaje superior a un 10% de los individuos han elaborado un programa informático utilizando un lenguaje de programación (ITU, 2021).

Algunas características específicas de las tecnologías de esta cuarta revolución industrial pueden suponer una amenaza para el derecho a la educación como un objetivo común. Así la definición de los algoritmos, los patrones de control de las infraestructuras digitales pueden influir de manera negativa en la diversidad de conocimiento, la inclusión cultural, la transparencia, el derecho y protección de la privacidad. Mientras que se han reducido los costes de la captación de información o se han incrementado las posibilidades de colaboración en proyectos científicos, el riesgo de eclipse de otras formas de razonamiento no digital incluyendo la experiencia personal, conocimiento indígena que contribuyen al ADN cultural y otro tipo de percepciones no cuantificables numéricamente pero sí relevantes, ha aumentado (Sandoval-Forero, 2013, 4).

Un nuevo tipo de aislamiento, soledad, egoísmo, narcisismo avanza en un mundo interconectado. Los números sin narrativas, la conectividad sin inclusión cultural, información sin empoderamiento y educación digital sin unos objetivos claros carecen de rigor.

A pesar de las promesas tecnológicas de interconexión, aún permanecen brechas que generan asimetrías en la capacidad de las personas para acceder y crear conocimiento. El uso de la tecnología nos dota de nuevos niveles de poder y control que pueden ser utilizados tanto para la represión como para la emancipación. A pesar de su gran potencial, en ocasiones las tecnologías impiden el entendimiento mutuo y favorecen el distanciamiento, por lo que es necesario establecer actuaciones intencionadas para conseguir un modo más inclusivo y sostenible mediante el uso de la tecnología evaluando sus posibles riesgos y comprendiendo que no existen soluciones simples y universales a este reto.

El riesgo asociado a la ciberseguridad, en un entorno dependiente de la interconexión y el manejo de ingentes cantidades de datos captados, procesados y almacenados por variados dispositivos, hace necesario el desarrollo coordinado de herramientas capaces de evaluar la vulnerabilidad de toda la infraestructura: componentes físicos, conexiones de red, sistemas operativos, servicios y aplicaciones. “Estas herramientas hacen uso de las estadísticas en ciberseguridad, protocolos y estrategias para identificar y anticipar problemas en

---

<sup>2</sup> La Unión Internacional de Telecomunicaciones es una agencia dependiente de las Naciones Unidas, formada por 193 estados miembros y 900 entidades pertenecientes al sector privado, universidades y organizaciones internacionales y desde 2009 elabora un informe anual sobre desarrollo digital.

ciberseguridad” (Roldán et al., 2017, 569). Los pequeños dispositivos conectados a internet, considerados bajo la categoría de internet de las cosas, presentan una alta vulnerabilidad motivada por “la ausencia de una capa de protección causada por la escasez de recursos: poca memoria, procesador y batería” (Leal et al., 2019).

Las tradicionales amenazas a la seguridad e integridad de las personas afectan a un área más profunda de su personalidad y han dejado de producirse en un entorno físico cercano para producirse en un mundo virtual que se surte de los datos captados en el mundo físico. La falta de confianza actúa como una barrera para la innovación ante las sospechas que generan en los usuarios. La seguridad en el sistema cibernético mundial debe ser abordada de forma colegiada por los países y organizaciones de forma que los países con mayor capacidad apoyen a otros estados con menos recursos. La formación desde edades tempranas en ciberseguridad, prestando especial atención a la protección de datos personales y las medidas de protección, son fundamentales para el desarrollo del potencial de las tecnologías emergentes. No puede confiarse en aquello que se desconoce, por ello en los desarrollos futuros la innovación debe ir unida a la ciberseguridad en un marco de transparencia.

Las evidencias en neuroplasticidad definida como “la capacidad que tiene el cerebro para cambiar y modificar su estructura y organización funcional para adaptarse al medio y resolver problemas” (García, 2021, 316), muestran como nuestro cerebro cambia a lo largo de nuestra vida. Mientras que los primeros años continúan siendo cruciales en nuestro periodo formativo, ahora se ha demostrado que nuestros cerebros son capaces de aprender y readaptarse a lo largo de nuestras vidas. Las tecnologías digitales se muestran como un poderoso medio para el aprendizaje permanente en la que una nueva forma de lectura tabular está emergiendo frente a la lectura lineal del texto impreso. La alfabetización del futuro debe abordar estas dos formas complementarias de representación textual. “Sin una alfabetización digital adecuada, el aumento de la desinformación y la polarización política estimula una plataforma para explotar a los vulnerables y radicalizar a los marginados” (WEF, 2021, 13).

Es necesario desarrollar habilidades no solo técnicas y funcionales sobre el uso de las tecnologías sino también una disposición crítica hacia su uso y el nuevo ecosistema digital de nuestra sociedad. Las tecnologías digitales de esta cuarta revolución industrial deben impregnar la experiencia educativa dotando a los estudiantes de un conocimiento profundo de cómo innovar utilizando la tecnología. Los currículos deben apoyar a los profesores y estudiantes a actuar en conjunto sobre los usos de la tecnología y sus finalidades evitando la desinformación, trabajando en contextos específicos en los que se analicen los derechos digitales, la privacidad, el control y la seguridad necesaria para ser parte de la educación. El enfoque educativo de las tecnologías de la cuarta revolución industrial debe contemplar un marco ético, intercultural y crítico que permita una aplicación consensuada de estas tecnologías que propicie el desarrollo mundial en un marco de sostenibilidad donde será necesario que cada individuo desarrolle un conjunto de cualidades, destrezas básicas y destrezas combinadas que permitan la cooperación entre las personas y las tecnologías.

Las cualidades cognitivas precisan un desarrollo físico y mental adecuados orientados al razonamiento lógico-matemático, la creatividad y la flexibilidad al abordar problemas. Las destrezas básicas incluyen la lectura comprensiva, la expresión oral y escrita, así como el pensamiento crítico. Las destrezas combinadas incluyen las habilidades sociales y técnicas, así como la capacidad para resolver problemas complejos (OCDE, 2005, 17).

A pesar de que el acceso a la información ha aumentado y las mujeres se conectan de un modo similar a los hombres a internet en el mundo industrializado (62% de los hombres frente al 57% de las mujeres), aún existe la brecha de género en el acceso a internet en los países en desarrollo, en los que un 19% de las mujeres y un 31% de los hombres acceden a internet. “Por cada 10 hombres que editan Wikipedia, hay una mujer” (Ferré y Ferrante, 2018, 119), por lo que nos es extraño la persistencia de los estereotipos de género en sus publicaciones. La desigualdad económica limita el acceso de las mujeres a los dispositivos digitales llevando a circunstancias de exclusión y discriminación.

La escasa representación femenina en el diseño de sistemas que utilizan las tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial hace que los nuevos entornos sean diseñados mayoritariamente por hombres. La realidad virtual, o los metaversos en desarrollo, pueden continuar reflejando e incrementando los mismos estereotipos y sesgos de género trasladados por sus diseñadores desde el mundo real.

Mientras que en los países industrializados europeos se observa un estancamiento e incluso una disminución en el número de mujeres graduadas en carreras relacionadas con la computación que se sitúa en torno al 20%, otros países como Malasia u Omán no presentan variaciones por género a la vez que en países como Guatemala o países árabes las mujeres superan a los hombres en este campo (Bello et al, 2021, 12-14).

La educación se muestra como un medio privilegiado para promover la diversidad en las ocupaciones STEM desde las edades más tempranas evitando la discriminación estructural para favorecer el diseño de herramientas digitales inclusivas.

El profesorado tiene un papel relevante como referente en la adaptación social al nuevo entorno producido en la cuarta revolución industrial. La función docente vive una etapa de transformación marcada por el cambio pedagógico que lo sitúa como un elemento impulsor de la construcción del conocimiento. El docente no es un mero transmisor del saber sino un facilitador de aprendizaje, un motivador de tareas colaborativas que permiten el desarrollo cognitivo del alumnado huyendo de la rutina (Teo et al., 2021). El profesor 4.0 debe ser capaz de utilizar e implementar estas nuevas tecnologías de un modo eficiente en su práctica diaria lo que generará retos personales, profesionales, organizativos y tecnológicos (Abdelrazeq et al., 2016). En esta situación, la dificultad de adaptación, la inseguridad ante las nuevas herramientas tecnológicas en continua evolución, la abundancia de medios tecnológicos y aplicaciones que debe seleccionar y la rígida estructura de las organizaciones que precisan su propia adecuación actúan como elementos distorsionadores de la práctica educativa. De este modo, el dominio de las herramientas digitales por el profesorado no se traduce necesariamente en la competencia digital en la aplicación pedagógica en el aula (Engen et al., 2015, 8).

La tradicional rigidez de los sistemas educativos es incompatible con una concepción de la educación que sitúa al alumnado en el centro del sistema educativo, en un entorno abierto y flexible con capacidad de adaptación rápida a las nuevas habilidades en las que se combinan las competencias necesarias para la sociedad surgida en la cuarta revolución industrial y los currículos educativos. Organizaciones rígidas, con poca adaptación al cambio, en las que se desarrollen contenidos desfasados, desconocedoras de las nuevas capacidades demandadas por la sociedad influyen de forma negativa en las expectativas de los estudiantes (Wang, 2012, 47).

Mientras que la utilización del internet de las cosas en educación permite mejoras en el ámbito educativo adaptando el entorno y las situaciones de aprendizaje a las características del alumno, no se deben soslayar las cuestiones de privacidad, deshumanización o problemas éticos en el tratamiento de la información generada por estos dispositivos aún constituyen un obstáculo para su implementación (Zeeshan et al., 2022).

Es necesario incluir en el análisis algunos desafíos que presenta la generación de estudiantes actual quienes están expuestos a numerosas distracciones, con niveles de atención continuada más bajos. El estudiante del siglo XXI se encuentra inmerso en un medio educativo objeto de redefinición, abierto a la interpretación y no ajeno a la controversia, en el que el estudiante debe evaluar y sintetizar información de diferentes materias a la vez que muestra su creatividad en un entorno colaborativo utilizando sus habilidades digitales en un proceso regido por su responsabilidad social y ciudadana (Hadinugrahaningsih, 2017). Ante estas elevadas exigencias surge el interrogante de qué medios articulará el sistema para la inserción laboral de personas con capacidades intelectuales diversas.

## **5. El nuevo contrato para la educación.**

A un tiempo de revolución le corresponde una redefinición social. La digitalización, con el advenimiento de las tecnologías emergentes y el desarrollo de la ciencia y la tecnología está provocando cambios a los que nuestro sistema educativo debe dar respuesta de un modo flexible para garantizar que nuestra generación de estudiantes adquiera las competencias necesarias para diseñar este mundo en continuo cambio. Este nuevo contrato para la educación debe proveer los medios y las actuaciones necesarias para garantizar la preparación adecuada de los futuros ciudadanos en un entorno digital sostenible sin olvidar que la calidad de un sistema educativo no puede superar a la calidad de sus profesores (OECD, 2018).

El libro blanco “Realzando el potencial humano en la cuarta revolución industrial” describe cómo un nuevo contrato para la educación debe ser consensuado en el que se contemplen posibilidades de aprendizaje más allá de la educación formal. El aprendizaje de los adultos debe modificarse para favorecer la adaptación a los nuevos cambios sociales y nuevas oportunidades laborales en un entorno que favorezca el compromiso del trabajador con la aplicación práctica de los nuevos conocimientos en su entorno laboral (WEF, 2017,18).

En este entorno las necesidades formativas del profesorado deben ser repensadas y reorientadas hacia un entorno colaborativo y participativo en el que los efectos pedagógicos, las posibilidades éticas y epistemológicas de las plataformas tecnológicas sean evaluadas. El acceso a internet favorece la colaboración entre profesores e instituciones educativas para encontrar soluciones a los enormes retos de esta transformación. El papel del profesorado adquiere una nueva dimensión como mentor del alumno para fomentar la curiosidad y el pensamiento crítico necesario para desarrollar la competencia de aprender a aprender necesaria durante toda la vida (WEF, 2017,8).

El papel de la formación profesional, en ocasiones denostada, precisa una profunda adaptación al nuevo entorno producido por la cuarta revolución industrial. La colaboración con las empresas, una mayor cualificación y adaptación del profesorado a entornos y necesidades cambiantes, estructuras y currículos educativos demasiado rígidos y anticuados son algunos de los problemas que debe afrontar el sistema de formación profesional. Debe tenderse hacia un nuevo ecosistema en el que se modifique la percepción social de estas enseñanzas, se mejoren las cualificaciones profesionales de estos estudios y un diseño integral

que permita la interconexión y la naturaleza complementaria de las enseñanzas académicas y profesionales. En el diseño de este nuevo ecosistema deben participar los gobiernos, las instituciones educativas y las empresas para que el aprendizaje a lo largo de la vida a través de certificaciones especializadas, con caminos diversificados e interconectados favorezcan el aprendizaje continuo de los ciudadanos.

El ecosistema del aprendizaje debe actualizarse para responder a la disrupción que ha supuesto la cuarta revolución industrial. En un marco de acceso universal a la educación, los siguientes ámbitos deben ser analizados y renovados: educación en edades tempranas, currículum diseñado con visión de futuro, profesionalización y formación de los docentes, fluidez digital, formación profesional acorde con las nuevas circunstancias de la cuarta revolución industrial, aprendizaje permanente e innovación educativa.

La OCDE (2019) ha definido el marco para el aprendizaje 2030 dentro de un mundo cambiante con retos medioambientales, económicos y sociales. El cambio climático, la transformación científico-tecnológica y la interdependencia financiera y social conforman el marco de referencia para un alumnado que tendrá que navegar entre estos retos en contextos desconocidos.

En un esfuerzo de adecuación a los retos educativos que plantea la cuarta revolución industrial, alentado por el impacto que la pandemia de la COVID-19, la Comisión Europea (2020) establece el Plan de Acción Digital 2021-2027 para apoyar una adaptación sostenible y eficaz de los sistemas de educación y formación de los estados miembros a la era digital. En él se establecen dos ámbitos prioritarios: el desarrollo de un ecosistema educativo digital de alto rendimiento y la mejora de las competencias y capacidades digitales para la transformación digital. Este plan busca el establecimiento de un marco común europeo de contenidos en educación digital, planes de transformación digital para las instituciones, uso de la inteligencia artificial en educación y formación, participación de las mujeres en las materias STEM y el refuerzo de las capacidades específicas relativas a las tecnologías de la información y las comunicaciones, la ciberseguridad, el big data, la tecnología cuántica y el aprendizaje automático (European Commission, 2020).

Los docentes son modelos de referencia en la transmisión y uso creativo y crítico de las competencias digitales que deben actuar como facilitadores del aprendizaje. Las tecnologías digitales se han incorporado en todos los niveles de aprendizaje, aunque es necesaria una revisión de las estrategias de las organizaciones educativas para potenciar su capacidad innovadora aprovechando e integrando de modo efectivo el uso de las tecnologías digitales. Estas tecnologías tienen un importante papel en el desarrollo de la innovación educativa necesaria para desarrollar las siete dimensiones educativas interconectadas: liderazgo y gobernanza; enseñanza y aprendizajes; desarrollo profesional; evaluación; contenido y currículos; colaboración y networking e infraestructura (Kampylis et al., 2015, 21-32).

Con el objetivo de establecer un marco de referencia que adopte un acercamiento sistemático que aporte transparencia, coevaluación y aprendizaje entre iguales nace el Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores (Redecker, 2017), que establece distintas áreas de trabajo definidas por sus respectivos descriptores, vinculadas a las competencias

pedagógicas digitales del profesorado y con distintos niveles de logro<sup>3</sup>. Este marco ofrece herramientas que favorecen un proceso reflexivo individual de la competencia digital laboral. El docente puede identificar sus necesidades de formación, se incluyen herramientas de consultoría para aumentar sus capacidades, así como su integración en un grupo de análisis más amplio dentro del mismo centro como instrumento eficaz para la puesta en marcha de un plan de digitalización realista<sup>4</sup>.

El incremento de la competencia digital de los educadores permite el desarrollo de nuevos soportes educativos que incluyen recursos electrónicos textuales, visuales, sonoros, objetos 3D en una experiencia de navegación inmersiva que aumenta el interés del alumnado, la accesibilidad, la calidad de los contenidos, la comprensión de los conceptos y el pensamiento lógico (Sannikov et al., 2015, 721). El uso de las tecnologías emergentes de la cuarta revolución ofrece nuevos escenarios educativos que aumentan la significatividad del aprendizaje. La aplicación de este tipo recursos requiere la capacitación del profesorado por lo que los planes de estudio universitarios de formación del profesorado deben incluir el uso pedagógico de estos componentes, así como la actualización docente para implementar este tipo de proyectos (Román et al., 2020, 3-5).

La utilización de la robótica en educación permite que los alumnos desarrollen habilidades como la capacidad para resolver problemas en los que la figura del profesor es clave a la hora de establecer retos; se desarrolla el pensamiento crítico al diseñar las posibles alternativas y el trabajo en equipo incrementa las posibilidades de compartir trabajo y conocimiento.

Entre las tecnologías emergentes en esta cuarta revolución industrial cobra especial importancia la categoría de la realidad extendida con aplicaciones como la realidad aumentada, la realidad virtual o la realidad mixta. Tecnologías inmersivas con gran poder disruptivo en el campo educativo por su poder de trasladar a los estudiantes a entornos poco accesibles en el mundo físico en los niveles de las magnitudes de nivel meso, micro o nano. Aparecen nuevas posibilidades formativas, hasta ahora poco exploradas, en las que las experiencias multisensoriales, imposibles en el mundo real, favorecen el aprendizaje activo en una nueva tendencia que provoca fuertes emociones en lo que se ha denominado el Internet de los sentidos surgido a partir del internet de las cosas gracias al avance de las tecnologías 5G. “Hemos identificado 14 beneficios en el uso de la realidad aumentada entre los que destacan la mejora de la curva de aprendizaje y el aumento de la motivación” (Diegmann et al., 2015). Sin embargo, aún son escasas las aplicaciones de realidad extendida

---

<sup>3</sup> Las seis áreas identificadas en Marco Europeo DigCompEdu son:

- Compromiso profesional con el uso de las tecnologías digitales;
- Búsqueda creación e intercambio de contenidos digitales;
- Gestión y organización del uso de las tecnologías digitales en la enseñanza y el aprendizaje;
- Utilización de tecnologías y estrategias digitales para mejorar la evaluación;
- Empoderamiento de los estudiantes;
- Desarrollo de la competencia digital de los estudiantes para utilizar de forma creativa y responsable las tecnologías digitales para la comunicación, creación de contenidos, el bienestar y la resolución de problemas.

Cada una de las áreas de trabajo se divide en seis niveles de progresión, desde el nivel A1, sensibilización hasta el C2 innovación, lo que permite al docente conocer su posición en la escala de valoración del desempeño y las actuaciones específicas que debe asumir para aumentar su competencia y modificar su rol dentro del modelo de progresión.

<sup>4</sup> SELFIE for TEACHERS, Self-reflection on Effective Learning by Fostering the use of Innovative Educational technologies. <https://educators-go-digital.jrc.ec.europa.eu/>

con fines educativos debido a su elevado coste y la escasa interconectividad de las plataformas.

La fusión de la realidad extendida con la inteligencia artificial y la conectividad para unir estos mundos en el metaverso y sus posibilidades educativas se extienden a todas las etapas educativas por su capacidad para provocar un aprendizaje mediante la experiencia en entornos variados en los que el alumno desarrolla las habilidades para cambiar el mundo (Hirsh-Pasek y Zodh, 2022, 5-7).

La integración de las tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial en un contexto de metodologías activas ha dado lugar a las llamadas aulas inteligentes en las que la incorporación de dispositivos digitales, sensores y software educativo conectados a la nube monitorizan el proceso. La incorporación de la tecnología en estas aulas no se debe concebir como una solución innovadora desconectada del proceso educativo, sino que debe incluirse en un marco pedagógico intencionado para producir un entorno de aprendizaje inteligente en el que se produce un aprendizaje más efectivo, con mejores resultados en el proceso educativo (Cebrián et al., 2020).

## **6. El desarrollo curricular de la LOMLOE como respuesta a los desafíos de la cuarta revolución industrial**

Las leyes educativas y sus respectivos currículos surgidos durante la cuarta revolución industrial deben dar respuesta a los retos de la cuarta revolución industrial dotando al alumnado de las capacidades para utilizar y desarrollar las oportunidades de las tecnologías emergentes analizando su impacto en las decisiones humanas de un modo socialmente ético, respetuoso con el medioambiente y con la sostenibilidad.

La nueva ley educativa, LOMLOE<sup>5</sup>, adopta el enfoque competencial promovido por las instituciones internacionales e impulsado por la OCDE a través del proyecto Definición y Selección de Competencias Clave (OCDE, 2005), como prerrequisitos psicosociales para un buen funcionamiento de la sociedad. El aprendizaje por competencias favorece la adaptación a las circunstancias cambiantes a lo largo de la vida permitiendo el continuo reciclaje del individuo. Este aprendizaje no finaliza en la adolescencia, sino que crece con la madurez y permite la profundización durante la edad adulta. Este enfoque competencial, no se debe centrar únicamente en el desarrollo personal al servicio del mercado laboral, sino que debe buscar una formación integral de la persona en su capacidad para gestionar un proyecto ético vital (Tobón, 2013, 15). Asimismo, la ley contempla la labor desempeñada por la educación no formal complementaria a la educación formal para la adquisición de competencias y el desarrollo de la personalidad en ámbitos de la vida social separados del aula.

El Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria<sup>6</sup> se adapta a las recomendaciones del Consejo de la Unión Europea para conseguir un perfil de salida transversal del alumno basado en la adquisición las competencias clave que se concretan en los aprendizajes del conjunto de áreas, ámbitos y materias. La competencia matemática y

---

<sup>5</sup> Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación. «BOE» núm. 340, de 30 de diciembre de 2020 BOE-A-2020-17264.

<sup>6</sup> Real Decreto 217/2022, de 29 de marzo, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Secundaria Obligatoria. «BOE» núm. 76, de 30/03/2022. BOE-A-2022-4975.

competencia en STEM se orienta hacia la aplicación del razonamiento matemático, el método científico y la aplicación de los conocimientos para transformar nuestra sociedad de una manera creativa en un entorno de seguridad, responsabilidad individual y colectiva y sostenibilidad. La competencia digital va más allá de la alfabetización digital buscando un uso ético, crítico y sostenible de la tecnología. Esta competencia promueve una ciudadanía digital activa, cívica y reflexiva favoreciendo el respeto a la propiedad intelectual, la responsabilidad en el uso de diferentes herramientas digitales promoviendo un uso seguro y saludable de los dispositivos preservando la privacidad, el medioambiente y la salud. La metodología que incluye el desarrollo curricular de la LOMLOE permite desarrollar las habilidades necesarias para la sociedad de la cuarta revolución industrial: trabajo interdisciplinar, el aula invertida, la gamificación, el pensamiento computacional aplicado a la resolución de problemas y el aprendizaje-servicio que permite la conexión entre competencias y valores al servicio de la sociedad. Estas metodologías variadas son los instrumentos que permiten la personalización de la respuesta educativa mediante el Diseño Universal de Aprendizaje que analiza por qué, el qué y cómo se aprende.

La nueva materia de Tecnología y Digitalización, incluida en el desarrollo curricular de esta ley, busca fomentar la capacidad del alumnado para actuar con criterios científicos, técnicos y éticos en el ejercicio de la ciudadanía responsable y activa abordando aspectos esenciales en el alumnado del siglo XXI. Las tecnologías emergentes como la robotización y la automatización son desarrolladas e implementadas para la solución de problemas realizando consideraciones éticas, tecnológicas y medioambientales.

El Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato<sup>7</sup>, ahonda en la profundización de las competencias adquiridas durante la formación básica dotando al alumno de la capacidad para interpretar y transformar el mundo natural en un marco de seguridad, responsabilidad y sostenibilidad. Materias como Tecnología e Ingeniería aúnan el saber científico y tecnológico orientándolos hacia la resolución de problemas desde un enfoque inclusivo, no sexista, con una actitud comprometida, resiliente, activa y responsable en la que se fomenta el emprendimiento, la utilización de las tecnologías emergentes, la colaboración local y global en un desarrollo tecnológico sostenible como respuesta a los desafíos de la cuarta revolución industrial. La utilización de las tecnologías emergentes como la robótica, la fabricación aditiva, el internet de las cosas, la inteligencia artificial, el big data o las bases de datos distribuidas combinadas con herramientas y dispositivos digitales en el diseño, gestión y desarrollo de objetos, sistemas o procesos tecnológicos que den respuesta a un problema permite aumentar su competencia en aprender a aprender facilitando el tránsito hacia el aprendizaje permanente.

La Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional<sup>8</sup>, señala en su preámbulo la necesidad de cubrir empleos generados por la digitalización y la transición ecológica con personas competentes y cualificadas profesionalmente para lo que se precisa un instrumento que permita la cualificación y recualificación permanente desde la escolaridad obligatoria hasta el final de la trayectoria

---

<sup>7</sup> Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas del Bachillerato. «BOE» núm. 82, de 06/04/2022. BOE-A- 2022 – 5521.

<sup>8</sup> Ley Orgánica 3/2022, de 31 de marzo, de ordenación e integración de la Formación Profesional. «BOE» núm. 78, de 01/04/2022. BOE-A-2022-5139



laboral, dando coherencia y dinamismo a todo el sistema de formación profesional, adecuándose de este modo a las demandas del cambio tecnológico en el que nos encontramos, situando de nuevo a la persona en el centro del sistema. El nuevo diseño de la formación profesional se fundamenta en la coordinación de los centros, el profesorado y el tejido empresarial para recuperar el prestigio social de la formación profesional adaptándose a las exigencias de la cuarta revolución industrial y las tecnologías emergentes que la caracterizan. Valores como el emprendimiento, la digitalización, la economía verde y azul y la promoción de una cultura de sostenibilidad se adecuan a itinerarios formativos flexibles y diversificados que garantizan la formación a lo largo de la vida y la transferencia del conocimiento.

La formación del profesorado a través de programas de formación permanente, así como la incorporación de nuevas figuras procedentes del sector productivo que podrán intervenir en la docencia asumiendo los roles de prospector de empresa y experto senior se añaden como elementos de mejora del sistema.

## **7. Conclusiones**

La cuarta revolución industrial, caracterizada por la fusión de tecnologías y su interacción a través de los dominios físicos, digitales y biológicos, ha supuesto una disrupción social en la que las personas deben ocupar el centro de la transformación. Un nuevo contrato social para la educación debe ser consensuado con una perspectiva que favorezca la adaptación y el avance sin soslayar los riesgos y dificultades de la adopción de las tecnologías emergentes.

El ser humano, protagonista de este nuevo paradigma, debe poseer las capacidades y habilidades necesarias para adaptarse a una tecnología en constante evolución. Es necesario el desarrollo de capacidades y habilidades en las que la flexibilidad cognitiva, el pensamiento crítico y la creatividad contribuyan a la resolución de problemas complejos.

El nuevo contrato para la educación no debe ser ajeno a los riesgos de esta transformación: las cuestiones éticas derivadas del diseño de los algoritmos, el control de las infraestructuras, la ciberseguridad y la protección de la identidad personal deben ser abordadas desde su diseño para evitar los efectos no deseables de la utilización malintencionada de estas tecnologías.

Este nuevo contrato debe tener como objetivo fundamental la necesidad de situar al ser humano en el centro de esta revolución por lo que los gobiernos, las empresas y las instituciones educativas deben colaborar para dotar a los individuos con las herramientas necesarias para una ciudadanía responsable en un marco de sostenibilidad.

La legislación educativa española no es ajena a la disrupción de las tecnologías emergentes de esta cuarta revolución industrial. Así las ciencias computacionales han pasado de ser un elemento complementario o extracurricular a un eje vertebrador del currículo educativo. El diseño de la nueva ley educativa española, LOMLOE, y su desarrollo curricular han adoptado las líneas de acción impulsadas por organismos como la OCDE o la Unión Europea para desarrollar en el alumnado las competencias necesarias para vivir y trabajar en la sociedad resultante de la cuarta revolución industrial. La ley recoge el cambio profundo introducido por el uso generalizado de las tecnologías de la información y la comunicación en la comprensión de la realidad y el modo de participación, así como la necesidad de una reflexión ética acerca de las relaciones entre ciencia, tecnología, digitalización, igualdad, economía, medioambiente y sostenibilidad.

Se ha rediseñado el modelo de educación primaria, secundaria y formación profesional hacia una convergencia con los requerimientos individuales y como sociedad que debe buscar la sostenibilidad. Se han puesto a disposición del profesorado las herramientas necesarias para hacer un diagnóstico de su situación de partida y las líneas de actuación hacia las que se debería encaminar su formación.

La puesta en marcha los aspectos curriculares de la nueva ley educativa, el próximo mes de septiembre, permitirá un análisis real de su implantación, su financiación, la dotación de recursos tanto humanos como materiales y posibles adaptaciones necesarias para una sociedad en continua transformación.

### Referencias Bibliográficas

Abdelrazeq, Anas, Janssen, Daniela, Tummel, Christian, Richert, Anja y Jeschke, Sabina (2016). Teacher 4.0: Requirements of the Teacher of the Future in Context of the Fourth Industrial Revolution. doi:10.21125/iceri.2016.0880.

Bello, Alessandro, Blowers, Tonya, Schneegans, Susan y Straza, Tiffany (2021) To be smart, the digital revolution will need to be inclusive. In: UNESCO Science Report: the Race against Time for Smarter Development. UNESCO: Paris.

Bongomin, Ocident, Yemane, Aregawi, Kembabazi, Brendah, Malanda, Clement, Mwape, Mwewa Chikonkolo; Mpofo, Nonsikelelo Shero y Tigelana, Dan (2020). Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art. *Journal of Engineering*, 1-45. doi:10.1155/2020/8090521

Cebrián, Gisela, Mogas, Jordi y Palau, Ramón (2020). The smart classroom as a means to the development of ESD methodologies. *Sustainability*, 12. doi:10.3390/su12073010

Comisión Europea (2020) Plan de Acción de Educación Digital 2021-2027 Adaptar la educación y la formación a la era digital. Bruselas. Comisión Europea.

Diegmann, Phil, Schmidt-Kraepelin, Manuel, Eynden, Sven y Basten, Dirk (2015). Benefits of Augmented Reality in Educational Environments - A Systematic Literature Review. *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2015*, 103.

Dirks, Nicholas B. (2021). An educational history of the future. *International Journal of Chinese Education*. <https://doi.org/10.1177/22125868211005858>

European Commission (2021). *SELFIEforTEACHERS*. Obtenido de <https://educators-go-digital.jrc.ec.europa.eu/>

Echeverría, Benito y Martínez, Pilar (2018). Revolución 4.0, competencias, educación y orientación. *Revista Digital de Investigación en Docencia Universitaria*, 12(2), 4-34. doi:10.19083/ridu.2018.831

Engen, Ketil, Giaever, Hilde y Mifsud, Louise (2015). *Guidelines and Regulations for Teaching Digital Competence in Schools and Teacher Education. A Wear Link?* Nordic Journal of Digital Literacy. doi: 10.18261/ISSN1891-943X-2015-02-02

Ferré, Mónica y Ferrante, Luisina (2018). Cómo romper con la brecha de género. *Pedagogías Emergentes en la Sociedad Digital*, 113-123.

Fullan, Michael, Langworthy, Maria y Barber, Michael (2014). *A rich seam: How new pedagogies find deep learning*. London: Pearson.

- García, Emilio (2021). Neuroplasticidad y Educación. Genes, cerebro, mente y cultura. En Dosal, Agustín (2021). *Affilar la mente como herramienta del pensar* (págs. 291-319). Vigo: Universidad de Vigo.
- Hadinugrahaningsih, Tritiyatma, Rahmawati, Yuli y Ridwan, Achmad. (2017). Developing 21st century skills in chemistry classrooms: Opportunities and challenges of STEAM integration. *Aip Conference Proceedings*, 1868.
- Herring, Mary C. (2008). *Handbook of technological pedagogical content knowledge (TPCK) for educators*. American Association of Colleges of Teacher Education. doi:10.4324/9781315759630
- Hirsh-Pasek, Kathy y Zosh, Jennifer (2022). *A whole new world: Education meets the metaverse*. Center for universal education at Brookings.
- IHDC (2016). *Amplifying human potential: Education and skills for the fourth industrial revolution*. Recuperado el 2 de 5 de 2022, de [https://brasscom.org.br/wp-content/uploads/2017/08/infosys\\_amplifying\\_human\\_potential.pdf](https://brasscom.org.br/wp-content/uploads/2017/08/infosys_amplifying_human_potential.pdf)
- ITU (2021). *Measuring digital development. Facts and figures*. Ginebra. Obtenido de <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/facts/FactsFigures2021.pdf>
- Jasanoff, Sheila y Kim, Sang-Hyun (2016). *Sociotechnical imaginaries and the fabrication of power*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Kampylis, Panagiotis, Punie, Yves y Devine, Jim (2015); Promoción de un Aprendizaje Eficaz en la Era Digital – Un Marco Europeo para Organizaciones Educativas Digitalmente Competentes ; EUR 27599 EN; doi: 10.2791/54070
- Koehler, Matthew J., Mishra, Punya y Cain, William (2015). ¿ Qué son los saberes tecnológicos y pedagógicos del contenido (TPACK)? *Virtualidad, educación y ciencia*, 6(10), 9-23. Obtenido de <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/vesc/article/view/11552>
- Leal, Roberto, Santos, Leonel, Vieira, Leandro y Gonsalves, Ramiro (2019). MQTT Flow Signatures for the Internet of Things. *14th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*. doi:10.23919/CISTI.2019.87
- McCain, Jessica, Morrison, Kyle y Ahn, Sun Joo (2019). Video Games and Behavior Change. En Attrill-Smith, Alison, Fullwood, Chris, Keep, Melanie y Kuss, Daria. *The Oxford Handbook of Cyberpsychology*. Oxford: Oxford University Press. doi:10.1093/oxfordhb/9780198812746.013.28
- Ministerio de Trabajo Alemán. (2017). *Work 4.0*. Berlín.
- OCDE-OECD (2005). The definition and selection of key competences. Executive Summary. OECD Publishing, Paris.
- OCDE-OECD (2019). *Future of Education and Skills 2030. Conceptual learning framework. Learning Compass 2030*. París: OECD. Recuperado el 12 de mayo de 2022, de [https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/in\\_brief\\_Learning\\_Compass.pdf](https://www.oecd.org/education/2030-project/teaching-and-learning/learning/learning-compass-2030/in_brief_Learning_Compass.pdf)
- OCDE-OECD (2020), TALIS 2018 Results (Volume II): Teachers and School Leaders as Valued Professionals, TALIS, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/19cf08df-en>.

- Perignat, Elaine y Katz-Buonincontro, Jen (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*. (31) 31-43. doi: 10.1016/j.tsc.2018.10.002.
- Picard, Rosalind y Kapoor, Ashish (2005). Multimodal affect recognition in learnin environments. (A. f. Machinery, Ed.) *Multimedia '05*, 677-682. doi:10.1145/1101149.1101300
- Prensky, Mark (2001). *Nativos e Inmigrantes Digitales*. Madrid: SEK.
- Puenteadura, Rubén (2013). *The SAMR Ladder: Questions and Transitions*. Obtenido de [http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2013/10/26/SAMRLadder\\_Questions.pdf](http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2013/10/26/SAMRLadder_Questions.pdf)
- Redecker, Christine (2017). *Marco Europeo para la Competencia Digital de los Educadores DigCompEdu*. Centro común para la Investigación de la Comisión Europea.
- Roldán, Gabriel, Almache, Mario, Silva, Carlos, Yevseyeva, Irina y Basto, Vitor (2017). A Comparison of Cybersecurity Risk Analysis Tools. *Procedia Computer Science*(121), 568-575.
- Román, Pedro, Hervás, Carlos, Martín, Antonio y Fernández, Esther (2020). Perceptions about the Use of Educational Robotics in the Initial Training of Future Teachers: A Study on STEAM Sustainability among Female Teachers. *Sustainability* 2020, 12(10). doi:10.3390/su12104154
- Romero, David, Bernus, Peter, Noran, Ovidiu, Stahre, John, y Fast-Berglund, Åsa (2017). The Operator 4.0: Human Cyber-Physical Systems & Adaptive Automation Towards Human-Automation Symbiosis Work Systems. En VVAA, *Advances in Production Management Systems. Initiatives for a Sustainable World. APMS 2016. IFIP Advances in Information and Communication Technology, vol 488*. Springer.
- Rowlands, Ian, Nicholas, David, Williams, Peter y Huntington, Paul (2008). The Google generation: The information behaviour of the researcher of the future. *Aslib Proceedings: New Informatio Perspectives*, 60(4), 290-310. doi:10.1108/00012530810887953
- Rychen, Dominique y Salganik, Laura (2003). *Key competencies for a successful life and a well-functioning society*. Hogrefe and Huber Publishers.
- Sandoval-Forero, Eduardo A.. (2013). Los indígenas en el ciberespacio. *Agricultura, Sociedad Y Desarrollo*, 10, 2, 235-256
- Sannikov, Sergey, Zhdabiv, Fedor y Chebotarev, Pavel (2015). Educational Content Based on Augmented Reality and 3D Visualization. *Procedia Computer Science*, 66, 720-729. doi:10.1016/j.procs.2015.11.082.
- Scharmer, Otto y Foz, Michael (2017). *Teoría U: Liderar desde el futuro a medida que emerge. Tecnología social de la presentación*. Barcelona: Eleftheria.
- Schwab, Klaus (2017). *La Cuarta revolución industrial*. Barcelona: Perguin Random House Grupo Editorial.
- Sparkes, Matthew (2021). *What is metaverse* (Vol. 251). New Scientist. doi:[https://doi.org/10.1016/S0262-4079\(21\)01450-0](https://doi.org/10.1016/S0262-4079(21)01450-0).
- Teo, Timothy, Unwin, Siobhan, Scherer, Ronny y Gardiner, Veronica (2021). Initial teacher training for twenty-first century skills in the Fourth Industrial Revolution (IR 4.0): A scoping review. *Computers & Education*, 170, 104223. doi: 10.1016/j.compedu.2021.104223.

- Tobón, Sergio (2013). *Formación integral y competencias: pensamiento complejo, currículo, didáctica y evaluación*. Bogotá: Ecoe Ediciones.
- Toffler, Alvin (1973). *El "Shock" del futuro*. Barcelona: Plaza y Janés.
- UNESCO (2021). *Reimagining our futures together: A new social contract for education*. Paris: UNESCO. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000379381>
- Van Laar, Ester, Van Deursen, Alexander., Van Dijk, Jan y de Haan, Jos. (2017). The relation between 21st-century skills and digital skills: A systematic literature review. *Computers in Human Behavior*. 72: 577-588.
- Wang, Yang (2012). *Education in a Changing World: Flexibility, Skills, and Employability*. Washington, D.C: The World Bank. World Bank eLibrary
- Wang, Fei-Yue, Qin, Rui, Wang, Xiao y Hu, Bin (2022). MetaSocieties in Metaverse: MetaEconomics and MetaManagement for MetaEnterprises and MetaCities. *IEEE Transactions on Computational Social Systems*, 9(1), 2-7. doi:10.1109/TCSS.2022.3145165
- WBGU – German Advisory Council on Global Change. (2019). *Towards our common digital future*. Berlin
- WEF (2016). *The Future of Jobs and Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution*.
- WEF (2017). *Realizing human potential in the fourth industrial revolution*. Ginebra: WEF. Obtenido de [https://www3.weforum.org/docs/WEF\\_EGW\\_Whitepaper.pdf](https://www3.weforum.org/docs/WEF_EGW_Whitepaper.pdf)
- WEF (2021). *Davos Lab: Youth Recovery Plan*. Insight Repor. Ginebra.
- Yusuf, Byabazaire, Walters, Lyanne y Sailin, Siti (2020). Restructuring Educational Institutions for Growth in the Fourth Industrial Revolution (4IR): A Systematic Review. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 15(3), 99-109. doi:10.3991/ijet.v15i03.11849
- Zeeshan, Khalua, Hamalainen, Timo y Neittaanmaki, Pekka (4 de abril de 2022). Internet of Things for Sustainable Smart Education: An Overview. *Sustainability*, 14, 4293. doi:10.3390/su14074293
- Zollman, Alan (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School science and mathematics*, 112, 12-19. doi:12-19. 10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x.