



## 5. Formación Superior complementaria para coadyuvar al perfil laboral de la Industria 4.0 en México

Complementary Higher Education to contribute to the professional profile of Industry 4.0 in Mexico

Edgar Roberto Sandoval García\* @ 

\*Tecnológico de Estudios Superiores de Cuautitlán Izcalli/Tecnológico Nacional de México, Cuautitlán Izcalli, México.

### RESUMEN

La capacidad de un país de beneficiarse de la Industria 4.0 dependerá de la disponibilidad y asequibilidad de las tecnologías de producción digital avanzada, junto con el nivel y la combinación adecuada de habilidades tecnológicas y socioemocionales, así como de capacidades industriales. Dichas habilidades requieren desarrollarse e implementarse desde la educación básica. Para el caso de los estudiantes que ya cursan o están por incorporarse a la educación superior es recomendable la implementación de programas complementarios que se centren en el alumno y sus brechas de conocimiento, coadyuvando así al logro de los desafíos de transición digital que enfrenta el país. Este estudio compila las habilidades a ser desarrolladas para la transición digital y explora los casos de éxito de implementación de tres países de la región de América Latina y el Caribe, identificando así, los actores y acciones clave a ser considerados, posteriormente, en una hoja de ruta a nivel país.

**Palabras clave:** Formación Superior; curso complementario; habilidades; Transición Digital; Industria 4.0

### Complementary higher education to contribute to the professional profile of Industry 4.0 in Mexico

### ABSTRACT

The capacity of a country to benefit from Industry 4.0 will depend on the availability and affordability of advanced digital production technologies, the appropriate level and mix of technological and social-emotional skills and industrial capabilities. These

skills need to be developed and implemented from elementary education. In the case of students who are already studying or are about to enter higher education, it is recommended to implement complementary programs that focus on the student and their knowledge gaps, thus contributing to the achievement of the digital transition challenges that the country faces. This study compiles the skills to be developed for the digital transition and explores the successful implementation cases of three countries in the Latin American and Caribbean region, identifying the key actors and actions to be considered, later, in a country-wide roadmap.

**Keywords:** Higher Education; complementary course; skills; Digital Transition; Industry 4.0

## Ensino superior complementar para contribuir com o perfil profissional da Indústria 4.0 no México

### RESUMO

A capacidade de um país de se beneficiar da Indústria 4.0 dependerá da disponibilidade e acessibilidade de tecnologias avançadas de produção digital, em conjunto com nível combinação apropriados de habilidades tecnológicas e socioemocionais bem como de capacidades industriais. Essas habilidades precisam ser desenvolvidas e implementadas a partir da educação básica. No caso dos alunos que já estão cursando ou estão prestes a ingressar no ensino superior, recomenda-se a implementação de programas complementares que tenham como foco o aluno e as suas lacunas de conhecimento, contribuindo assim para a concretização dos desafios da transição digital que o país enfrenta. Este estudo compila as habilidades a serem desenvolvidas para a transição digital e explora os casos de implementação bem-sucedida de três países da região da América Latina e do Caribe, identificando assim os principais atores e ações a serem considerados, posteriormente, em um roteiro em nível nacional.

**Palavras-chave:** Ensino Superior; curso complementar; habilidades; Transição Digital; Indústria 4.0

## Enseignement supérieur complémentaire pour contribuer au profil professionnel de l'Industrie 4.0 au Mexique

### RÉSUMÉ

La capacité d'un pays à se bénéficier de l'industrie 4.0 dépendra de la disponibilité et de l'accessibilité financière des technologies de production numérique avancées, ainsi que du niveau et combinaison appropriés de compétences technologiques et socio-

émotionnelles ainsi que des capacités industrielles. Ces compétences doivent être développées et mises en œuvre dès l'éducation de base. Dans le cas des étudiants qui étudient déjà ou sont sur le point d'entrer dans l'enseignement supérieur, il est recommandé de mettre en œuvre des programmes complémentaires axés sur l'étudiant et ses lacunes en matière de connaissances, contribuant ainsi à relever les défis de la transition numérique auxquels le pays est confronté. Cette étude compile les compétences à développer pour la transition numérique et explore les cas réussis de trois pays de l'Amérique latine et les Caraïbes, identifiant ainsi les acteurs et actions clés à envisager, ultérieurement, dans une feuille de route au niveau national.

**Mots clés:** Enseignement Supérieur; parcours complémentaire; compétences; Transition Numérique; Industrie4.0

## 1. INTRODUCCIÓN

La Cuarta Revolución Industrial (4RI) se caracteriza por la convergencia y complementariedad de dominios de tecnologías emergentes, incluidas la nanotecnología, la biotecnología, los nuevos materiales y las tecnologías de producción digital avanzada (PDA). Estas últimas incluyen impresión 3D, interfaces hombre-máquina e inteligencia artificial. La incorporación de las tecnologías PDA en los procesos de producción industrial ha dado lugar al concepto de Industria 4.0 (I4.0), también conocida como *Smart Factory*, aquellas que aprenden mientras operan, adaptando y optimizando continuamente sus propios procesos en consecuencia (Lavopa & Delera, 2021).

Lo que distingue a las tecnologías PDA es la forma novedosa en la que el hardware, el software y la conectividad se reconfiguran e integran para lograr objetivos cada vez más ambiciosos, la recopilación y análisis de grandes cantidades de datos, la interacción perfecta entre máquinas inteligentes y el desvanecer las dimensiones físicas y virtuales de la producción (Ynzunza, *et al.*, 2017).

La 4RI aún no tiene un alcance mundial, de hecho, un estudio de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (UNIDO, por sus siglas en inglés) del 2020, menciona que solo cuatro economías líderes (Alemania, China, Estados Unidos y Japón) ostentaban más de las tres cuartas partes (77%) de las patentes relacionadas con tecnologías PDA en todo el mundo. Lo anterior hace evidente que hay un círculo virtuoso en juego: cuantas más industrias intensivas en tecnología y digitalización (como la informática y la

electrónica) existan en una economía, más rápida será la difusión de las tecnologías PDA y mayor será la acumulación de experiencia y conocimientos, que, a su vez, aceleran el proceso de digitalización (UNIDO, 2019).

Así mismo, las tecnologías PDA están estrechamente vinculadas a la energía y pueden influir significativamente en los procesos de mitigación y adaptación del cambio climático, aunque también logran contribuir negativamente a este efecto. Por un lado, la transformación en una sociedad más digital está provocando la necesidad de mayor equipamiento electrónico en los distintos entornos involucrados y además supone un incremento de su intensidad de uso, lo que se traduce en una mayor demanda energética.

La naturaleza globalizada de las cadenas de valor prevé que la mayor parte del mundo se verá afectada por la 4RI tarde o temprano, directa o indirectamente, positiva o negativamente. Por lo que la capacidad de beneficiarse de la 4RI dependerá de la disponibilidad (y asequibilidad) de las tecnologías PDA, junto con el nivel y la combinación adecuada de habilidades y capacidades industriales, y a menos que las economías en desarrollo sean capaces de cumplir estas dos condiciones necesarias simultáneamente, es probable que las economías pioneras en la transición a la 4RI, las dejen atrás (Lavopa & Delera, 2021).

En México, la actual escasez de recursos humanos especializados, con capacidades avanzadas para desarrollar nuevos productos y servicios, está relacionada con la información, la creación de contenidos y resolución de problemas, ambiente en donde se ha exteriorizado la falta de respuestas efectivas por parte de los actores claves, empresariales y sector público (Casalet, 2020).

Como ponente en el evento *Industrial Transformation México\_Hannover Messe Event*, el Dr. José Medina Mora Icaza (2021), presidente de la Confederación Patronal de la República Mexicana, señaló que los 5 principales desafíos de la transición digital en México son:

- El primer desafío es referente al analfabetismo digital, donde el tema de solidaridad digital se hace evidente. En la actualidad, menos de una cuarta parte de las compañías que operan en México ha iniciado la digitalización, esto porque el mundo digital es ajeno a sus procesos o simplemente porque existe un gran desconocimiento de la cartera de productos y habilidades que se pueden implementar.

- Un segundo desafío es relativo a la cultura digital, de ahí la importancia de la capacitación para lograr esta cultura en todos los colaboradores de las empresas. Las empresas requieren contar con asesoría para esta transición digital y generar desarrollo a través de la estrategia de la innovación.
- Un tercer desafío está relacionado con el desarrollo de competencias virtuales, en donde es necesario que los colaboradores de las empresas comprendan y crean en el funcionamiento de las soluciones digitales, es importante capacitar a los colaboradores para disfrutar de los beneficios de la transformación digital, esto es lograr un régimen en la subsidiaridad digital.
- El cuarto desafío es el acceso a medios de digitalización. Algunas empresas están dispuestas al cambio, pero desconocen por dónde empezar. Se requiere de orientar y de financiar esquemas digitales.
- Un quinto desafío tiene que ver con una agenda nacional digital, esto requiere de una agenda nacional digital con un marco jurídico y políticas públicas para el desarrollo de un ecosistema virtual que fortalezca la conectividad de forma estratégica e incluya temas de avanzada como el gobierno electrónico, el emprendimiento y la industria de las tecnologías de información en México.

Ante los requerimientos de un mercado laboral moderno, resulta necesario la formación de jóvenes que puedan incorporarse al mundo digital y transformarse en actores productivos que promuevan la innovación, sean agentes de cambio y responsables con el entorno en su comunidad.

Al ser la formación superior componente clave de solución a los desafíos de falta de cultura digital y desarrollo de competencias virtuales, ya que sólo a través de un sistema educativo que fortalezca el desarrollo de las competencias y habilidades en las áreas de ciencia y tecnología se podrá impulsar la generación del capital humano pertinente para competir en la Era de la Economía del Conocimiento y en la 4RI (De la Cruz, 2019), este estudio tiene como objetivo principal el realizar un diagnóstico inicial sobre el requerimiento de una formación superior complementaria que coadyuve al perfil laboral de la Industria 4.0 en México.

## 2. METODOLOGÍA

El tipo de estudio a desarrollar en esta propuesta es de carácter exploratorio, siendo la revisión documental el principal instrumento para la recolección de datos. Una vez recolectada la información, se organiza para su posterior interpretación.

Para lograr el objetivo propuesto, este estudio identifica las habilidades tecnológicas y socioemocionales planteadas en los materiales didácticos del programa de capacitación Industria 4.0 – INTRO 4.0 de la Comisión Europea. Posteriormente ubica la situación de México respecto a la promoción e incorporación de las habilidades requeridas para la inminente transición digital.

Enseguida se presentan los casos de tres países latinoamericanos respecto a su experiencia en el desarrollo de habilidades y competencias en el campo de las ciencias de la computación a partir de la discusión del abordaje curricular, el desarrollo y uso de herramientas y contenidos, incluyendo la formación y actualización del personal docente.

Finalmente, el estudio hace una propuesta inicial sobre la posible ruta a seguir para desarrollar un programa de formación universal complementaria que permita a los estudiantes de las Instituciones Públicas de Educación Superior (IPES) apropiarse de la cultura digital necesaria para hacer frente al proceso de transición.

## 3. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS

Entre 1992 y el 2022, el número de usuarios de Internet ha pasado de unos pocos millones a casi 5,000 millones. Esta tendencia ha propiciado una transformación digital que continúa transformando a las sociedades y las economías. Sin embargo, el potencial que ofrece Internet para el bien social y económico sigue estando muy desaprovechado: aproximadamente la tercera parte de la población carece aún de acceso a Internet y muchos usuarios solo cuentan con conectividad básica. La conectividad universal y efectiva, se ha convertido en el nuevo imperativo del Decenio de Acción 2020-2030 a fin de cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (International Telecommunication Union [ITU], 2023).

La Industria 4.0 requiere habilidades que son necesarias desarrollar desde la educación básica. Agrupadas en cuatro categorías, se destacan las siguientes:

(i) manejo y gestión de grandes cantidades de datos; (ii) pensamiento lógico o computacional, y aprendizaje basado en la resolución de problemas; (iii) producción de contenidos en distintos formatos; y (iv) competencias socioemocionales. Además de su incorporación transversal, estas competencias pueden integrarse con otras competencias fundamentales, como matemáticas y prácticas del lenguaje (Gruffat *et al.*, 2021).

En primer lugar, respecto al manejo y la gestión de grandes cantidades de datos, implica que la información se recopile y analice para crear información adecuada para la toma de decisiones. Por lo tanto, los datos proporcionan un amplio recurso para el descubrimiento de conocimientos y el apoyo en la toma de decisiones (Jaseena y David, 2014).

En segundo lugar, el pensamiento lógico o computacional, habilidad clave en todos los aspectos de la sociedad, desde médicos hasta ingenieros, gerentes e investigadores; una fuerza laboral capacitada en la resolución de problemas computacionales significa eficiencia, beneficio económico e incluso más avances tecnológicos (Mohaghegh y McCauley, 2016).

En tercer lugar, la producción de contenidos en diversos formatos comprende el manejo de los distintos lenguajes y técnicas disponibles, incluyendo el modelado de gráficos que utilizan una representación tridimensional de datos geométricos (3D), la realidad virtual (RV) y aumentada (RA), así como *bots* de inteligencia artificial (IA). Incluye el diseño de propuestas “inmersivas” e interactivas, y el conocimiento de los distintos tipos de licencias, fomentando así el pensamiento de diseño aplicado, la simulación y el modelado (Gruffat *et al.*, 2021).

Por último, las competencias socioemocionales, son centrales en entornos automatizados, transversales y son necesarias en todos los dominios, tal como se plantea en el Objetivo 4.7 de los ODS enfocado en la educación para la ciudadanía mundial y la educación para el desarrollo sostenible. El cambio promueve que los sistemas educativos deben empoderar a los alumnos con competencias como la resolución de problemas, la colaboración, el pensamiento crítico y la comunicación (Care, *et al.*, 2018).

Tal como se menciona en un estudio comisionado por el Banco Interamericano de Desarrollo (2018), en América Latina y el Caribe (ALyC) los *millennials*, personas nacidas entre 1980 y 2003, manejan dispositivos tecnológicos con mucha facilidad y presentan fuertes habilidades socioemocionales, las cuales son claves

en un futuro cada vez más automatizado y robotizado. En particular, muestran niveles relativamente altos de autoestima, autoeficacia y perseverancia.

En las Tablas 1 y 2 que a continuación se muestran, hacen una recopilación de las habilidades tecnológicas y socioemocionales para algunas de las tecnologías de Industria 4.0 sugeridas en los materiales didácticos del programa de capacitación *Industria 4.0 – INTRO 4.0* cofinanciado por el Programa *Erasmus+* de la Comisión Europea (2019).

**Tabla 1.** *Habilidades tecnológicas más valoradas*

### Cinco tecnologías 4.0 y habilidades requeridas

TIC	Big data	Cómputo en la Nube	Comunicación en red	Internet de las Cosas
Correo electrónico	Apache Hadoop	Migración en la nube	Análisis del rendimiento de la red y del sistema	Seguridad de datos
Búsqueda efectiva en línea	NoSQL	Seguridad en la nube	Habilidades computacionales	Diseño de aplicaciones
Redes Sociales	Recolección, representación y almacenamiento de datos	AWS/Azure/Google Cloud expertise	Soporte de TI (comunicar y solucionar problemas)	Aplicaciones móviles
Colaboración en línea	Minería de datos y el aprendizaje automático	Automatización de tareas	Habilidades multitarea	Hardware Internet de las cosas
Hojas de cálculo	Análisis cuantitativo y estadístico	Aprendizaje Automático e Inteligencia Artificial	Estrategias para un uso seguro de Internet	Redes e Internet
Publicación de escritorio	Lenguajes de programación de propósito general	Servicios web y API		Sensores
Smartphones y Tablet	SQL	Habilidades en programación		Chips incrustados
Procesamiento de Textos	Ciencias de datos y aprendizaje automático	Almacenamiento en la nube		Cómputo en la nube

**Fuente:** Elaboración propia con información de Comunidad Europea (2019)

**Tabla 2.** *Habilidades socioemocionales más valoradas***Cuatro tecnologías y habilidades más valoradas**

<b>TIC</b>	<b>Big data</b>	<b>Cómputo en la Nube</b>	<b>Internet de las Cosas</b>
Trabajo en equipo	Trabajo en equipo	Trabajo en equipo	Inteligencia en negociación
Orientación al cliente	Visión de negocios	Resolución de problemas	Solución de problemas
Compromiso de aprendizaje	Curiosidad intelectual	Entendimiento estratégico	
Resolución de problemas	Solución de problemas	Gestión y negocios	
Habilidades de negociación	Habilidades de comunicación	Negociación	
Empatía			
Asertividad			
Empoderamiento			

**Fuente:** Elaboración propia con información de Comunidad Europea (2019)

En caso de que las habilidades antes mencionadas no se desarrollen desde la educación básica, de acuerdo a lo propuesto por Harry Anthony Patrinos, Asesor de la Oficina del Economista en jefe para Europa y Asia Central del Banco Mundial, como ponente invitado en un evento híbrido del Banco Interamericano de Desarrollo (BID, 2023), es recomendable fomentar habilidades fundamentales en adolescentes y adultos jóvenes a través de las siguientes acciones:

- Promover programas complementarios que se centren en el alumno y sus brechas de conocimiento, a través de programas como la tutoría individualizada o en grupos pequeños, otra opción podría ser a través de la tutoría en línea.
- Motivar a los estudiantes cambiando la forma en que se imparten sus lecciones.
- Incentivar la educación de segunda oportunidad para aquellos que no han concluido su formación.

A nivel global, las relaciones laborales ya estaban cambiando aceleradamente antes de la crisis sanitaria de la pandemia de COVID-19, sirvieron para acelerar una conversión en curso. El avance tecnológico y el contexto económico provocaron que la economía digital repuntara en el mundo laboral, lo cual también impulsó la demanda de puestos de trabajo en empresas de tecnología. Acorde a información publicada en la plataforma de capacitación en línea *FutureLearn* (2023), a continuación, se enlistan los 3 principales empleos de los 14 que se prevé tengan una alta demanda en el corto y mediano plazo.

1. Desarrollador de software. La codificación se está convirtiendo rápidamente en una de las habilidades más buscadas por las empresas de tecnología y entre los grupos de investigación. En una encuesta realizada por Remote a más de 500 trabajadores y empleadores de tecnología, el 37 % de los encuestados dijo que los desarrolladores de software serán el trabajo tecnológico más importante en el futuro.
2. Trabajos de cadena de bloques (Blockchain). Según el informe *Time for trust* de PriceWaterhouseCoopers, la tecnología de cadena de bloques mejorará más de 40 millones de puestos de trabajo en todo el mundo para 2030. El futuro de las finanzas definitivamente estará fuertemente influenciado por el auge de la tecnología Blockchain.
3. Trabajos de realidad virtual. Como industria que estará en auge durante las próximas décadas, la realidad virtual se visualiza como una buena apuesta. Las estadísticas más recientes pronostican que el tamaño del mercado global de RA y RV alcanzará los \$ 296.9 mil millones en 2024, en comparación con el tamaño del mercado de \$ 30.7 mil millones que se registró en 2021. Lo que representa casi un aumento de diez veces.

Algunos otros de los empleos que se encuentran en la lista son: Hacker ético (o cualquier trabajo en ciberseguridad), Analista en Big Data, Creador de contenidos, Tecnólogos en Inteligencia Artificial, Protección de datos, Terapia genética y celular, y Salud mental.

### **3.1. El rol clave de la educación para hacer frente a la transición digital en México**

A nivel mundial, el 71% de los jóvenes de entre 15 y 24 años utiliza Internet, lo cual representa una proporción mucho mayor que la de cualquier otro

grupo de edad, y en todos los países en que se dispone de datos están más conectados que el resto de la población. Si bien los jóvenes de los países de renta media impulsan la transformación digital, la accesibilidad y la asequibilidad siguen siendo los mayores obstáculos en los países de renta baja. El acceso no determina el valor que los niños y jóvenes obtienen de Internet. Un segundo plano de la brecha digital subraya la función que desempeñan las competencias digitales para gestionar tanto las oportunidades como los riesgos de la utilización de las Tecnologías de la Información y Computación (TIC) y la participación digital. En general, los jóvenes tienen más competencias de TIC que los adultos y, si bien hay paridad de género respecto de las competencias básicas e intermedias, sigue habiendo disparidad de género respecto de las competencias avanzadas como la programación (ITU, 2023).

Como una de las regiones más desiguales del mundo, en ALyC, continúa persistiendo el desafío de lograr una mejor distribución del ingreso, de la riqueza y también de las oportunidades educativas y laborales a las que acceden sus habitantes. Las instituciones de educación formal en la región, desde la educación inicial hasta la universitaria, podrían ayudar a romper o, por el contrario, reforzar los lazos de transmisión intergeneracional del capital humano. En ALyC, la expansión educativa ocurrida en la segunda mitad del siglo XX generalizó la cobertura del nivel primario e hizo algunos avances en el secundario, con disparidades entre países. Algo similar, pero con menor fuerza, sucedió con la educación superior. Sin embargo, los sistemas educativos todavía presentan un amplio camino por recorrer para cerrar brechas socioeconómicas y promover la movilidad intergeneracional, en particular, en presencia de los bajos niveles de calidad de los servicios educativos que reciben los niños y jóvenes de familias de bajos recursos y de los altos niveles de segregación escolar que se observan en la región (Corporación Andina de Fomento [CAF], 2022a).

Como principal antecedente de programas de uso de las TIC en los procesos de enseñanza-aprendizaje en México, se tiene el programa *@prende.mx* el cual, a más de 25 años de implementación, tal como lo menciona Cristina Cárdenas Peralta coordinadora general del programa, aún presenta muchas áreas de oportunidad en su aplicación dado que no ha tenido un enfoque integral ni un objetivo claro. Por ejemplo, pese a que la inversión pública entre 2004 y 2008 para el programa *Enciclomedia* alcanzó 9 mil 412 millones de

pesos, pocos proyectos derivados consideraron conectividad cuando era modular para dar seguimiento en el uso y aprovechamiento. Así mismo, de las acciones emprendidas por la Secretaría de Educación Pública (SEP) desde 1997 con el proyecto Red Escolar (1997-2004), al que siguió *Enciclomedia* (2004-20011); *Habilidades Digitales para Todos* (2009-2012); *Micompu.mx* (2013-2014) y *México Digital* (2013-2015), su aplicación no era de forma holística ya que su enfoque era, por ejemplo, basado en nueva infraestructura para la escuela, y otros como *Enciclomedia* en el contenido, pero con una interacción escasa entre el estudiante y el dispositivo, al ser el docente la principal interfaz con la tecnología (Poy, 2016).

Asimismo, en el Artículo 44 de la Ley General de Educación Superior (LGES) del 2021 se menciona que las IPES utilizarán el avance de las TIC, conocimiento y aprendizaje digital, con la finalidad de fortalecer los modelos pedagógicos y la innovación educativa, además de promover la integración en sus planes y programas de estudio, los contenidos necesarios para que las y los estudiantes adquieran los conocimientos, técnicas y destrezas sobre tecnología digital y plataformas digitales con información de acceso abierto (LGES, 2021, art. 44, p. 24).

Un trabajo comisionado por la Corporación Andina de Fomento (CAF) y desarrollado por Gruffat *et al.* (2021), con base en la revisión de la experiencia internacional y regional, plantea un enfoque integral de inclusión de la tecnología en la educación considerando cuatro dimensiones: (i) conectividad, nube y dispositivos; (ii) protección de datos del estudiante y seguridad; (iii) programas de inclusión de tecnologías, desarrollo de competencias, métricas y contenidos; y (iv) formación y acompañamiento docente, pudo establecer grupos de países según su estadio de madurez digital, lo que permite tener mejor claridad sobre las brechas y oportunidades de mejora y, reconocer el punto de partida para el cambio en cada país.

La información resultante se muestra en la siguiente Tabla 3, utilizando una escala del 1 al 5, donde 5 es la mayor puntuación.

Siendo las siguientes, las características de cada estadio:

#### A. Madurez digital y programas integrales.

- a. Países que cuentan con altos niveles de conectividad y acceso a dispositivos. La integración de las TIC a la educación es una política de es-

**Tabla 3.** *Estadio de desarrollo de algunos países de América Latina***Tres estadios y cuatro variables**

Estadio	País	Conectividad y dispositivos	Datos del estudiante y seguridad	Programas y generación de contenidos	Formación docente
Madurez digital y programas integrales. En proceso.	Uruguay	4	5	5	3
	Costa Rica	4	3	4	4
	Argentina	2	4	4	3
	Chile	4	3	3	3
	Colombia	2	3	3	3
Incipientes.	México	2	3	3	2
	Perú	2	3	2	2

**Fuente:** Elaboración propia con base a Gruffat et al. (2021).

tado, sostenida en el tiempo y en coordinación con otras iniciativas interministeriales.

b. Sus programas incorporan nuevas capacidades vinculadas al pensamiento lógico o computacional y robótica, gestión de datos, producción de contenidos en múltiples formatos y competencias socioemocionales.

c. Promueven modalidades de capacitación docente basadas en las comunidades de práctica, vinculadas en algunos casos al uso de software libre.

**B. En proceso.**

a. Países que cuentan con bajos niveles de conectividad y acceso a dispositivos en escuelas (salvo Chile). Sus políticas de estado de inclusión de tecnologías no han mostrado necesariamente sostenibilidad en el tiempo o articulación con otras iniciativas interministeriales.

b. Es variable la situación en cuanto a los marcos regulatorios, instituciones o programas de protección de datos e integridad de menores.

c. Sus programas incorporan nuevas capacidades entre sus recursos

educativos, aunque, independientemente de lo declarativo, en implementación están más rezagados.

d. Identifican experiencias inspiradoras y buenas prácticas de uso de tecnologías para la enseñanza, lo cual tiende a conformar incipientes comunidades de práctica docente o tienen un alcance subnacional.

### C. Incipientes.

a. Países que cuentan con programas de inclusión de tecnologías sin articulación con otras iniciativas interministeriales, resultando en programas de nicho con impacto limitado.

b. Sus programas tienden a centrarse en el aprendizaje de habilidades digitales técnicas o instrumentales, y su implementación, independientemente de lo declarativo, se encuentra más rezagada. Las comunidades de práctica de docentes necesitan ser extendidas y potenciadas.

El estudio anteriormente citado, demostró que tanto en conectividad, como en acceso a dispositivos y en su asequibilidad, México y en general la región presenta deficiencias. En cuanto a conectividad, no se debe evaluar únicamente el acceso limitado sino también la calidad de acceso a la banda ancha. En cuanto a los dispositivos, su uso es restringido en las escuelas y persiste una falta de adecuación de los mismos con los objetivos de aprendizaje que se buscan promover. Este desigual acceso a conectividad y dispositivos se acentúa por las desigualdades entre zonas urbanas y rurales, nivel socioeconómico, y tipos de gestión educativa, pública y privada.

Respecto a los programas de educación digital y contenidos, el estudio identifica que debe reforzarse una estrategia que contemple todas las dimensiones implicadas en la inclusión de tecnologías en la enseñanza y el aprendizaje, considerando tanto modelos de educación presencial, como virtual e híbrida. Estos programas muestran sus mayores logros en la entrega de dispositivos y en la oferta de contenidos educativos, mientras que los aspectos pedagógicos u organizacionales necesitan ser trabajados (de ello resulta que muchas inversiones, principalmente en dispositivos, no logran mayor alcance en los objetivos enunciados). Adicionalmente, el diseño curricular y la práctica de enseñanza deben integrar competencias vinculadas a la I4.0.

Recientemente, iniciando el año 2023, el gobierno federal instituyó la Comisión Intersecretarial de Tecnologías de la Información y Comunicación y de la Se-

guridad de la Información, instancia que estará adscrita de manera directa a la oficina de la Presidencia de la República. Entre varias de sus atribuciones, participará en las acciones para implementar estrategias y acciones interinstitucionales para el uso de las tecnologías de la información y comunicación y de la seguridad de la información, así como en el impulso y coordinación con los sectores público, privado, académico y social el desarrollo de estudios y actividades relacionadas con el aprovechamiento de las tecnologías de la información y comunicación y de la seguridad de la información (Jiménez, 2023).

### **3.2. Retos y lecciones aprendidas para abordar la enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas. Los casos de Argentina, Chile y Costa Rica**

Con base a un conversatorio organizado por la CAF (2022b) y su Agenda Educativa, en donde se abordó la dimensión del desarrollo de habilidades y competencias en el campo de las ciencias de la computación a partir de la discusión del abordaje curricular, el desarrollo y uso de herramientas y contenidos y la formación de docentes, directivos y equipos de conducción educativa, a continuación se discuten los casos de Program.AR de Argentina, Ministerio de Educación de Chile y Fundación Omar Dengo de Costa Rica.

- **Argentina.** Desde 2013 surge la iniciativa Program.AR para la enseñanza de las ciencias de la computación en las escuelas, como una disciplina específica, con el objetivo de lograr una apropiación profunda tanto de dispositivos como artefactos computacionales. El programa tenía como propósito fundamental que estos contenidos estuvieran en las aulas como un contenido obligatorio para lo cual se identificaron distintos desafíos, tales como: la falta de material didáctico, la nula formación de docentes y directivos, concientización de los funcionarios públicos en relación a la necesidad de reformular los diseños curriculares y, el diseño y la implementación de líneas de investigación científica que pudieran dar cuenta de los resultados de los distintos programas pero también que pudieran dar cuenta del impacto de este de la incorporación de estos contenidos por ejemplo en relación al tema de las habilidades.

Si bien se cuenta con un Ministerio de Educación Nacional, el cual está a cargo de definir los lineamientos generales en relación a la definición

de los contenidos en las aulas, los Ministerios de Educación de cada una de las veinticinco jurisdicciones existentes tienen autonomía para decidir sobre la definición de tales contenidos y la formación docente. Se decidió por identificar y articular actores clave que en las distintas jurisdicciones pudieran ser socios del programa, siendo los primeros aliados las universidades nacionales con oferta educativa tecnológica y con infraestructura informática, además de contar con personal vinculado a la educación y con interés en llevar estos conocimientos a las aulas. Posteriormente se realizaron alianzas con los institutos de formación docente y muy recientemente con el Instituto Nacional de Formación Docente.

A la par del diseño de formación docente vino el tema del desarrollo de materiales didácticos, de plataformas educativas, de manuales para la enseñanza de las ciencias de la computación en los distintos niveles educativos. Posteriormente aparecen las líneas de investigación relacionados a la experiencia de implementación sobre los programas propios, pero también abordando temas sobre qué es lo que hacen otros países de la región y del mundo, con la finalidad de aprender y conocer sobre la mejora continua. Y finalmente el asesoramiento a los gobiernos y organismos públicos tanto locales como de otros países sobre todo de la región.

Particularmente, Argentina ha fomentado una alianza clave con Uruguay para el diseño de nuevos currículos, así como la implementación de trayectos de formación. En la actualidad existe un trabajo colaborativo con más de 40 universidades nacionales y 23 provincias. Se cuenta con la cooperación de más de 15 ministerios de educación. Se han desarrollado cursos cortos, especializaciones de mayor duración, diseño de formaciones universitarias iniciales, talleres en nivel secundario y diseños de materiales didácticos que pueden descargarse de manera libre.

En la actualidad del total de los docentes que están enseñando computación, el 50% tiene formación en la disciplina y el otro 50% tiene formación en la didáctica. Lo que significa que ninguno tiene la formación completa, por lo que es urgente abordar el problema de la formación docente dada la relevancia social que está teniendo la disciplina dentro de las comunidades, por lo que este tipo de problema estructural se in-

tenta resolverse con soluciones estructurales, esto es, con modelos de capacitación.

- **Chile.** Bajo el Plan Nacional de Lenguajes Digitales, la educación tecnológica se introduce como competencias transversales en diferentes disciplinas utilizando diversas formas de enseñanza de aprendizaje, incluyendo el aprendizaje basado en proyectos. El Programa Enlaces tiene una larga historia, de al menos treinta años como institución y durante este tiempo se ha trabajado desde las habilidades, creándose un marco que son las habilidades TIC para el aprendizaje, evitando centrarse en el pensamiento computacional y ciencias de la computación. Por lo tanto, son habilidades más bien informacionales que se relacionan ampliamente con la transversalidad con respecto a las ciencias de la computación, o el uso crítico de las tecnologías el crear soluciones en base a la información. En Chile se cursa una asignatura relacionada que empieza en la primaria hasta el segundo año de la secundaria, asignatura basada en la resolución de problemas. También de manera transversal en el currículum se consideran estas habilidades sugeridas para su incorporación transversal en todas las asignaturas, fomentando conexiones con los distintos objetivos de aprendizaje de todas las asignaturas con estas habilidades que tienen que ver con el uso de las tecnologías, impulsando la resolución de problemas en ambientes digitales.

Desde 2019, se ha propuesto que en los últimos dos años de secundaria exista una asignatura electiva titulada "Pensamiento computacional y programación" la cual contempla conocimientos más complejos y que los estudiantes pueden tomar si es que los establecimientos educacionales lo ofrecen. También se realizó una actualización del currículum, con la intención de verter estos contenidos más específicos del "Pensamiento computacional y la programación" y "Las ciencias de la computación", tanto en la asignatura de tecnología como de forma transversal a través de una articulación con organizaciones de la sociedad civil, por ejemplo, con la Fundación *Kodea* y la Fundación Telefónica Profuturo para proveer cursos de desarrollo profesional docente continuo y también orientaciones curriculares para identificar en qué puntos específicos del currículum tanto de tecnología como de las distintas asignaturas se pueden incorporar tales habilidades.

Así mismo, recientemente se incorporó en los estándares de formación docente el que todas las carreras de pedagogía, y en específico aquellos profesores especializados en las matemáticas, tengan conocimientos específicos de ciencias de la computación.

También el Ministerio de Educación continua, en articulación con otras organizaciones, promueven cursos tanto específicos como transversales para la incorporación del pensamiento computacional tanto en la asignatura de tecnología como para los docentes de distintas asignaturas que estén buscando como incorporar estas habilidades en el enfoque pedagógico.

● **Costa Rica.** Desde 1988, en colaboración con el Ministerio de Educación, la Fundación Omar Dengo tiene una larga y extensa experiencia liderando esfuerzos para el diseño y la implementación de la informática en el Programa Nacional de Informática en las Escuelas. Así, el país ha optado por implementar la enseñanza de estas competencias en forma de disciplina específica, a través de la asignatura de informática educativa en el currículum desde el preescolar hasta secundaria, enfocándose en un espacio horario y siendo evaluada de manera formativa y no numéricamente.

Al concluir la secundaria, la fundación ofrece otro programa que recibe a los estudiantes en el cuarto y quinto año de la formación académica y hasta el sexto año de la formación técnica. En este programa, los estudiantes asisten a dos lecciones de cuarenta minutos por semana en un laboratorio de informática educativa.

A nivel nacional, el programa desde preescolar está presente en todo el territorio nacional con un 95% de cobertura. El programa ha permitido equipar a las instituciones educativas para poder integrar los aspectos pedagógicos, los aspectos tecnológicos y los aspectos administrativos que engloban todo lo que tiene que ver con la integración de las tecnologías en la educación.

El principal propósito del programa ha sido el desarrollar nuevas actitudes hacia la ciencia y la tecnología dentro de un marco abierto creativo orientado a la resolución de problemas y hacia la productividad a través del pensamiento computacional y de la programación de computadoras. Para lograrlo, se cuenta con el apoyo de las Universidades en términos

de que hay formación inicial de docentes de informática educativa. Existen algunas universidades que tienen programas de grado y posgrado específicos en la formación inicial y de especialización de los docentes. Se cuenta con una ruta de plan de actualización docente a nivel nacional donde se tiene un tronco común, para su posterior especialización por nivel en términos de áreas de pensamiento computacional, didáctica del pensamiento computacional, y didáctica de la programación, específicamente para complementar cualquier brecha que pudiera haber quedado de la formación inicial.

Un elemento clave es la asesoría y el acompañamiento, para lo cual se cuenta con asesores de informática educativa a nivel nacional, los cuales permanentemente apoyan a los centros educativos y docentes en la implementación de la propuesta, tanto en términos pedagógicos, administrativos y en términos tecnológicos, proporcionando el equipamiento que se ocupa específicamente para cada nivel.

#### 4. RESULTADOS

Las condiciones de maximizar la producción o de minimizar los costos en un país se encuentran asociadas a la productividad. Para elevar la productividad de un país es necesario, entre otros, un sistema educativo de alta calidad, desde el sistema básico hasta el superior, en donde se genere el capital humano capaz de crear mayor valor agregado e innovar procesos y productos. La relación entre la educación y la industria avala la empleabilidad, el aumento de productividad y mayor éxito en la actividad emprendedora de los ciudadanos. Cuando la educación y la industria se encuentran estrechamente vinculadas, se pueden generar programas de estudio, estrategias de formación de empleo, de creación y aceleramiento de empresas con alto valor agregado que garanticen el incremento de la productividad al mismo tiempo que se eleva el bienestar de la población (De la Cruz, 2019).

El estadio encontrado para México por Gruffat *et al.* (2021), y las brechas identificadas, sugieren que el diseño, implementación y evaluación de políticas digitales parta de una visión holística y multidimensional. Un modelo centrado en el aprendizaje debe contemplar la generación de un círculo virtuoso entre una definición precisa de objetivos de aprendizaje, espacios y modalidades de trabajo que promuevan las buenas prácticas entre docentes, y matrices de

progresión en el desarrollo de competencias que permitan evaluar desarrollos. Así mismo, se requerirá la identificación de objetivos de corto, mediano y largo plazo que generen mayor impacto con menor complejidad, contemplando el horizonte de cada uno de éstos. En el caso de los programas complementarios centrados en el alumno y sus brechas de conocimiento, los objetivos que podrían generar mayor impacto con menor complejidad son:

- Creación de espacios *Fab Labs* o *Movimiento maker* (laboratorios de fabricación vinculados a la sociedad y a la innovación abierta (Báscones, 2017)).
- Adopción de la nube.
- Matrices sobre progresiones de aprendizajes.
- Redes de intercambio docente.

Dada la experiencia y resultados exitosos obtenidos en otros países de América Latina y el Caribe, lo cual podría representar una amplia oportunidad de reducción de tiempos en la trayectoria a recorrer en México, y ante la gran necesidad actual de que la población estudiantil desarrolle actitudes hacia las ciencias de la computación dentro de un marco creativo orientado a la resolución de problemas y hacia la productividad, la implementación de un programa complementario a nivel nacional debe considerar:

- Atención a las recomendaciones de transición digital de la Ley General de Educación Superior.
- Diseño de contenido universal obligatorio de asignaturas que fomenten el pensamiento computacional y programación.
- Consulta a expertos para definir si el programa complementario tendría que implementarse como una asignatura específica o como competencias transversales entre las diferentes asignaturas de cada disciplina.
- Reformular los diseños curriculares.
- Diseño de contenidos de formación docente, incentivando la formación de redes o grupos de apoyo entre docentes con y sin formación en las disciplinas de ciencias de la computación.
- Impulsar las comunidades de práctica docente para el enriquecimiento a partir de experiencias y buenas prácticas.
- Diseño de material didáctico, manuales de enseñanza y plataformas educativas.

- Para los seis puntos anteriores, se podrían realizar convenios entre Ministerios de Educación para realizar una transferencia de contenidos y materiales ya implementados. Por ejemplo, en el caso de Argentina y su iniciativa Program.AR se puede acceder desde su página web al currículum propuesto y las diferentes estrategias de implementación.

**Figura 1.** *Currículum Program.AR*

ÁREAS	CIUDADANÍA Y COMPUTACIÓN	PROGRAMACIÓN Y ALGORITMIA	INFRAESTRUCTURA TECNOLÓGICA	REPRESENTACIÓN, PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS
EJES	Idéntidad digital	Resolución de problemas mediante programación	Organización y arquitectura de computadoras	Recolección, representación y almacenamiento de datos
	Estrategias para un uso seguro de internet	Lenguajes de programación	Sistemas operativos	Ciencia de datos y aprendizaje automático
	Computación y sociedad	Datos y estructura de datos	Redes e internet	
PRÁCTICAS	Prácticas Computacionales			

Fuente: Plataforma web <https://curriculum.program.ar/>

- Evaluar el nivel de infraestructura y de equipamiento de cómputo requerido respecto a lo que ya se tiene instalado. De forma paralela, realizar una planeación detallada para la maximización del aprovechamiento del equipo de cómputo disponible en las IPES.
- Impulsar, en la medida de lo posible, la creación de espacios Fab-Labs o Movimiento maker.
- Promover que, en la Universidad Pedagógica Nacional, conformada por 70 Unidades, 208 subsedes y tres universidades pedagógicas descentralizadas en todo el país, se gestione una unidad para la asesoría y acompañamiento en informática educativa e inclusive, de ser necesario, se cree el programa educativo.
- Dada la necesidad de que las IPES se vinculen con las instituciones de formación precedentes, considerando la oferta educativa tecnológica y el nivel de infraestructura, una opción para ser actor principal del programa complementario a nivel nacional es el Tecnológico Nacional de México, constituido por 254 instituciones, con presencia en todos los

estados del país, en donde sus estudiantes inscritos en disciplinas como Ingeniería en Sistemas o Ingeniería en TIC, podrían desarrollar/participar en programas de tutoría individualizada o de pequeños grupos como proyecto de Servicio Social o Prácticas Profesionales.

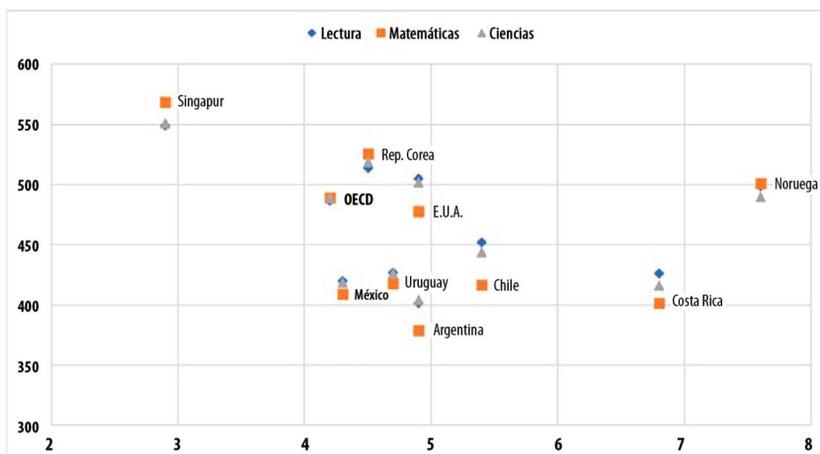
- Suscitar, junto con el área institucional indicada, tal como en la reforma curricular del Nuevo Modelo Educativo en México, las habilidades blandas y flexibles de la educación STEM: digitales, desarrollo socioemocional, negociación de saberes, relaciones interpersonales, trabajo en equipo, capacidad de pensamiento crítico para resolver situaciones complicadas en la empresa, creatividad y capacidad de innovar, entre otras; las cuales, la mayoría de ellas se procesan en el hemisferio cerebral derecho, y se alejan del aprendizaje mecánico, memorístico y racional predominante (Velázquez, 2018).

También resulta necesario el acelerar la implementación de un programa de habilidades requeridas para la Industria 4.0 desde la educación básica, tal como se ha mencionado anteriormente. Acorde a Jeffrey D. Sachs, director del *Center for Sustainable Development* en la Universidad de Columbia y presidente de *UN Sustainable Development Solutions Network*, como ponente invitado en un evento del Banco Interamericano de Desarrollo (2023), se debe establecer una meta país para que los niños y adolescentes se desempeñen al menos en el promedio de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) en la evaluación del Programa Internacional para la Evaluación de Estudiantes (PISA, por sus siglas en inglés) e inclusive por encima del promedio.

México es uno de los 39 países que ha participado en la evaluación PISA desde el año 2000. La última intervención fue en 2018, junto con otros 79 países. Los resultados obtenidos han permitido tener información detallada y rigurosa sobre el nivel de competencia adquirido por los estudiantes, en lectura, matemáticas y ciencias. Por ejemplo, gracias al informe PISA se conoce que el 35% de los estudiantes mexicanos no logran aprendizajes suficientes en ninguna de esas tres materias, en comparación con el promedio de los países de la OCDE, que es del 13%. También, tal como se puede observar en la gráfica siguiente, no necesariamente un mayor gasto en educación representa un mejor desempeño obtenido, por ejemplo, Singapur, país con los estudiantes

mejor evaluados, sólo dedicó el 2.9% del Producto Interno Bruto (PIB) a educación, cuando en México representó el 4.3% del PIB, similar a la República de Corea con el 4.5% pero con resultados por encima del promedio de la OCDE, lo que puede representar una aplicación medianamente eficiente y eficaz del presupuesto.

**Figura 2.** Gasto público en educación como % del PIB VS. Desempeño PISA (2018)



**Fuente:** Elaboración propia con base a Banco Mundial (2018) y OECD (2019).

Las evaluaciones como PISA son insumos indispensables para identificar el nivel de desempeño de los estudiantes y en la definición de estrategias sobre las áreas de oportunidad para ayudarlos a alcanzar los aprendizajes (Instituto Mexicano para la Competitividad [IMCO], 2021).

Por lo tanto, acorde a Jeffrey D. Sachs, resulta recomendable promover:

- Nuevas habilidades tecnológicas y socioemocionales,
- Conectividad de las escuelas,
- Dispositivos para conectarse a la web y poder acceder a la información,
- Bibliotecas electrónicas,
- Integración del e-learning con el aprendizaje en el aula,

- Plan de estudios renovado,
- Habilidades para vivir en un mundo interconectado en sociedades diversas, desarrollo sostenible y cooperación global.

Además, las empresas deben asociarse con las IPES en particular, y éstas deben asociarse con escuelas secundarias para crear una dinámica de mejora. Las universidades son actores estratégicos en el conocimiento global y nacional y es muy importante que las empresas inviertan directamente para ayudar a fortalecer las universidades, pero asegurando que las universidades desarrollen la fortaleza de los sistemas educativos en general en el país.

## 5. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Lograr los desafíos de transición digital, dada su complejidad, requiere de la actuación de diversos actores. En específico, desde la academia, es necesario el desarrollo de habilidades específicas que fomenten el pensamiento computacional desde la educación básica, lo que implicaría la obtención de resultados en el mediano y largo plazo. En el corto plazo, ante los requerimientos de un mundo interconectado se deben tomar acciones concretas con objetivos y metas bien definidas, sobre el cómo lograr la apropiación de los conocimientos necesarios en todas las disciplinas. Si bien la experiencia de incorporar tecnologías digitales en el sistema educativo nacional ha demostrado que existen muchas áreas de oportunidad, existen ya diferentes casos de éxito a nivel internacional las cuales han generado conocimiento que puede ser replicado reduciendo así los tiempos de implementación. Este trabajo explora la causalidad de la limitada inclusión de la tecnología en la educación en México, el estadio de implementación actual e identifica los puntos clave a considerar para el diseño de un programa complementario que coadyuve al perfil laboral de la Industria 4.0. Hace falta el trazado de una hoja de ruta que defina los actores, las actividades y las responsabilidades para lograr la madurez digital requerida.

## REFERENCIAS

- Banco Mundial. (2018). *Gasto público en educación, total (% del PIB)*. <https://bit.ly/3HsVncF>
- Báscones, P. (2017, Mayo 8). *Fab Labs y movimiento maker*. Universidad Abierta de Cataluña. <https://bit.ly/3RwUmov>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2018, Noviembre). *Millennials en América Latina y el Caribe: ¿Trabajar o estudiar?* BID. <http://dx.doi.org/10.18235/0001410>
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2023, Enero). *Skills for Youth. Investing in human capital in Latin America and the Caribbean*. BID. <http://bit.ly/3judgzK>
- Corporación Andina de Fomento. (2022a). *Desigualdades heredadas: El rol de las habilidades, el empleo y la riqueza en las oportunidades de las nuevas generaciones*. CAF. <https://bit.ly/40ExFmD>
- Corporación Andina de Fomento. (2022b). *Modelo pedagógico y formación docente en ciencias de la computación*. CAF. <https://bit.ly/3Rynrjy>
- Casalet, M. (2020). El futuro incierto de la digitalización en México: ¿Podremos despegar? *Economía teoría y práctica, Número Especial*, 45-68. <http://dx.doi.org/10.24275/ETYP/AM/NE/E052020/Casalet>
- Comisión Europea. (2019). *Industria 4.0 – INTRO 4.0*. <https://www.intro40.eu/>
- Core, E., Kim, H., Vista, A. y Anderson, K. (2018). *Education system alignment for 21st century skills. Focus on assessment*. Center for Universal Education at The Brookings Institution.
- De La Cruz, J. (2019). La responsabilidad de contar con una política industrial integral. En A., Oropeza (Coord.), *Desarrollo Industrial 2050: Hacia una industria del futuro* (1ª Edición, pp. 53-72). IJ-UNAM.
- Ley General de Educación Superior (20 de abril de 2021). Cámara de Diputados del H. Congreso de la Unión. Diario Oficial de la Federación (DOF 20-04-2021). <https://bit.ly/470blXo>
- FutureLearn. (2023, Diciembre). *Best 14 jobs of the future: the most in-demand careers*. <http://bit.ly/3jyySLd>
- Gruffat, C., Barafani, M., Ros Rooney, D. & Cabello, S. (2021). *Hacia una agenda integral de la adopción de tecnologías para el aprendizaje 4.0 en América Latina*. <http://bit.ly/3jmoFli>
- Instituto Mexicano para la Competitividad. (2021, Mayo). *México dejará de ser parte de la edición 2021 de PISA*. IMCO. <http://bit.ly/3wTDbnB>

- International Telecommunication Union. (2023). *Informe sobre la conectividad mundial de 2022*. ITU. <https://bit.ly/3RKuPZf>
- Jaseena K. y David, J. (2014). Issues, challenges, and solutions: Big data minning. *NeTCoM*, 131–140. DOI: 10.5121/csit.2014.4.1311
- Jiménez, N. (2023, Enero 10). *Crean Comisión Intersecretarial de TICs y de la Seguridad de la Información*. La Jornada. <http://bit.ly/3l9Og0A>
- Lavopa, A. y Delera, M. (2021, Enero). *What is the Fourth Industrial Revolution?* Industrial Analytics Platform-UNIDO. <http://bit.ly/3YkvW3B>
- Medina, J. (2021, Marzo 4). *Conferencia: La industria 4.0 en los negocios y la sociedad en la alianza del pacífico*. Industrial Transformation México. <https://bit.ly/3YjJb40>
- Mohaghegh, M. y McCauley, M. (2016). Computational Thinking: The Skill Set of the 21<sup>st</sup> Century. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 7(3), 1524-1530.
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2019, Diciembre). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*. OCDE. <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- Poy, L. (2016, Noviembre 10). *@prende.mx fracasó por “falta de enfoque integral”*. La Jornada. <http://bit.ly/3Rwm0GT>
- United Nations Industrial Development Organization. (2019). *Industrializing in the digital age*. UNIDO. <https://bit.ly/3Hymvqu>
- Velázquez, L. (2018, Marzo 10). *La cuarta revolución industrial en la educación*. La Jornada. <http://bit.ly/3DHBbT9>
- Ynzunza, C., Izar, J., Bocarando, J., Aguilar, F., y Larios, M. (2017). El Entorno de la Industria 4.0: Implicaciones y Perspectivas Futuras. *Conciencia Tecnológica*, 54, 33-54 .