

Industria y educación 4.0 en México: un estudio exploratorio

Daniel Sánchez Guzmán
Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería,
Campus Guanajuato, Instituto Politécnico Nacional

Resumen

El presente trabajo describe una visión general de la coexistencia entre los conceptos de industria 4.0 y educación 4.0 en México. Se presenta la evolución de esta industria a nivel global, así como la evolución del enfoque educativo. Para evidenciar el desarrollo de habilidades bajo el enfoque de educación 4.0 en estudiantes, se diseñó e implementó una secuencia didáctica de aprendizaje del tipo exploratorio, bajo el enfoque de pensamiento computacional y activo. Esta secuencia se aplicó a una población de estudiantes de nuevo ingreso a un programa académico de ingeniería ($N = 63$). Los resultados obtenidos muestran de manera preliminar que se puede llevar a cabo el aprendizaje de conceptos de alto nivel a través del diseño de una secuencia didáctica de bajo costo y que no comprometa la calidad y profundidad de los conceptos abordados así como la contextualización, social y profesional, sobre sus actividades como futuros profesionistas.

Palabras clave

Industria 4.0, educación 4.0, secuencia didáctica, aprendizaje activo, formación de ingenieros.

Industry and education 4.0 in Mexico, an exploratory study

Abstract

This paper describes an overview of the coexistence between the concepts of industry 4.0 and education 4.0 in Mexico. The evolution of this industry at a global level is presented, as well as the evolution of the educational approach. To demonstrate the development of skills under the education 4.0 approach in students, an exploratory learning sequence was designed and implemented, under the computational and active thinking approaches. This sequence was applied to a population of students of new entry to an academic engineering program ($N = 63$). The results obtained show in a preliminary way that high-level concepts can be learned through the design of a low-cost didactic sequence, and students show the development of new skills that will be useful in future activities, as students and as engineers.

Keywords

Industry 4.0, education 4.0, learning sequence, active learning, engineers training.

Recibido: 14/06/2019
Aceptado: 02/08/2019

Introducción

En los últimos ocho años y desde que se formuló por primera vez en el año 2011 (FAZIT Communication GmbH, 2014), el concepto de industria 4.0 ha tenido un impacto y crecimiento en varios sectores de la sociedad. Se hizo un análisis básico realizando la búsqueda del concepto (a partir de su definición en idioma inglés: “Industry 4.0”) utilizando los cuatro motores de búsqueda Web más populares. Se obtuvieron los siguientes resultados (ver tabla 1):

Tabla 1. Resultados en motores de búsqueda y relación con el concepto de industria 4.0.¹

No.	Motor de búsqueda	Número de referencias	Tiempo de búsqueda
1	Google.com	244 millones de resultados	0.84 s
2	Bing.com	23.4 millones de resultados	N/A
3	Yahoo.com	23.4 millones de resultados	N/A
4	AOLSearch.com	0.7 millones de resultados	N/A

De la tabla anterior se observa que los datos generados por el concepto de industria 4.0 crecieron de manera exponencial. Por poner un ejemplo, al comparar los resultados de Google.com en el estudio presentado por Terrés y cols. (2017), se identificó que para el tercer cuatrimestre del 2017 el motor de búsqueda desplegaba 100 millones de resultados. Esto representa un crecimiento de 144 millones de resultados agregados durante el periodo comprendido entre septiembre de 2017 y agosto de 2019. Este dato describe de manera empírica el crecimiento que en pocos meses ha tenido la adopción y el empleo del concepto en diferentes contextos sociales, tecnológicos, industriales y académicos. Es necesario analizar el impacto que ha tenido este concepto en la academia y como se puede propiciar su adopción en la formación de profesionistas. El presente trabajo se desarrolla en las siguientes secciones. Primero se describe de manera breve la evolución del concepto de industria 4.0 y se hace una caracterización general del concepto. Posteriormente se presenta el enfoque de educación 4.0 y se relaciona su coexistencia con el de industria 4.0. Después se describe su implementación, utilizando como enfoque metodológico el pensamiento computacional propuesto por Wing (2006), para la formación de estudiantes en ingeniería a través del diseño, desarrollo y evaluación de una secuencia didáctica aplicada a toda una generación de estudian-

¹ Consultado el 30 de abril de 2019.

tes de un programa académico en Ingeniería Industrial de primer semestre. Por último, se presentan los resultados y el impacto de realizar este tipo de acciones, así como las conclusiones y el trabajo futuro de investigación a realizar.

Historia y definición del concepto industria 4.0

Para poder adentrarse en el concepto de industria 4.0 primero se describirá su desarrollo y como puede tener diferentes puntos de vista desde su uso y aplicación. Se describirán varios conceptos a través de diferentes sectores y al final, para el resto del trabajo, se adoptará una definición mediante un enfoque académico-industrial. Se considera que estos sectores de la sociedad es donde hay un uso más difundido de este concepto.

El termino industria 4.0 se presentó por primera vez en la Feria de Hannover en 2011 (FAZIT Communication GmbH, 2014). Varios consorcios y empresas identificaron que los medios de producción habían cambiado radicalmente en la forma como operaban sus plantas y procesos en los últimos quince años. Bajo este escenario de la industria y la economía se comenzó a describir las características iniciales de un nuevo enfoque.

Se identificó que el gran potencial de la industria 4.0 estaría sostenido en los datos y en la forma creativa como serían aprovechados en los desafíos que plantea la industria (Monica et al., 2017), para lo cual sería necesario generar nuevas técnicas de utilización de datos, no sólo los de la empresa sino de toda la cadena de producción enfocándose en el cliente. También mencionan tres tendencias que serán el común denominador en esta nueva revolución industrial: inteligencia artificial, experiencias inmersivas transparentes y plataformas digitales (Monica et al., 2017). De lo anterior y apoyándose básicamente en la gran cantidad de datos que se generan los diferentes procesos industriales y de comercio, se observa que varias de las actividades que antes eran realizadas por operadores humanos serán ejecutadas por la tecnología de información y automatización a través de robots y computadoras de alto rendimiento. Roig (2017) menciona tres ejes que configuran la industria 4.0 (véase tabla 2): 1. *Big Data*, 2. Internet de las Cosas (IoT – Internet of Things), 3. Additive technologies (tecnologías aditivas). Observando las visiones tanto de Monica, et. al. (2017), como de Roig (2018), se observa que ambas tienen puntos en común y presentan un traslape o intersección entre diferentes enfoques. Esto es normal ya que en los últimos veinte años se ha desarrollado la tecnología de manera vertiginosa, y había áreas que antes no eran físicamente realizables, pero sí se tenían las ideas concebidas para su futura implementación, como la manufactura inteligente. A través de la siguiente tabla se observan las tendencias y los ejes que fundamentan la industria 4.0, se visualizan los

puntos de intersección y coincidencia en las ideas propuesta por Monica, et. al. (2017) y Roig (2018), así nos da una idea general de la convergencia en el empleo de la tecnología en la industria 4.0.

Tabla 2. Ejes y tendencias que fundamentan la industria 4.0.

Tendencias (Monica et. al., 2017)				
Ejes (Roig, 2018)				
		Inteligencia artificial	Experiencias inmersivas transparentes	Plataforma digitales
	Big Data	Los datos serán la fuente de trabajo para los algoritmos de inteligencia artificial, con la capacidad de analizar los patrones de comportamiento de la industria y la manera en cómo se pueden optimizar y automatizar los procesos industriales (Roig, 2018). Los actuales algoritmos empleados a través de la explotación de información en las bases de datos proveen a la industria una visión más amplia e integral y de coexistencia entre los diferentes ecosistemas que integran una cadena de producción.	La generación de grandes cantidades de información permitirá que los procesos y las experiencias del cliente sean aditivas y/o personalizadas. Esto fomentará que las actividades económicas tengan un mayor impacto en el comercio y en los servicios ofertados (Roig, 2018). La personalización, no sólo de los productos sino de los procesos, hará más eficiente el desarrollo de las personas. Es la máquina la que se adapta al ser humano y no al revés.	La gran mayoría de las actividades económicas, académicas y sociales se encuentran apoyadas por el avance tecnológico, las redes sociales y los servicios a través de plataformas Web. Todas estas aplicaciones han evolucionado hasta un punto donde una gran cantidad de procesos industriales y sociales, comienzan a depender de una conectividad a través de diferentes plataformas. De igual manera los nuevos ecosistemas de servicios ofrecen que cada persona disponga de su información en cualquier momento y lugar (Monica et. al., 2017).
	IoT	El Internet de las Cosas (IoT de sus siglas en inglés), actualmente se está materializando de manera más clara al tener una aplicabilidad directa en el consumidor final. Por ejemplo, los relojes inteligentes y los dispositivos móviles se están adaptando a nuevas formas de interactuar con los seres humanos. Ya no es sólo el celular, actualmente en prendas de uso, como playeras o calzado, tienen integrado un chip para monitorear actividades de las personas y ayudarlas en sus rutinas o seguimiento de actividades.	Las tecnologías de IoT tienen un enfoque centrado en el cliente, permiten personalizar las situaciones, los datos y hacer un monitoreo puntual de las actividades que desarrollan las personas. Este tipo de tecnología facilitará un proceso semi-biónico entre la máquina y el ser humano, de tal manera que el potencial adicional, a través de dispositivos móviles y corporales, permitirán una mejor interacción y rendimiento en las actividades que desarrollan los seres humanos en la sociedad.	Al ser el IoT un grupo de tecnologías que coexisten entre sí, deberán estar conectadas a diferentes redes para tener un mejor seguimiento y apoyo a las actividades que desarrollan las personas. Por poner un ejemplo, al comprar un reloj y un calzado inteligente, se puede establecer una conectividad con el médico y hospital para dar seguimiento a los pacientes que padezcan alguna enfermedad. De igual manera, se podría localizar a personas extraviadas mediante herramientas digitales que permitan ubicar y rastrear a través de las señales que emiten estos dispositivos.

Tabla 2. Ejes y tendencias que fundamentan la Industria 4.0 (*continuación*).

	Tendencias			
		Inteligencia artificial	Experiencias inmersivas transparentes	Plataformas digitales
Ejes	Addaptive Tech	La inteligencia artificial permite la adaptabilidad de la tecnología a través del aprendizaje (Monica et. al., 2017). La tecnología requiere ajustarse, pero para que un sistema sea adaptable debe tener retroalimentación, no sólo de los valores de salida y entrada (como lo haría un sistema de control tradicional), sino que debe analizar las salidas, evaluar las entradas y aprender la utilidad de lo que desarrolla y cómo está interconectado a lo largo de la cadena de suministro o proceso, con el objetivo de aprovechar al máximo la operatividad del o los procesos que debe atender. En este escenario se pueden vislumbrar tres tipos de producción: 1) a gran escala y lejos de los centros urbanos, donde todo está controlado por robots; 2) a mediana escala, que facilita la atención a ciertas regiones o necesidades de los consumidores, como pueden ser fábricas dentro de un clúster industrial o comunidades lejanas; y, 3) a micro-nano escala, que se refiere a pequeñas fábricas o incluso vehículos con tecnología 3D para impresión y ensamblado de productos o servicios altamente personalizados para el cliente final.	La tecnología aditiva parte del enfoque centrado en el consumidor. Debe de tener como indicador principal las necesidades de los usuarios finales y coexistir con las actividades que desarrolla el ser humano de manera continua. Los diferentes algoritmos de inteligencia artificial deben de identificar las necesidades específicas del usuario y hacer un proceso de uso transparente para que la convivencia humano-máquina se efectúe de manera eficiente, ordenada y que el usuario final lo perciba como un sistema natural de interacción. El uso de la tecnología aditiva no debe verse como un acompañante en el presente. Derivado de los avances tecnológicos, en un futuro cercano estará en capacidad de adelantarse a las necesidades de los usuarios, de las empresas y no sólo se enforará a entender cómo se hacen actualmente las cosas, sino tener una visión de cómo se harán en el futuro. Los avances actuales presentan esquemas de industria en la que los robots una vez que aprendieron un proceso de producción, están en condiciones de mejorar el proceso en tiempos y actividades. Lo mismo pasará en los esquemas de salud, educación y entretenimiento (Roig, 2018).	Las plataformas digitales serán los medios de concentración de información para obtenerla y administrarla de la forma más eficiente posible para el consumidor final. También deben de contar con características de uso aditivas para que los usuarios puedan participar en el proceso de transacciones e interacciones entre los diferentes servicios y productos (Monica et. al., 2017). Los esquemas multiplataforma fomentarán la interacción y coexistencia entre diferentes sistemas de computacionales, lo que facilitará el intercambio de conocimiento e información entre diferentes sistemas. El conocimiento no está fuera del contexto y su transmisión a través de esquemas multiplataforma, por ejemplo, realizar un curso utilizando una tableta, una laptop o el teléfono móvil, es un claro ejemplo de la disponibilidad del conocimiento con un carácter atemporal y en cualquier espacio donde se cuenta con la conectividad para acceder a diferentes cursos y actividades en la formación y capacitación. Los esquemas de aprendizaje adaptivo fomentan el desarrollo de nuevas visiones en la formación de profesionistas. Es posible que los programas académicos de licenciatura que se imparten ya no existan en un período de cinco años. Se está preparando el escenario para esquemas de instrucción más versátiles y orientados por la tecnología.

De la tabla anterior se puede observar una particularidad en la evolución tecnológica: varias de las soluciones o aplicaciones no tienen un desarrollo “progresivo”, por el contrario, se han mezclado diferentes tipos de enfoques, técnicas y metodologías para poder lograr una solución estándar. Por ejemplo, hace una década las bases de datos utilizaban un enfoque de Sistema de Planificación de Recursos Empresariales (Enterprise Resource Planning – ERP), con la incorporación en esta metodología de algoritmos de inteligencia artificial, se ha dado origen a nuevos enfoques como la minería de datos, que permite encontrar patrones de comportamiento en el uso y aplicación de la información útil para la industria. Esto ha derivado en una dinámica de interacción e integración entre las diferentes áreas de la ciencia y la tecnología. La academia no es ajena a este tipo de desarrollos, ya que mucho de los avances provienen de los ingenieros o tecnólogos capacitados que aplican sus conocimientos e innovación en nuevas soluciones.

Historia y evolución de la industria 4.0

La industria en general ha presentado un crecimiento exponencial en los últimos veinte años. En un principio, el crecimiento se derivó de lo que se conoce como el *boom* de las telecomunicaciones, que se evidenció a finales de los años noventa. El concepto de revolución industrial se desarrolló a mediados del siglo XVIII y, desde entonces, la industria se ha mantenido en continuo desarrollo. En la segunda mitad del siglo XX e inicios del XXI se presentó un desarrollo exponencial. No es hasta el año 2011 que varios grupos industriales observaron que la tecnología informática y las telecomunicaciones se habían incorporado en muchos procesos de los medios de producción, por lo que se realizó una revisión histórica de este comportamiento y se fijaron nuevos hitos para la industria, definiendo así lo que se conoce como industria 4.0. Para llegar a este concepto se tuvieron que definir las tres revoluciones industriales previas para delimitar el impacto que cada una de ellas ha tenido en los últimos doscientos años.

Cabe mencionar que este desarrollo histórico e industrial tiene un impacto científico que permite identificar de manera más clara las revoluciones mencionadas. La ciencia y la tecnología son los factores que permitieron un desarrollo tecnológico e industrial rápido en cada una de las etapas industriales conforme se fueron aprovechando la información obtenida mediante las tecnologías informáticas y de telecomunicaciones. La industria 4.0 se le conoce también como la “Cuarta Revolución Industrial”; es bueno detenerse a reflexionar acerca del concepto de revolución. Khun (2012), hace una descripción coherente del concepto de paradigmas y como es que se presentan como un discontinuo en su de-

sarrollo. Cada paradigma tiene su momento temporal o etapa, lo que es una condición inherente al desarrollo de las ideas, de los avances científicos y de la propia humanidad. Todo paradigma o revolución presenta hechos particulares que permiten identificar un surgimiento, un desarrollo y un conflicto de pertinencia. Se provoca un estado de emergencia cuando el paradigma vigente presenta inestabilidades respecto a lo que la comunidad considera válido. Cuando ocurre, la sociedad comienza a replantearse la vigencia o pertinencia de ese paradigma, dando paso a nuevas ideas, enfoques y proposiciones. Esto fomenta el desarrollo de un nuevo paradigma que destierra al actual y genera de manera radical un cambio en la visión que tiene la comunidad respecto al paradigma vigente. El nuevo paradigma es el que tiene la capacidad de explicar lo que el anterior no podía. Sin embargo, se presentarán situaciones perfectibles que este nuevo enfoque no podrá resolver, pero que la comunidad no le da una relevancia como para que pierda estabilidad en su operación y aceptación. Así es como se identifican a las revoluciones industriales y no ver su desarrollo como un continuo de crecimiento sino como un cambio repentino en la forma que las tecnologías impactan en los procesos industriales.

Para completar este apartado se dará una breve descripción de las etapas previas a la industria 4.0 con el objetivo de brindar una visión y panorama más completo de la situación actual que se desarrolla en la industria.

Industria 1.0

La industria 1.0 se caracteriza por el uso de la máquina de vapor para realizar actividades físicas que el ser humano por sí sólo no puede. Este tipo de tecnología derivó en el intercambio de productos entre diferentes culturas y sociedades, a través del desarrollo de inventos que sustituían la fuerza animal por una mecánica (como ejemplo representativo se tiene a la locomotora). Su aplicación fomentó un desarrollo rápido en la conexión y traslado de personas y mercancías entre países y continentes. Comienza en Gran Bretaña a mediados del siglo XVIII y se caracteriza por el inicio del reemplazo de actividades humanas por máquinas en ciertos procesos de producción (Castresana, 2016).

Industria 2.0

Las investigaciones científicas (como el funcionamiento de la corriente eléctrica) y el aprovechamiento de recursos naturales (como el manejo de gas y petróleo) derivaron en la industria 2.0. El desarrollo de las telecomunicaciones a mediados del siglo XIX

y principios del XX tuvo un impacto global, debido a que Alexander Graham Bell patentó el teléfono en 1876 y Guillermo Marconi presentó el primer dispositivo de radiocomunicaciones en 1901. Actualmente muchos seres humanos cuentan con un dispositivo integrado conocido como teléfono móvil o celular. También se presentaron grandes avances en la transportación de personas y mercancías con el surgimiento de los transportes aéreos y el automóvil. Henry Ford además de haber desarrollado el automóvil también aportó a esta industrial el concepto de producción en masa y especialización en la organización de tareas en procesos productivos (Castresana, 2016).

Industria 3.0

La evolución (e investigación) en la industria ha permitido un continuo desarrollo para el mejor aprovechamiento de los insumos y la energía, pero el verdadero protagonismo se tuvo en el desarrollo de un área particular y que actualmente es parte de nuestra vida en todo momento, la electrónica. Es a través del descubrimiento del comportamiento de los materiales semiconductores y su aplicación, principalmente del transistor, que se desarrolló una nueva tecnología, capaz de llevar a cabo el control de un sin número de procesos y que por su capacidad de procesamiento (alto) e integración (bajo) se iniciaron varios procesos de automatización en diferentes áreas de la industria. Un dispositivo que se ha utilizado de manera masiva en los últimos cuarenta años es el transistor. Este dispositivo electrónico ha sido el catalizador para que esta penúltima revolución industrial tuviera un desarrollo prácticamente exponencial, se puede observar una diferencia temporal relativamente corta entre la Industrial 3.0 y la 4.0, prácticamente imperceptible, aproximadamente treinta años. La aplicación de este elemento activo de la electrónica generó casi en su totalidad la mayoría de los productos digitales que ahora se conocen, como la computadora personal (PC), comunicación en redes de datos (Internet) y evolución a sistemas más complejos como las redes de móviles celulares (Castresana, 2016).

Industria 4.0

Las versiones previas a industria 4.0, ofrecen una imagen de evolución a través de los desarrollos tecnológicos que tienen como principal objetivo maximizar las ganancias, reducir los costos de producción y mejorar aprovechamiento de la energía en todos sus tipos. El enfoque de industria 4.0 es una iniciativa estratégica, impulsada por el gobierno alemán que recoge todo un conjunto de recomendaciones para responder a los retos que plantea

el objetivo europeo “Horizonte 2020”. Se debe tener claro que industria 4.0 no es un conjunto de productos físicos, ni una metodología para desarrollar procesos, ni una herramienta novedosa que mejora las actividades industriales, ni un cambio en la forma de ver la industria (Castresana, 2016). La industria 4.0 es una integración de las actividades anteriores, conformadas por: herramientas, metodologías, recursos humanos innovadores y cambio en la manera de concebir a la industria. Industria 4.0 es una guía que servirá para señalar el o los caminos a seguir por los siguientes años, sin tener claro una etapa de duración.

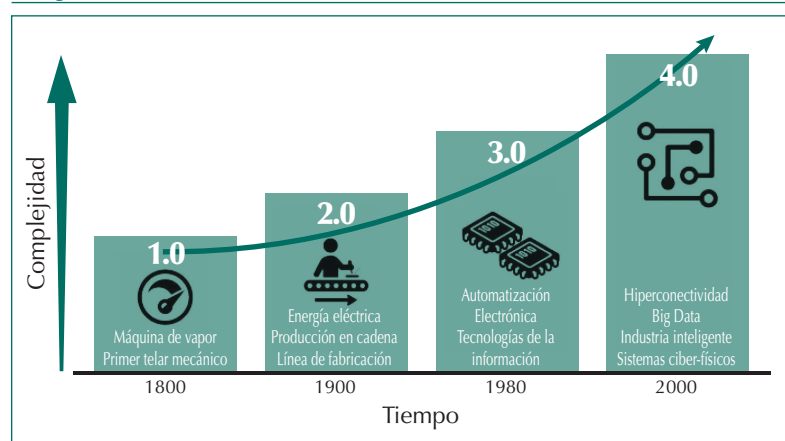
La figura 1 muestra las diferentes etapas y características generales de las cuatro últimas revoluciones industriales que se han desarrollado en la humanidad.

Educación 4.0 y su coexistencia en la industria 4.0

La industria 4.0 se encuentra actualmente definida mediante una serie de sucesos que se podrían considerar evolutivos (debido a su adopción de manera vertiginosa pero continua) y disruptivos (ya que los cambios se presentaron de forma vertiginosa). La velocidad de adopción de esta serie de sucesos ha propiciado un enfoque revolucionario. El enfoque educativo no es ajeno y se tiene que adaptar de la misma manera disruptiva. En la práctica real los modelos de aprendizaje no han demostrado la misma velocidad de adaptación, y la práctica docente no se ha desarrollado al mismo ritmo que la tecnología se adapta a la industria.

Es necesaria una reflexión profunda respecto a replantear la manera de aplicar la práctica docente. Por ejemplo, de acuerdo con los datos observados en una institución a nivel ingeniería se

Figura 1. Evolución de la industria en los últimos doscientos años (Roig, 2017).



realizó una encuesta de detección de necesidades de formación y capacitación docente, donde se identificó lo siguiente:

Tabla 3. Necesidades de capacitación docente (solicitada por los docentes).²

Docentes	Formación profesional	Formación docente
135	83	52
Porcentaje:	61.48 %	38.51 %

De los datos anteriores, se puede observar que los docentes, están conscientes de su formación continua, pero no hacen énfasis en la capacitación docente, preponderando la capacitación en habilidades industriales y profesionales. Esto es positivo para la atención de los estudiantes y actualización continua de conocimientos profesionales, pero no permite observar un equilibrio entre las actividades sustantivas del docente, como la impartición de cátedra, la formación de profesionistas y la actualización profesional técnica del docente. Lo anterior pone de manifiesto que se debe de tener claro el tipo y el nivel de formación al que se imparte, adicional a la correspondiente mejora en la práctica docente para impactar de manera ordenada y efectiva en el proceso de aprendizaje y formación de recursos humanos.

Si el proceso educativo no se adapta a los ritmos de evolución en la industria, se puede propiciar una ruptura en la relación industria-academia, generando un conflicto y cuestionamiento respecto a la función fundamental de la universidad, inmersa en una sociedad de conocimiento. Esto puede ser una señal de alerta ya que, de acuerdo con algunos reportes, seis de cada diez profesiones que se estudian actualmente desaparecerán en el transcurso de diez a quince años (Del Val Roman, 2016; SEI, 2017). Entonces ¿qué papel juega la universidad en la formación de profesionistas?, ¿qué y cómo se requiere enseñar en la actualidad?, ¿cómo se pueden preparar las universidades y los centros de formación para el futuro incierto de las profesiones? Estas preguntas deben de llevar a una profunda reflexión y posiblemente una revolución real educativa con un verdadero enfoque de educación 4.0. Pires da Costa (2018), realizó un estudio muy puntual y particular en las habilidades que los ingenieros en Gestión Industrial deben de cumplir en la industria 4.0. En su investigación presentó los resultados de identificar la visión de la industria y la academia respecto a las habilidades propuestas necesarias, tanto horizontales como

² Fuente de información: *Detección de necesidades de formación y capacitación docente 2018*. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato del Instituto Politécnico Nacional.

verticales. Por ejemplo, dos aspectos a resaltar son mayor seguridad en el manejo de datos y una alta disposición para el trabajo en equipo, aspectos que son abordados en el presente trabajo. Los centros educativos deben tomar una decisión considerando al menos dos alternativas: 1) cambiar el modelo educativo y los enfoques de trabajo, así como toda la infraestructura y encuadre de los contenidos educativos; y, 2) mantener una pasividad que puede llevar a su extinción con formación educativa como actualmente se conoce.

Diseño e implementación de secuencias didácticas que implican el enfoque de educación 4.0

Un aspecto interesante en el proceso de aprendizaje y que se ha mencionado en los apartados anteriores, tiene que ver con la forma en como los conocimientos son transmitidos a los estudiantes. Se pone de manifiesto que el enfoque 4.0, ya sea educativo o industrial, tiene que ver con el uso de la tecnología, misma que implica una brecha entre los países desarrollados y los que están en vías de desarrollo (OECD, 2014). Hay que ser cuidadoso al pensar que sólo la tecnología *per se*, fomentará o propiciará escenarios basados en enfoques 4.0, ya que hay que considerar y preponderar el papel que juega el ser humano en el desarrollo de este tipo de enfoques. Finalmente es el ser humano quien implementará las soluciones, estrategias y procesos que se adecuarán a sus necesidades futuras.

El presente trabajo realizó un experimento de investigación educativa que fomenta el desarrollo de habilidades 4.0, a través de apoyo de estrategias didácticas de muy bajo costo y que aplican el enfoque de pensamiento computacional, definido como “Computational Thinking” (Wing, 2006), con el objetivo de fomentar en los estudiantes la reflexión respecto al impacto de la tecnología en varias de sus actividades cotidianas. La secuencia se desarrolló en dos sesiones de 1.5 horas y se apoyó en los trabajos presentados por (Bacon, 2016). A continuación se hace la descripción de la secuencia y la caracterización de la población a estudiar. El enfoque metodológico propuesto incluye los principios presentados por la ciencia cognitiva y el aprendizaje activo, lo que fomenta un involucramiento de los estudiantes hacia el aprendizaje de conceptos abstractos y que propicia una mejor comprensión de su entorno con el uso adecuado de la tecnología.

Descripción de la secuencia de aprendizaje

La Asociación de Profesores en Ciencias Computacionales (Computer Science Teachers Association - CSTA), es una organización

sin fines de lucro que busca fomentar el aprendizaje y la reflexión respecto al uso a nivel mundial de la tecnología en diferentes países, es apoyada por una gran cantidad de empresas de tecnología internacionales, como Google®, Microsoft® y Facebook®, entre otras. Esta asociación coordina la iniciativa de CODE.ORG³, que es un portal Web en donde se consiguen diferentes ejemplos y actividades que pueden ser aplicados para el aprendizaje de las Ciencias Computacionales. También cuenta con recursos para los profesores como son: material de apoyo, videos y propuestas de estrategias de aprendizaje para que sean implementadas directamente en las aulas.

Algunas de estas estrategias se conocen como “desconectadas” (*unplugged* en inglés), y sirven para realizar actividades que no requieren el uso de tecnología de manera directa y sí fomentar el pensamiento computacional y reflexivo en los estudiantes. La estrategia que se utilizó se conoce como “Secret Chains” o “cadenas secretas”, y se ubica en el programa de trabajo llamado “Computer Science Discoveries”, en la unidad 5.1. Learning Data and Relations. Esta estrategia emplea varios conceptos computacionales como la relación de bits y símbolos alfanuméricos para explicar cómo una computadora almacena la información de manera ordenada y optimiza la cantidad de información que se requiere para almacenar y mejorar las operaciones computacionales.

A nivel ingeniería esta estrategia didáctica permite abordar conceptos más abstractos, como son: entropía de la información, optimización de canales de datos digitales y relación de códigos binarios con información alfanumérica. Si bien la estrategia se enfoca en conceptos básicos, está en función del nivel educativo y maduración de los estudiantes donde se desea abordar temas más complejos. La secuencia de aprendizaje seleccionada, que es todo el conjunto de actividades bien orientadas y delimitadas en tiempo, con claridad en la evaluación de las habilidades o competencias adquiridas por los estudiantes y enfocadas en el aprendizaje de uno o varios conceptos en específico, permitió que los estudiantes comprendieran varios conceptos en una sola actividad, destinando el tiempo suficiente de involucramiento para poder tener un aprendizaje a largo plazo de conceptos abstractos en Ciencias Computacionales.

Bacon (2016) menciona que es necesario el involucramiento del estudiante para el desarrollo del pensamiento computacional. Utilizar temas que involucren situaciones como seguridad informática o almacenamiento de información, funcionan como un buen punto de partida para que los estudiantes demuestren interés en la participación de las estrategias de aprendizaje. La estrategia de aprendizaje “cadenas secretas”, propuesta por Bacon (2016) y descrita en el currículo “Discoveries” de la CSTA (Com-

³ <https://code.org/>

puter Science Teachers Education), fomenta el interés en los estudiantes por conocer cómo se pueden aplicar varios conceptos de computación en la actividad y se relacionan con actividades dentro de su desarrollo profesional y su aplicación en la vida diaria.

Actividades de la secuencia didáctica

A continuación, se describen las actividades de la secuencia didáctica que se implementó con los estudiantes. Se mencionará cada sesión de trabajo y los requisitos previos que deben de cumplir los estudiantes para poder participar en ella.

1. **Requisitos previos.** Se solicita a los estudiantes que preparen el siguiente material para la sesión inicial: 1) tiras de papel de diferentes colores, pero se deben de seleccionar sólo dos colores de preferencia por parte del equipo, por ejemplo: rojo y azul o amarillo y verde; y, 2) deben de llevar pegamento para crear los eslabones de papel correspondientes. Se comenta a los estudiantes que las dimensiones de las tiras de papel deben de ser entre cuatro y ocho centímetros de ancho y veinte o treinta centímetros de largo, con el objetivo de elaborar eslabones de cadenas de papel. No se indica para que se utilizará el material, sólo se hace la solicitud correspondiente. El tiempo para llevar a cabo la solicitud es de diez minutos.
2. **Sesión 1. Descripción de la actividad a los estudiantes (duración: 90 minutos).** Se inicia la sesión con las siguientes preguntas: ¿qué pensarían de hacer una actividad de espionaje y seguridad?, ¿han visto esas películas o series donde se tienen que descifrar secuencias de mensajes cifrados?, ¿cómo podemos saber que tan buenos somos en analizar información? Se dejan cinco minutos para la discusión en el grupo, se espera la participación de los estudiantes. Se propone la creación de equipos no mayores a cinco integrantes por grupo. Después se les solicita a los estudiantes que piensen en un mensaje de texto a cifrar, por ejemplo: “Esta actividad es divertida.” De aquí se inicia con la descripción de como elaborar las cadenas, primero se debe de hacer un conteo de los símbolos que aparecen en el mensaje, para el caso del mensaje anterior se tiene la tabla 4.

De la tabla 4 se tienen ubicados 10 (diez) símbolos, los cuales corresponden a las vocales, consonantes y espacios entre palabras que componen el mensaje, de ahí se solicita a los estudiantes que realicen el siguiente calculo para determinar el número de “bits” que se requieren para cifrar cada palabra.

$$2^x = 10 \quad (1)$$

Tabla 4. Identificación de símbolos y número de ocurrencias en el mensaje.

No.	Símbolo	Número de veces que ocurre en el mensaje
1	e	3
2	a	4
3	i	4
4	s	2
5	t	3
6	c	1
7	v	2
8	d	4
9	r	1
10	Espacio	3

Dónde x es el número de ‘bits’ para poder asignar a cada uno de los diez símbolos un valor binario, de ahí se tiene que aplicar lo siguiente para poder encontrar la incógnita:

$$\ln 2^x = \ln 10 \tag{2}$$

Por propiedades de logaritmos, se tiene que:

$$x \ln 2 = \ln 10 \tag{3}$$

Despejando x , se tiene que:

$$x = \frac{\ln 10}{\ln 2} \tag{4}$$

Por lo tanto, $x = 3.3219$ bits.

Lo anterior significa que se tienen que considerar 3.3 bits para poder asignar a cada símbolo un valor binario, pero en la práctica no se tienen bits fraccionarios, por lo que se tiene que redondear la cifra al valor inmediato superior, lo que da como resultado que por cada símbolo alfanumérico se tienen 4 (cuatro) bits de información. Con cuatro bits podemos asignar hasta 16 símbolos. Se sugiere a los estudiantes que realicen en sus calculadoras las operaciones utilizando tanto logaritmo base diez (log) como logaritmo de base natural (ln), comprobando que el resultado es el mismo para ambas bases. Aquí se abordan conceptos de comprensión de optimización de información en las computadoras digitales y como se puede obtener el valor mínimo de asignación en símbolos para caracteres alfanuméricos.

Una vez obtenido el cálculo anterior se solicita a los estudiantes la asignación de los valores binarios de cuatro *bits* a cada uno de los símbolos que tienen en su mensaje, con el objetivo de formar “*palabras de cuatro bits*”. Por ejemplo, se muestra la tabla 5 con las asignaciones correspondientes:

Tabla 5. Asignación de valores binarios a los símbolos del mensaje a cifrar.

No.	Símbolo	Número de veces que ocurre en el mensaje	Palabra binaria asignada
1	e	3	0001
2	a	4	0010
3	i	4	0011
4	s	2	0100
5	t	3	0101
6	c	1	0110
7	v	2	0111
8	d	4	1000
9	r	1	1001
10	Espacio	3	1010

El resto de las combinaciones no se asigna, se tienen seis combinaciones que no se utilizan. Debemos hacer el énfasis a los estudiantes que esta información no se aplica en ese mensaje en particular, pero que es el mínimo de subempleo de información que se tiene. Si se generan combinaciones de cinco bits se tiene un subempleo de información de casi el 70%; en cambio, con el cálculo anterior el subempleo es del 37%. Con estas descripciones se pueden abordar conceptos de optimización de información y métodos de almacenamiento en las computadoras y dispositivos digitales.

Una vez que los estudiantes tienen identificadas las combinaciones binarias de cada uno de sus símbolos, se procede a la construcción del mensaje cifrado, para lo cual ellos deben de crear las cadenas de papel con el objetivo de que se tenga todo el mensaje en una cadena de papel que ellos puedan manipular de manera física. El reto consiste en dos partes: primero, elaborar un mensaje cifrado conforme a las características de que todos los símbolos deben de estar unidos e indicar dónde inicia y dónde concluye su mensaje; y, segundo, comprender que su mensaje será descifrado por otro equipo de estudiantes que tienen la tarea de encontrar el mensaje escondido en la cadena de papel. Para generar la cadena del ejemplo se puede realizar de la siguiente manera:

- Color: Amarillo, símbolo binario 1.
- Color: Verde, símbolo binario 0.

Del mensaje que se ha presentado se obtendrá el siguiente mensaje en binario:

E	s	t	a	(esp)	a	c	t	i	v	i	d	a	d
0001	0100	0101	0010	1010	0010	0110	0101	0011	0111	0011	1000	0010	1000

(esp)	e	s	(esp)	d	i	v	e	r	t	i	d	a
1010	0001	0100	1010	1000	0011	0111	0001	1001	0101	0011	1000	0010

*(esp), significa espacio entre palabras.

Para el ejemplo anterior, no se toman en cuenta las separaciones con guiones, todos los símbolos 1 y 0 van entrelazados como un eslabón de la cadena de papel, sólo se debe de indicar dónde inicia y dónde concluye la cadena para referencia del equipo que realizará el descifrado correspondiente. Finalmente, si se tuviera la primera palabra del mensaje se tendría la siguiente cadena física:

Eslabón rojo, para indicar inicio de mensaje, Eslabón verde, eslabón verde, eslabón verde, eslabón amarillo y así sucesivamente hasta completar las palabras de todo el mensaje.

Se concluye la sesión con la terminación de las cadenas para cada uno de los equipos de estudiantes y se solicita que se intercambien las cadenas para que cada equipo se lleve a casa la cadena de otro equipo, la cual será descifrada en la siguiente sesión.

3. **Sesión 2. Descifrando el mensaje de otro equipo (duración 90 minutos).** Una vez construidas las cadenas con los mensajes correspondientes, se lleva a cabo el proceso de descifrado, para lo cual se solicita a los estudiantes que en equipo realicen el descifrado de las cadenas correspondientes. Para esta actividad se da un tiempo de sesenta minutos para el descifrado y a los dos equipos que concluyan antes de los sesenta minutos, tendrán una ponderación extra para la evaluación final del periodo. Una vez transcurrido el tiempo se solicita a dos integrantes del equipo que expliquen al resto de sus compañeros las estrategias aplicadas para descifrar el mensaje y que fue lo más complicado de aplicar para la resolución del problema. Este tipo de actividad fomenta el análisis en la resolución de problemas y la colaboración entre pares. En los equipos de trabajo se fomenta la asignación de roles, un estudiante cuenta los símbolos y los orga-

niza, otro aplica cálculos para identificar símbolos, uno más realiza el conteo de símbolos, otro funge como cronista y por último un estudiante elabora el reporte para entregar al docente.

Al final de la sesión se hace una retroalimentación general a los estudiantes de la importancia en asignar combinaciones en el sistema numérico binario a las computadoras y como lo utilizan para realizar todas las operaciones. También se hace énfasis en que este tipo de visión, no sólo aplica a las computadoras, sino a todos los dispositivos digitales como tabletas, celulares, pantallas de televisión y aparatos electrodomésticos que usan en su vida diaria.

La descripción de las dos sesiones anteriores y del material a entregar, permite comprender el proceso de aprendizaje de los estudiantes. Es fundamental tener claros los objetivos de aprendizaje y bases sólidas en los temas complejos de la asignatura (para este trabajo en el área de computación), ya que los estudiantes se enfrentan con conceptos nuevos con un nivel de abstracción profundo lo que puede complicar su comprensión. Se dan ejemplos de su aplicación en la vida personal, profesional y académica.

Implementación de la secuencia de aprendizaje

La secuencia didáctica antes descrita se aplicó a un grupo de estudiantes en el período 2019-1 (semestre agosto–diciembre 2018) y a otro grupo en el semestre 2019-2 (enero–junio 2019). La población total de ambos grupos fue de sesenta y tres estudiantes ($N = 63$) de nuevo ingreso dentro del programa académico de Ingeniería Industrial impartido en la Unidad Profesional Interdisciplinaria de Ingeniería Campus Guanajuato del Instituto Politécnico Nacional. Respecto al género, se tuvo una participación de veinticinco mujeres ($M = 25$) y treinta y ocho hombres ($H = 38$). La selección de la población fue de manera directa y no se pudo realizar la comparación con un grupo de control ya que no se abrieron más grupos para cada una de las generaciones antes mencionadas.

El encuadre metodológico se apoyó en los trabajos presentados por Prince (2013), Scott (2014) y Owens (2017). En ellos, el concepto de aprendizaje activo fundamenta la parte de integración y compromiso por parte de los estudiantes cuando el proceso de aprendizaje se centra a través de actividades que permiten mayor involucramiento y compromiso por parte de ellos para la adquisición de conocimiento e interacción con sus pares para la resolución de problemas complejos. De igual manera, el aprendizaje activo fomenta la retención de conocimiento a largo plazo y no como una actividad física en la que los estudiantes partici-

pan de manera activa pero no retienen conocimiento. De manera general se realizaron entrevistas informales, sólo a nivel conversación y se preguntaron conceptos que se emplearon en la secuencia de aprendizaje.

Cabe destacar que los estudiantes al ser de nuevo ingreso presentan una mayor disponibilidad a participar, el considerar actividades que involucren actividad física, fomenta una interacción y colaboración entre ellos, lo que desarrolla varias habilidades consideradas fundamentales en los enfoques de la educación 4.0. En la figura 2 se presentan imágenes de las actividades desarrolladas por los estudiantes.

De las imágenes anteriores se observa la alta disponibilidad al trabajo colaborativo por parte de los estudiantes, de igual manera entre ellos se designaron los roles de trabajo y las actividades a resolver y participar, fomentando un trabajo autoorganizativo.

Observaciones de la secuencia de aprendizaje

Realizar actividades bajo un enfoque activo de aprendizaje, promueve en los estudiantes una mejor convivencia e inicia el desarrollo de habilidades que utilizarán como futuros profesionistas (Owens, 2017). Si bien al inicio de la actividad se observó mucha expectativa respecto a lo que realizarían durante la secuencia didáctica, se pueden identificar de manera puntual las siguientes observaciones que deben ser consideradas para futuras prácticas docentes:

1. **Cambio en la práctica docente.** Resaltar que la práctica docente debe tener un cambio de ser un trasmisor de conocimiento a un facilitador en el aprendizaje. En un principio es complicado, toda vez que modificar una metodología de enseñanza practicada por varios años implica, en una primera instancia, una resistencia al cambio, pero se puede lograr con confianza y teniendo como objetivo una mejorar en el aprendizaje en los estudiantes (Scott, 2014).
2. **Conocimientos y experiencia en 360°.** La práctica docente debe de cambiar hacia un enfoque de facilitador más que de transmisor de conocimiento. Se debe contar con toda la integración de escenarios y experiencia para ofrecer a los estudiantes un enfoque que podría considerarse de 360°; esto es, tener claro el objetivo de aprendizaje y permitir que el estudiante contextualice los conceptos, las herramientas y los conocimientos que aprenderá. Es posible que el estudiante ya utilice los conceptos pero sin conocimiento de aplicación, por lo que hay que hacer énfasis en que tienen una aplicabilidad directa y en algunos casos indirecta. El docente debe conocer a profundidad los conceptos técnicos que abordará

Figura 2. Actividades de elaboración de cadenas desarrolladas por los alumnos.

en el proceso de aprendizaje y debe de facilitar la conexión de ellos en las diferentes áreas, tanto personales, como profesionales.

3. **Fomentar el trabajo colaborativo en el aprendizaje.** Si bien los estudiantes tienden a socializar de manera digital con el acompañamiento de las redes sociales, no así en el aula, donde en un inicio es complicada la interacción grupal. Es responsabilidad del docente el fomentar y alentar la interacción entre estudiantes para que la comunicación sea más sólida. La experiencia del presente trabajo de investigación permitió identificar de manera empírica que el fomentar la colaboración entre pares mejoró la actitud del grupo respecto a afrontar problemas, ya no de manera individual, sino colectiva, fomentando el intercambio de ideas y conocimientos adquiridos por parte de los equipos de trabajo.
4. **Preparar para el cambio constante.** Algo que también se debe de fomentar en los estudiantes es que lo único constante

es el cambio. Pareciera que es una sentencia muy utilizada en años recientes, pero se puede iniciar en los estudiantes una reflexión respecto a cómo es que el cambio siempre está presente en la industria, la academia y sus vidas personales. Si se presenta a los estudiantes la evolución de la digitalización y la forma como ha facilitado la vida en unos aspectos y cambiado la forma de ver las cosas en otros, se podrá generar una consciencia colectiva respecto al cambio y como debe de ser tomado como un factor presente en todas las actividades que desempeñen, tanto a nivel de formación profesional como en un futuro a nivel industria.

Análisis de resultados y discusión

Para analizar el impacto en el aprendizaje de los estudiantes a través de la secuencia didáctica implementada se realizaron dos análisis, uno cuantitativo y otro cualitativo. El análisis cuantitativo se llevó a cabo a través de la aplicación de un cuestionario de cinco preguntas previo al inicio de la secuencia didáctica (pre-test) y posterior a la secuencia didáctica (post-test). La validación del instrumento de recolección de datos cuantitativos se diseñó con la siguiente organización: las primeras tres preguntas son operaciones matemáticas para el manejo de concepto de base dos en potencias (preguntas 1 y 3) y manejo de logaritmos (pregunta 2); las dos últimas preguntas estaban relacionadas con la conversión entre sistemas numéricos, esto es pasar del sistema decimal al sistema binario y viceversa (preguntas 4 y 5). La validación del instrumento fue a través de una revisión de expertos en la materia fuera de la unidad académica donde se implementó y que realizan investigación en áreas de computación. Con la retroalimentación de los expertos se mejoró la redacción de los problemas y la complejidad de estos. El tener los resultados de ambas pruebas permitió aplicar lo que se conoce como ganancia conceptual normalizada (GCN), propuesta por Hake (1998), para analizar las respuestas conceptuales a diferentes estudiantes de ciencias, en particular en el área de Física. Para el caso del análisis cualitativo se llevó a cabo una revisión de opiniones vertidas por los estudiantes a través de los reportes que entregaron al final de la secuencia didáctica. De ahí se observó de manera descriptiva como es que la aplicación de las estrategias didácticas impactó en su aprendizaje.

Análisis de la ganancia conceptual normalizada

Richard Hake (1998) mostró que se puede llevar a cabo un análisis consistente en diversas poblaciones de estudiantes de nivel

bachillerato y universitario midiendo la efectividad promedio que tiene un curso para acrecentar su aprendizaje conceptual a través de una propuesta denominada ganancia conceptual, la cual implica la aplicación de una ecuación estadística definida de la siguiente manera:

$$g = \frac{\%S_f - \%S_i}{100 - \%S_i} \quad (5)$$

En donde, $\%S_f$ representa el promedio de calificación del grupo al final de la secuencia; $\%S_i$ representa el promedio de calificación del grupo antes de iniciar la secuencia. La efectividad promedio se considera alta si $g \geq 0.7$; media si $0.3 < g < 0.7$; y baja si $g < 0.3$. Para la presente investigación se obtuvieron los siguientes resultados de una prueba que correspondía a cinco preguntas relacionadas con la codificación de símbolos y cálculos de logaritmos en diferentes bases numéricas, siendo estas bases 2, 8 y 16, que son las que comúnmente se utilizan en las computadoras y dispositivos digitales.

Valores obtenidos de cada una de las aplicaciones:

$\%S_f = 95\%$; $\%S_i = 30\%$.

Aplicando la ecuación de ganancia conceptual normalizada se obtuvo lo siguiente:

$$g = \frac{\%S_f - \%S_i}{100 - \%S_i} = \frac{95\% - 30\%}{100 - 30\%} = 0.92 \quad (6)$$

El resultado anterior presenta un nivel alto de ganancia respecto a los valores promediados por Hake (1998), por lo que se puede identificar que el impacto de la secuencia didáctica en el aprendizaje es eficiente y su pertinencia es positiva. Cabe resaltar que la secuencia se realizó con materiales de muy bajo costo, pero que los conceptos que se abordaron en la misma son de un nivel de maduración abstracto, con alto enfoque técnico y tecnológico.

Análisis de percepciones en los estudiantes

Al finalizar la secuencia didáctica se solicitó a los equipos de trabajo la elaboración y entrega del reporte de las actividades desarrolladas. Este informe debía incluir un apartado de conclusiones tanto de manera grupal como individual, con el objetivo de conocer las percepciones de los estudiantes respecto al trabajo realizado en la secuencia didáctica. A continuación se presenta una tabla con la transcripción de algunos comentarios individuales y grupales. Se puede observar cuales son las impresiones de los estudiantes al momento de implementar este tipo de secuencias didácticas bajo un enfoque de educación 4.0.

Tabla 6. Comentarios de estudiantes al final de la secuencia didáctica.

Tipo de comentario	Comentario
Individual	“En lo personal el tema se me hizo muy interesante porque comprendí los distintos métodos de codificación utilizados en la antigüedad y las diferencias que hay entre los métodos de ahora y los de antes. Para mí la codificación es la transformación de un mensaje a través de reglas o normas de un código o lenguaje predeterminado. También me di cuenta de que en la antigüedad los métodos de encriptación eran mecánicos en su mayoría a diferencia de los métodos que utilizamos en la actualidad que por lo general se hace mediante computadoras.”
Grupal	“Todo el equipo estuvo de acuerdo en la importancia de la codificación, pero aún más allá de la codificación, lo que realmente es complejo es el decodificarlo, ya que se puede hacer un código en un tiempo corto, pero lo complicado no es hacerlo sino descifrarlo, y con ello nos dimos cuenta de las dificultades y complejidad que tiene el crear una computadora y el hecho de que haga cierto número de tareas consecutivas también es algo increíble.”
Individual	“Sin duda, se puede decir que la conversión binario-digital es una transportación de mensaje donde se lleva a cabo un procesamiento, una codificación y una compresión para la obtención de una señal digital, como se llevó a cabo en la práctica, en donde partimos de un código binario para la obtención de un mensaje oculto. El sistema binario desempeña un papel importante en la tecnología de las computadoras u ordenadores los cuales son usados por la mayoría de las personas ya sea para trabajo o en casa.”
Grupal	“La globalización es un proceso que tendrá efectos de largo alcance en las personas que habitan en países con tecnologías desarrolladas y en economías emergentes. Podemos decir que es de suma importancia saber identificar todos los tipos de mensajes que recibimos a diario y el cómo podremos descifrarlos. Utilizamos las habilidades aprendidas durante las prácticas para crear y descifrar códigos binarios, además que descubrir qué es una señal, cómo surge y cómo se puede transformar de analógica a binaria, tomando en cuenta cada dato (carácter) usado para esa transformación de señal analógica a una señal digital.”

De la tabla anterior se puede observar cómo los estudiantes comienzan a utilizar los conceptos más complejos en sus descripciones, ya que emplean terminologías técnicas como: “codificación”, “cifrado”, “descifrado”, “señal digital”, “señal analógica”, etc. El uso de estos conceptos en las conclusiones por parte de los estudiantes permite identificar de manera cualitativa el impacto de la secuencia didáctica. En la tabla anterior los primeros dos comentarios son de un grupo que en los cuestionarios de evaluación obtuvieron un porcentaje de 20% de aciertos en el previo a la secuencia y al final los aciertos fueron en promedio del 85%. Para el caso de los siguientes dos comentarios se tuvo un promedio inicial de 35% por parte los miembros del equipo y un promedio final del 90%, lo que permite evidenciar el impacto en el aprendizaje y sobre todo el desarrollo de habilidades nuevas y manejo de conceptos abstractos de nivel profesional. Aun cuando los equipos partieron de un esquema bastante heterogéneo y básico de conocimientos previos, una vez que se aplicó la secuencia didáctica se puede observar el manejo de los conceptos de manera más homogénea y abstracta, lo que implica una mayor complejidad en el manejo de conocimiento abstracto.

Conclusiones

La industria 4.0, presenta un enfoque de dinamismo a nivel global, la integración cada vez mayor de tecnologías, metodologías, enfoques y procesos propiciará una tendencia hacia nuevos esquemas de trabajo, puntos de vista, interacción en las sociedades digitalizadas y sobre todo el aprendizaje. Las instituciones educativas que forman profesionistas no deben ser ajenas a los rápidos cambios que se dan en la industria. El presente trabajo tiene como uno de sus objetivos mostrar que la tecnología está presente en la industria, la sociedad y la educación, así como la interacción que se presenta entre ellas. Es necesario que las instituciones de enseñanza tengan acceso a tecnología de punta y que los docentes tengan experiencia profesional para fomentar en los estudiantes la innovación y creatividad que permita realizar procesos similares de aplicación futura. Enfatizar el proceso de aprendizaje bien orientado, que aborde conceptos profesionales y que fomente la contextualización del impacto que se está llevando a cabo a través de la industria 4.0, permitirá que las futuras generaciones de ingenieros estén preparados para adaptarse a un mundo cambiante y dinámico en la industria. Como docente se tiene la tarea de ser facilitadores en el proceso de aprendizaje y se debe de fijar el objetivo de propiciar el desarrollo de varias habilidades que antes no estaban contempladas en los programas académicos, para que los estudiantes se preparen al cambio de ideas y puedan insertarse en una sociedad del conocimiento de manera más efectiva.

La industria 4.0 es una realidad y las empresas aplican esta dinámica de trabajo. Gran parte del desarrollo de la industria en cada una de sus etapas se ha dado a través de los avances científicos y tecnológicos. La academia debe reflexionar sobre su papel en la sociedad y propiciar su desarrollo a través de una sólida comunicación, colaboración y pertinencia con la industria. Los retos inmediatos en las instituciones de educación son hacia una revisión de sus modelos educativos y los mapas curriculares, que propicien de manera eficiente esquemas de flexibilidad y adaptación al cambio en los estudiantes, ya que es un periodo de formación crítico para los cuadros de futuros profesionistas, quienes se desempeñarán laboralmente a nivel mundial.

Por último, hay que hacer énfasis en el impacto que se puede lograr al implementar una secuencia didáctica de aprendizaje activo. Emplear este tipo de enfoques permite una mejor comprensión y acercamiento por parte de los estudiantes a los temas y conceptos que emplearán en un futuro como profesionistas. También, hay que resaltar la importancia de la experiencia profesional dentro de la industria del docente, que le permitirá tener una visión de las habilidades requeridas para realizar un trabajo y que no requieren de una dependencia en el uso de tecnología

especializada, ya que es complicada su adquisición por muchas universidades públicas. Para poder tener un impacto positivo y a largo plazo en el aprendizaje de conceptos de ingeniería en los estudiantes, se recomienda a los docentes considerar el manejo de la creatividad e innovación en la práctica e impartición de cátedra, que es el escenario del aprendizaje *per se*. No deben olvidar que los estudiantes son personas que se incorporarán a un espacio profesional en el que no necesariamente el programa educativo que estudiaron los llevará a desempeñarse en ese rol, sino que deben estar preparados para que su formación les permita ser dinámicos, activos y reflexivos respecto a su responsabilidad como profesionistas.

Agradecimientos

Al Instituto Politécnico Nacional (IPN) por el apoyo otorgado a través del proyecto SIP-IPN-2019-6053 y por los programas de Estímulos al Desempeño de los Investigadores (EDI) y el Sistema Institucional de Becas por Exclusividad (SIBE) ambos del IPN.

Se declara que no existe conflicto de intereses respecto a la presente publicación.

Referencias

- Bacon, E. (01 de 02 de 2016). *Computer Science. Discoveries*. Recuperado el 10 de mayo de 2019, de CODE.ORG: <https://code.org/educate/csd>
- Castresana, S. C. (2016). *Industria 4.0*. La Rioja: Servicio de Publicaciones, Universidad de La Rioja. Recuperado el 02 de marzo de 2019, de https://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE002004.pdf
- Ciolacu, M., Tehrani, A. F., Beer, R., y Popp, H. (2017). Education 4.0 – Fostering student's performance with machine learning methods. *2017 IEEE 23rd International Symposium for Design and Technology in Electronic Packaging (SIITME)* (págs. 438-443). Constanta, Rumania: IEEE. doi:10.1109/SIITME.2017.8259941
- Del Val Roman, J. L. (2016). *Industria 4.0: la transformación digital de la industria*. Deusto: Facultad de Ingeniería de la Universidad de Deusto. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <http://coddii.org/wp-content/uploads/2016/10/Informe-CODDII-Industria-4.0.pdf>
- FAZIT Communication GmbH. (02 de 04 de 2014). *deutschland.de*, 1.0. (F. C. GmbH, Productor) Recuperado el 10 de marzo de 2019, de [deutschland.de Tu ventana a Alemania: https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover](https://www.deutschland.de/es/topic/economia/globalizacion-comercio-mundial/industria-40-en-la-feria-de-hannover)
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement versus traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-72. doi:<https://doi.org/10.1119/1.18809>

- Khun, T. (2012). *La estructura de la revoluciones científicas*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, HG. et al. (2014). *Bus Inf Syst Eng*, 6, 239-252. doi:10.1007/s11576-014-0424-4
- OECD. (2014). *Measuring the Digital Economy. A New Perspective*. New York, US: Organisation for Economic Cooperation and Development (OECD). doi: 10.1787/9789264221796-en
- Owens, D. S. (23 de 12 de 2017). Student Motivation from and Resistance to Active Learning Rooted in Essential Science Practices. *Res Sci Educ*, 1-7. doi:10.1007/s11165-017-9688-1
- Pires da Costa, F. M. (2018). *Identificar e caracterizar as competências necessárias ao profissional de Engenharia e Gestão Industrial para enfrentar a Indústria 4.0*. Minho: Universidade do Minho. Recuperado el 09 de 08 de 2019, de http://repositorium.sdum.uminho.pt/bitstream/1822/57169/1/MEI_FilipePiresCosta_PG31503.pdf
- Prince, M. (2013). Does Active Learning Work? A Review of the Research. *Journal of Engineering Education*, 223-231. doi:10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x
- Roig, C. (2017). Industria 4.0: la cuarta (re)evolución industrial. *Harvard Deusto business review*, 266, 64-70. Recuperado el 03 de 05 de 2019, de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5909151>
- Scott, F. S. (2014). *Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics*. San Francisco, CA: University of California.
- SEI. (2017). *La Digitalización y la Industria 4.0: Impacto Industrial y Laboral*. Madrid: Secretaría de Energías Industriales de España. Recuperado el 15 de 04 de 2019, de <https://industria.ccoo.es/4290fc51a3697f785ba14fce86528e10000060.pdf>
- Terrés, J., Lleó, Á., Viles, E., y Santos, J. (2017). *Competencias profesionales 4.0*. Navarra: Universidad de Navarra. doi:10.13140/RG.2.2.13498.49602
- Wing, J. (2006). Computational Thinking. Viewpoint. (ACM, Ed.) *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35. doi:10.1145/1118178.1118215