AMIAC

EL FUTURO DE LA INFORMÁTICA EN MÉXICO:

Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática

"Celebrando los 60 años del cómputo en México"

Editores: Guillermo Levine, Enzo Molino y Carlos Zozaya

El futuro de la informática en México: Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática

El futuro de la informática en México: Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática

"Celebrando los 60 años del cómputo en México"

Editores: Guillermo Levine, Enzo Molino y Carlos Zozaya

ACADEMIA MEXICANA DE INFORMÁTICA A. C.

ACADEMIA MEXICANA DE INFORMÁTICA A. C.

Editores de la obra

Guillermo Levine Gutiérrez
Enzo Molino Ravetto
Carlos Zozaya Gorostiza

Autores

Víctor Álvarez Castorela
Ignacio de Jesús Ania Briseño
Enrique Carlos Calderón Alzati
Francisco Cervantes Pérez
Cora Beatriz Excelente Toledo
Ana Lidia Franzoni Velázquez
Demetrio Fabián García Nocetti
José Francisco Guerra y Recasens
Adolfo Guzmán Arenas
Alma Xochitl Herrera Márquez
Alejandra Herrera Mendoza
Erik Huesca Morales
Javier Juárez Mojica
Ángel Kuri Morales
Guillermo Levine Gutiérrez
Humberto López Gallegos
María Cristina Loyo Varela
David Mejía Rodríguez
Enzo Molino Ravetto
Cirilo José Luis Mora Castro
Luis Ángel Rodríguez Alemán
Guadalupe Vadillo Bueno
Carlos Zozaya Gorostiza

Primera edición 2018

D. R. ® Academia Mexicana de Informática, A. C.
Ciudad de México.

Se prohíbe la reproducción total o parcial de esta publicación, su tratamiento informático, la transmisión de cualquier forma o por cualquier medio, ya sea electrónico, mecánico, por fotocopia, por registro u otros, sin el permiso expreso de los titulares del copyright.

ISBN en trámite

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

Para citar esta obra:

Levine, G., Molino, E. y Zozaya, C. (eds.) (2018). *El futuro de la informática en México: Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática*. Ciudad de México: CUAED-UNAM.

Para citar un capítulo de la obra:

Apellido, A. (2018). Título del capítulo. En *El futuro de la informática en México: Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática*. Ciudad de México: CUAED-UNAM.

ÍNDICE

Prólogos I

Introducción IV

1. Álvarez Castorela, Víctor. *Primera etapa de la transformación digital en la Universidad Pedagógica Nacional de México* 1

2. Ania Briseño, Ignacio de Jesús. *Inteligencia artificial en México: pasado, presente y futuro* 13

3. Calderón Alzati, Enrique. *Las computadoras y las matemáticas* 27

4. Cervantes Pérez, Francisco, Alma Herrera Márquez y Guadalupe Vadillo Bueno. *MOOC en la UNAM: inclusión y justicia social* 41

5. Cruz Sosa, María de los Ángeles. *Informática en el sector construcción* 55

6. Excelente Toledo, Cora Beatriz y María Cristina Loyo Varela. *La necesidad del cambio apoyado en las nuevas tecnologías de la información* 63

7. Franzoni Velázquez, Ana Lidia. *Tecnologías y estrategias de enseñanza por considerar en la transformación digital de las escuelas* 83

8. García Nocetti, Demetrio Fabián. *Ciencia de datos y medicina de precisión* 93

9. Guerra y Recasens, José Francisco. *Valor de las empresas de informática: significado, análisis y su estudio* 113

10. Guzmán Arenas, Adolfo. *Los futuros de la investigación en computación en México* 121

11. Herrera Mendoza, Alejandra. *La informática y su compromiso transversal: el encuentro necesario* 133

12. Juárez Mojica, Javier y Erik Huesca Morales. *IQ artificial* 141

13. Kuri Morales, Ángel. *Reflexiones acerca de la ciencia en la sociedad de México* 153

14. Levine Gutiérrez, Guillermo. *Las computadoras y nuestro futuro* 169

15. López Gallegos, Humberto. *IDentificación del futuro* 179

16. Mejía Rodríguez, Francisco David. *SHIP (Sistema Heurístico para Inversiones Patrimoniales): un ayudante inteligente e independiente para gestión de portafolios de inversión* 187

17. Molino Ravetto, Enzo. *Reflexiones acerca de la informática y su entorno* 199

18. Mora Castro, Cirilo José Luis. *El Internet de las cosas, la banda 5G y su posible futuro en México* 213

19. Rodríguez Alemán, Luis Ángel. *Las tecnologías de la información habilitan el rescate de damnificados de desastres naturales en México* 225

20. Zozaya Gorostiza, Carlos. *Reflexiones sobre la transformación digital de las organizaciones* 237

Prólogo

No cabe duda de que la cuarta revolución industrial llega apresuradamente y sin miramientos. Se presenta como un agente disruptivo en todo lo que nos rodea e irrumpe en los procesos y modelos de negocio, así como en el uso eficiente de los recursos en todos los sectores de la sociedad. Es aún más crítica cuando se evidencia en la convergencia de las tecnologías digitales físicas y biológicas ya que, como seres humanos, nos provoca a redefinirnos como individuos.

Si bien podemos reconocer que en el siglo V a. C. el filósofo Heráclito advirtió que "lo único constante es el cambio", en los últimos 60 años, durante la tercera revolución industrial, hemos transitado de los cambios lineales a los exponenciales. Para quienes hemos sido privilegiados en experimentar los cambios de la segunda mitad del siglo XX, aún nos suena familiar la ley de Moore (1965), en la que su autor explicaba cómo la densidad de los circuitos integrados se duplicaría casi cada dos años reduciendo sus costos, lo que conllevaría experimentar avances trascendentales para la informática y las telecomunicaciones, y así lo hemos vivido con la supercomputación, los satélites, la fibra óptica, las redes móviles y el Internet.

Hoy, a quienes denominamos *nativos digitales* experimentarán más que eso: según Raymond Kurzweil (2005), en 2029 no se distinguirá si uno se comunica con una persona o con una inteligencia artificial, y en 2045 se logrará la "singularidad tecnológica" que implica igualar la inteligencia artificial con la inteligencia humana. Kurzweil expone en su libro *La Singularidad está cerca. Cuando los humanos trascendamos la biología*, que el avance en el siglo XXI será exponencial, equivalente a 20 000 años de progreso, porque según él, la evolución tecnológica funciona a partir de la retroalimentación positiva y las primeras computadoras fueron diseñadas en papel y ensambladas a mano. Hoy se diseñan en lugares de trabajo informatizados donde los propios ordenadores contribuyen a detallar el diseño de la siguiente generación, y después se producen en fábricas completamente automatizadas con una intervención humana limitada.[1]

En el presente libro, *El futuro de la informática en México: Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática*, diversos miembros de la AMIAC han aportado un espacio de reflexión para compartir sus visiones sobre cómo se encuentran la informática y las telecomunicaciones en México; las decisiones que deben tomar los investigadores para responder a estos retos; la mirada al pasado reconociendo aquellos errores y mitos que nos han privado de convertirnos en líderes innovadores de la transformación digital; los riesgos tecnológicos actuales relacionados con el consumismo, la obsolescencia y otros aspectos culturales; las aplicaciones y sus consecuencias, así como los futuros cambios exponenciales que la tec-

[1] Kurzweil, R. (2005). *La Singularidad está cerca. Cuando los humanos trascendamos la biología*. New York: Penguin Group.

nología digital física y biológica nos arroja indiscriminadamente y de los cuales tenemos que aprender a adaptarnos con rapidez, para responder asertivamente y plantear un mundo mejor para el bienestar colectivo.

Es un libro de gran valor, ya que nos encontramos justamente en el parteaguas entre la tercera y la cuarta revolución industrial. Quienes han accedido a aportar su experiencia y conocimiento nos invitan a recapacitar sobre el pasado, el presente y el futuro, y nos incitan a sumarnos a esta cruzada de cambios exponenciales que caracteriza al siglo XXI. Debemos hacerlo con responsabilidad, estableciendo criterios de seguridad, integridad, ética y confianza; incidiendo en la investigación y el desarrollo tecnológico de vanguardia para el aprovechamiento de las nuevas tecnologías y los recursos de manera eficiente, y propiciando la participación de las múltiples partes interesadas, es decir, el Gobierno, la industria, la academia y la sociedad civil organizada.

Los temas que los autores han integrado en este libro representan tan sólo la punta del *iceberg* de lo que será la cuarta revolución industrial. No obstante, nos dejan percibir la complejidad de los sistemas que la conforman. La computación cuántica, la inteligencia artificial, el análisis de grandes volúmenes de datos, los sensores y la robótica, entre otros, son ya herramientas que indiscutiblemente no pueden ser ajenas a la convergencia de las tecnologías de la información y las comunicaciones, y al impacto que tienen en los procesos organizacionales económicos, sociales, políticos y culturales. Por tanto, los autores de este libro hacen bien en señalar que son los profesionales e investigadores en informática y telecomunicaciones quienes deberán liderar esta transformación digital de manera responsable, a fin de recuperar la productividad y competitividad del sector económico del país, al mismo tiempo que plantean un uso equilibrado de estas tecnologías para una convivencia social, política y cultural con una visión más humana.

Salma Jalife Villalón

Prólogo

Hace 60 años se puso en marcha la primera computadora en México y se inició la historia de la computación en nuestro país y en América Latina, siendo evidente el papel importante que la ciencia, las tecnologías de la información y la innovación han jugado, y lo seguirán haciendo, en beneficio de nuestra sociedad.

La Academia Mexicana de Informática A. C. (AMIAC) fue una de las primeras organizaciones profesionales y académicas de informática que se creó en nuestro país. Desde sus orígenes, hace más de 40 años, sus fundadores la concibieron como un espacio plural en el cual pudieran participar especialistas de alto nivel que han realizado importantes contribuciones a la informática en México, tanto en investigación y docencia, como en su desarrollo y adopción en organizaciones públicas o privadas.

La AMIAC celebra estas seis décadas del cómputo en México con la publicación del presente libro, *El futuro de la informática en México: Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática*. Con esta publicación, la Academia ha querido compartir experiencias, reflexiones, opiniones y conocimientos por medio de los miembros que decidieron participar en esta obra. Las diversas contribuciones ofrecen testimonios y experiencias del pasado y del presente, pero también con una visión hacia el futuro de la informática en nuestro país. La variedad de estos testimonios es rica y busca también reflexionar acerca de las capacidades humanas y tecnológicas de la informática y las tecnologías de la información y comunicación en la sociedad digital, para crear un futuro con mejores y más pertinentes decisiones, congruentes con las demandas de la nueva revolución industrial.

El uso constante de las tecnologías ha traído consigo un crecimiento explosivo en la cantidad de datos, generados a grandes velocidades y en distintos formatos. Del mismo modo, ha surgido la necesidad de extraer patrones, tendencias y conocimiento en general de forma rápida y eficiente. Pero sólo aquellas sociedades que inviertan en ciencia y tecnología, en infraestructura innovadora y en formación de recursos humanos altamente capacitados, contarán con medios y condiciones para aprovechar la información más precisa, oportuna y actualizada, necesaria para apalancar su bienestar social y económico, así como para permitir un avance más rápido en su desarrollo.

Nuestro mayor reconocimiento y agradecimiento a los miembros de la Academia que participaron como autores, por la calidad de los materiales aportados para la realización de esta obra. Del mismo modo, para el grupo editor, por el alto nivel de compromiso, dedicación y profesionalismo dedicado a este proyecto; y en general a todas las personas e instituciones que contribuyeron de muy diversas formas a la publicación de esta obra.

Dr. Demetrio Fabián García Nocetti
Presidente
Academia Mexicana de Informática A. C.
Ciudad de México, noviembre de 2018

Introducción

Hace dos años, en ocasión de las cuatro décadas de existencia de nuestra Academia, tuvimos el agrado de integrar el libro *Reflexiones de la Academia Mexicana de Informática a los 40 años de su fundación*, obra en la que un importante grupo de miembros expuso sus trabajos, reflexiones, ideas, anécdotas y otras vivencias correspondientes a ese periodo del desarrollo de la informática en nuestro país. Fue una gran experiencia que resultó en una obra muy apreciada en la que se consignan retazos de la historia de nuestra disciplina en México.

Dado el éxito de la obra mencionada, la Academia se propuso realizar un segundo libro, en este caso con una orientación más prospectiva. Considerando que en el presente año se celebran los 60 años del cómputo en México, se pensó como un momento propicio para plantear ideas, sugerencias, recomendaciones, riesgos y otros elementos que pudieran apoyar en las orientaciones futuras de nuestro campo de actividad.

Nuevamente se convocó a los miembros de la Academia para que participaran, y se obtuvieron 20 aportaciones. Se solicitó a los autores que evitaran preparar trabajos de "futurología", y que se privilegiara la aportación de aspectos como los riesgos de la tecnología, recomendaciones y sugerencias derivadas de la experiencia de los autores, visiones sobre necesidades y problemas a futuro, y aspectos similares.

El libro incluye reflexiones sobre el impacto que está teniendo y tendrá la informática en múltiples ámbitos de la sociedad, en los individuos que la componen y en la forma como compiten las organizaciones. Algunos capítulos presentan una visión más optimista de un futuro digital, mientras que otros nos alertan sobre la importancia de reflexionar sobre los impactos negativos y los riesgos que puede traer consigo la adopción de tecnologías cada vez más poderosas, algunas de ellas desplazando al ser humano de muchas actividades.

Al igual que en el primer libro, la responsabilidad última del contenido de cada capítulo es de los autores; el grupo editor únicamente se limitó a cuidar la claridad de la redacción, estandarizar y complementar las referencias bibliográficas y sugerir cambios a los autores para clarificar algunos argumentos o ideas.

En esta ocasión, se acordó trabajar en primera instancia en una versión electrónica del libro y proceder a una versión impresa más adelante. Por ello, la presente edición se presenta en formato digital.

Se encomendó el trabajo editorial de este segundo libro al mismo grupo editor que trabajó en el primero. Agradecemos la confianza que la Academia y los autores nos han otorgado, y esperamos que esta obra contribuya a una mejor reflexión sobre lo que debiéramos hacer como sociedad, para aprovechar los avances de la informática en la construcción de un mejor país.

Guillermo Levine, Enzo Molino y Carlos Zozaya
(editores)
Ciudad de México, noviembre de 2018

Primera etapa de la transformación digital en la Universidad Pedagógica Nacional de México

Víctor Álvarez Castorela

Resumen. El quehacer de quienes gestionan la tecnología obliga, en función de las circunstancias, a hacer acopio de nuestras fortalezas para enfrentar nuestras debilidades e ir en búsqueda de las mejores alternativas que nos brinda la tecnología, para mantener y mejorar las áreas sustantivas de las organizaciones. Ya no son pretexto la falta de recursos o las limitaciones de políticas y lineamientos; más bien, se nos presentan como oportunidades para los creativos e innovadores, características intrínsecas del servidor público. Como tal, estamos para crear condiciones de desarrollo que brinden oportunidades a los ciudadanos para una mejor convivencia. Por otro lado, es importante no abstraernos de las tendencias internacionales y la evolución tecnológica, porque de ellas depende cumplir las metas optimizando recursos. Tal es el caso de la transformación digital y educativa propuesta en diversos referentes internacionales, como las Metas Educativas de 2021 en la Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Bárcena, 2018).

En tal sentido, esto se convierte en la inspiración para el desarrollo de la trasformación en todos sus niveles, buscando alternativas viables en términos de tiempo, capacidad y herramientas al alcance de nuestras posibilidades. Es el caso de lo que hoy nos ocupa, considerando los cuatro factores de desarrollo de la transformación: la cultura digital de la comunidad, la tecnología, los procesos y la organización.

Esta transformación se orienta principalmente a cuatro vertientes: permitir que los usuarios observen una nueva y mejor experiencia de los servicios basados en tecnología; que los administrativos y técnicos ejecuten de manera óptima su labor diaria; que la comunidad en general vea en la tecnología un aliado de su operación cotidiana, y que el desarrollo de la cultura digital sea lo más sencillo posible.

Introducción

En el caso de México, ante la proximidad a la recta final de la actual administración federal, las áreas de tecnología en todos los niveles de gobierno (federal, estatal y municipal) y en todos los sectores (salud, comercio y educación, entre otros), se están convirtiendo en los pilares fundamentales en el mantenimiento de las funciones sustantivas de sus instituciones, aunado a las referencias internacionales en temas de tecnología, como la cuarta revolución industrial y sus diferentes acepciones; los referentes mundiales que inciden en las políticas nacionales de cada país, como la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información y la Comunicación y, en el caso particular de las universidades, las Metas Educativas de 2021 acordadas en la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) y la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI), donde se plantean los desafíos de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la trasformación de la educación.

Cabe mencionar que existen otros referentes nacionales que matizan las estrategias individuales de una institución como la nuestra, y es el caso de los programas de gobierno, como el Programa Nacional de Desarrollo (PND) y el Programa Sectorial de la Secretaría de Educación Pública (SEP) de la actual administración que cierra en 2018, y que obliga a anticipar la estrategia venidera, que seguramente considerará los referentes internacionales mencionados, además del Programa Institucional de Desarrollo, dictado por el rector de la Universidad Pedagógica Nacional de México (UPN), en donde entre sus estrategias señala la de aprovechar las tecnologías de la información y la comunicación para el fortalecimiento de la educación superior, con el fin de contribuir al desarrollo de México.

Es el caso del Programa Institucional de Desarrollo Informático de la UPN vigente, pero con alcance sólo para 2018, justo cuando termine la administración federal actual. Insistiendo en que la función informática está sujeta a los referentes nacionales e internacionales y obliga a no esperar y sí anticipar los cambios venideros, se considera llevar a cabo una adecuación tomando como base los esquemas de transformación digital y dos etapas, a saber: la segunda de largo plazo donde ahora se están revisando los procesos y su transformación —el desarrollo de la cultura basada en tecnologías y adecuaciones organizacionales, y en forma transversal, la transformación tecnológica—, y la primera etapa, a corto plazo (un año), basada fundamentalmente en el cambio de procesos básicos e iniciando el cambio de cultura digital en la comunidad de la Universidad.

El motivo de este trabajo es describir el proceso de transformación de la primera etapa que ya está en plena actividad, y bosquejar la segunda describiendo sus avances.

Los principales proyectos considerados en la primera etapa son:

- La transformación digital académica, con tecnología en el aula, academias digitales, aula omniprescencial, nuevos proyectos educativos y portal con servicios en línea integrados.
- La transformación digital administrativa, con comunicación digital efectiva, expedientes digitales, trabajo en colaboración, analíticas básicas, tableros de control y atención a la comunidad con inteligencia artificial.

Todo estará basado en el uso intensivo de tecnologías de información y comunicación que, dicho sea de paso, tenía que implementarse sin incremento del presupuesto a ejercer en 2018, sólo con la creatividad e innovación del grupo de trabajo del área de tecnologías de la información (TI).

Transformación digital en la UPN

Antecedentes

La actual administración de la Universidad trabaja para responder a sus necesidades y demandas, así como a los requerimientos de la sociedad del conocimiento y de la globalización; para ello conformó el Programa de Trabajo 2012-2018, en el que establecía objetivos estratégicos puntuales, a saber: lograr una oferta educativa de calidad, impulsar una gestión eficiente y contribuir a la formulación de políticas y la mejora de la educación. Cada área de la Universidad se abocó a desarrollar sus programas estratégicos alineados al programa institucional. La Unidad Informática no fue omisa a esa estrategia, pero como la mayoría de las áreas, basaría sus proyectos en diversa medida en el uso de las tecnologías, por lo que su diseño resulta especialmente importante.

Con esa consideración se diseñó el Programa Institucional de Desarrollo Informático 2012-2018, que ya suponía una incipiente reingeniería ahora conocida como *transformación digital*. Aun al haber desarrollado el programa, las restricciones presupuestales han complicado poder cumplir a cabalidad con el programa. Esto no minó el deseo de llevarlo a cabo y se convertiría en un llamado a la creatividad, para contar con herramientas que ayudaran con la misión.

Referentes de la propuesta

Las fuentes que consideramos relevantes para el sector y que se convierten en referentes en la construcción de los proyectos y programas nacionales y sectoriales son la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información; la Organización de los Estados Americanos (OEA) y la CEPAL, así como los principios fundamentales de la transformación digital que se popularizó en estos últimos tres años. Con estos referentes se replantea el proyecto de la Unidad Informática de la UPN, y se hará un bosquejo de cómo cada referente influyó en la estrategia general.

Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información

El reciente Foro 2018 de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI) (WSIS, 2018) que, entre otras cosas, sirve para fomentar alianzas, exhibir innovación, intercambiar mejores prácticas y anunciar nuevas herramientas e iniciativas para usar las TIC, todo ello con la intención de avanzar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, propone de manera general las aplicaciones que pueden apoyar el desarrollo sostenible en los ámbitos de la administración pública, las empresas, la educación y la formación, la salud, el empleo, el medio ambiente, la agricultura y la ciencia en el marco de las estrategias electrónicas nacionales; esto incluiría acciones dentro de los sectores, entre otros, de gobierno y educación, que son materia de este proyecto.

De este foro (WSIS, 2013) se derivan las principales estrategias internacionales que todos los países miembros se comprometieron a integrar en sus programas nacionales. Las principales líneas de acción en materia de gobierno electrónico (*e-government*) son:

- Implementar estrategias centradas en aplicaciones destinadas a innovar y promover la transparencia en las administraciones públicas y los procesos democráticos, mejorando la eficiencia y fortaleciendo las relaciones con los ciudadanos.
- Desarrollar iniciativas y servicios nacionales de gobierno electrónico, en todos los niveles, adaptados a las necesidades de los ciudadanos y las empresas, para lograr una asignación más eficiente de recursos y bienes públicos.
- Apoyar las iniciativas de cooperación internacional en el campo del gobierno electrónico, con el fin de mejorar la transparencia, la rendición de cuentas y la eficiencia en todos los niveles del gobierno.

Estas líneas de acción generan estrategias, proyectos y programas que se deben implementar en todos los niveles de gobierno, y en la educación pública no se hacen esperar.

La OEA y la CEPAL

Como marco y antecedente se encontraban los Objetivos de desarrollo del Milenio establecidos en la Asamblea General de Naciones Unidas en el año 2000. Dado el panorama regional de América Latina y el Caribe, donde la desigualdad económica sigue siendo más acusada que en otras regiones del planeta, la OEA y la CEPAL los asumió como propios y le dedicaron el máximo esfuerzo; por ello, el 18 de mayo de 2008, en el Salvador, los ministros de Educación iberoamericanos adoptaron una decisión de impulsar el proyecto "Metas Educativas 2021: la educación que queremos para la generación de los Bicentenarios" (Bárcena, 2018), cuyos objetivos son: mejorar la calidad y la equidad en la educación para hacer frente a la pobreza y a la desigualdad y, de esta forma, favorecer la inclusión social.

Lo que se deriva de estas metas es que, en buena medida, aparecen impulsadas por los cambios

sociales y tecnológicos, y mencionan la necesidad de incorporar las tecnologías de la información y la comunicación al proceso de enseñanza y aprendizaje, orientar el currículo hacia la adquisición de las competencias básicas, formar ciudadanos activos y responsables, asegurar la conexión de la educación con los anhelos de los jóvenes, y lograr su participación activa en su propia formación, pero hace una reflexión basada en Piscitelli (2009): "Casi nada del currículo tradicional puede vehiculizarse como otrora. El desafío es doble: hay que aprender cosas nuevas, y tenemos que enseñar las cosas viejas de un modo nuevo, y siendo ambas tremendamente difíciles de lograr, quizás lo más desafiante es enseñar lo viejo con ojos nuevos" (p. 77).

Principios fundamentales de la transformación digital

La cuarta revolución industrial; la Industria 4.0 y la transformación digital son en ocasiones sinónimos y en otras referentes e impulsores de lo mismo (Lostale, 2015), todo estriba en el sector y ámbito en el cual se desenvuelven. En términos generales se entendería que las empresas industriales deben perseguir un modelo industrial de innovación colaborativa multidisciplinar; un modelo en el que exista conectividad entre los medios productivos, la integración de las cadenas de suministro y una digitalización de los canales de distribución y atención.

Esto es, las tecnologías son sólo los "habilitadores digitales" que hacen posible que esta nueva industria explote todo su potencial y permiten la hibridación entre el mundo físico y el digital, vinculando el mundo físico al virtual para hacer de la industria una industria inteligente.

El proceso de la transformación (Duro, 2015) abarca cuatro grandes ámbitos de las instituciones, a saber: cambio en la organización, en las personas, en los procesos y en las tecnologías (Taboada, 2016), justo ahí en donde se basa la propuesta de la renovación del Programa Institucional de Desarrollo Informático de la UPN, para el cierre de esta administración.

Transformación digital de la UPN

La estructura funcional de la Universidad está compuesta por dos secretarías; una de ellas es la Secretaría Administrativa, cuya función principal es coordinar las unidades administrativas a su cargo, así como vigilar, apoyar y estimular su eficaz funcionamiento. En este sentido, y de acuerdo a los ámbitos de la transformación, le corresponde coordinar los cuatro aspectos: organización, talento humano, tecnologías y procesos.

Con el patrocinio de esta secretaría iniciamos el proceso en función de sus necesidades más apremiantes, dado que había que entregar resultados en un tiempo muy corto. Por ello, la estrategia sería en dos etapas: a largo plazo implicaría una revisión de todos los procesos de la Universidad para revisar su pertinencia y su eliminación u optimización, y la creación de procesos más adecuados. En el corto plazo

consiste en mejorar sustancialmente los servicios que ofrece mediante el uso de las tecnologías con las que la Universidad ya cuenta, porque ahora no hay presupuesto adicional para inversión.

Trabajo en colaboración con comunicación digital efectiva

Como resultado de algunas entrevistas con el personal de la Universidad en todos los niveles de la institución, existía una constante: mensajes difusos de comunicación verbal, falta de registro de algunas instrucciones y poco seguimiento a instrucciones cotidianas. Por otro lado, aunque el correo electrónico es ya una herramienta de comunicación interna, surgieron otros inconvenientes, como que ahora los mensajes enviados por ese medio se diluyen con toda la correspondencia interna y externa de la Universidad; los comunicados que se requiere enviar a grupos obligan a crear listas de correo y mantenerlas actualizadas, entre otras cosas, donde interviene la comunicación persona a persona o en colectivo.

Las herramientas de comunicación tradicional en la Universidad se limitaban a tableros de corcho, llamadas telefónicas, memorándums y circulares, y órdenes de servicio. Muchas de ellas se sustituían ya con correos electrónicos, que han venido perdiendo efectividad.

Ante las demandas de los usuarios sobre mejores alternativas para resolver sus problemas, principalmente de colaboración, almacenamiento y comunicación, iniciamos trabajos con SharePoint®. Como los académicos y administrativos solicitaban constantemente memorias USB para almacenar archivos de trabajo y compartirlos con sus colaboradores, con la propuesta de uso de SharePoint® resolvieron su problemática, pero de manera natural sus demandas han ido creciendo. También agregamos OneDrive®, y encontramos que al combinarlas con el resto podríamos tener un esquema de colaboración y comunicación más efectivo.

TEAMS® brinda un centro basado en *chats* para el trabajo en equipo y da a los usuarios la oportunidad de crear un entorno más abierto, fluido y digital. Cualquier miembro de la comunidad con una cuenta de correo electrónico institucional puede participar como invitado en los equipos de trabajo, que pueden ser creados de acuerdo al interés del grupo: por área, por proceso de trabajo interdepartamental o incluso de responsable de área a subalternos (Microsoft, 2018a).

Todos los invitados en equipos pueden administrarse de forma segura dentro de la plataforma de Azure, para crear centros de trabajo en equipo adecuados a las necesidades y requerimientos. Para darle más pertinencia a la estrategia la denominamos "academias digitales", pues justo es donde existe más colaboración entre pares.

Con Skype® y Yammer® complementamos los servicios que los usuarios demandan, al acercarlos virtualmente en la interacción de sus actividades cotidianas. Al funcionar como una red social cerrada, facilita la comunicación institucional sin necesidad de

utilizar herramientas personales de *chat* y haciéndolas más segura (Escuela20, 2018).

Para incrementar el potencial de Yammer® y OneDrive® estamos revisando la utilización de Delve®. Daremos resultados en la siguiente etapa, sobre todo para las academias digitales.

Atención vía herramientas de inteligencia artificial

El desarrollo de la inteligencia artificial está haciendo que cada vez sean más las opciones que se puedan aplicar a los *bots* y a su desarrollo para atención y servicios al cliente.

Para el caso de la Universidad, liberar el prerregistro en línea de los aspirantes a licenciaturas es el punto de partida para el uso de esta herramienta, porque no tienen una persona físicamente frente a ellos para disipar sus dudas durante el proceso, y esto ocasiona un fuerte desgaste para quienes los atienden telefónicamente. Hay una gran cantidad de llamadas en horarios no hábiles, lo cual requiere contrataciones de atención telefónica temporal, además de que las preguntas son muy repetitivas. Agrupamos miles de preguntas y resultó que básicamente sólo son 120, con diferentes formas de expresión. Justo es una de las opciones que dan los nuevos servicios en línea que la inteligencia artificial está proponiendo como solución, disminuyendo el trabajo repetitivo y tedioso para los humanos (PuroMarketing, 2017).

Con la ayuda de herramientas de Microsoft® creamos en principio robots muy sencillos; el primero en el proceso de nuevo ingreso de una licenciatura en línea en 2017, para que el robot identificara palabras clave en la pregunta mediante un repositorio generado en los últimos procesos de admisión (Microsoft, 2018b).

Ahora ya han generalizado las solicitudes de creación de bots para otros servicios académicos y administrativos, como dudas al levantar órdenes de servicio, registro de admisión y reinscripción en procesos de posgrado y servicio social, entre otros. Estamos trabajando en nuevas versiones para otros servicios utilizando la metodología de CANVAS y herramientas adicionales de bots, como QnA y LUIS.

Tableros de control

Un lastre importante en la gestión administrativa y académica se da en la organización, control y seguimiento de las actividades diarias. Los grupos de trabajo y sus responsables buscan organizarse rápidamente, colaborar fácilmente y mantenerse informados sin importar la envergadura del proyecto. Esto ocurre sobre todo en actividades de grupos de trabajo formal y que requieren de seguimiento puntual, como el caso de los comités, consejos y coordinaciones académicas. Su requerimiento hacia las áreas técnicas es que les hagamos propuestas y desarrollos de herramientas que les ayude con la gestión.

Con cuatro nuevas características de Planner® encontramos que podría darse respuesta a estas demandas porque da visibilidad a las programaciones de proyectos, se pueden agrupar y filtrar tareas y recibir notificaciones de fechas límite próximas, además de contar con herramientas visuales de seguimiento por cada subordinado. Gráficamente se puede observar el avance de proyectos, de mucha ayuda para quien planea y da seguimiento (Microsoft, 2018c).

Analíticas básicas

Las áreas de investigación demandan que se puedan analizar cientos de fuentes de datos diferentes para integrar información valiosa de forma inmediata. Además, que se tenga un entorno de datos más seguro y colaborativo, ayudando a los investigadores a tener mayor control. En la misma medida, las áreas administrativas requieren de ese tipo de herramientas para satisfacer las demandas de informes que la entidad federal constantemente solicita.

Si bien es cierto que la mayor parte de la información proviene de diversas fuentes de datos generadas por las propias áreas, atender la gran cantidad de requerimientos con diversidad de combinaciones recarga el trabajo de las áreas técnicas para atender los reportes solicitados.

Eso requiere de herramientas que proporcionen análisis de datos rápidos, accesibles, con construcción de gráficos dinámicos y cuadros de mando personalizados para que el usuario no experto encuentre las respuestas que busca sólo con escribir una pregunta "natural". Estamos analizando algunas opciones de analítica predictiva, como Power BI (Martech Forum 2018), para transformar los datos en objetos visuales enriquecidos.

Tecnología en el aula

Históricamente, la Universidad ha trabajado con antologías para el trabajo en clase, con los consecuentes problemas de distribución y el poco sustentable proceso de la generación de altos niveles de fotocopias, que desde hace un par de años se está intentando minimizar. Se requiere entonces una herramienta para crear un entorno virtual en el que sea sencillo intercambiar materiales y calificaciones entre profesores y alumnos.

Los cuadernos virtuales, por ejemplo, permiten que los profesores puedan supervisar el trabajo individual de sus alumnos, accediendo en cualquier momento a ellos. Estas herramientas se complementan con las tradicionales, pero con nuevas potencialidades para trabajo innovador, como el caso de la incorporación de modelos 3D y con opción de incorporar efectos de realidad aumentada. Para ello estamos conformando grupos de académicos y alumnos para construir contenidos educativos con realidad aumentada (Office, 2018).

Con nuestra campaña "Sabías que…" realizamos trabajo de desarrollo y labor de difusión de éstas y otras herramientas entre los académicos.

Aula omnipresencial

Aunque las salas de videoconferencia no son nuevas para la Universidad, se consideran como una solución de alto costo. En el campus del Ajusco sólo había una, poco flexible y cada vez con más demanda. Además, sólo se puede transmitir desde aquí, usando Internet 2 y con equipo especial para ello. Hoy las sesiones requieren ser de mayor flexibilidad y con más cobertura; no sólo entre universidades con equipo y condiciones similares, sino con una pequeña máquina conectada a Internet, con cámara web y micrófono.

En Rectoría tenemos un caso de éxito significativo: a diferencia de hace algunos años, cuando el rector requería de fuertes recursos económicos para concentrar a directores de unidades de todo el país, con viajes y viáticos para tener un par de reuniones al año, ahora podemos hacer el ejercicio de conectarnos a 120 nodos simultáneos (a las 76 unidades se agregaron sedes y subsedes de la UPN) para que el rector tenga una reunión con todos. Hoy eso ocurre mensualmente, de forma virtual y con recursos muy reducidos.

Para los académicos también se ha convertido en una herramienta flexible que les permite reuniones continuas, más versátiles y económicas y entre múltiples nodos conectados.

En resumen, la UPN ha sido fiel a sus principios, haciendo acopio de fortalezas para enfrentar debilidades. Como entidad de gobierno y como institución educativa, tiene la responsabilidad de aportar e ir en búsqueda de las mejores alternativas para el desarrollo de nuestro país y para crear las condiciones de una mejor sociedad, pues, de hecho, ésta también es la función de la tecnología: brindar a la comunidad oportunidades para una mejor convivencia.

Referencias

Bárcena, A., Marchesi, A. e Iglesias, E. V. (2018). Metas Educativas 2021. *La educación que queremos para la generación de los bicentenarios*. España: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI). Consultado de http://www.oei.es/historico/metas2021/libro.htm

Duro, S. (2017, 8 de octubre). *¿Qué es la transformación digital y por qué tu empresa no puede ignorarla por más tiempo?* Consultado de https://josefacchin.com/transformacion-digital/

Escuela20. (2018). *10 usos de Skype en las aulas*. Consultado de http://www.escuela20.com/skype-docentes-usos/articulos-y-actualidad/10-usos-de-skype-en-las-aulas_3265_42_4831_0_10_in.html

Lostale, E. (2015). *Industria 4.0: La cuarta revolución industrial es la transformación digital*. Consultado de https://www.kanlli.com/estrategia-marketing-digital/industria-4-0-la-cuarta-revolucion-industrial-es-la-transformacion-digital/

Martech Forum. (2018). *Power BI*. Consultado de https://martechforum.com/herramienta/power-bi/

Microsoft. (2018a). *Chat, llamadas y reuniones para los equipos de hoy*. Consultado de https://products.office.com/es-mx/microsoft-teams/group-chat-software

Microsoft. (2018b). *Creación de bots inteligentes que se escala a petición*. Consultado de https://azure.microsoft.com/es-mx/services/bot-service/

Microsoft. (2018c). *Gana tiempo con nuevas características en Microsoft Planner*. Consultado de https://www.microsoft.com/es-es/microsoft-365/blog/2018/02/05/conquer-time-with-new-features-in-microsoft-planner/

Microsoft. (2018d). *Introducción a la aplicación Bloc de notas de clase de OneNote: tutorial para profesores*. Consultado de https://support.office.com/es-es/article/introducci%C3%B3n-a-la-aplicaci%C3%B3n-bloc-de-notas-de-clase-de-onenote-tutorial-para-profesores-28666b8e-b0ae-48fe-b001-1874f5f6db58

Piscitelli, A. (2009). Nativos e inmigrantes digitales. Una dialéctica intrincada pero indispensable. En R. Carneiro, J. C. Toscano y T. Díaz. (Coords.). *Los desafíos de las TIC para el cambio educativo*. Madrid: Organización de Estados Iberoamericanos para la Educación, la Ciencia y la Cultura (OEI)/Fundación Santillana.

PuroMarketing. (2017). *El futuro de la atención al cliente pasa por los bots, si se comprende bien para qué valen*. Consultado de https://www.puromarketing.com/12/29583/futuro-atencion-cliente-pasa-bots-comprende-bien-para-valen.html

Taboada, G. (2016). *Talento y tecnología, las claves de la transformación digital*. Consultado de https://www.mundiario.com/articulo%2Feconomia%2Ftalento-y-tecnologia-claves-transformacion-digital%2F20160511185358059675.html

World Summit on the Information *Society. (2003). Plan of Action* [Document WSIS-03/GENEVA/DOC/5-E]. Consultado de http://www.itu.int/net/wsis/docs/geneva/official/poa.html#c7-15

WSIS Forum 2018. (2018). *World Summit on the Information Society Forum 2018*. Leveraging ICTs to Build Information and Knowledge Societies for Achieving the Sustainable Development Goals (SDGs). Consultado de https://www.itu.int/net4/wsis/forum/2018/

Víctor Álvarez Castorela

vacastorela@upn.mx

Quince años de experiencia en la iniciativa privada, particularmente en el sector financiero, ocupando puestos gerenciales y liderando proyectos de incorporación de nuevas tecnologías, de 1986 a 1998.

Veintitrés años en el sector público, principalmente ejerciendo la cátedra, y los últimos quince ocupando diversos cargos como funcionario de mando superior.

Diplomado del IPADE en Alta Dirección en Innovación y Tecnología. Licenciado en Ciencias de la Informática de la UPIICSA, del IPN, con estudios de posgrado en Ciencias, con especialidad en Administración y Desarrollo de la Educación, también del IPN.

Reconocido tres veces como uno de los cien mejores directores de informática (2010, 2014 y 2018) por la revista *CIO*.

Reconocido en dos ocasiones (2013 y 2015) como "Las instituciones más innovadoras de *InformationWeek* México Sector Público".

Reconocimiento como uno de los veinte mejores trabajos presentados en Lima, Perú, en la reunión de directores de informática de universidades en Iberoamérica, en 2012.

Miembro de la AMIAC y de la Academia de Ingeniería, como académico titular.

Investigador y conferencista invitado en foros internacionales en el campo de la informática y la educación, presentando proyectos en países como Canadá, Bolivia, Cuba, España y Perú.

Especialista en nuevos modelos educativos apoyados en tecnología.

Inteligencia artificial en México: pasado, presente y futuro

Ignacio Ania B.

Resumen. En este capítulo se hace primero un breve análisis del impacto que ha tenido hasta nuestros días la investigación y desarrollo de inteligencia artificial (IA) en México. A continuación, tomando en cuenta iniciativas gubernamentales que se están llevando a cabo en diversas partes del mundo, se mencionan condiciones necesarias para que el uso de IA pueda contribuir sustancialmente al desarrollo de nuestro país.

Antecedentes

Recopilar la gran cantidad y diversidad de sistemas con inteligencia artificial (IA) que han sido desarrollados en México por académicos y por empresarios, desde hace aproximadamente 40 años, produciría un acervo de conocimientos científicos y tecnológicos de gran valor.

En 1986, en virtud del creciente número de académicos que estaban realizando en nuestro país investigaciones sobre IA, con la participación de mexicanos y extranjeros que habían cursado estudios de doctorado en prestigiadas universidades de diversos países, se creó la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA); una sociedad científica cuya misión sigue siendo promover el cultivo y la aplicación de la IA en México, y que integró entre sus filas a algunos miembros de la Academia Mexicana de Informática, A. C. (AMIAC), formada 10 años antes.

Ese mismo año, la SMIA y sus homólogas de España y de Portugal constituyeron la Sociedad Iberoamericana de Inteligencia Artificial (IBERAMIA), y desde entonces decidieron realizar cada dos años, a partir de 1988, un congreso internacional, con el propósito de crear un foro científico de alta calidad entre las comunidades de los países de habla hispana y portuguesa. Y en 1991 unos miembros de la SMIA fundaron en Jalapa el Laboratorio Nacional de Inteligencia Artificial (LANIA), con apoyo del gobierno estatal.

Unos años antes, la Fundación Arturo Rosenblueth, creada en 1978 con la finalidad de impulsar el desarrollo de la tecnología para la solución de los problemas relevantes de México, así como también la formación de recursos humanos calificados en el ámbito de la computación y la información, aplicados a resolver los problemas de la sociedad, se había posicionado ya como una de las instituciones mexicanas más claramente orientadas a la enseñanza de IA.

Desde el principio, el desarrollo de proyectos de IA en México se llevó a cabo en lugares tan diversos como el Instituto Politécnico Nacional, la Condumex y otras empresas, así como en múltiples entidades de la UNAM (como el Instituto de Investigaciones Biomédicas, la Facultad de Ingeniería y la de Ciencias), entre muchos otros.

Así, entre 1989 y 1990, la Facultad de Química de la UNAM y la empresa Tereftalatos Mexicanos (Silva, 1990) financiaron un proyecto de investigación sobre el *Diseño de Procesos Asistido por Computadora (DIPAC)*, que utilizó IA con la finalidad de mejorar la eficiencia y así reducir el costo de operación de las redes de cambiadores de calor en los procesos industriales, entre otros objetivos. Este uso de IA era también enseñado a los alumnos en las asignaturas de Ingeniería de Procesos, Simulación I y Simulación II (UNAM, 1990). Y, como trabajo para tesis de licenciatura, un estudiante (Rojas y Ania, 1989) desarrolló un sistema que utiliza IA para construir automáticamente simuladores de procesos industriales a partir de su especificación matemática.

De igual forma, el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS) de la UNAM incluyó desde esa época diversos cursos y proyectos de investigación de IA en su maestría en Ciencias de la Computación.

En 1989, la empresa Resistol realizó investigaciones sobre el uso de sistemas expertos para el diseño de polímeros, y entre 1990 y 1996 la División de IA del Grupo Softtek desarrolló con carácter confidencial diversos sistemas expertos para empresas del sector financiero, a fin de que pudieran tomar decisiones más rentables en el proceso de *trading* en los mercados financieros, y para disminuir el riesgo en la asignación de créditos o el otorgamiento de tarjetas de crédito, entre otros usos.

Una característica muy frecuente en esos proyectos es que fueron iniciativa de un pequeño grupo de investigadores y no iniciativas institucionales; esto ocasionó que los beneficios obtenidos fueran casi exclusivamente académicos. Incluso los proyectos realizados en entornos empresariales fueron en general iniciativa de un área y no parte de la estrategia de toda la organización.

Esa es una de las razones por las que muchos de esos proyectos tuvieron breve duración; y no sólo eso, también hubo casos en donde los altos directivos de esas instituciones tomaron la decisión de reorientar hacia objetivos distintos sus recursos y sus esfuerzos.

De ese modo, la Facultad de Química de la UNAM consideró que no sólo la IA sino todo conocimiento referente a las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) no deberían ser parte del plan de estudios de sus carreras. El Laboratorio Nacional de Inteligencia Artificial entonces cambió su nombre a Laboratorio Nacional de Informática Avanzada, mostrando con esto que las investigaciones respecto a IA no serían ya su principal objetivo.

La IA parecía no ser una tecnología que pudiera producir un impacto de grandes magnitudes.

Situación actual

A mediados de la década de 2000, ante la creciente cantidad de datos disponibles, así como la también creciente capacidad de almacenarlos y procesarlos, los métodos de *aprendizaje automático profundo* comenzaron a mostrar que los dispositivos con este tipo de inteligencia artificial pueden tener cada vez mayor capacidad de percibir, entender e interactuar con su entorno.

Las tareas que pueden realizarse gracias a estas habilidades son muy numerosas: identificación y clasificación de imágenes, de información y de patrones; procesamiento de lenguajes naturales (texto y voz) para comprenderlos y también para realizar traducciones automáticas; identificación del estado de ánimo de las personas por sus palabras y el tono de su voz, entre otras.

Estas tareas genéricas se aplican ya para el diagnóstico, prevención y tratamiento de enfermedades como el cáncer, el desarrollo adaptable de habilidades en los procesos educativos, el desarrollo de vehículos autónomos, la predicción de crímenes y la

detección de fraudes, la reducción del uso de químicos en la agricultura, la predicción de fallas en manufactura, el incremento de eficiencia en las redes de energía eléctrica, el servicio personalizado a clientes, la selección de recursos humanos en las organizaciones, el pronóstico de ventas y el desarrollo de asistentes personales virtuales, entre muchos usos de naturaleza muy diversa.

Esas aplicaciones de la IA están teniendo profundo impacto en numerosas disciplinas, industrias y economías, transformando como consecuencia la manera en que vivimos, trabajamos e interactuamos (Schawb, 2017).

El poder transformador de la IA, y en consecuencia su creciente presencia e importancia estratégica en actividades de gobierno, salud, educación, energía, manufactura y medio ambiente, entre muchas otras, ha motivado que países como Canadá (Canadian Institute for Advanced Research, 2017), China (Consejo de Estado de la República Popular China, 2017), la Comisión Europea (2018), Corea del Sur (Han-Joo, 2018), los Emiratos Árabes Unidos (Gobierno de los Emiratos Árabes Unidos, 2017), los Estados Unidos (Oficina Ejecutiva del presidente de los Estados Unidos de América, 2016), Francia (Villani, 2018), Japón (Strategic Council for AI Technology, 2017), Rusia (Agencia de noticias Sputnik, 2017) y Singapur (National Research Foundation, 2017) hayan declarado su interés en que su país siga siendo o se convierta en líder en el desarrollo y uso de dicha tecnología.

De igual modo, otros países están desarrollando actualmente su estrategia de IA, incluyendo Australia, Escocia, Estonia, Finlandia, India, Irlanda, Israel, Nueva Zelanda, Reino Unido, Túnez y Vietnam.

En México, el desarrollo y uso de sistemas con IA ha continuado llevándose a cabo como iniciativas de grupos de investigadores que en ocasiones consiguen apoyo económico de organismos nacionales e internacionales. No obstante, las iniciativas empresariales comienzan a tener más claro el enfoque institucional, y también el gobierno federal empieza a mostrar interés en la IA. Algunos ejemplos de dichos esfuerzos son los siguientes:

- En el Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica (2011) se realizó una investigación sobre IA aplicada a la resolución de problemas presentados en áreas como la medicina y la industria eléctrica, con apoyo del Conacyt y de la Unión Europea, en un proyecto denominado *Modelos Gráficos Probabilistas Dinámicos y sus Aplicaciones (Dynamo),* en el que participaron diversas universidades y centros de investigación nacionales y extranjeros.
- En la Unidad Cuajimalpa de la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM, 2018) se desarrolló un sistema capaz de escribir novelas.
- En el laboratorio de innovación UNAM Mobile (Facultad de Ingeniería), se desarrolló un

chatbot[1] llamado EMI (UNAM, 2018) entrenado para responder todo tipo de preguntas sobre las elecciones presidenciales de 2018 en México.

- Recientemente, el Centro de Tecnología Cognitiva del Hospitales Ángeles (2018) comenzó a utilizar los servicios de la plataforma Watson, de IBM, para la identificación de cáncer.
- Actualmente diversas empresas mexicanas están desarrollando y comercializando exitosamente chatbots y otros sistemas con IA.
- La Coordinación de la Estrategia Digital Nacional del gobierno federal (2015), EDN, desarrolló un chatbot (*Prospera Digital*) para evaluar la incidencia que tiene en la salud de las mujeres y sus bebés el tener un seguimiento puntual de su embarazo.
- En febrero de 2018, el periódico *El Economista* (Riquelme, 2018) publicó que la coordinadora de la EDN anunció que esa dependencia desarrollará una estrategia nacional de IA.

La primera reflexión que puede surgir en este contexto es que el desarrollo y uso de tecnología ha sido una importante razón por la que unos pueblos u organizaciones superan a otros. Ésta es la principal razón por la que tantos países están invirtiendo actualmente gran cantidad de recursos y esfuerzos para estar dentro del grupo de líderes mundiales en inteligencia artificial. Por esto es encomiable que el gobierno federal tenga la intención de desarrollar una estrategia nacional de IA.

La segunda reflexión es que realizar en México proyectos de investigación en IA no ha sido una tarea sencilla. Pero desarrollar y poner en marcha una estrategia nacional de IA es un reto incomparablemente más complejo y de largo plazo.

Éste es el motivo por el que en marzo de 2018 el centro de pensamiento estratégico México Exponencial (2017) inició con el apoyo de reconocidos investigadores, entre los que se encuentran miembros de la AMIAC, un proyecto para "identificar acciones y decisiones que harían posible aprovechar la inteligencia artificial con el fin de impulsar sustancialmente el desarrollo social y económico de México". El proyecto está actualmente en curso, y los comentarios y sugerencias contenidos en el resto del presente capítulo están basados en algunas de las conclusiones a las que han llegado hasta ahora los participantes.

[1] *Chatbot* es el nombre genérico empleado para denominar al *software* capaz de comunicarse con los humanos a través de una aplicación de mensajería instantánea, a fin de proveer un servicio funcional o lúdico, utilizando reglas y, cada vez con mayor frecuencia, IA.

IA en el futuro de México

Indudablemente, la IA se empleará exhaustivamente en múltiples tareas, áreas y sectores económicos de nuestro país. La primera incertidumbre que puede surgir es si ese uso seguirá principalmente algún tipo de directrices estratégicas (establecidas, por ejemplo, en un programa nacional de IA), o si esta tecnología se empleará aleatoriamente como resultado de necesidades aisladas de distintos grupos de interés.

La existencia de directrices estratégicas es por supuesto preferible, pues da mejores resultados y a más corto plazo. Pero esto es cierto sólo cuando tales directrices están correctamente definidas. En consecuencia, el primer reto es identificar lo que se requiere para lograr esta definición.

Importancia del objetivo de las directrices

Un requisito indispensable es establecer si el *objetivo genérico primordial* de las directrices estratégicas es a) impulsar el crecimiento de nuestra industria de IA (fabricación de *hardware* para aplicaciones de IA y desarrollo de *software* con IA) o b) usar la IA como facilitadora del desarrollo económico de México.

Utilizando la tipología de estrategias de TIC descrita por la *Digital Opportunity Iniciative* (2001), podemos decir que en el primer caso la decisión de impulsar el crecimiento de la industria de IA debe tener claramente definido uno de los siguientes objetivos específicos:

1a. Satisfacer la demanda internacional (como lo han hecho Costa Rica y Taiwán, en el caso de las TIC[2]).

1b. Desarrollar el mercado nacional (Brasil, India y Corea).

[2] Los ejemplos en esta sección se refieren al uso estratégico que algunos países han hecho de las TIC, y están tomados del reporte de la Digital Opportunity Iniciative (2011).

En el segundo caso, la IA se puede usar para lograr uno de los siguientes objetivos específicos:

2a. Crear un entorno e infraestructura de IA (masa crítica de recursos humanos altamente capacitados, y amplia capacidad nacional de cómputo, almacenamiento y telecomunicaciones) que mejore el posicionamiento mundial de México como una economía competitiva, a fin de atraer inversionistas nacionales y extranjeros, buscando que esto repercuta en el resto de la economía del país (como lo ha hecho Malasia con las TIC).

2b. Enfocarse en el uso de IA para trabajar directamente en la gama completa de objetivos de desarrollo económico con claros beneficios sociales (Sudáfrica y Estonia).

Estos enfoques no son ni mutuamente excluyentes ni necesariamente complementarios, pero la tipología ayuda a comprender los impactos que tienen en el desarrollo de cada país, y contribuye a crear un marco de referencia que sirve de guía para esfuerzos futuros.

Alineación con el Plan Nacional de Desarrollo

La falta de precisión al definir las directrices estratégicas, o su incongruencia con el Plan Nacional de Desarrollo, produce casi el mismo resultado que cuando no se cuenta con ellas. Ania y Mejía (2007) dan como ejemplo lo que ocurrió con las TIC en México durante el periodo 2001-2006, cuando el Gobierno federal planteó en su Plan Nacional de Desarrollo impulsar a las TIC como un sector orientado a desarrollar el mercado doméstico (objetivo 1b descrito arriba), mientras que la Secretaría de Economía, en coordinación con organismos empresariales y empresas del sector, diseñó y puso en marcha el *Programa para el Desarrollo de la Industria del Software*, en donde una de sus principales metas (no lograda) fue convertir a México en el líder latinoamericano de desarrollo de *software* y contenidos digitales en español (objetivo 1a).

Idealmente, todas las iniciativas realizadas en el país deberían estar alineadas con un plan nacional de desarrollo definido de manera consensuada por el Gobierno, la iniciativa privada, la academia y la sociedad civil.

La IA es sólo uno de los recursos que pueden emplearse para lograr los objetivos planteados en el Plan Nacional de Desarrollo, y por esta razón la estrategia nacional de IA no debe definirse independientemente de él.

Selección y caracterización de los indicadores de desempeño

De manera análoga a lo que ocurre al definir el Plan Nacional de Desarrollo, un componente esencial de la estrategia nacional de IA es el conjunto de indicadores que se emplearán para evaluar los resultados obtenidos al aplicar las directrices estratégicas.

Pero más importante aún es caracterizar de manera adecuada esos indicadores, es decir, identificar las variables que tienen mayor impacto en cada uno de ellos. Por ejemplo, si entre las metas deseadas está mejorar las condiciones de seguridad física de la población, y uno de los indicadores utilizados para evaluar los resultados es el *porcentaje de viviendas afectadas por intento de robo*, la siguiente tarea será identificar los factores económicos, educacionales, culturales, etc., que tienen mayor impacto positivo o negativo en ese ilícito.

Contrariamente a lo que en general se piensa, la caracterización de indicadores no es trivial y al mismo tiempo es una de las tareas fundamentales para el logro de los objetivos deseados. La correcta caracterización de indicadores permite identificar qué tiene realmente mayor impacto en aquello que se desea modificar y, por tanto, cuáles son las acciones que deben llevarse a cabo.

Si, por ejemplo, la *disponibilidad de energía eléctrica* fuera uno de factores que más contribuyen a disminuir el *porcentaje de viviendas afectadas por intento de robo*, esa sería sin duda una de las condiciones que habría que mejorar. Tratar de modificar factores que tienen poco o nulo impacto en dicho indicador sería desperdiciar recursos y esfuerzos.

Una de las principales líneas de investigación del proyecto actual de IA, de México Exponencial, tiene como objetivo la definición de un método científico para caracterizar indicadores de desempeño, que sirva para la identificación de acciones y decisiones estratégicas, y que sea más apropiado que el empleo de las correlaciones estadísticas usuales.

Complejidad del reto

Ya que hayan sido identificadas las tareas necesarias para el logro de los objetivos deseados, el siguiente paso en la definición de una estrategia nacional de IA será definir de qué manera dichas tareas serán apoyadas utilizando una infraestructura de IA (*hardware, software,* datos masivos, recursos humanos, centros de investigación y desarrollo, legislación, políticas públicas, etc.) que quizás esté disponible en el entorno nacional o internacional, o habrá que desarrollarla para tales fines.

Buena parte de los beneficios de la IA podrán ser aprovechados debido a los avances que se logren en el desarrollo de otras tecnologías exponenciales[3] como, por ejemplo, la robótica, el Internet de las cosas y los vehículos autónomos. Dicho en otros términos, habrá objetivos que no podrán alcanzarse con el uso de IA, a menos que otras tecnologías hayan tenido determinado nivel de desarrollo.

[3] Se conocen como *tecnologías exponenciales* aquellas que cada año están duplicando su poder o su velocidad, o disminuyendo a la mitad su costo, y por ello están cambiando sustancialmente la forma en que vivimos. Ejemplos de tales tecnologías son la realidad virtual y la aumentada, la biotecnología, la nanotecnología y la manufactura aditiva (impresión 3D), además de las mencionadas arriba y las TIC en general.

Pero lograr que México aproveche la IA con el fin de impulsar sustancialmente su desarrollo social y económico no es un reto exclusivamente tecnológico. Como prácticamente todas las tecnologías, la IA implica riesgos que deben ser tomados en cuenta y manejados adecuadamente.

La posibilidad de que un número importante de personas queden desempleadas cuando su trabajo sea realizado por máquinas inteligentes, y que derechos naturales (como el derecho a la libertad) y humanos (como el derecho a la privacidad) puedan ser violados debido al uso no ético o ilegal de datos personales recabados originalmente, con el fin de poder proporcionar servicios inteligentes personalizados (como el diagnóstico de enfermedades), así como las probables inequidades de oportunidades, de género y de salario, entre otras situaciones no deseables, son ejemplos de riesgos asociados al uso de la IA.

Será entonces indispensable diseñar políticas públicas que permitan enfrentar eficazmente los retos intelectuales, tecnológicos, políticos, éticos y sociales que continuarán surgiendo conforme la IA se va integrando cada vez más en todos los aspectos de nuestra vida. También será necesario hacer ajustes en el sistema educativo e impulsar la investigación y desarrollo en IA.

Asimismo, se requerirá crear o adaptar normas y leyes, a fin de evitar potenciales daños a la gente y asegurar competencia económica justa, sin aumentar los costos de su cumplimiento ni frenar el desarrollo o adopción de las innovaciones benéficas.

Conclusión

El impacto de la IA en múltiples áreas y diversos sectores económicos de nuestro país será inevitablemente mayor cada día. Afortunadamente, la experiencia de aproximadamente 40 años nos permite identificar aciertos y errores que hemos tenido en el desarrollo y uso de esta tecnología, y reconocer que muchos de los resultados obtenidos hasta ahora son producto de acciones aisladas de distintos grupos de interés.

Gracias a esa experiencia, hoy podemos entender que el reto de aprovechar los beneficios y minimizar los riesgos intrínsecos al uso de IA tiene gran complejidad; no es un asunto exclusivamente tecnológico y es a largo plazo.

Sabemos que para asegurar que los cambios logrados tengan una visión humanista, es decir, que sean para beneficio de los mexicanos y no motivo de mayores inequidades, es esencial la estrecha colaboración del Gobierno, las empresas, la academia y la sociedad civil, a nivel nacional y con Gobiernos extranjeros y organismos internacionales. Y también sabemos que estos esfuerzos, para que sean realmente eficaces, requieren liderazgos claros en cada uno de esos sectores.

El futuro de la IA en México depende ahora de nuestra capacidad de aprovechar esa valiosa experiencia.

Referencias

Ania, I. y Mejía, M. (2007, 25 de julio). Considering the growth of the software services industry in Mexico. *Information Technology for Development. 13*(3), 269-291.

Canadian Institute for Advanced Research. (2017, 3 de marzo). *Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy Overview.* Consultado el 30 de abril de 2018 de https://www.cifar.ca/assets/pan-canadian-artificial-intelligence-strategy-overview

Centro de Tecnología Cognitiva de Hospitales Ángeles. (2018). *¿Qué es IBM Watson for Oncology?*. Consultado el 3 de mayo de 2018 de http://centrodetecnologiacognitivahospitalesangeles.com/queeswatson.php

Comisión Europea. (2018, 25 de abril). *Communication Artificial Intelligence for Europe*. Consultado el 30 de abril de 2018 de https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/communication-artificial-intelligence-europe

Consejo de Estado de la República Popular China. (2017, 8 de julio). *Plan de desarrollo de IA de nueva generación.* Consultado el 2 de mayo de 2018 de http://www.gov.cn/zhengce/content/2017-07/20/content_5211996.htm. [La organización Nueva América publicó una traducción de este documento en https://www.newamerica.org/cybersecurity-initiative/blog/chinas-plan-lead-ai-purpose-prospects-and-problems]

Coordinación de la Estrategia Digital Nacional. (2015, 6 de noviembre). *Prospera Digital: Plataforma digital para el desarrollo social y la inclusión financiera.* Consultado el 3 de mayo de 2018 de https://www.gob.mx/mexicodigital/articulos/prospera-digital-plataforma-digital-para-el-desarrollo-social-y-la-inclusion-financiera

DGCS-UNAM. (2018, 21 de mayo). *Desarrollan en la UNAM primera inteligencia artificial que responde dudas sobre el proceso electoral.* Boletín UNAM-DGCS-324. Consultado el 21 de mayo de 2018 de http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2018_324.html

Digital Opportunity Iniciative. (2001, julio). *Creating a Development Dynamic*. Consultado el 14 de agosto de 2006 de https://www.markle.org/sites/default/files/doifinalreport.pdf

Executive Office of the President of the United States. (2016, octubre). *The national artificial intelligence research and development strategic plan*. Consultado el 14 de marzo de 2018 de https://www.nitrd.gov/PUBS/national_ai_rd_strategic_plan.pdf

Gobierno de los Emiratos Árabes Unidos. (2017, octubre). *UAE Strategy for Artificial Intelligence.* Consultado el 4 de abril de 2018 de https://government.ae/en/about-the-uae/strategies-initiatives-and-awards/federal-governments-strategies-and-plans/uae-strategy-for-artificial-intelligence

Han-Jjoo, K. (2018, 15 de mayo). S. *Korea to inject 2.2 tln won in AI to become global powerhouse*. Consultado el 7 de mayo de 2018 de http://english.yonhapnews.co.kr/search1/2603000000.html?cid=AEN20180515008700320

Instituto Nacional de Astrofísica, Óptica y Electrónica. (2011, junio). *La vanguardia de la investigación en modelos gráficos probabilistas dinámicos y sus aplicaciones visita Puebla.* Consultado el 16 de mayo de 2018 de http://inaoe.gob.mx/portalfiles/Boletin_Dynamo.pdf

México Exponencial. (2017). *¿Qué es México Exponencial?* Consultado el 5 de diciembre de 2017 de http://www.mexicoexponencial.mx

National Research Foundation. (2017). *AI Singapore*. Consultado el 30 de abril de 2018 de https://www.nrf.gov.sg/programmes/artificial-intelligence-r-d-programme

Pérez, R. (2018). *Mexica: 20 años 20 historias*. Consultado el 16 de mayo de 2018 de http://dccd.cua.uam.mx/difusion/MexicaLibro

Riquelme, R. (2018, 15 de febrero). *México sumará una Estrategia Nacional de Inteligencia Artificial: Yolanda Martínez*. Consultado el 3 de mayo de 2018 de https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/Mexico-sumara-una-Estrategia-Nacional-de-Inteligencia-Artificial-Yolanda-Martinez--20180215-0040.html

Rojas, C. y Ania, I. (1989 septiembre). *Sistema computacional para la construcción automática de simuladores. Memorias de la XVII Conferencia Internacional IEEE sobre Investigación en Ingeniería Eléctrica, Electrónica, Comunicaciones y Computación, MEXICON-89* (pp. 17-22). Ciudad de México.

Schwab, K. (2017). *The Fourth Industrial Revolution. Consultado* el 27 de febrero de 2017 de https://www.weforum.org/about/the-fourth-industrial-revolution-by-klaus-schwab

Silva, J. (1990, 22 de enero). DIPAC, proyecto orientado al apoyo de la industria nacional. *Gaceta UNAM,* (2442), p. 10.

Sputnik International. (2017, 1 de septiembre). Putin *Reveals Who Will Be the Lord of the World*. Consultado el 2 de mayo de 2018 de https://sputniknews.com/russia/201709011057000758-putin-schoolchildren-world-lord

Strategic Council for AI Technology. (2017). *Artificial Intelligence Technology Strategy.* Consultado el 30 de abril de 2018 de http://www.nedo.go.jp/content/100865202.pdf

UNAM. (1990, febrero). El proyecto DIPAC, valiosa herramienta de trabajo para el área de ingeniería química. *Gaceta de la Facultad de Química,* 11. UNAM

Villani, C. (2018, 29 de marzo). *Donner un sens à l'intelligence artificielle. Pour une stratégie nationale et européenne.* Consultado el 30 de marzo de 2018 de https://www.aiforhumanity.fr/pdfs/9782111457089_Rapport_Villani_accessible.pdf

Ignacio de Jesús Ania Briseño

ignacio.ania@grenoble-inp.org

Ingeniero químico egresado de la UNAM, con estudios de posgrado en la Escuela Nacional Superior de Informática y Matemáticas Aplicadas de Grenoble, Francia, en donde obtuvo, en 1988, el grado de doctor en Informática, defendiendo una tesis en la que utilizó técnicas de inteligencia artificial para el manejo de información de gran complejidad semántica.

De 1990 a 2000 desempeñó diversas funciones de alta dirección en Softtek (empresa líder de consultoría y servicios de informática), incluyendo la participación como miembro del Consejo de Administración y la vicepresidencia de las regiones Andina y Caribe. Esto le permitió adquirir amplia experiencia: a) en la creación y dirección de empresas exitosas en varios países, y b) para asesorar a grandes compañías internacionales, a fin de que pudieran desarrollar ventajas competitivas mediante el uso estratégico de sus recursos, principalmente informáticos, como la inteligencia artificial.

Su experiencia docente inició en 1981. Como profesor e investigador ha dirigido en México y en Europa importantes proyectos para mejorar el desempeño de las empresas, utilizando en algunos casos tecnología de inteligencia artificial. Asimismo, ha impartido diversos cursos científicos y técnicos referentes a la inteligencia artificial, entre otros temas, incluso en nivel de posgrado, en reconocidos institutos, universidades y otros centros de investigación y docencia.

En 1990 fue presidente del Segundo Congreso Iberoamericano de Inteligencia Artificial (Iberamia). Autor de varios artículos presentados en congresos nacionales e internacionales, ha sido conferencista en múltiples foros universitarios y centros de investigación de México y otros países.

De 2002 a 2008 fue profesor investigador de tiempo completo del ITAM, asesor de organizaciones, tanto públicas como privadas, Co-Chair del Congreso Internacional AMCIS 2006, de la *Association for Information Systems*; secretario (2003-2005) y vicepresidente (2006-2011) del Comité Directivo de la Academia Mexicana de Informática (AMIAC), y secretario del Comité Directivo 2004-2005 de la *Latin American and Caribbean Association for Information Systems* (LACAIS).

De 2008 a 2011 estuvo al frente de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA) de la UNAM, que en 2010 cambió de denominación a Dirección General de Cómputo y de Tecnologías de Información y Comunicación (DGTIC), en virtud de la amplia gama de iniciativas realizadas en beneficio de la universidad y de su comunidad.

Desde 2017 es miembro fundador del centro de pensamiento estratégico México Exponencial.

Las computadoras y las matemáticas

Enrique Calderón Alzati

Resumen. Se tiene la idea de que las matemáticas son un área de difícil comprensión y escasa utilidad para los seres humanos en sus actividades cotidianas; la inteligencia artificial y los estudios recientes sobre el funcionamiento del cerebro nos indican que esto es falso, reconociendo que el cerebro humano tiene una enorme capacidad para realizar estimaciones y cálculos matemáticos, y que ésta es utilizada de manera inconsciente en prácticamente todas las actividades humanas, de manera similar a la utilización de los "ordenadores" actuales, cuyo funcionamiento interno se reduce a operaciones aritméticas. Esta capacidad ha sido heredada de otras especies animales mediante el proceso evolutivo descrito por Darwin en su obra *El origen de las especies*, llevándonos a la conclusión de que el método didáctico utilizado en las escuelas es totalmente equivocado, en virtud de que se reduce a la enseñanza de la gramática de los lenguajes matemáticos sin hacer referencia a su semántica; esto abre una enorme oportunidad de desarrollo de *software* educativo.

El béisbol y el misterio de las matemáticas

Para los aficionados a los diferentes deportes que se realizan con balones y pelotas, como el futbol, el basquetbol, el béisbol, les pasa desapercibido el hecho de que los movimientos y, sobre todo, los lances más emocionantes requieren necesariamente la realización de estimaciones y cálculos complejos efectuados a gran velocidad en el cerebro de los jugadores, sin que ellos sean conscientes.

En el deporte donde esto se puede observar y constatar con mayor facilidad es en el béisbol, en el que los jugadores, en su turno al bate, son capaces de impactar la pelota que les lanza el pícher del equipo contrario a velocidades cercanas a más de 120 Km/hora (40 m/seg), lo cual implica que el bateador debe lograr el impacto de su bate con la pelota en un lapso de un centésimo de segundo, durante el cual ésta cruza los 50 cm del *home* frente a él, disparándola en la dirección correcta para lograr un *hit*, lo cual sucede con alta frecuencia.

A nadie se le ocurriría preguntarle al bateador después de que conecta un jonrón, ¿dónde estudió usted matemáticas para lograr lo que ha hecho? Si pensamos en lo que necesariamente ha sucedido, es que sus receptores visuales han podido captar la altura y la dirección con la que se acerca la pelota, transmitiendo la información al cerebro, que de manera instantánea realiza algunas funciones (que a la fecha se empiezan a conocer y de algún modo son equivalentes a la realización de cierto tipo de cálculos) para luego enviar órdenes a los músculos y articulaciones del cuerpo para lograr interceptar la pelota con el bate, en el momento y con la dirección precisa, todo ello sin que el jugador sea consciente del proceso realizado por su sistema nervioso central.

Pero ahora vayamos a donde se encuentra el jardinero central del equipo contrario, quien luego de escuchar el impacto del bate con la pelota la ve elevarse pasando por arriba del pícher y luego de la segunda base, comenzando a correr hacia atrás, tratando de llegar al lugar donde debe caer, para interceptarla antes de que toque el suelo, con el objeto de impedir que sea un *hit*. Si analizamos lo que sucede, nos encontramos con que la pelota se debe mover en una trayectoria parabólica, que puede ser representada por una ecuación de segundo grado, y el punto donde la pelota debe tocar el suelo está dado por una de las soluciones de esa ecuación.

Para determinar ese punto, su cerebro debe realizar una sucesión de procesos neuronales, cuyo resultado es similar al que representa la solución de la ecuación. Sin embargo, la solución de una ecuación de segundo grado toma normalmente por lo menos un par de minutos a un estudiante avezado o a un maestro de matemáticas, mientras que al jugador de béisbol le lleva un tiempo máximo de dos a tres segundos, y sin contar previamente con la ecuación.

Esto implica que de algún modo el cerebro es capaz de obtener las características fundamentales de la trayectoria de la pelota, para a partir de ellas estimar donde caerá al suelo, y lo más impresionante es que por una parte los jugadores no sean conscientes

del proceso, y que para lograrlo no requieran de años de estudio de las matemáticas, sino sólo algunos meses de entrenamiento en los campos de béisbol a cielo abierto, siendo esto similar a lo que sucede en los otros deportes mencionados, al igual que en muchos otros casos de la vida cotidiana, lo cual choca de alguna manera con nuestra percepción de que las matemáticas constituyen una materia difícil y poco útil para enfrentar los problemas cotidianos.

Aunque hoy en día se sabe todavía poco de lo que sucede en el cerebro durante esos procesos (Eagleman, 2015), se piensa que su funcionamiento le permite en algunas situaciones críticas percibir con lentitud los movimientos externos que observa, probablemente mediante la aceleración de la actividad neuronal, a partir de procesos metabólicos cuyo origen es desconocido hasta ahora, los cuales posibilitan la caracterización del movimiento, de manera similar a las conocidas ecuaciones utilizadas en nuestro lenguaje matemático, a partir de las cuales es posible determinar la región donde la pelota habrá de caer, e ir incrementando la precisión mediante un esquema de aproximaciones sucesivas.

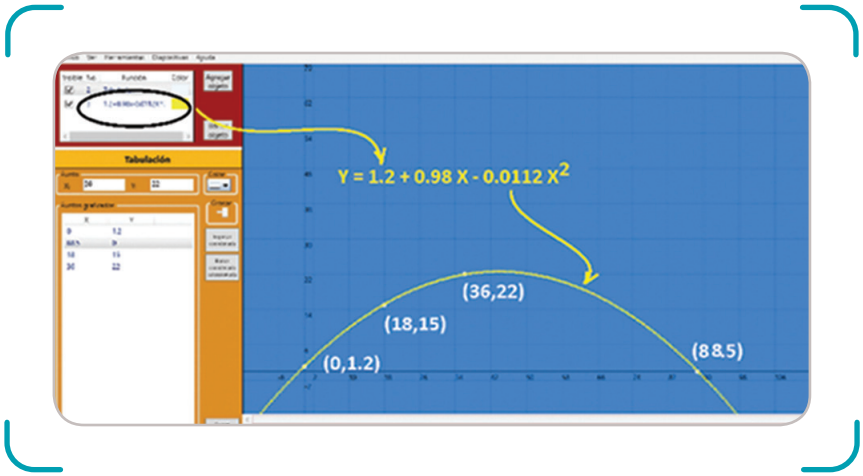


Figura 1. Determinando el lugar donde la pelota debe tocar el suelo mediante el laboratorio de matemáticas de Galileo

Todo esto nos conduce a pensar que nuestro cerebro tiene entonces capacidad para resolver una amplia gama de problemas de índole matemática sin que seamos conscientes de ello.

Los seres humanos, matemáticos de nacimiento

El tema de las matemáticas y el deporte nos lleva necesariamente a preguntarnos si nosotros tendremos algunas otras capacidades similares a las señaladas, lo cual parece definitivamente cierto. Tomemos el caso de los dos jóvenes que se observan en la figura siguiente, tomando café mientras platican, posiblemente con el ánimo de coquetear.

Figura 2. Jóvenes tomando café. ¿Dónde están las matemáticas?

Al observar la fotografía, es posible percatarnos de que mientras ellos platican sostienen las tazas de café para llevarlas a su boca; esto, que nos parece sencillo, no lo es tanto: su cerebro debe tener bajo control la posición e inclinación relativa de las tazas, de manera que al llevarlas a la boca la aproximación sea precisa, eliminando las posibilidades de que el café se desparrame sobre la mesa, que el filo de la taza choque con sus mejillas o que su propia nariz se sumerja en él, lo cual implica que algunas redes neuronales permanecen realizando estimaciones y decisiones similares a las que tomaría un robot para exhibir un comportamiento "inteligente". Este tipo de acciones son realizadas permanentemente por nuestro cerebro de manera inconsciente.

En algunos casos, la atención concentrada en lo que estamos haciendo debe ser mayor, como sucede con el niño de la imagen siguiente, que a una edad de cuatro años está construyendo una figura "simétrica" sin que haya tomado curso alguno de geometría, ni comprenda específicamente el concepto *equilibrio*. ¿Cómo explicar tales capacidades?

Figura 3. Niño de cuatro años construyendo una figura simétrica con bloques de madera

Un hecho que ha llamado la atención en tiempos modernos es el encuentro con estructuras llenas de simetría en prácticamente todas las culturas antiguas (China, Persa, Egipcia, Griega, Celta, Árabe, Africana y Mesoamericana), mientras que a partir del siglo XX, la gran matemática alemana Emily Noether planteó que todos los principios

de la naturaleza están relacionados con la simetría (Lederman, 2006).

Otra capacidad que generalmente nos pasa desapercibida es el reconocimiento de las personas con las que anteriormente hemos tenido alguna relación, cuando las volvemos a ver en alguna reunión o lugar público. Por los avances logrados en el estudio del cerebro, así como en el desarrollo de la inteligencia artificial (Charniak, Riesbeck, McDermot & Meehan, 1987), sabemos que esta habilidad utiliza algunas medidas referentes a las relaciones entre las dimensiones de algunos rasgos de la cara, como la separación de los ojos, el grueso de los labios, la longitud de la nariz o la altura relativa de los ojos respecto a los oídos, los cuales son captados por nuestro sistema visual y enviados al cerebro para su comparación con las de docenas o centenas de datos correspondientes a personas conocidas, cuyas dimensiones y relaciones son almacenadas en nuestra memoria y son asociadas a nombres propios o descripciones que nos permiten identificarlas.

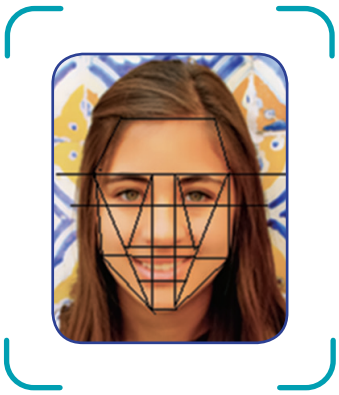


Figura 4. El reconocimiento de las personas a partir de relaciones entre partes de su rostro (Mowshowitz, 1976)

Lo anterior de paso nos explica por qué nos cuesta trabajo reconocer en cambio a personas de origen asiático, en la medida en que los parámetros que distinguen a unos de otros son diferentes a los nuestros. La única explicación posible para la existencia de estas capacidades relacionadas con las matemáticas es que todas son parte de nuestra naturaleza misma, es decir, que de alguna manera las poseemos desde el instante mismo de nuestro nacimiento, sin ser necesario que alguien nos enseñe a utilizarlas, lo cual nos genera de inmediato toda una serie de dudas relacionadas con nuestra propia existencia. ¿Se trata de una capacidad exclusiva de la especie *Homo Sapiens* o existirán algunas otras especies que la posean también? ¿Qué ventajas nos da poseer estas capacidades? ¿Cómo podemos hacer uso de ellas en otras actividades?

Las computadoras y las matemáticas invisibles

Cuando las primeras computadoras entraron en operación (1950) en algunos centros de investigación de los Estados Unidos e Inglaterra, se pensaba que serían de gran ayuda para realizar los cálculos asociados con los vuelos espaciales, con los estudios de la física nuclear y con el cálculo de grandes estructuras de puentes y presas para las plantas hidroeléctricas,

pensándose que ello representaría un mercado importante de 100 a 200 computadoras para todo el mundo.

Una década después (1960), la industria del cómputo se pudo percatar de que esos equipos podrían ser utilizados para el proceso electrónico de datos por los grandes bancos y las instituciones de gobierno, de manera que su producción y venta llegara a ser 100 veces mayor al final de esa década. Con el desarrollo de los circuitos integrados, las primeras bases de datos, los sistemas de información y el llamado *Time Shaing* en 1970, se redimensionó nuevamente el volumen del mercado, permitiendo realizar tareas cada vez más diversas y menos asociadas con la realización de cálculos complejos (Mowshowitz, 1976).

Con el advenimiento de la computación gráfica, de las microcomputadoras y las computadoras personales y las tabletas electrónicas, el crecimiento del mercado se ubicó en los cientos y después miles de millones de equipos, mientras que la idea de que estos equipos eran máquinas para hacer cálculos se perdió por completo; sin embargo, en su esencia todas ellas siguen siendo máquinas que en realidad son sólo equipos de cómputo, aunque los resultados que presenten puedan ser documentos, materiales gráficos, videos y películas en los que nunca aparece número alguno ni expresiones matemáticas.

Tomemos por ejemplo un mapa generado por un sistema de información geográfica en el que aparecen regiones iluminadas de acuerdo con una variable social, mostrando las diferencias en cada municipio del país, y sin mayor referencia de carácter numérico, excepto por los porcentajes de alumnos reprobados en matemáticas mostrados en una paleta anexa.

Cuando analizamos lo que la computadora ha hecho para elaborar ese mapa, pronto nos percataremos de que cada color que aparece es generado a partir de un código numérico que define las proporciones de pixeles de los colores básicos (rojo, azul, y amarillo) que deben utilizarse en cada región, mientras que los límites de las regiones (entidades y municipios) están definidos en una tabla interna que contiene vectores representados por tríadas de números asociados con la ubicación de su origen, su longitud y su dirección, todos ellos dados por números que representan posiciones en alguna tabla ubicada en la memoria de la computadora.

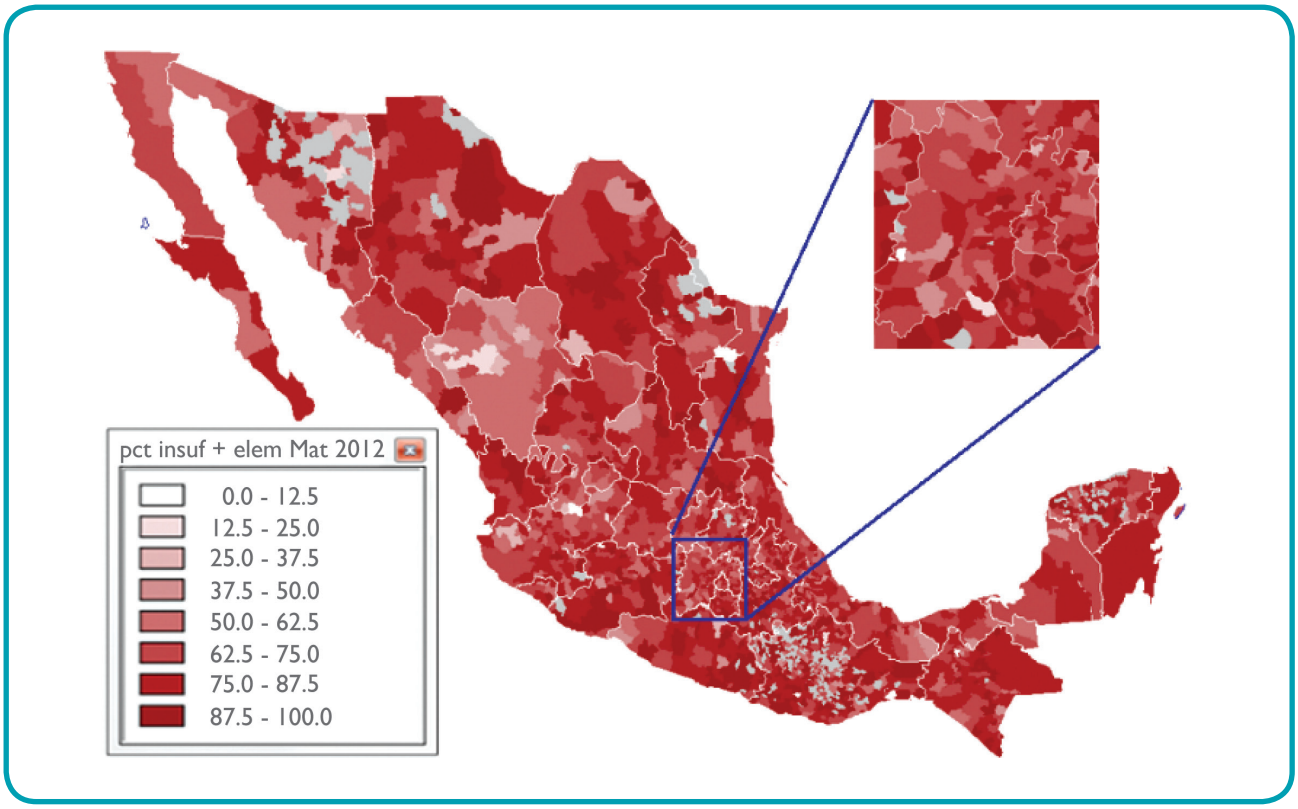


Figura 5. Mapa de la república que muestra el porcentaje de alumnos evaluados en la prueba ENLACE de 2012, con conocimientos insuficientes o elementales (es decir, reprobados)

De todo esto se sigue de inmediato la duda sobre la posible información de carácter numérico guardada en nuestra memoria y procesada por las redes neuronales del cerebro, utilizando para ello códigos y mecanismos que aún son desconocidos.

La tesis de Turing y el origen de las especies

En los inicios del siglo XX se dio una revolución en el campo de la física a partir de dos hechos diferentes: el primero, relacionado con el descubrimiento del electrón y de los rayos X (llamados así porque su origen y naturaleza eran desconocidos), que darían lugar al nuevo paradigma de la mecánica cuántica (Atkins, 2003) que permitió iniciar el estudio del núcleo atómico. El segundo fue el experimento de Michelson y Morley para

medir la velocidad de la luz (aproximadamente de 300 000 Km/seg), que parecía ser la misma independientemente de la posición y movimiento del observador, lo cual llevó a Albert Einstein a proponer su teoría de la relatividad especial, en donde afirmaba que dicha velocidad era invariante ante cualquier movimiento del observador y mostraba que también en el caso de las grandes galaxias, como en el del núcleo atómico, las leyes de la mecánica clásica de Isaac Newton, dejaban de ser válidas.

Algo similar sucedió en el campo de las matemáticas cuando el matemático austriaco Kurt Gödel planteó que todos los sistemas matemáticos formales eran incompletos (Colyvan, 2012) (es decir, que existían afirmaciones matemáticas que no se podían probar), o bien inconsistentes (en los que se podía llegar a probar como ciertas afirmaciones que fuesen indudablemente falsas, como que 1 = 2), lo cual abría la posibilidad a la existencia de problemas matemáticos que podrían no tener solución.

Uno de tales problemas parecía ser la posible definición de una regla general que permitiese obtener el enésimo primo f(n) = Primo(n) para todos los números enteros, cuando se conocen los más pequeños de ellos: Primo(1) = 1, Primo(2) = 3, Primo(3) = 7, Primo(4) = 11, Primo(5) = 17, Primo(6)=19, Primo(7) = 23, Primo(8) = (29), etc. El problema distaba mucho de ser sencillo, en virtud de que todos los esfuerzos conocidos para encontrar esa regla general habían fracasado. Sin embargo, el matemático norteamericano de la Universidad de Princeton, Alonzo Church, en su trabajo *The Calculi of Lambda-Conversion* definió un nuevo tipo de funciones, a las que se dio el nombre de funciones recursivas (Cutland, 1980), que operaban sólo sobre el dominio de los números naturales.

El nombre de estas funciones se debe a que se definen de manera recurrente, a partir de los valores que ellas mismas toman al ser aplicadas a números anteriores (más pequeños). De esta manera, el "enésimo primo" para cualquier valor de *n* se puede calcular mediante la función recursiva (Cutland, 1980) definida por las expresiones:

PRIMO (1) = 1, PRIMO (n) = (μx) ((x es primo) & (x > PRIMO (n-1))

… que se lee de la manera siguiente: a) El primer número primo es 1, b) el PRIMO(n) es el número ***más pequeño (μx)*** que es primo y que es mayor al PRIMO (n-1).

Para comprender la importancia de este concepto debemos hablar primero de otro matemático, un inglés de nombre Alan Turing, quien en 1936 planteó la tesis de que todos los problemas matemáticos que pudiesen ser resueltos en un tiempo finito de alguna manera, podrían también resolverse con una máquina que tan sólo fuese capaz de realizar una sucesión de operaciones de suma y resta, así como de comparaciones entre dos números para decidir cuál era mayor al otro y a partir de esa respuesta decidir las siguientes operaciones a realizar, todo ello en un tiempo finito y a condición de que a esa máquina se le diesen las instrucciones específicas para hacerlo.

Más que plantear esto como un principio matemático, Turing lo propuso como una posible tesis, en virtud de la imposibilidad de probarlo en la totalidad de los casos. Sin embargo, ningún otro matemático pudo encontrar alguna función que no lo fuera –incluyendo la función PRIMO(N)–, conocida por las dificultades que implicaban tanto su definición como su cálculo, lo cual llevó a ambos matemáticos a pensar que de hecho la totalidad de las funciones recursivas eran computables, y que de igual manera las funciones computables debían poderse definir recursivamente (por ello en algunas comunidades académicas la tesis de Turing se conoce como tesis de Turing & Church) (Davis, 1983).

Lo único que quedaba por comprobar era que todo esto pudiese funcionar en la realidad, pues una máquina que requiriese varias semanas para calcular el PRIMO (1378) resultaría inviable. La prueba definitiva a este respecto se dio cinco años después, cuando en medio de la Segunda Guerra Mundial, el Servicio Secreto Británico le planteó a Turing, a principios de 1941, la necesidad de construir una máquina capaz de realizar la decodificación de los mensajes codificados que los alemanes enviaban a sus submarinos para indicarles las trayectorias de los barcos que se acercaban a Inglaterra con alimentos, medicinas y pertrechos militares enviados desde Canadá y Australia. El principal problema era lograr que la máquina pudiera descifrar en tiempos muy cortos (del orden de 1 a 2 horas) las codificaciones realizadas por los alemanes, pues se había detectado que utilizaban números primos precisamente para impedir su desciframiento.

La máquina pudo ser construida, disminuyendo considerablemente la efectividad de los submarinos y la pérdida de barcos, dando lugar a que en 1944 se construyeran las primeras computadoras electrónicas en varias universidades norteamericanas y en la de Manchester en Inglaterra, dando así inicio a la era de la computación.

El desarrollo tecnológico de las computadoras se ha dado en varias direcciones, la primera de las cuales ha estado orientada a la construcción de máquinas significativamente más eficientes, logrando aumentar su velocidad de cómputo varios miles de veces y reducir sus dimensiones, de manera que una tableta tenga hoy más capacidad que una máquina de la década de 1960, que requería de un espacio de cientos de metros cuadrados para su instalación.

Lo que a Alan Turing nunca se le ocurrió pensar es que el cerebro de algunos animales contara con capacidades similares a la máquinas que él había concebido. Tal era por ejemplo el caso de las arañas, que como sabemos son capaces de construir estructuras geométricas bidimensionales con un alto grado de simetría; pero no es el único ejemplo a citar, pues podemos hablar igualmente de las abejas constructoras de sus panales para el almacenamiento de la miel, o de las aves de caza, capaces de estimar distancias y dimensiones de objetos lejanos para poder capturar a sus presas mediante trayectorias de vuelo que implican la realización de estimaciones utilizando escalas logarítmicas.

Todo esto nos lleva directamente al descubrimiento de Charles Darwin en torno al proceso evolutivo, de acuerdo con el principio de la selección natural:

"Son los individuos más aptos los que terminan sobreviviendo y reproduciéndose" (Darwin, 2009), y ello está dado en muchos casos por la capacidad matemática de sus cerebros y por la capacidad de éstos para incidir en el comportamiento de esos individuos.

A partir de estas ideas, Darwin planteó en su libro *El origen del hombre* la posibilidad de que las capacidades cerebrales de los seres humanos pudieran explicarse a partir de las de sus ancestros que les dieron esas ventajas frente a sus especies competidoras, de manera que las capacidades relacionadas con las matemáticas se mantuvieron, permitiendo que los seres humanos las heredaran de sus ancestros. Entre tales capacidades heredadas sobresalieron también las relacionadas con el lenguaje, que de alguna manera están relacionadas con el crecimiento relativo del cráneo del *Homo Sapiens* (Darwin, 2018).

El problema está en la educación

En las secciones anteriores dimos varios ejemplos de las capacidades innatas de los seres humanos para realizar estimaciones (cálculos muy aproximados) que nos permiten resolver diferentes tipos de problemas de carácter matemático, lo cual choca con las dificultades que la mayoría de los estudiantes tienen con las matemáticas escolares, llevándoles a optar por una profesión que nada tenga que ver con ellas, o incluso a abandonar sus estudios.

Esto nos lleva necesariamente a inferir que si el problema no está en los seres humanos, debe estar necesariamente en la forma en que las matemáticas se enseñan a los estudiantes. Pensando así es relativamente fácil determinar el origen del problema: radica en la enseñanza mecanicista y memorística, que obliga a los estudiantes a memorizar las respuestas a preguntas específicas ("¿A cuánto es igual 3 X 8?" Repuesta, "a 24") sin entender por qué y a memorizar también reglas mecánicas cuyo significado y razón de ser les son igualmente desconocidos, como el caso de los llamados *productos notables*: "El cuadrado de un binomio es igual al cuadro de su primer término más el doble producto...", y aquí los problemas comienzan, porque ¿qué sucede si uno de los términos del binomio es a su vez otro binomio y si además ese binomio también esta elevado al cuadrado?

Algo igual pasa con la receta para encontrar la suma de varias fracciones haciendo uso del concepto de *mínimo común múltiplo*, sin que el concepto se comprenda ni su utilización se justifique. Para encontrar la respuesta debemos estudiar por qué en los deportes los jugadores profesionales son tan buenos y también los aficionados lo sean.

El principal error en este tipo de enseñanza consiste en no tomar en cuenta que el objetivo principal y natural del cerebro es el aprendizaje, que por una parte se realiza con el apoyo de todo el cuerpo y de manera especial a partir de la información que recibe de su entorno, y que en ello el sistema visual juega con el auditivo el rol más importante. Por otra parte, hoy que las emociones constituyen

un elemento fundamental de control del cerebro, por ello su respuesta es diferente según su estado emocional: el nivel de aprendizaje en un estado de emoción es esencialmente superior al que se da cuando eso no ocurre.

Esto es precisamente lo que sucede en los deportes y ello explica en parte lo que ocurre con el bateador y el jardinero mencionados en la primera parte de este trabajo cuando están en medio de un juego de béisbol, comparado con lo que sucede con los estudiantes a los que un maestro les está tratando de enseñar cómo se resuelven las ecuaciones de segundo grado. La otra parte es que cuando el jardinero se mueve para interceptar la pelota, hay un elemento visual en el proceso de aprendizaje que se realiza, por lo que el jugador lo hará mejor las siguientes veces.

En realidad podemos decir que el álgebra, al igual que el cálculo diferencial, no es otra cosa que lenguaje matemático utilizado para representar curvas que expresan las relaciones entre dos o más variables, como el caso de la curva de la figura 3, en la que la variable "altura" de la pelota mantiene una relación con la distancia al punto donde se encuentra el bateador, curva que es captada por el cerebro del jardinero cuando la pelota se eleva para después comenzar a descender, como sucede con todas las parábolas. Nada de esto se explica a los estudiantes cuando se les pide que resuelvan la ecuación de segundo grado $Y = -0.0112\ X^2 - 0.98X + 1.2 = 0$.

El lenguaje de las matemáticas

El torrente caudal se precipita. Cuando tratamos de entender la esencia de las matemáticas podríamos decir que son un instrumento mágico ideado por el hombre para comprender los principios que rigen a la naturaleza (tal como lo afirma E. H. Gombrich en su maravilloso libro *A Little History of the World*, 2008). Para los fines de este trabajo, podemos afirmar que las matemáticas son un conjunto de lenguajes que nos permiten describir las leyes que se cumplen en el mundo que nos rodea, siendo correcto que en principio las matemáticas se enseñen así. El defecto que nos encontramos en su enseñanza consiste en que al estudiar los diferentes lenguajes matemáticos de la aritmética, del álgebra y del cálculo,

lo que se enseña son su ortografía y su gramática, mas no su significado, y cuando no se conoce el significado, tampoco hay emoción y sin emoción difícilmente podemos hablar de aprendizaje.

Quizás esta idea resulte también difícil de comprender, por lo que me permito incluir aquí como ejemplo, parte del "Himno de los Bosques", del poeta potosino Manuel José Othón:

¡El himno de los bosques! Lo acompaña
con su apacible susurrar el viento,
el coro de las aves con su acento,
con su rumor eterno la montaña

a la honda sima, con furor azota
las piedras de su lecho, y la infinita
estrofa ardiente de los antros brota.
¡Del gigante salterio en cada nota
el salmo inmenso del amor palpita!

Si cerramos los ojos y tratamos de imaginar lo que dicen estos hermosos versos, no tendremos ningún problema en hacerlo y emocionarnos con su contenido, pero pensemos ahora en la siguiente expresión tratando de imaginar su significado:

$$y = -0.275\ X^2 - 1.38\ X + 1.54$$

Además de que al verla, difícilmente podríamos sentir emoción alguna y menos aún imaginar que la ecuación se refiere a la trayectoria del balón lanzado por la jovencita de la siguiente figura, que además logra meterlo en la canasta.

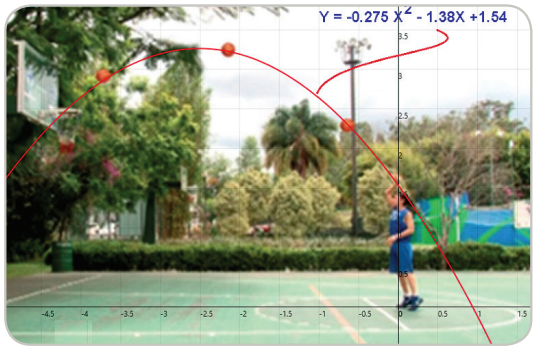


Figura 6. Significado de la expresión lingüística "Y = -0.275 X² - 1.38 X + 1.54

La informática educativa, una oportunidad para contribuir al desarrollo de nuestro país

Seguramente los lectores de este libro publicado por la Academia Mexicana de Informática, han oído hablar de las TIC y de su importancia para la educación. Desafortunadamente, las políticas gubernamentales en materia educativa han dejado a un lado el desarrollo de la informática educativa, es decir de las aplicaciones que se pueden construir utilizando el poder y la capacidad de las computadoras para mejorar los

procesos de aprendizaje, como sí lo han hecho muchos otros países.

Las experiencias que he podido lograr en este campo, utilizando los estudios del cerebro en torno a los procesos de aprendizaje y desarrollando laboratorios virtuales que faciliten a los estudiantes de educación básica y media realizar experimentos de física, matemáticas y aun de biología y de ciencias sociales, me permiten pensar que el desarrollo de programas de *software* que impulsen la creatividad y desarrollen la capacidad de aprendizaje en todos los campos del conocimiento constituyen una oportunidad profesional importante para las nuevas generaciones de informáticos mexicanos, a condición de que ellos se involucren en el estudio de las ciencias, del lenguaje y de la pedagogía (Calderón, 1988).

Referencias

He agregado las siguientes referencias, con el objeto de que los lectores interesados en los temas tratados en este documento puedan estudiarlas y despejar posibles dudas sobre los temas y términos aquí descritos o mencionados.

Atkins, P. (2003). *El dedo de Galileo. Las diez grandes ideas de la ciencia*. Madrid: Espasa.

Calderón, E. (1988). *Computadoras en la educación*. México: Trillas.

Charniak, E., Riesbeck, C. K., McDermott, D. V. & Meehan, J. R. (1987). *Artificial intelligence programming*. East Sussex, England: Psychology Press.

Colyvan, M. (2012). *An introduction to the philosophy of mathematics*. Cambridge: Cambridge University Press.

Cutland, N. (1980), *Computability: An introduction to recursive function theory*. Cambridge: Cambridge University Press.

Darwin, C. (2009). *El origen de las especies*. Madrid: Akal.

Darwin, C. (2018). *El origen del hombre*. Madrid: Edaf.

Davis, M. (1983). *Computability and unsolvability*. New York: Dover Books.

Eagleman, D. (2015). *The brain: The story of you*. New York: Pantheon Books.

Gombrich, E. H. (2008). *A little history of the world*. New Haven, Connecticut: Yale University Press.

Lederman, L. M. (2006). *Simetría y belleza del universo*. Barcelona: Tusquets.

Mowshowitz, A. (1976). *The conquest of the will. Information processing in human affairs*. Massachusetts: Addison Wesley.

Enrique Calderón Alzati

ecalderon@galileo2.com.mx

Enrique Calderón Alzati es físico teórico por la UNAM (1963), con maestría en Ingeniería Eléctrica, y PhD. en Ciencias de la Computación y la Información por la Universidad de Pennsylvania (1969).

Ha sido investigador en el Instituto de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas (IIMAS-UNAM), entre 1969 y 1971.

Director del Centro de Procesamiento y Evaluación Arturo Rosenblueth de la Secretaría de Educación Pública, entre1971 y 1976.

Director general de Sistemas y Procesos Electrónicos de la Secretaría de Programación y Presupuesto, de 1976 a 1980.

Director general de la Fundación Arturo Rosenblueth, A. C., de 1980 a 2010.

Director del Instituto Galileo de Innovación Educativa, desde 2009.

En 1992 recibió el Premio Nacional de Informática, otorgado por la Academia Mexicana de Informática A. C.

MOOC en la UNAM: inclusión y justicia social

Francisco Cervantes Pérez
Alma Xochitl Herrera Márquez
Guadalupe Vadillo Bueno

Resumen. En países donde cobertura, rezago educativo y exclusión social representan un problema para el desarrollo social y económico, la educación a distancia, en general, y los cursos abiertos en línea bajo un esquema masivo (MOOC, por sus siglas en inglés), en particular, contribuyen a reducir la desigualdad en el acceso a la educación y al conocimiento. En este capítulo se presenta cómo en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) se ha desarrollado un conjunto de MOOC en español; primero, para facilitar que la población de habla hispana tenga acceso al conocimiento generado en instituciones de educación superior y, segundo, para enriquecer la formación integral de los estudiantes universitarios. También se analiza el impacto de la oferta de la UNAM en la plataforma Coursera, al sobrepasar la cifra del millón de personas que se han inscrito al menos en uno de sus MOOC. Finalmente, se presenta el interés actual por parte de algunas instituciones de educación superior por certificar el aprendizaje adquirido en los MOOC, como créditos para programas formales.

Palabras clave: MOOC, inclusión social, educación a distancia, tecnologías digitales, innovación educativa, sociedad del aprendizaje.

Algunas situaciones problemáticas de la sociedad

En México, como en muchos otros países de América Latina y el Caribe, la exclusión social se relaciona con los sectores más humildes y con minorías discriminadas o dejadas de lado; además, representa uno de los desafíos más importantes para lograr un buen desarrollo social y económico, sobre todo si se pretende que nuestros países se integren completamente a la sociedad del aprendizaje (Multisilta et ál., 2010).

En 2016, México tenía 53 418 151 personas en situación de pobreza, de las cuales 9 375 581 vivían en pobreza extrema, lo que representaba, respectivamente, el 43.6 % y el 7.6 % del total (Coneval, 2016) de su población. Es importante hacer notar que entre entidades federativas la pobreza se distribuye de manera diferenciada. Por ejemplo, en ese año sólo el 14.2 % de la población del estado de Nuevo León vivía en situación de pobreza (737 800 personas), mientras que en el estado de Chiapas era el 77.1 % de su población la que presentaba esa situación (4 114 000 personas). Esta distribución heterogénea se da también entre comunidades indígenas, zonas rurales, áreas urbanas y grupos de personas con alguna discapacidad. El 77.6 % de la población indígena vivía en pobreza, de la cual 34.8 % estaba en pobreza extrema; mientras en zonas rurales los porcentajes eran 58.2 % y 17.4 %, respectivamente. En las áreas urbanas se tenía el 39.2 % en pobreza moderada y el 4.7 % en pobreza extrema, y en grupos de personas con algún tipo de discapacidad los porcentajes eran 49.4 % y 10 %. Cabe notar que estos números, entre mujeres y hombres que vivían en pobreza moderada y extrema, eran muy similares: 44 % y 7.7 %, y 43 % y 7.6 %. La situación en que vivían las mujeres indígenas en zonas rurales era muy injusta, con porcentajes del 85 % y 45 %, respectivamente.

La cobertura territorial y poblacional en educación superior es otra situación problemática que en México se debe resolver para elevar su desarrollo social y económico. Aquí se entiende por *educación superior* los niveles de licenciatura y posgrado, así como la educación continua que se ofrece para la capacitación y actualización de los egresados universitarios. En la actualidad, un subconjunto de los MOOC forma parte integral de la educación superior.

México es un país organizado en 32 entidades federativas: 31 estados, divididos en 2457 municipios, y la Ciudad de México, conformada por 16 alcaldías (INEGI, 2018). El número de municipios donde sus habitantes tienen acceso a una institución de educación superior (IES) con modalidad presencial es aproximadamente 681; esto es, 1776 municipios no tienen acceso a educación superior en esta modalidad. Sin embargo, con educación a distancia se ha logrado reducir la desigualdad en el acceso a la educación superior; p. ej. mediante el Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAyED) de la UNAM se da acceso a personas que viven en alguno de 884 municipios distintos.

En las 16 alcaldías de la Ciudad de México la población tiene acceso a programas de educación su-

perior en modalidad presencial, aunque desde hace ya varios años la demanda supera por mucho la capacidad de absorción de las IES públicas instaladas en la ciudad. Por ejemplo, la UNAM, en 2017-2018 (UNAM, 2018) tuvo 388 479 beneficiados en actividades académicas de educación continua, así como una matrícula de 349 515 en programas formales: posgrado con 30 310, licenciatura con 204 191, bachillerato con 14 116 y en propedéutico de la Facultad de Música con 898. En licenciatura, debido a este nivel de saturación, se ofrecen al año alrededor de 16 000 nuevos espacios y se reciben alrededor de 160 000 solicitudes para presentar el examen de selección para nuevo ingreso. En la UNAM sólo ingresa uno de cada diez aspirantes, debido a que cuenta con dos subsistemas de educación media superior (la Escuela Nacional Preparatoria [ENP] y el Colegio de Ciencias y Humanidades [CCH]), cuyos egresados tienen derecho al pase reglamentado a licenciatura. Otras IES públicas ubicadas en la Ciudad de México, como el Instituto Politécnico Nacional (IPN), la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Universidad Pedagógica Nacional (UPN) presentan un nivel de saturación semejante al de la UNAM.

En el ámbito nacional, la cobertura en educación superior (ANUIES, 2018) en el ciclo escolar 2016-2017 fue de 37.3 %, con 4 430 248 estudiantes; esto es, la educación superior está muy lejos de ser un *derecho humano y un bien público*, como lo ha propuesto la UNESCO (Daviet, 2016) y está establecido en el artículo 3.º de la Constitución de los Estados Unidos Mexicanos. Es importante señalar que si 4 430 248 estudiantes representan el 37.3 %, esto significa que 7 447 092 personas no tienen acceso a educación superior, aunque cumplan con los requerimientos establecidos para hacerlo. Si además se toma en cuenta que en la pirámide poblacional del censo 2015 la gente de entre 15 y 19 años representaba el 9 % de la población (casi 11 000 000), entonces la presión de solicitudes para ingresar a educación superior aumentará aún más en los años siguientes, por lo que el problema de cobertura en este nivel educativo sólo se agravará.

Al observar la situación, es evidente la necesidad de diseñar estrategias basadas en innovación educativa y el uso apropiado de las tecnologías digitales, para enfrentar los retos que presenta la sociedad, como: "reducir la desigualdad en el acceso a la educación superior" (SEP, 2018), para evitar que niños y jóvenes de los sectores más desfavorecidos deban resignarse a pasar el resto de su vida en la exclusión social.

UNAM: universidad abierta y educación a distancia

La UNAM es una institución pública de educación superior que también ofrece programas académicos de nivel medio superior; esto es, su misión está comprometida con la educación que inicia en el nivel medio superior y continúa a lo largo de la vida, así como con extender el acceso al conocimiento y la

cultura a toda la población en el ámbito nacional e internacional. Cabe señalar que la transformación de nuestra sociedad en una "sociedad del aprendizaje" implica considerar a la educación como un derecho humano, por lo que se vuelve necesario innovar en los modelos académicos de las IES, para que la educación pueda llegar a todos los municipios y alcaldías del país; que beneficie a más personas y a más lugares, logrando así aproximarse cada vez más a una cobertura poblacional y territorial del 100 %, con lo que la educación, realmente, se convertiría en un bien común.

En 1972, en la UNAM se creó el Sistema Universidad Abierta (SUA) para ofrecer, en modalidad abierta, programas de licenciatura, posgrado y educación continua; mientras que en 2005, al incluir programas en modalidad a distancia, se convirtió en el Sistema Universidad Abierta y Educación a Distancia (SUAyED). Además, en 2007 se creó el Bachillerato a Distancia de la UNAM (B@UNAM), y en 2013 se ofreció el primer MOOC, en asociación con la plataforma Coursera, en donde hasta el presente año se cuenta con más de 60, con lo que se complementa la actual composición de la oferta educativa de este sistema, como lo muestra la Figura 1 (SUAyED, 2018). Cabe señalar que en la actualidad los estudios de licenciatura se han convertido en una formación inicial, con duración de cuatro años; el posgrado también es de duración corta (maestría: dos años, y doctorado: tres o cuatro años); mientras que la educación continua extiende el aprendizaje de los egresados universitarios a lo largo de la vida, incluidas la vida laboral y la etapa de jubilación.

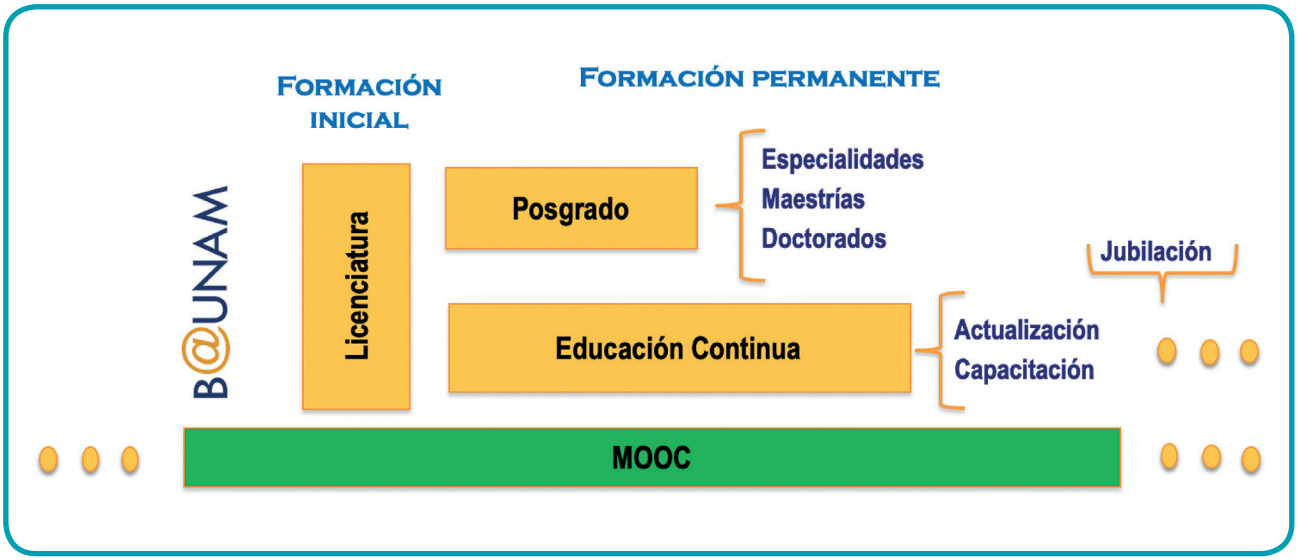


Figura 1. Oferta educativa en modalidades abierta y a distancia de la UNAM

Ecosistema Coursera

Coursera es una plataforma de aprendizaje global sobre la cual se ha construido un ecosistema en el que participan más de 150 universidades e instituciones educativas y más de 20 miembros industriales que comparten una visión del mundo donde cualquier persona, en cualquier lugar, puede transformar su vida mediante el acceso a experiencias de aprendizaje pertinentes, con materiales y recursos didácticos con calidad, y bajo un esquema de gratuidad. La oferta educativa en la plataforma Coursera ha evolucionado: en 2012 inició con cursos individuales en inglés; para 2016 arrancó *Coursera en español* y las especializaciones (equivalentes a diplomados), mientras que en 2017 la primera maestría basada totalmente en MOOC, la Maestría en Administración de Negocios, fue lanzada por la Universidad de Illinois (Echambadi, 2017).

Para 2018, en la plataforma Coursera se ofrecen más de 3000 MOOC, más de 300 especializaciones, cuatro maestrías y se han atendido más de 36 millones de aprendices, con un índice de terminación de cursos del 12 % (4.2 millones) (Maggioncalda, 2018).

En un contexto global, donde muchos empleos están en riesgo de desaparecer (McKinsey, 2015) —en México 52 %, en Estados Unidos 47 %, en Brasil 50 %, en China 51 %, en India 52 %, etc.—, 300 millones de jóvenes se incorporarán a la fuerza laboral en los próximos diez años (Maggioncalda, 2018) —13 millones en México—. La UNAM y todas las IES públicas y particulares deben contribuir a mejorar la cobertura actual del 37.3 % (ANUIES, 2018), atendiendo a la vez el gran rezago educativo y la desigualdad en el acceso al conocimiento y a la educación. Esto sólo se podrá lograr ofreciendo una buena educación que garantice el aprendizaje permanente y no asociado sólo a un tiempo y lugar específicos de la vida, lo cual guiará a México a convertirse en una real sociedad del aprendizaje.

Impulso a la inclusión y justicia social

En 2013, la UNAM se incorporó al ecosistema Coursera y en 2016 inició una nueva etapa, alineando su oferta de MOOC con su *Plan de Desarrollo Institucional 2015-2019* (Graue, 2017), con el arranque del proyecto "Coursera en español", donde se une a otras siete IES de Iberoamérica: la Universidad Austral (Argentina), la Universidad Autónoma de Barcelona, la Universidad de los Andes (Colombia), la IE Business School de España, la IESE-Universidad de Navarra, el ITESM (México), y la Pontificia Universidad Católica de Chile.

En la UNAM se diseña una estrategia orientada a potenciar el impacto de sus actividades sustantivas de extensión y docencia en todas las áreas de conocimiento, por lo que su oferta actual de MOOC (Coursera, 2018a) está conformada por 66 cursos: cinco en humanidades y artes, 28 en ciencias sociales, 13 en ciencias biológicas, químicas y de la salud, y 20 en ciencias físico-matemáticas e ingenierías. Además,

cuenta con nueve especializaciones: Introducción a la Inteligencia Artificial; Database Systems; Tecnología Musical; Creatividad, Diseño e Innovación: Técnicas y Herramientas; Habilidades Gerenciales; Finanzas Corporativas; Desarrollo de Aplicaciones Móviles con Android; Fundamentos Estratégicos Empresariales; y Estrategias de Negociación.

De manera individual, la UNAM cuenta ya con seis MOOC que rebasan los 100 000 beneficiados: 226 818 por el curso *Ser más creativos*; 184 102 por *Finanzas personales*; 140 912 por *Robótica*; 123 313 por *Aprender*; 112 143 por *Pensamiento científico*; y 104 114 por *Álgebra básica*. Es importante resaltar que la evaluación promedio de sus MOOC es de 4.68 (en una escala de 5), mientras que la global en Coursera es de 4.5; que en enero de 2018 se rebasó la cifra del 1 000 000 de personas que se han inscrito en al menos uno de sus MOOC, y que en octubre de 2018 el total de estudiantes inscritos sumaba ya 1 731 271 (Fig. 2).

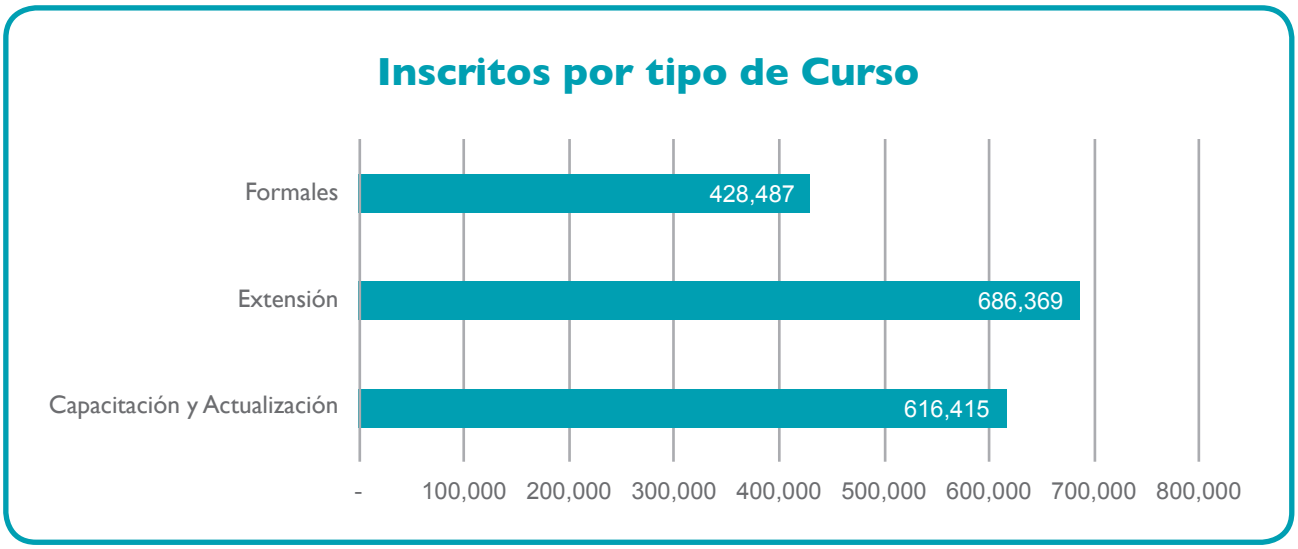


Figura 2. Distribución de personas registradas en los MOOC de la UNAM en extensión y docencia (cursos formales y de educación continua). Elaborada a partir de Coursera, 2018b

Otros aspectos importantes a considerar en relación con el impacto que está teniendo este tipo de oferta educativa son los 195 países donde viven personas que han tomado los MOOC de la UNAM (Fig. 3), y el rango de edades de los estudiantes, con promedio en los 32 años y con el 81 % entre los 18 y 39 años (Fig. 4). La población beneficiada principalmente vive en México (en donde el 48 % accede a su MOOC mediante un dispositivo móvil) y en países de América Latina y el Caribe; pero, aunque no están en la gráfica, también hay personas de países de África, Asia, Europa y Oceanía que toman MOOC en español.

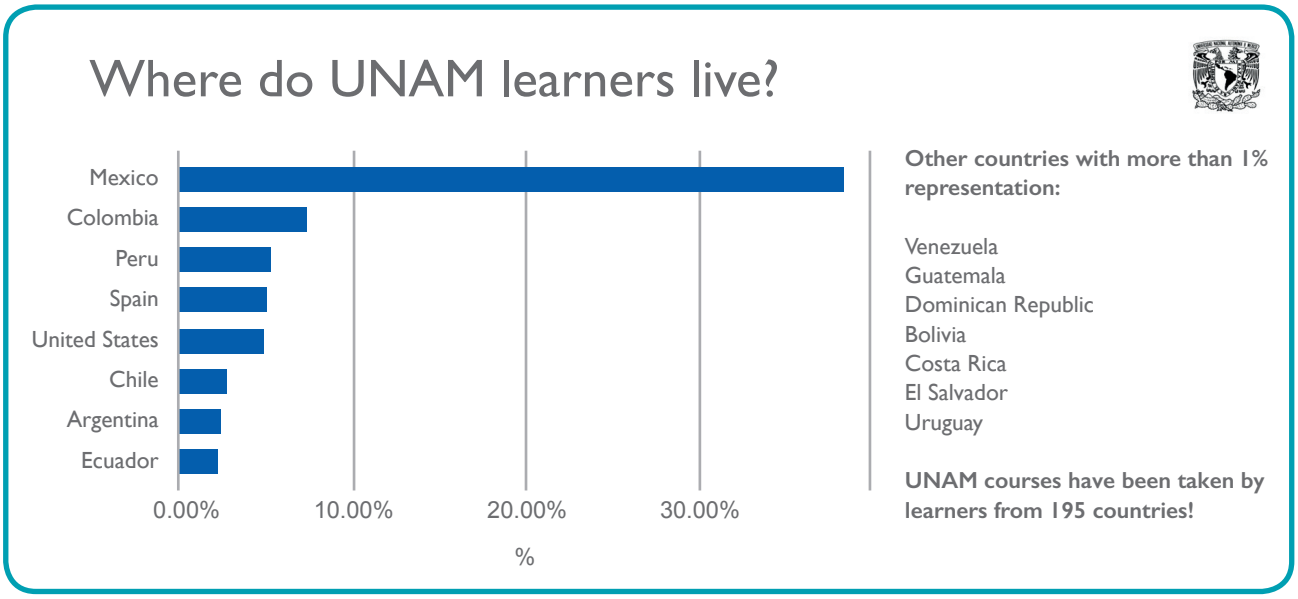


Figura 3. Países donde viven los registrados en MOOC-UNAM. Elaborada a partir de Coursera, 2018b

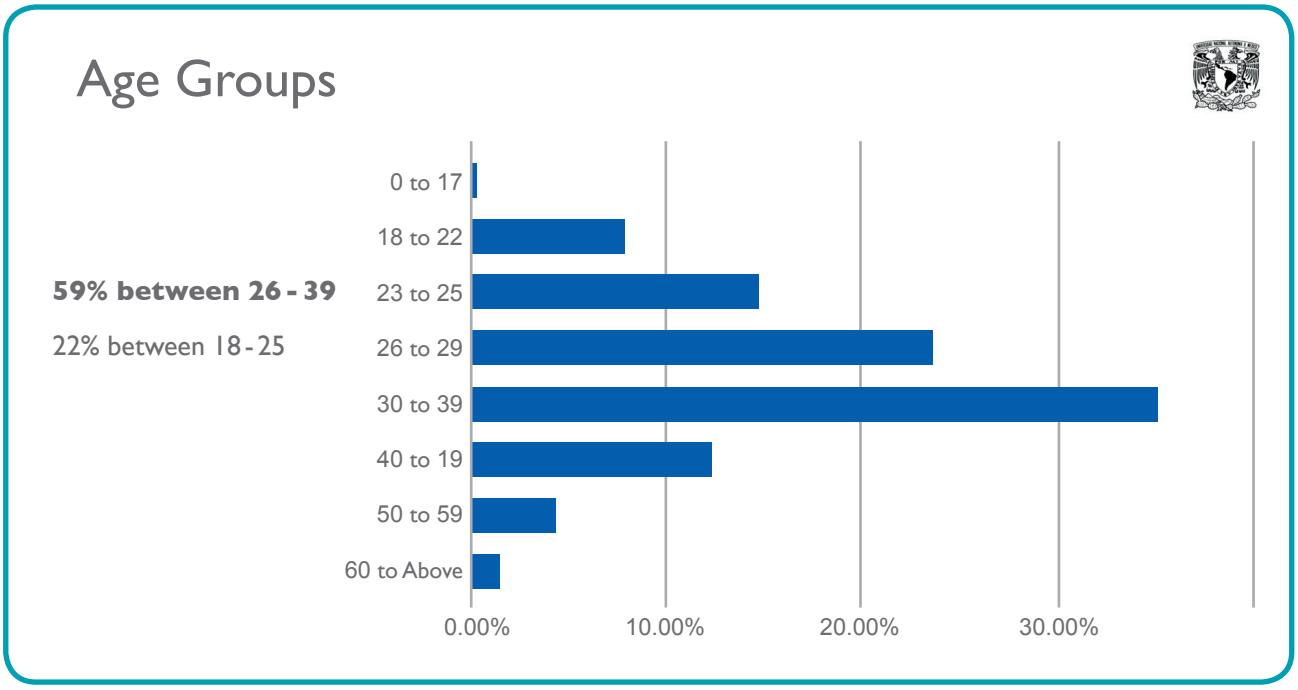


Figura 4. Grupos de edades de los aprendices registrados en los MOOC de la UNAM. Elaborada a partir de Coursera, 2018b

También se observa que el mayor impacto de los MOOC de la UNAM se ha dado en población en edad laboral y socialmente activa. Por ello, con la oferta orientada a extensión y cursos formales de 1 114 856 registrados, se ha contribuido a disminuir la desigualdad en el acceso al conocimiento, la cultura y la educación. Por su parte, con los 616 615 estudiantes que tomaron cursos de capacitación o de actualización, se espera haber logrado un efecto importante en la mejora de su competitividad y capacidad productiva.

En adelante, las transformaciones que se anticipen deberán mantener la posición de que la educación es un bien público y social, y que los cambios que se propongan deberán alinearse con algunas tendencias que definirán a la universidad en el futuro:

1. La democratización en el acceso al conocimiento, debido sobre todo a la disponibilidad del conocimiento en línea y a la expansión masiva en el acceso a la educación universitaria en mercados desarrollados y en desarrollo.
2. La integración de la universidad con la industria las convertirá en motores de la innovación y de crecimiento económico.
3. El empleo extenso e intensivo de las tecnologías digitales.

El futuro empieza hoy

Los futuros laboral y educativo están convergiendo, posiblemente a causa de la velocidad exponencial con la que ocurren los cambios provocados por la 4.ª revolución industrial y el impacto que están teniendo en todos los sectores de la sociedad y en todos los países del mundo, transformando radicalmente los sistemas de producción, gestión y gobierno. ¿Cómo se resolverá esta convergencia en un futuro donde, conforme crezca el Internet de las cosas, se prevé la duplicación de los datos disponibles en Internet en sólo cuestión de horas?

La educación universitaria pública en este futuro es un misterio pero, seguramente, la educación a distancia y dual, con experiencias de aprendizaje colaborativo e individualizado, con actividades en ambientes presenciales y virtuales y bajo un esquema masivo, serán parte esencial de sus actividades sustantivas.

Para muestra basta mencionar que los MOOC se han convertido en el camino hacia el posgrado en línea; en 2017 la Universidad de Illinois lanzó sus primeros programas de maestría: Master in Business Administration, iMBA, y Master of Science in Accountancy, iMSA, 100 % mediante MOOC (Fig. 5).

Posteriormente se han sumado otras IES de Estados Unidos y Europa: Macquarie University, HEC Paris, Arizona State University, University of London y University of Pennsylvania, con lo que en la actualidad, mediante la plataforma Coursera, se puede acceder a cualquiera de diez programas de maestría.

También, en su oferta educativa para programas formales y educación continua, la universidad pública deberá contemplar los temas más recurrentes en la demanda de la gente de México en la plataforma Coursera; por ejemplo, en tecnologías (ingeniería de *software*, sistemas operativos, interacción

hombre-máquina, ingeniería en seguridad, redes de computadoras, visualización de datos, aprendizaje de máquina, administración de datos) y en negocios (finanzas, ventas, mercadotecnia, administración y comunicación).

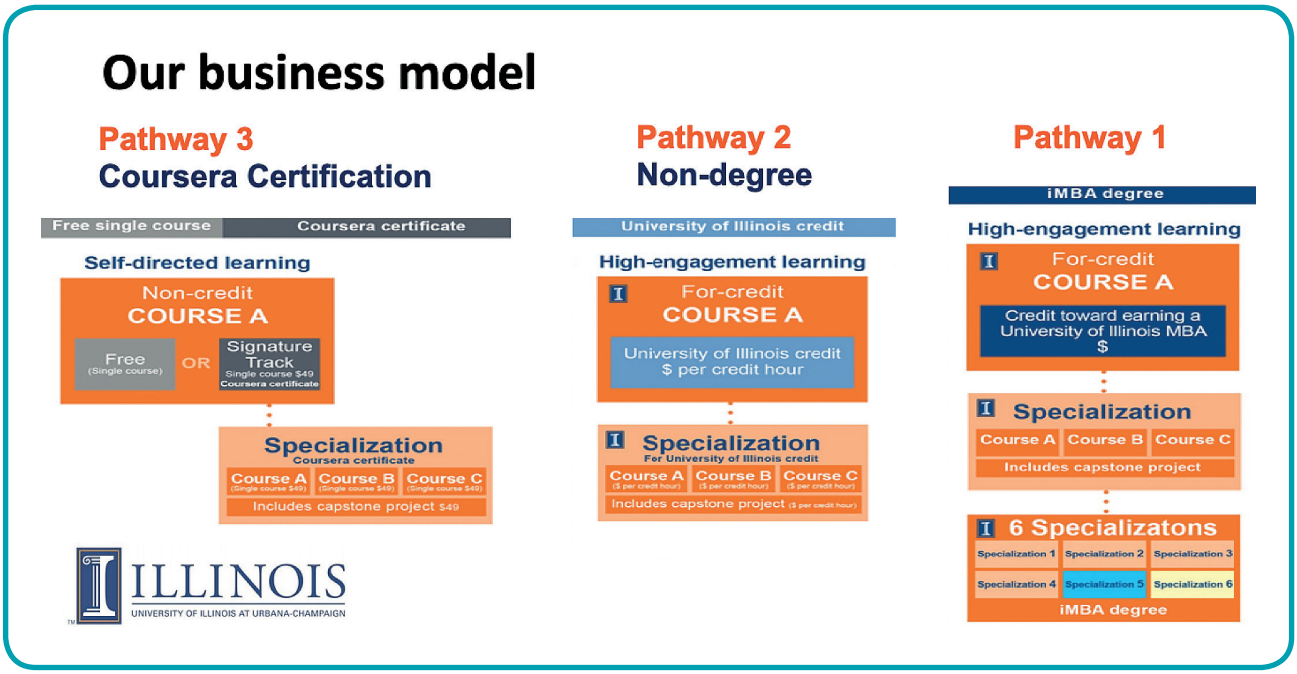


Figura 5. Estructura del modelo de negocio de la Universidad de Illinois: MOOC que forman especializaciones, las cuales se pueden convertir en maestría. Tomada de Echambadi, 2017

El siglo XXI impone, por tanto, el imperativo acerca del rumbo de la educación superior que las universidades deban tomar, considerando los siguientes factores:

1. El acelerado desarrollo tecnológico sin precedentes por su intensidad, rapidez, inmediatez e impacto global.
2. La emergencia de una cultura socio-digital caracterizada por la velocidad exponencial de los cambios.
3. La reconfiguración del mercado de trabajo profesional.
4. La coexistencia de universidades e IES que impulsan una transformación profunda en la formación profesional, la investigación, la innovación y el emprendimiento, con una gran mayoría de ellas que se resiste al cambio.
5. El surgimiento y expansión acelerada de innovaciones, como los MOOC que atraen a miles de personas a estudiar en modelos educativos no formales.

Reflexiones finales

La búsqueda de solución a las situaciones problemáticas en la educación es un reto a largo plazo que debió empezar hace mucho tiempo con la participación de la academia y la empresa, como puede observarse en el ecosistema Coursera, pero también con la incorporación del Gobierno y la sociedad civil en su conjunto.

El futuro ya llegó y el aprendizaje ya ocurre en línea, aun en programas presenciales. Por esta razón, las IES participan en su ámbito nacional e internacional, con proyectos que favorecen la inclusión y la justicia social, democratizando así el acceso a la educación con calidad.

Por último, la educación en el futuro, que inicia hoy, será masiva y combinará el conocimiento universitario con la experiencia en la empresa, y con aprendizaje personalizado en ambientes virtuales adaptivos, que deberá extenderse más allá de la educación formal a lo largo de la vida, mediante educación continua y a distancia.

Referencias

ANUIES. (2018). *Anuarios estadísticos de educación superior*. Consultado el 2 de julio de 2018 de http://www.anuies.mx/informacion-y-servicios/informacion-estadistica-de-educacion-superior/anuario-estadistico-de-educacion-superior

Coneval. (2016). *Pobreza en México: Resultados de pobreza en México 2016 a nivel nacional y por entidades federativas*. Consultado el 2 de julio de 2018 de https://www.coneval.org.mx/Medicion/MP/Paginas/Pobreza_2016.aspx

Coursera. (2018a). *Universidad Nacional Autónoma de México. Cursos y programas especializados*. Consultado el 1 de octubre de 2018 https://www.coursera.org/unam

Coursera. (2018b). Coursera Dashboard View. *Universidad Nacional Autónoma de México. Cursos y programas especializados*. Consultado el 1 de octubre de 2018 de https://www.coursera.org/unam

Daviet, B. (2016). *Investigación y prospectiva en educación*. Consultado el 2 de julio de 2018 de http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002453/245306s.pdf

Echambadi, R. (2017). *University of Illinois, comunicación personal (Coursera Partners Conference)*. Boulder, Colorado.

Graue, E. (2017). *Plan de Desarrollo Institucional 2015-2019*. Consultado el 1 de octubre de 2018 de http://www.rector.unam.mx/doctos/PDI-2015-2019.pdf

INEGI. (2018). *División territorial de México*. Consultado el 5 de noviembre de 2018 de http://cuentame.inegi.org.mx/territorio/division/default.aspx?tema=T

Maggioncalda, J. (2018, 6 de noviembre). *Coursera en español: Aprendizaje que transforma*. Documento presentado en el evento *Coursera en Español: Tercer Aniversario*, UNAM, Ciudad de México.

McKinsey Global Institute. (2017). *Un futuro que funciona: Automatización, empleo y productividad*. Nueva York: Autor.

Multisilta, J. et ál. (2010). *Sociedad del aprendizaje*. Consultado el 20 de noviembre de 2018 de https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/citizenship/socio-economic/docs/TLS_Spanish.pdf

Portal de Estadística Universitaria-UNAM. (2018). Consultado el 2 de julio de 2018 de http://www.estadistica.unam.mx/numeralia/

SEP. (2018). *Reforma educativa: ¿Qué es?* Consultado el 2 de julio de 2018 de http://reformas.gob.mx/reforma-educativa/que-es

SUAyED-UNAM. (2018). Consultado el 1 de octubre de 2018 de https://suayed.cuaed.unam.mx/oferta/

Francisco Cervantes Pérez

francisco_cervantes@cuaed.unam.mx

Francisco Cervantes Pérez estudió Ingeniería Mecánica y Eléctrica (Control, Comunicaciones y Electrónica) y la maestría en Ingeniería Eléctrica (Electrónica Digital y Microprocesadores), ambas en la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), y obtuvo el grado de doctor en Ciencias de la Computación y de la Información en la Universidad de Massachusetts Amherst, en Estados Unidos. Ha sido distinguido con el doctorado *honoris causa*, en septiembre de 2013, por la Universidad Católica Los Ángeles de Chimbote, Perú, y en mayo de 2016 por la Universidad Virtual del estado de Michoacán (UNIVIM). En agosto de 2017, el Instituto Latinoamericano de Educación Comunicativa (ILCE) y la Unión Latinoamericana de Universidades de América Latina y el Caribe (UDUAL) le otorgaron un reconocimiento por su trayectoria académica y contribuciones a la educación a distancia en México y en América Latina.

El Dr. Cervantes Pérez es director general de la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED) de la UNAM, y en el periodo 2013-2016 fue rector de la Universidad Abierta y Distancia de México (UnADM); además, es vicepresidente de la Asociación Iberoamericana de Educación Superior a Distancia (AIESAD), miembro del Consejo Ejecutivo del Espacio Común para la Educación Superior a Distancia (ECOESAD), miembro de la Academia Mexicana de Informática (AMIAC) –de la que fue presidente del Consejo Ejecutivo de 2010 a 2013–, miembro académico del Instituto Latinoamericano y del Caribe para evaluar la calidad en educación a distancia, y miembro del comité para la creación del Espacio Común para la Educación Superior en Línea (ECESELI), en el marco de la UDUAL.

Alma Xochitl Herrera Márquez

almaherreramarquez@gmail.com

Alma Xochitl Herrera Márquez es doctora en Pedagogía por la UNAM. Es profesora titular "C" de la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. Desde hace 37 años se dedica a actividades de docencia en investigación en pedagogía y en psicología. Fungió como coordinadora de la cátedra UNESCO *Universidad e Integración Regional* (2007-2013). Ha publicado en medios de reconocido prestigio nacionales e internacionales. Sus campos de especialidad se ubican en la innovación educativa, la educación a distancia, la prospectiva y la responsabilidad social universitaria.

Guadalupe Vadillo Bueno

guadalupe_vadillo@cuaed.unam.mx

Psicóloga con máster y doctorado en Educación. Es coautora de 13 libros de psicología y educación, de cinco iBooks y autora de un libro de tutoría. Ha sido diseñadora curricular y de contenidos, asesora, tutora, coordinadora y formadora docente de programas en línea de educación media superior y de pre y posgrado, así como desarrolladora e instructora de dos MOOC en Coursera-UNAM. Es directora del Bachillerato a Distancia de la UNAM. Recibió el premio de la Asociación Mexicana de Educación Continua y a Distancia, por su trayectoria, y es coautora del trabajo con el que ese programa ganó el Premio de Innovación Educativa de la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior. Le interesa la creatividad, el aprendizaje y la innovación educativa.

Informática en el sector construcción

María de los Ángeles Cruz Sosa

Introducción

Las tecnologías de la información (TI) facilitan el procesamiento, pues a través de su infraestructura de información se realiza la colaboración con todos los participantes en la cadena de suministro.

La implementación de TI en una organización que pertenece a la industria de la construcción (O'Neill, 2009) da como resultado beneficios en:

- Ahorro de costos, debido a que se disminuye el tiempo en el que una persona lleva a cabo una tarea, ahorrando así a la compañía la contratación de recursos humanos adicionales que un solo recurso pudo haber llevado a cabo desde un principio.
- Ahorro de tiempo. A través de la colaboración es posible compartir varios recursos (intelectuales, humanos, etc.), con el fin de solucionar el mismo problema.
- Mejorar la calidad de un producto basándose en estándares o parámetros predefinidos.

Desafortunadamente, aunque los beneficios al implementar TI son obvios, el presupuesto destinado a esto se ve afectado por el bienestar económico de cada compañía, pues las TI se toman como un lujo, más que como una necesidad. (Khosrowshahi & Underwood, 2012)

La tecnología y el sector construcción

Un estudio de 2004 compara la productividad del sector construcción con otros sectores no agrícolas, y demuestra que mientras los sectores no agrícolas han rebasado el 200 % en productividad, el sector construcción va en decadencia (Teicholz, 2004). Como consecuencia, es un hecho que en Chile, en los últimos 20 años, se han perdido 100 mil millones de dólares por la baja productividad de la industria de la construcción.

Por otro lado, y de manera similar, en 2009 el Centro Nacional de Informática (NCC, *National Computing Centre*) en su "Índice de Referencia del gasto en TI" clasificó al sector construcción como el segundo sector más bajo en inversión en TI (Khosrowshahi & Underwood, 2012). No es coincidencia que las TI se utilicen ahora como habilitadores de una buena práctica que incrementa la productividad del sector y que sin ellas es imposible llevar a cabo dicha buena práctica.

Los sectores que más invierten en TI son el financiero, el de transporte y los servicios públicos, en ese orden (Khosrowshahi & Underwood, 2012). Y a pesar de que los beneficios son obvios, existen sectores como la agricultura y, nuevamente, la construcción, que pueden realizar sus operaciones sin necesidad de acceso a Internet, línea telefónica o cualquier tipo de solución tecnológica.

Por las características del producto que vende la industria de la construcción, el sector público suele ser el cliente más común y tiene los recursos necesarios para invertir en muchos proyectos. La estructura se vuelve oligopsónica, porque existen muchos proveedores de servicios constructivos y pocos compradores. En consecuencia, quienes tienen el poder sobre el precio son los compradores, y generalmente los vendedores reciben un pago menor al competitivo.

Como se mencionó, el cliente más importante de la industria de la construcción es el sector público, y la gobernanza de TI está alineada completamente a la estrategia de dicho sector. Por ello, lo esencial en cuanto a TI para los contratistas es lo siguiente:

- *Software:*
  - Microsoft Excel: Los formatos definidos por el empleador se encuentran en hojas de cálculo. Dichos formatos deberán contener información de la obra, como nombre del contrato, kilómetro de inicio y de fin, municipio.

- Neodata: *Software* utilizado para el proceso de licitación, específicamente en la etapa de construcción, y útil en la explosión de insumos. Para utilizarlo es necesario tener a mano el bien conocido catálogo de conceptos.
- AutoCAD o ArchiCAD: El *software* de Diseño Asistido por Computadora (CAD, *Computer Aided Design*) lo usan principalmente los participantes en la etapa de diseño e ingeniería. Quienes tienen el rol de proyectistas o son arquitectos de profesión están más familiarizados con esta herramienta.
- Microsoft Word: Para manipular otros formatos propios del proyecto y posteriormente imprimirlos.
- Exploradores de Internet: Para acceder y subir archivos del proyecto desde la plataforma Compranet y editar la "bitácora electrónica". Aunque generalmente suele darse el caso de que la plataforma Compranet sólo sea para acceder a los archivos, más que para actualizarlos.

- *Hardware:*
  - Terminales móviles, computadoras, impresoras, dispositivos de almacenamiento (CD, USB, discos duros).

En Reino Unido se realizó un estudio sobre el gasto que realiza el sector construcción en TI, donde se revela que hay al menos siete categorías en las que se invierte: *staff*, *hardware*/infraestructura, aplicaciones de *software*, red de datos, teléfonos fijos, teléfonos móviles, gastos generales de TIC y otros costos. Del presupuesto destinado a las TI, el 30 % se destina al *staff*; el 20 % es *hardware* y *software*; el 25 % es compartido entre red de datos, móviles y otros costos de telefonía; y el 5 % restante son otros costos (Khosrowshahi & Underwood, 2012).

Mientras que en Reino Unido ya están convirtiendo su gasto de capital en gasto operativo mediante la contratación de servicios administrados, en México, en el sector construcción la mayoría de las empresas aún no tiene presupuesto destinado a la inversión de TI. La construcción es una industria con inversiones de alto riesgo: los ingresos son tan esporádicos y rodeados de incertidumbre que resulta poco probable adoptar el compromiso de pagar mensualmente servicios administrados.

Sin embargo, lo que pareciera ser una desventaja es precisamente una característica que se puede aprovechar. El surgimiento de la *nube* representa una gran oportunidad para las empresas: lo que antes significaba inversiones millonarias en tecnología, ahora se convierte en un servicio gratuito o de una renta menor a la renta del Internet, y sobre todo porque el pago se realiza *on-demand*.

Gracias a la *nube* ya no hay que incurrir en costos de infraestructura, mano de obra especializada o licencias perpetuas de *software empresarial*. El costo de adquirir los servidores y el salario de los expertos es absorbido por el proveedor de servicios administrados. A través de este modelo de negocio se aprovecha al máximo la capacidad de los servidores.

Solamente a través de las tecnologías de la información puede ser posible una buena práctica llamada Modelado de la Información para la Construcción (BIM, *Building Information Modelling*). BIM se refiere a una buena práctica que puede ser implementada a través del uso de un conjunto de estándares, metodologías y tecnología, con el fin de administrar la información de la construcción.

El concepto surge en 2007 cuando Autodesk publica el artículo "Building Information Modelling", que plasma la problemática de duplicar información a través del intercambio de archivos por medio de distintos medios (USB, correo electrónico) y el desperdicio por almacenamiento de información duplicada y por tanto innecesaria. El artículo proponía centralizar la información del proyecto constructivo de manera similar a una base de datos donde los constructores y diseñadores trabajen juntos para crear una solución integral que cumpla de mejor forma con el resultado requerido.

Parte de la metodología de BIM emplea un modelo de madurez de cuatro niveles desarrollado por Mark Bew y Mervin Richards. El primer nivel, 0, considera un desarrollo nulo o básico de diseño asistido por computadora. En el nivel 1 se trata de desarrollar modelos y objetos 2D o 3D; para desarrollarlo habría que consultar el estándar británico 8451. El nivel 2 considera una administración de la información más compleja, pero aún aislada del resto de los roles (empresas) involucrados en un proyecto constructivo, por eso se conoce también como BIM aislado. El nivel 3 implicaría no sólo la correcta administración del proyecto a través de una metodología de administración de información, sino además hacerlo de manera colaborativa, involucrando a más de una organización.

Alcances de BIM

Una vez definidos el alcance, tiempo, costo, niveles de detalle, y habiendo generado documentos relacionados con la administración de información, es posible realizar modelos 3D que finalmente sean usados como entrada para tecnología de realidad aumentada. Esta tecnología permitiría una mejor comunicación con los clientes y en consecuencia una mejor definición de los requerimientos. Además podría utilizarse para que los directores responsables de obra (DRO) observen las desviaciones y realicen ajustes antes de que ocasionen un mayor impacto en el costo del proyecto.

A partir de los modelos 3D es posible que cada vez sea más común realizar construcciones mediante impresoras 3D; con esta práctica se disminuye aún más el costo por desperdicio de materiales y los tiempos de entrega del proyecto. Actualmente los constructores desconfían en la resistencia que puedan tener las obras realizadas por impresoras 3D; sin embargo, en países con poca actividad sísmica ya se están imprimiendo casas.

Los drones equipados con *hardware* y *software* de escaneo se están integrando a la industria de la construcción. Además de disminuir el riesgo de acceder a

zonas peligrosas, también disminuyen el tiempo del levantamiento topográfico y los costos relacionados.

Casos de aplicación de BIM en el país

A pesar de que el uso de BIM no es legalmente obligatorio en México, sí ha habido interés de algunas instituciones públicas por plasmar como condición el uso de BIM en sus contratos. Tal es el caso de algunos hospitales, PEMEX y el Nuevo Aeropuerto Internacional de la Ciudad de México (NAICM).

Fernando Galindo, subsecretario de Egresos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público, en 2015 mencionó que se publicarían licitaciones solicitando BIM para cinco hospitales (cuatro del IMSS y uno del ISSSTE), una red carretera, el NAICM, entre otros proyectos.

Hasta la fecha, algunos hospitales y el NAICM se construyeron utilizando *software* BIM, pero aún no se ha ejecutado con BIM ninguna red carretera. Esto puede deberse a que, de acuerdo con Richard Lane, en las redes carreteras el retorno de inversión se obtendría a largo plazo.

En el caso del NAICM, todos los participantes generan su información a través de BIM; todas las disciplinas trabajan sobre la misma plataforma, a través de la cual se podrá también observar el avance del proyecto. "El uso del BIM está siendo fundamental como herramienta de coordinación entre disciplinas, y como herramienta de documentación, dado que la mayoría de la producción de planos se hace desde los modelos BIM." (esBIM, 2016)

En el IMSS en 2015 se creó un área BIM, que licita y administra proyectos BIM.

En 2013, PEMEX construyó la planta petroquímica Guaymas con BIM (Piza Consulting, 2018). Consistió en administración BIM para la renovación y mejora del puerto, que incluyó:

- Modelado total BIM del puerto
- Revisión de catálogo y valor utilizando metodología BIM
- 20 mil m2 modelados
- Avances de obra por fases
- Supervisión remota de proyectos
- Reportes videográficos dentro del modelo

Por otro lado, el sector privado es consciente de los beneficios de BIM. En 2015 se inauguró el estadio BBVA Bancomer, que tardó cinco años en construirse y necesitó coordinación y comunicación porque estuvieron involucrados despachos en Nueva York, México y Nuevo León. De igual forma se contó con la participación de un proveedor de aceros ingleses.

Pero no sólo los gigantes de la industria se esfuerzan en incrementar sus ganancias como consecuencia de aumentar su productividad. VHDA es una pyme oaxaqueña, ejemplo de empresa visionaria. Ayudados de las TI, VHDA realiza BIM aislado y cuenta con sus propias convenciones para creación e intercambio de archivos.

Primeros pasos para alcanzar BIM

El sector construcción debe avanzar a pasos agigantados para poder alcanzar todos los beneficios de las TIC, debido a la gran brecha existente que es necesario acortar utilizando la guía para implementar la tecnología requerida para administrar la información de los proyectos constructivos (Cruz, 2016). Aunque hay una gran variedad de opciones en TI, los esfuerzos debieran concentrarse en implementar la tecnología necesaria para hacer BIM.

A través de la guía para la adopción de BIM es posible diagnosticar en forma de *checklist* los recursos de TI con los que cuenta una empresa, y a partir de ellos tomar líneas de acción para la implementación estratégica. La guía también considera la valuación del proyecto para adoptar BIM y muestra resultados de retorno de inversión con base en lo diagnosticado, pues fue pensada para el 90 % de las unidades económicas del sector, es decir, las MiPyMEs.

Conclusiones

BIM se está convirtiendo en un estándar mundial; países pertenecientes a la Unión Europea ya están implementando estrategia BIM para el sector público. Es probable que como latinos tengamos la mentalidad de que solamente países de primer mundo pueden implementar esta estrategia, pero cabe mencionar que Chile y Brasil se están sumando a invertir en esta buena práctica articulada por tecnología, que, está pronosticado, generará un retorno de inversión de hasta el 21 %. (EU BIM Task Group, 2017)

La inteligencia artificial es otra tecnología que se integra a la industria de la construcción: la posibilidad de que un robot genere automáticamente el modelo 3D que representa el avance de un proyecto constructivo, tomando como base lo generado por cámaras. Además, como es bien sabido, la cantidad de accidentes que han sucedido y que pueden suceder en una construcción puede reducirse si en tiempo real un robot con inteligencia artificial localiza y reporta cuando ocurra una violación de seguridad. (Odeh & Man, 2017)

El *software* de código abierto es una oportunidad para que el *software* BIM sea accesible a todos los involucrados de la industria de la construcción, especialmente para los pequeños empresarios, que cuentan con menos recursos y requieren ser igual de competitivos que los gigantes en la industria. Para esto, es necesario que se impulse cada vez más el desarrollo de *software* generado en código abierto, siendo esta práctica imperativa para promover la competencia. Y en consecuencia aumentar la oferta de soluciones para la construcción.

Los drones dejarán de ser observadores de la construcción y se convertirán en actuadores, para manipular cables y construir estructuras que representan un gran riesgo para la vida de los obreros de la construcción. Así, a medida que las TIC se integren a este sector, dará como resultado no sólo una am-

plia gama de soluciones sino también la creación de nuevos empleos, tales como coordinadores de maquinaria autónoma, perfiles encargados de vigilar y orquestar drones, entre otros. (The B1M, 2018)

Referencias

Autodesk. (2002). *Building Information Modeling*. Consultado de http://www.laiserin.com/features/bim/autodesk_bim.pdf

Cruz, M.A. (2016). *Guía para la adopción rápida de BIM nivel 2 en MiPyMEs* (tesis de maestría). ITAM, Ciudad de México.

esBIM. (2016). *Casos de éxito: Nuevo Aeropuerto Internacional de Ciudad de México*. Consultado de https://www.esbim.es/nuevo-aeropuerto-internacional-ciudad-de-mexico/

EU BIM Task Group. (2017). *Manual para la introducción de la metodología BIM por parte del sector público europeo.* Consultado de http://www.eubim.eu/wp-content/uploads/2018/02/GROW-2017-01356-00-00-ES-TRA-00.pdf

Khosrowshahi, F. & Underwood, J. (2012). ITC expenditure and trends in the UK construction industry in facing the challenges of the global economic crisis. *Journal of Information Technology in Construction*. Consultado de http://www.itcon.org/2012/2

Odeh, I. & Man, M. (2017). *Artificial Intelligence Meets Construction.* Consultado de https://futureofconstruction.org/blog/artificial-intelligence-meets-construction/

O'Neill, C. (2009). *Calculando el ROI para la mejora del proceso* (fecha de archivado: 01-08-2017; primera publicación: 15-03-2009). Consultado de https://www.ibm.com/developerworks/ssa/rational/library/edge/09/mar09/

Piza Consulting. (2018). PEMEX Planta Petroquímica Guaymas (2013). Consultado de http://pizaconsulting.com/es/proyectos/pemex-planta-petroquimica-guaymas-2013/

Teicholz, P. (2004). *Índice de productividad de la construcción y no agrícolas.* Estados Unidos: Stanford.

The B1M. (13 de junio de 2018). *3 Construction Jobs That Don't Exist (Yet) | The B1M* [Archivo de video]. Consultado de https://www.youtube.com/watch?v=HZCLqYREaTs

María de los Ángeles Cruz Sosa

marigel.902@gmail.com

Estudió Ingeniería en Sistemas en la Universidad Anáhuac y la maestría en Tecnologías de la Información y Administración en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM), con doble grado, con el *Télécom Ecole de Management*. Se graduó con mención honorífica con la tesis *Guía para la rápida adopción de BIM nivel 2 en MiPyMEs*. Es coautora del artículo "Gobierno de TI en la industria de la construcción", en U-GOB.

Miembro fundador de la Red Académica BIM en México (2016); encargada de las relaciones entre la Red Académica BIM en México y el *BIM Academic Forum* en Reino Unido.

También es directora de desarrollo comunitario en la Fundación para el Conocimiento y la Cultura Digital, además de ser consultora en implementación de tecnología estratégica para la información en Administradora de Talentos HGVL S. C.

Es consciente de que en el mundo las MiPyMEs son generadoras de riqueza, y por ello le apasiona ayudarlas en la implementación estratégica de las tecnologías para la información, buscando hacerlas más productivas, ayudándoles a administrar mejor sus recursos y en consecuencia incrementar sus ganancias.

La necesidad del cambio apoyado en las nuevas tecnologías de la información

Cora Beatriz Excelente Toledo
María Cristina Loyo Varela[1]

El papel de las TIC y la innovación

El impacto que las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) tienen actualmente en el mundo y en todos los sectores es innegable, particularmente cuando son utilizadas por los pueblos y gobiernos para provocar un avance social. Las TIC tienen valor en el ámbito del conocimiento y en casi todos los sectores de la vida. En efecto, su mérito en este contexto es resultado de la efectividad estratégica de su utilización y de la mejora palpable que generan en la calidad de vida de millones de personas, debido a su carácter transversal, a la eficacia de sus aplicaciones y al efecto de las nuevas tecnologías de este siglo.

[1] Las autoras agradecen la colaboración del Dr. Juan Manuel Gutiérrez Méndez, de LANIA, en los temas de Cómputo *en la nube* e IoT.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD, 2001; OECD, 2003) afirma que el uso y aprovechamiento de la tecnología digital puede ser un factor de cambio e impulso para la economía de los países, en la medida en que se desarrollen las capacidades tecnológicas de su población, contribuyendo a un crecimiento más rápido, así como a acelerar la productividad y los beneficios futuros, proponiendo un marco de referencia bajo el cual cada país pueda formular estrategias que permitan acrecentar las habilidades de sus ciudadanos en todos los niveles educativos, con el fin de poder enfrentar los requerimientos del siglo XXI (Ananiadou y Claro, 2009).

De la misma manera, la Organización de Naciones Unidas (ONU) y la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) reconocen, dentro de *La Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información*, la importancia de dos fundamentos: a) la educación, el conocimiento, la información y las comunicaciones como esenciales para el progreso y el bienestar de los seres humanos, y b) un sistema socioeconómico donde el conocimiento y la información constituyen fuentes fundamentales de bienestar y progreso. Concluyen que:

> *Aquellas sociedades que tengan los medios y herramientas para alcanzar la información más precisa, veraz, actualizada y dinámica podrían obtener el conocimiento necesario para impactar su bienestar social y económico.*

Por esta razón las sociedades y regiones más visionarias reconocen la necesidad de una estrategia adecuada de las TIC para lograr un impacto en los principales problemas: la marginación y la pobreza, la salud y la educación, el crecimiento económico, la seguridad y la gobernabilidad. Sin embargo, no podemos negar que se requiere de un esfuerzo importante para lograr que la incorporación de las TIC en la vida cotidiana redunde en la mejora de la calidad de vida de la sociedad, las personas, las organizaciones y el Gobierno.

El poder de la innovación y las TIC

Recientemente se distingue el concepto de *innovación social,* cuyo efecto o fin último es la atención a problemas sociales o ambientales, y definido como el proceso de desarrollar y llevar a cabo soluciones efectivas a problemas sociales y del medio ambiente, en aras del progreso social (Stanford, 2018), haciendo notar que las soluciones demandadas con frecuencia requieren colaboración activa del Gobierno, de la industria y de organizaciones de la sociedad civil. Por tanto, se refiere a la ejecución de estrategias, conceptos e ideas para mejorar procesos, productos y servicios. El enfoque de innovación social se aplica a los procesos que buscan un impacto social; por ejemplo, utilizar métodos y técnicas de dominio libre, acciones como activismo, voluntariado electrónico, aprendizaje en línea, etcétera; sus productos y servicios atienden necesidades sociales y van desde la mejora de las condiciones de trabajo, educación y salud, hasta el desarrollo de comunidades y protección del medio ambiente.

Por otro lado, casi todos los países establecen políticas para fortalecer la ciencia y la tecnología como ejes centrales para detonar la innovación y lograr un crecimiento sostenible. En México, es el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) el encargado de definirlas y sentar las bases de un sistema de innovación basado en ciencia y tecnología, así como fomentar su vinculación con la sociedad y las empresas. Se puede concluir entonces que:

La ciencia y la tecnología son factores indispensables para lograr que la innovación pueda ser una palanca de crecimiento social y económico.

Por un lado, las TIC se aprovechan de manera natural para promover innovación y generar cambios en cualquier aspecto de una organización y, por el otro, son un facilitador de la innovación, representando ambas un binomio inseparable.

En general, las TIC están estrechamente relacionadas con la habilidad de las organizaciones para innovar; por medio de su utilización, se facilita la generación de nuevos productos y servicios, ya que son el medio para la creación de nuevas aplicaciones, la mejora de procesos y la optimización de tareas y recursos. Un resultado típico de innovación con productos de software se experimenta con cambios en la forma de trabajo, en la manera de llevar a cabo los negocios, en las opciones de la gente para divertirse y entretenerse, en el modo como las personas se comunican o se establecen en comunidades y se relacionan con los demás.

Es innegable que las innovaciones de *software* pueden generar también mejoras en aplicaciones y sistemas existentes, integrando los sistemas actuales, modernizando la forma en que se administran las aplicaciones y optimizando la manera en que se mantienen. También pueden generar nuevos servicios e incluso innovaciones dentro de otros productos, ya sean máquinas, automóviles, lavadoras, o televisores con software embebido; incluso pueden ser un habilitador o detonante de nuevos modelos de negocios, cambiar la manera en la que las personas se comunican e interactúan (redes sociales), o nuestras formas de entretenimiento y diversión. Igualmente pueden modificar la forma en que adquirimos y posicionamos productos tanto localmente como fuera del país, con la compraventa en línea y portales de comercio electrónico; o la manera en la que nos relacionamos con nuestros proveedores de servicios: trámites en línea y pago electrónico por consumo de servicios. Incluso permiten evolucionar la forma en que concebimos los servicios de educación, seguridad o salud con acceso y uso de expedientes digitales en línea, con servicios automatizados de programación de citas, con orientación y explicación de servicios, y con atención remota, por citar sólo algunos ejemplos.

En resumen, lograr innovación con *software* obliga a estar mejor preparado para aprovechar las tendencias tecnológicas que permitan innovar con su utilización e impactar de forma más efectiva en procesos, productos o servicios.

Es importante resaltar que por medio de las TIC también se facilita la innovación, favoreciendo la comunicación y la reducción de tiempos en el proceso de investigación científica, fomentando la interacción entre las partes y promoviendo la colaboración o las alianzas para complementar especialidades.

Además, desde la perspectiva de los elementos indispensables que fortalecen la innovación, queda claro, es necesario reforzar las competencias y habilidades de la fuerza de trabajo con TIC, independientemente del giro de las instituciones. Con respecto al ambiente que promueve la innovación, se requiere de la adopción, transferencia e inversión en tecnologías; para ello es necesario un conocimiento experto, monitoreo de tendencias tecnológicas, un entrenamiento hacia el interior que facilite la efectividad de la adopción tecnológica y la forma en que se pueden impactar los principales objetivos de la organización; todo ello implica casi siempre contar con colaboraciones académicas.

En otras palabras, por medio de las TIC se puede crear un medio ambiente que promueva la innova-

ción y genere nuevas oportunidades y su desarrollo. Por ello, es deseable contar con políticas que apoyen la inversión en infraestructura tecnológica, tanto en *hardware* como en intangibles como *software*, investigación y desarrollo tecnológico, datos e información y entrenamiento.

Las TIC tienen la capacidad de reducir el nivel de pobreza al dar acceso a la modernidad y a servicios innovadores que pueden mejorar las condiciones de vida, como por ejemplo el acceso a las comunicaciones y a la banda ancha en zonas remotas. De forma concomitante, a largo plazo y al menos en energía, infraestructura, transporte, TIC y comunicaciones, es necesario invertir. Por ello es claro que las TIC pueden ayudar a combatir los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible enmarcados en la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la Organización de las Naciones Unidas (ONU, 2015):

1. *Fin de la pobreza*
2. *Hambre cero*
3. *Salud y bienestar*
4. *Educación de calidad*
5. *Igualdad de género*
6. *Agua limpia y saneamiento*
7. *Energía asequible y no contaminante*
8. *Trabajo decente y crecimiento económico*
9. *Industria, Innovación e Infraestructura*
10. *Reducción de las desigualdades*
11. *Ciudades y comunidades sostenibles*
12. *Producción y consumo responsables*
13. *Acción por el clima*
14. *Vida submarina*
15. *Vida de ecosistemas terrestres*
16. *Paz, justicia e instituciones sólidas*
17. *Alianza para lograr los objetivos*

También es necesario reconocer que generar el desarrollo es lograr condiciones adecuadas para los jóvenes, a quienes es necesario involucrar como los actores estratégicos del porvenir; su proporción con respecto al total de la población será cada vez más significativo, por lo que es necesario su involucramiento en los procesos de desarrollo de los países. Para lograr esta meta es necesario que tengan una formación pertinente, competente, para enfrentar las exigencias del futuro. Obviamente, deben adquirir competencias técnicas y habilidades que les permitan responder a los requerimientos de las tendencias tecnológicas emergentes.

Contexto tecnológico

Trataremos de ubicar el contexto tecnológico en el que nos encontramos actualmente, con una mirada amplia sobre la gran influencia que han ejercido las TIC y la innovación en la transformación del mundo en lo que ha transcurrido del siglo XXI, y acerca

del importante rol que jugarán en el futuro de la humanidad.

Así como el acceso público a Internet a principios de los años noventa cambió para siempre las formas de comunicación de nuestro planeta, las nuevas tecnologías de la información —varias de ellas de carácter disruptivo— están cambiando actualmente la forma de vivir, incluir, participar, gobernar, hacer negocios, fabricar y trabajar. Este fenómeno representa una oportunidad única para los países y regiones emergentes, como en el caso de México, para dar un salto si se saben identificar con claridad las estrategias y las tecnologías en las que hay que posicionarse.

Actualmente vivimos en un mundo controlado por sensores, robots miniatura y algoritmos inteligentes que están en nuestra vida cotidiana. Drones utilizados para prevenir o combatir el delito en algunos países, teléfonos, aplicaciones, coches y aparatos electrodomésticos inteligentes, máquinas industriales que se comunican entre ellas, lentes que identifican personas dentro de una multitud, micrófonos y cámaras miniatura, programas de control y diagnóstico médico, impresoras 3D, robots que construyen viviendas en días, cultivos intensivos controlados con nanotecnología, y el uso de sensores de control para el mantenimiento predictivo, son sólo algunos de los innumerables ejemplos de la actual realidad.

Para explicar cómo este fenómeno del avance de la tecnología informática puede y debe incidir en una sociedad moderna y equitativa que vislumbre un futuro con calidad de vida para sus ciudadanos, será necesario revisar primero su nacimiento, su crecimiento y la revolución que ha impactado al mundo de la historia reciente.

A partir de la primera revolución industrial, la evolución tecnológica del mundo ha sido vertiginosa; ha tenido un aceleramiento más acusado a partir de la aparición de la computadora en la primera mitad del siglo XX y del Internet a finales del mismo siglo. No sería exagerado afirmar que, tecnológicamente hablando y con consecuencias aún inesperadas, la humanidad ha avanzado de manera más acelerada en las últimas seis décadas, que en todos sus millones de años de existencia.

Para apuntalar la **innovación tecnológica** como el elemento fundamental del cambio, analicemos también brevemente la historia reciente. La masificación de la producción a finales del siglo XVIII causa la primera revolución industrial en Inglaterra, generando un cambio radical e innovador en la manera de trabajar —la mecanización de la industria textil— y se consolida con la aparición de la máquina de vapor, que permite un aumento significativo en la capacidad de producción. Poco después, el incremento de las comunicaciones y la facilidad para la transportación de las mercancías con trenes y barcos de vapor, permite un nuevo impulso al comercio internacional en tanto estimula el comercio textil, el minero y el siderúrgico. Definitivamente, la industria se termina de consolidar con la aparición de la energía eléctrica a mediados del siglo XIX, invención que da pie a la producción masiva en línea, en lo que conocemos como la segunda revolución industrial, que puede decirse termina con el inicio de la Primera Guerra Mundial en 1914.

Debe insistirse en que estas dos primeras revoluciones están cimentadas en la ciencia, la aplicación de la tecnología y la innovación, lo que permitió la invención de máquinas y procesos para mejorar la producción, junto con el uso de nuevas fuentes de energía y mecanismos de transporte. La innovación y la tecnología no se detienen; en consecuencia, la Revolución Industrial está, desde su nacimiento, destinada a moverse hacia cambios cada vez más acelerados y dependientes de la *interoperabilidad* y de la *convergencia* de distintas tecnologías.

Las dos guerras mundiales de la primera mitad del siglo XX, si bien frenaron el desarrollo de la segunda revolución industrial, dieron impulso a un desarrollo tecnológico de proporciones inmensas para la sociedad: el nacimiento de la primera **computadora** totalmente electrónica que ve la luz pública en 1946. Diez años después, en 1956, se reúnen los más desacatados científicos de cómputo de la época para realizar el primer seminario sobre posibles aplicaciones inteligentes de la computadora (Russell y Norvig, 2010) y ahí se acuña por primera vez el término **Inteligencia Artificial (IA)**, refiriéndose a la capacidad de programar computadoras para desarrollar trabajos inteligentes, indistinguibles de los del ser humano. Durante la segunda mitad del siglo XX aparece un cúmulo de aplicaciones de la inteligencia artificial, dando lugar a múltiples disciplinas derivadas: la robótica, la visión por computadora, el aprendizaje automático, el reconocimiento de patrones, la comprensión del lenguaje natural, los sistemas expertos y muchas otras; todas muy importantes para la revolución tecnológica del siglo XXI.

Pero sin duda alguna, es con la apertura al público del **Internet** que se consolida la tercera revolución industrial (revolución científico-tecnológica-inteligente), cuyas repercusiones no tienen parangón en lo económico, lo político y lo social. El Internet nace a principios de los años setenta y estuvo al servicio de los científicos y académicos de todo el mundo durante casi veinte años antes de su salida al público en 1993, acompañada del navegador **World Wide Web (WWW)**. El alto potencial de cambio conseguido mediante estas nuevas tecnologías, apoyadas en el desarrollo cada vez más rápido de fuentes de energía de bajo consumo, la miniaturización de componentes y el crecimiento del poder de cómputo, están en el origen de los nuevos cambios en nuestra vida cotidiana y social.

Estos tres hitos históricos: **la computadora**, **el Internet y la aplicación del World Wide Web**, gestados en menos de 50 años, junto con las nuevas **aplicaciones de la IA** han detonado una revolución tecnológica cuyas consecuencias son enormes en todos los ámbitos y todavía no se alcanzan a vislumbrar en su totalidad. Por ello:

Resulta innegable el papel preponderante que la ciencia, las tecnologías de la información y la innovación han jugado y jugarán en la evolución de la humanidad.

Revolución i4.0 y el Internet industrial de las cosas

A principios de este nuevo siglo, y derivado del uso intensivo del Internet, el almacenamiento en *la nube* y la utilización a gran escala de la inteligencia artificial para el análisis de datos masivos, inicia una automatización de procesos sin precedente, dando origen a otra revolución en la que concurren también importantes avances tecnológicos, como *la movilidad*, *la digitalización*, *el Internet de las cosas (IoT)*, *la robótica* y la *capacidad masiva de almacenamiento*. Estas innovaciones tecnológicas y la posibilidad real de contar con grandes volúmenes de datos dan origen a lo que hoy podemos llamar la cuarta revolución industrial de nuestra era -*revolución i4.0* o *Internet industrial*- la cual se enfoca particularmente en la automatización de procesos.

La revolución i4.0 es un término acuñado en Alemania hace apenas unos cinco años; proviene de una iniciativa de su Gobierno que aglutina a los ministerios de Comercio y de Ciencias y a la industria. La flexibilidad del modelo i4.0 se puede resumir en *fabricar la mercancía indicada, en el momento exacto, en la cantidad ideal y entregándola en el lugar donde se necesita.*

Desde el punto de vista tecnológico, Alemania resume este fenómeno en cuatro grandes rubros (INDUSTRIE 4.0, 2013): 1) la posibilidad de manejar grandes volúmenes de datos, con un gran poder de cómputo y una gran capacidad de interconexión; 2) las nuevas capacidades de análisis de datos y los avances de la inteligencia artificial en materia de aprendizaje automático; 3) las nuevas formas de interacción máquina-máquina y hombre-máquina, y 4) los grandes cambios en el campo de la robótica avanzada como robots autónomos, la miniaturización y la fabricación aditiva; todo ello aunado a tecnologías transformadoras, como el Internet de las cosas, la simulación, la realidad aumentada, el almacenamiento en *la nube* y la ciberseguridad.

Es importante destacar algunos de los retos más grandes que se plantea la iniciativa i4.0, en particular en la educación, enfocada a: acelerar el aprendizaje de los trabajadores en activo, actualizar los planes de estudios de las universidades y tecnológicos para formar un nuevo tipo de personal, generar las sinergias necesarias con programas internacionales y, particularmente, entrenar al personal de TIC en las nuevas herramientas requeridas.

Por otro lado, y en paralelo con la i4.0, existe la iniciativa norteamericana del Internet industrial de las cosas (IIoT: *Industrial Internet of Things*), la cual se estructura como un consorcio de grandes empresas con aplicaciones focalizadas en los sectores de energía, salud, manufactura, ciudades inteligentes y transporte; y organizados en grupos de trabajo: negocios, alianzas, comercio, seguridad, tecnología y pruebas.

El Internet industrial es otra forma que adopta la nueva revolución industrial del siglo XXI. Se habla de conectar todo con todo: dispositivos, datos, robots, servicios y fábricas con seres humanos; se pasa del intercambio de información sólo entre máquinas, al intercambio de información entre máquinas, industrias y personas. Y se afirma que el Internet industrial está sustentado en términos del flujo, interacción y

explotación de datos, hardware, software e inteligencia. Este término también se define como la convergencia de tres factores clave: *a) máquinas, b) sistemas inteligentes y análisis avanzado de datos y c) su conexión con la gente en el trabajo*. Así, los llamados *sistemas inteligentes*, que están en la base de la cuarta revolución industrial, pueden ser vistos como una gran variedad de sistemas automáticos en red y con *software* distribuido, para llevar a cabo diversas tareas, como toma de decisiones, optimización, recuperación de sistemas o aprendizaje.

Es importante destacar el impacto económico de la nueva revolución, ya que el Internet industrial promete traer mayor rapidez y eficiencia en industrias diversas, como la aviación, la transportación ferroviaria, la generación de potencia, de petróleo y gas, o la salud, así como ahorros millonarios por sector (Evans y Annunziata, 2012).

Los desafíos de esta revolución incluyen un esfuerzo sostenido en innovación, además de una gran inversión para distribuir sensores, instrumentación e interfaces de usuario. Asimismo, es necesario trabajar en sistemas robustos de *ciberseguridad*: diferentes formas para administrar vulnerabilidades, protección de información sensible y de propiedad intelectual. También será necesario desarrollar un *repositorio de talentos* con nuevos perfiles cruzados que combinen la ingeniería mecánica y la ingeniería industrial dentro de una nueva ingeniería mecánico-digital, con científicos de datos, ingenieros de *software* y especialistas en ciberseguridad.

Si bien Alemania y los Estados Unidos de Norteamérica están al frente de la nueva revolución tecnológica, es preciso señalar que casi todos los países desarrollados están participando ya activamente, pero también países emergentes están utilizando las nuevas tecnologías para impulsar radicalmente su economía. Según *Forbes*, de acuerdo con el "Informe global de competitividad 2016-2017" del Foro Económico Mundial, la Manufactura 4.0 agregará 14,200 millones de dólares a la economía global en los próximos 15 años (Millán, 2018). Frente a este panorama se puede decir que la oportunidad está aquí y particularmente:

Se espera que los países emergentes que inviertan fuertemente en infraestructura innovadora y capacitación, sean los detonantes de la demanda y del uso de las tecnologías en esta nueva revolución industrial

Las tecnologías más importantes para el cambio

La digitalización y los grandes datos

En nuestros días todo es digital. El papel va quedando en desuso; prácticamente los archivos físicos están siendo sustituidos por archivos digitales y todo es

móvil. Actualmente, desde un teléfono o una tableta las personas pueden consultar toda su información y estar en comunicación permanente, independientemente de su ubicación física.

Por ello, en este siglo XXI sobresale como aspecto muy relevante la cantidad de datos con la que contamos. El fenómeno de los grandes datos es muy reciente; antes no se había presentado y ahora nos inunda con una fuerza que todavía no somos capaces de controlar. Según la empresa IDC (Millán, 2018), la cantidad de datos generados se duplica cada dos años a partir de 2012 y crece de una manera exponencial. Sólo el cinco por ciento de esos datos está siendo analizado; los datos ya no son estructurados, únicamente el cinco por ciento de ellos posee una estructura; en su mayoría, los datos ya son complemente desestructurados, sensibles al contexto, a la ubicación, a la visualización, etcétera. Esta situación da inicio a la era del análisis inteligente de datos en redes y medios sociales.

Es importante resaltar que cuando hablamos de grandes datos se deben cumplir al menos tres condiciones: **volumen**, **variedad** *de tipos y origen*, *y velocidad de producción y procesamiento*. Volumen en los grandes datos significa utilizar medidas como terabytes (10^{12}), zettabytes (10^{21}) o yottabytes (10^{24}). Para darnos una idea del volumen de datos, un terabyte equivale a la capacidad de 220 DVD.

En cambio, la variedad apunta hacia otra característica importante de los grandes datos, ya que son de tipos muy diferentes: imágenes, videos, números, voz, por ejemplo. Pero además se originan desde fuentes distintas, como cámaras fotográficas, micrófonos, bitácoras de *software*, registros de transacciones, sensores, señales GPS, redes sociales y otros.

Por último, no podemos hablar de grandes datos si éstos no son producidos a velocidades enormes. Imaginemos únicamente la cantidad de datos y la velocidad a la que se generan en los teléfonos móviles, en los sensores conectados a múltiples dispositivos, en las transacciones por minuto de una casa de bolsa o en las señales de los GPS. Los manejadores tradicionales de bases de datos no pueden operar la naturaleza desestructurada de los nuevos datos y tampoco tienen la capacidad de procesar de manera instantánea este enorme volumen de datos.

Actualmente los datos representan un activo muy valioso que no existía antes; además, fomentan un nuevo tipo de proyectos, servicios y crecimiento de gran valor económico, por lo que con acierto puede decirse que:

Los datos son los recursos naturales de hoy y del mañana.

La inteligencia artificial

La pregunta ahora es ¿qué se puede hacer con esta gran cantidad de datos? Se habla entonces del **aprendizaje automático** y de la **generación de conocimiento**, tecnologías íntimamente relacionadas con el campo de la inteligencia artificial, dentro del cual se encuentran aplicaciones que for-

man parte de nuestro entorno cotidiano: ser guiado a un destino con correcciones en la ruta, consultar bibliotecas mundiales bajo frases clave, realizar diagnósticos asistidos por computadora, monitorear enfermos a distancia, llevar a cabo transacciones bancarias o compras por Internet en tiempo real, seleccionar la música, escuchar o reproducir un video siguiendo recomendaciones automáticas son algunos ejemplos de aplicaciones utilizadas todo el tiempo, que de una u otra forma, llevan inmersa tecnología generalmente derivada del campo de la IA, combinada con otros temas. La nueva revolución de los datos, su aprovechamiento y el aprendizaje automático necesariamente tendrán repercusión en nuevas formas de empleos, de educación y salud, de vida, de gobierno, de negocio e industrias.

¿Por qué el aprendizaje automático podría ser la tecnología más importante desde la irrupción de Internet? El aprendizaje automático con grandes volúmenes de datos aumentará la capacidad del ser humano para hacerlo más eficiente. De hecho, ya convivimos a diario con esta nueva realidad que nos permite acceder a información para la toma de decisiones más rápidas y efectivas. El encanto del aprendizaje automático es que sus usos son casi ilimitados; en este sentido, la integración de aplicaciones, plataformas e infraestructura en *la nube*, junto con la utilización de grandes volúmenes de datos, resulta crucial para el crecimiento y la efectividad del aprendizaje automático; éste proporciona valor al analizar rápidamente y permitir la comprensión de los datos, de lo cual deriva la importancia de su papel. Por ello:

Las organizaciones que aprovechan el poder de los datos y el aprendizaje automático saldrán rápidamente adelante, debido a la velocidad y la eficiencia que ofrecen para la toma de decisiones.

Es obvio que en el futuro habrá cada vez más dispositivos automáticos y la acción humana será reemplazada o apoyada por minirrobots especializados. Al igual que las empresas, utilizará estas herramientas para reducir tiempos en la elaboración de presupuestos y planificación de recursos; la sociedad en su conjunto también podrá emplearlas para mejorar la planificación y el fondeo de sus acciones, el combate a la marginación, el control de la salud, la calidad de la educación, la mejora en la seguridad, la atención ciudadana y la rendición de cuentas.

También se habla de los peligros de la inteligencia artificial y de los nuevos datos; pero no radican en la tecnología sino en los valores ciudadanos y la ética en el uso que de ellos se hace; he aquí algunos ejemplos de lo que los seres humanos no debemos permitir a la inteligencia artificial: la vigilancia y el control a ciudadanos; la autonomía de las armas; la utilización de algoritmos en la bolsa de valores para beneficio de unos cuantos, o el exceso de confianza en las máquinas "inteligentes" que pueden tomar decisiones erróneas. Obviamente hay aspectos en la sociedad que no pueden ser automatizados; los seres humanos poseemos *sentido común, juicio, ética,*

imaginación e *intuición* que las máquinas no tienen, por lo cual:

> *La inteligencia artificial no ha nacido para competir con la nuestra, sino para ayudarnos en las tareas diarias —en su mayoría rutinarias— y consecuentemente para mejorar nuestro nivel de vida.*

El cómputo en *la nube*

Gracias al impresionante incremento de la velocidad de las comunicaciones en Internet y al desarrollo de componentes de almacenamiento cada vez más baratos, potentes, pequeños y rápidos, el *cómputo en la nube* ha irrumpido en este siglo con una fuerza enorme y nos ha cambiado la forma de trabajar. Este concepto tiene que ver con la posibilidad de ofrecer varios tipos de servicios informáticos a millones de usuarios sin importar el lugar en donde estos servicios se encuentren en el mundo.

El almacenamiento y procesamiento de datos a distancia, su respaldo y seguridad, empezó como un negocio de grandes centros físicos de almacenamiento y procesamiento de datos, asegurando al cliente no sólo el resguardo de su información, sino la protección y redundancia con seguridad de acceso tanto física como cibernética. Pero con la evolución del Internet, el modelo de negocios fue cambiando, de sólo el almacenamiento y procesamiento de datos, a la renta de plataformas de servicios más elaborados, lo que conocemos como los **servicios de Internet:** correo electrónico, publicación de información en portales, intercambio de archivos, mensajería instantánea y muchos más.

Este tipo de servicios requiere de una infraestructura que incluye computadoras muy robustas para almacenar y procesar información; enjambres de enlaces de comunicación; mecanismos de ciberseguridad físicos y virtuales; pero también aplicaciones de *software* muy variadas y plataformas para habilitar servicios. Es en este contexto que surge el término de **cómputo en la nube** haciendo referencia básicamente a tres tipos de servicios: *a) renta de infraestructura, b) plataformas de servicio y c) software de servicio*, con la ventaja de que la infraestructura pueda ser aprovechada por múltiples empresas utilizando mejores equipos, mayor cantidad de *software* y *hardware*, así como políticas y mecanismos de extrema seguridad que resultaría muy caro costear en forma individual.

El primer servicio hace alusión a la renta de hardware (máquinas-servidores) de procesamiento y almacenamiento de cómputo; el segundo se refiere a la renta de componentes de *software* o aplicaciones (API: *Application Programming Interface*) que pueden ser utilizadas para desarrollar nuevos servicios, como en el caso de los servicios de Internet y, en el tercer caso y más reciente, se trata de la renta de un producto determinado, por ejemplo, un *software* de comercio electrónico, de gestión empresarial, una aplicación para entablar contacto con los clientes, una herramienta de publicidad o incluso la renta de rutinas más complejas de aprendizaje automático

relacionadas con la IA y la i4.0. La ventaja del modelo es que la infraestructura puede ser aprovechada por muchos bajo la premisa de mejores equipos, mayor cantidad de *software* y *hardware*, así como políticas y mecanismos de extrema seguridad que también resultaría muy caro costear en forma individual.

Técnicamente hablando, un servicio en *la nube* tiene las características de ser ubicuo —es decir que está en cualquier lado—, conveniente, de rápida habilitación, con acceso sobre demanda y con un crecimiento elástico, entendiendo por ello que se paga por lo que se consume. Así, para empresas y gobiernos este esquema implica un gasto de inversión cero y se paga por el consumo de un servicio.

Por otro lado, los servicios en *la nube*, al ser accesibles desde todo el mundo, proveen equidad y competitividad, ya que el acceso a la infraestructura no depende de una inversión individual. Por ello puede decirse entonces que los servicios en la nube permiten a los países en vías de desarrollo innovar de manera más rápida y que:

El cómputo en la nube es, sin duda alguna, una de las tecnologías clave para promover el cambio.

El Internet de las cosas

El Internet de las cosas es otro tema relevante que está íntimamente asociado con la i4.0. Este concepto puede verse como una extensión de la conectividad entre dispositivos —normalmente controlados por personas— y otros objetos conectados sin necesidad de la intervención humana. Desde hace ya algunos años existen evidencias de la presencia de esta tecnología en múltiples escenarios: robots para el ensamblado de autos, computadoras que controlan los dispositivos de funcionamiento de los autos e incluso en los dispositivos de consumo doméstico, como las aspiradoras-robot. Pero hoy en día, los bajos costos de los sensores y actuadores hacen posible el desarrollo y construcción de dispositivos casi caseros que cuentan con capacidades motoras, sensoras y de comunicación entre ellos. En el mundo del Internet de las cosas es posible que cualquier equipo de uso cotidiano pueda conectarse a una red para comunicarse con otros dispositivos o con personas. Ejemplos de estos dispositivos pueden ir desde iniciativas de aficionados (construcción de juguetes y automatización de casas), hasta profesionales con sistemas más elaborados para agricultura de precisión, monitoreo de la salud, cámaras de video vigilancia, y aplicaciones de protección civil (deslaves y sismos).

Todos estos avances han revolucionado notablemente la industria electrónica y abaratado los costos de producción, lo que hace posible crear una industria basada en el Internet de las cosas con un potencial enorme. En el Internet Society (ONU, 2017) se señalan también formas en las que el IoT puede contribuir al desarrollo sostenible, por ejemplo, para el seguimiento a desafíos ambientales (calidad, uso y saneamiento del agua), control de enfermedades, cambio climático y recursos naturales. Según un reporte de IoT Analytics,

de 1600 empresas encuestadas con proyectos de IoT (Scully, 2018), el principal segmento de impacto se enfoca en ciudades inteligentes, seguido por conectividad industrial y edificios conectados. Sin embargo, como ya se mencionó, también existen muchos proyectos en los sectores automotriz, de energías inteligentes, salud, proveeduría, agricultura y otros.

Para la sociedad en general, el gran volumen de datos, producto de 25 000 millones de dispositivos que se conectarán a Internet en 2020, proporciona una nueva fuente o insumo de conocimientos, un insumo para la innovación y con posibles beneficios económicos, si se utilizan de manera correcta y eficaz.

Como se ha evidenciado, el tema del IoT está íntimamente asociado con la generación de datos y el desarrollo de la Industria 4.0. La automatización de la cadena de valor que inicia desde que se construye un producto hasta que se entrega a un consumidor, se construirá con dispositivos de este tipo. Con la tecnología del IoT se puede administrar de manera flexible los inventarios tanto de insumo como de consumo; se puede informar de las ventas en tiempo real; se puede controlar la elaboración de productos confeccionados de acuerdo con la necesidad instantánea de los clientes, etc. De todo lo anterior es claro que:

La generación y explotación de grandes datos con el uso de las técnicas de IA, aunadas al IoT y el cómputo en la nube son las principales tecnologías para el cambio, ya que pueden generar impactos enormes en casi todas las áreas sociales.

La oportunidad para México

Desde la perspectiva de la mayoría de los organismos internaciones que tratan los temas de sociedad, economía y gobierno, hay coincidencia acerca de la responsabilidad de la sociedad en general, y en particular de los gobiernos, de diseñar e implementar políticas de largo plazo que busquen el desarrollo y contribuyan al bienestar de los pueblos. Específicamente, se sostiene la importancia de aprovechar al máximo las TIC para el desarrollo social, económico y político.

El reto principal es sostener los logros en un entorno global desafiante, lo que implica poner en funcionamiento políticas que favorezcan un fuerte crecimiento económico y la creación de empleos, mientras se continúa trabajando para garantizar un acceso más equitativo a servicios satisfactorios para la población. Desde el punto de vista de las nuevas tecnologías de este siglo, hemos visto ya cómo los países más avanzados económicamente están impulsando una nueva revolución industrial a la que todos los países del orbe, más pronto que tarde, se están subiendo o se tendrán que sumar.

Algunos estudios relacionan la actual crisis mundial con la velocidad a la que está cambiando el mercado de trabajo bajo las nuevas tecnologías, justo como ocurrió en la primera revolución industrial. Las personas no serán reemplazadas, aunque seguramente su forma de trabajo será más especializada y eficiente. Por estas razones, no es aventurado decir que la automatización de las tareas dará lugar a un nuevo contexto mundial, con pérdida de empleos que serán

remplazados por otros más especializados en procesos relacionados con las TIC.

Los cambios no pueden detenerse, pero sí pueden anticiparse las acciones para aprovecharlos o mitigarlos; por tanto:

Tratar de predecir los cambios tecnológicos de las próximas dos décadas y sus repercusiones sociales, económicas y políticas representa una oportunidad única de cambio para el futuro.

Por otro lado, la cuarta revolución industrial ya está aquí y representa un cambio fundamental en la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos unos con otros. Es un nuevo capítulo en el desarrollo humano, habilitado por extraordinarios avances tecnológicos que fusionan los mundos físico, digital y biológico, creando grandes promesas (Clúster, 2018).

El contexto actual evidencia que ya nada es realizado de la misma forma: se cuenta con dispositivos y tecnologías nunca vistos; todo puede estar conectado con todo; a diario se toman millones de decisiones con billones de datos, y los cambios y la información aumentan en forma exponencial. Por ello, las regiones que adopten estas nuevas tecnologías tendrán ventajas insospechadas. Al respecto, caben las siguientes dos preguntas: **¿Qué deben hacer las regiones emergentes para sumarse a esta nueva revolución? ¿Cómo aprovechar la oportunidad en México?**

En el plano económico, México tiene una gran oportunidad para explotar las nuevas tecnologías, y una nueva generación de jóvenes está viendo en estas áreas espacios para su futuro desarrollo y la obtención de mejores trabajos.

Podemos tomar el cambio en nuestras manos para planear un mejor futuro y hacer de la innovación basada en estas nuevas tecnologías una realidad para México. Todos los días se toman millones de decisiones con poca información y en varios campos: medicina, Gobierno, medio ambiente, producción, economía y otros. Imaginemos un futuro donde los ciudadanos se alían con las computadoras para aprender de los datos y razonar, ya que ellas pueden hacer cálculos muy rápidos y de gran alcance, entrecruzando el razonamiento inteligente, tanto matemático como heurístico, y el descubrimiento de patrones y de valor en los datos.

Sumemos las capacidades humanas y tecnológicas para crear un futuro con mejores decisiones y más oportunas.

El papel de la ciencia en este contexto

Las TIC —y en particular los grandes datos y su explotación a través de la inteligencia artificial, junto con todas las nuevas tecnologías disruptivas que se han mencionado a lo largo de las páginas anteriores— son indispensables para propiciar un futuro

mejor a los ciudadanos, potenciar el desarrollo económico de cualquier región en el mundo y subirse a la nueva revolución i4.0.

Se ha señalado que las políticas a diseñar e implantar para el crecimiento social, igualitario y económico de las regiones tienen que fortalecer el sistema de ciencia, tecnología y educación, motor indispensable para promover la innovación y contribuir a la productividad, el crecimiento y el bienestar social. Pero debe haber claridad en que se requiere del diseño de políticas y estrategias acordes con los contextos nacionales y regionales, con visiones de largo plazo de al menos diez o veinte años adelante, y con acciones sostenidas y revisadas durante ese periodo. Es necesario vislumbrar el futuro de México fortaleciendo el sistema de investigación y educación con acciones que:

1. *Apoyen el fortalecimiento de las universidades y los centros de investigación.*
2. *Promuevan la creación de nuevos centros de investigación en áreas clave.*
3. *Impulsen la formación de recursos humanos de calidad en áreas estratégicas de las TIC.*
4. *Promuevan la cantidad y calidad de la productividad científica e innovadora.*
5. *Apoyen la infraestructura de TIC.*
6. *Creen entornos económicos y sociales adecuados para la instalación de nuevas empresas vinculadas con las TIC.*
7. *Fomenten un ecosistema de innovación.*
8. *Impulsen acercamientos entre académicos, sociedad, empresarios y Gobierno.*

México debe aprovechar esta oportunidad para dar un salto radical y construir un nuevo camino, basado en la digitalización, en la adopción de las tecnologías para el cambio y en la innovación permanente:

Resulta urgente la inclusión de México en la ruta del aprovechamiento de las TIC como componente indispensable para el desarrollo, así como para contener y reducir la desigualdad social.

Referencias

Ananiadou, K. & Claro, M. (2009). *21st Century Skills and Competences for New Millennium Learners in OECD Countries, 41*. Paris: OECD Publishing. Consultado de http://dx.doi.org/10.1787/218525261154

Cluster Industrial. (2018, 1 de marzo). *México, referente de la industria 4.0 a nivel global*. Consultado de https://clusterindustrial.com.mx/post/3498/mexico-referente-de-la-industria-4-0-a-nivel-global

Evans, P. & Annunziata, M. (2012, 26 november). *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*. Consultado de https://www.ge.com/docs/chapters/Industrial_Internet.pdf

Millán, J. A. (2018, 15 de febrero). *El desafío de la Cuarta Revolución Industrial.* Forbes. Consultado de https://www.forbes.com.mx/el-desafio-de-la-cuarta-revolucion-industrial/

OECD. (2001). *The New Economy: Beyond the Hype*. OECD Growth Project. Paris: OECD Publishing.

OECD. (2003). *ICT and Economic Growth: Evidence from OECD Countries, Industries and Firms*. Organization for Economic Cooperation and Development.

ONU. (2015). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Consultado de https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/

ONU. (2017). *Informe sobre la economía de la información 2017*. Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo, UNCTAD. Consultado de http://www.unctad.org/es/PublicationsLibrary/ier2017_es.pdf

Russell, S. & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence a modern approach: The history of artificial intelligence* (third edition). New Jersey: Prentice Hall.

Scully, P. (2018, 22 february). *The Top 10 IoT Segments in 2018 – based on 1,600 real IoT projects*. IOT Analytics. Consultado de https://iot-analytics.com/top-10-iot-segments-2018-real-iot-projects/

Stanford. (2018). *Defining Social Innovation*. Stanford University. Consultado de https://www.gsb.stanford.edu/faculty-research/centers-initiatives/csi/defining-social-innovation

Wirtschaft und Wissenschaft begleiten die High-tech-Strategie/National Academy of Science and Engineering. (2013, april). *Recommendations for implementing the strategic initiative INDUSTRIE 4.0. Final report of the Industrie 4.0 Working Group*. Consultado de https://www.din.de/blob/76902/e8cac883f42bf28536e7e8165993f1fd/recommendations-for-implementing-industry-4-0-data.pdf

Cora Beatriz Excelente Toledo

Actualmente es directora adjunta del Laboratorio Nacional de Informática Avanzada.

Licenciada en Informática, maestra en Inteligencia Artificial, y realizó el doctorado en Ciencias de la Computación en la Universidad de Southampton, Reino Unido, en el área de Sistemas Basados en Agentes.
Es fundadora del Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (Lania), en donde participa activamente en a) investigación y desarrollo tecnológico, b) formación de recursos humanos y c) promoción, vinculación y servicios.

Ha dirigido el grupo de investigadores de Lania y participado en proyectos de investigación financiados a nivel nacional e internacional, logrando productividad científica. Es integrante del Sistema Nacional de Investigadores y coordinadora académica y docente de los programas de maestría en Computación Aplicada (PNPC) y Redes y Sistemas Integrados de Lania.

Ha dirigido tesis de maestría y participa activamente como sinodal y revisora externa de otros programas a nivel maestría y doctorado.

Ha sido revisora y evaluadora de comités técnicos de congresos, revistas, proyectos y otros, de otras instituciones y organismos.

La Dra. Excelente ha participado de manera activa en los proyectos de colaboración y con financiamiento nacional e internacional que Lania ha promovido a lo largo de los años, entre los que se destacan las iniciativas con Estados Unidos y Europa.

Ha participado y fungido como responsable de proyectos con la industria y ha sido responsable técnico y logrado financiamiento en proyectos de ciencia aplicada, innovación, desarrollo tecnológico, formación de recursos humanos, estancias sabáticas y posdoc, entre otros.

María Cristina Loyo Varela

cloyo@lania.mx

Doctorado y maestría en Matemáticas Aplicadas por la Universidad de París VI, en el campo de Inteligencia Artificial. Matemática por la Facultad de Ciencias de la UNAM y diploma en Alta Dirección del IPADE.

Fundadora del Laboratorio Nacional de Informática Avanzada (Lania), en Xalapa, y directora general, desde su fundación en 1991, desarrollando habilidades en consultoría y dirección. En investigación, ha trabajado dentro de la inteligencia artificial. Investigadora y docente de Lania y de la Universidad Veracruzana, y 25 años en la UNAM. Tiene producción de tipo científico, de divulgación y estratégica; dirección de tesis y proyectos de investigación, consultoría y desarrollo tecnológico. Ha participado en la constitución de importantes iniciativas nacionales e internacionales, con países como Estados Unidos, Francia y Canadá.

Integrante de asociaciones académicas y profesionales, ocupando puestos directivos en la mayoría: Sociedad Mexicana de Ciencias de la Computación (SMCC), Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA), Academia Mexicana de Informática (AMIAC), Fundación México-Estados Unidos para el Avance de la Ciencia (Fumec), Asociación Mexicana de Directivos de la Investigación Aplicada y el Desarrollo Tecnológico (ADIAT), Consejo Consorcio para el Desarrollo de Internet (CUDI), Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Tecnología, Foro de Consulta Permanente de Ciencia y Tecnología (órgano de consulta del Ejecutivo Federal), entre otras.

Tecnologías y estrategias de enseñanza por considerar en la transformación digital de las escuelas

Ana Lidia Franzoni

El advenimiento de las tecnologías móviles, las redes sociales, la inteligencia artificial, el Internet de las cosas, el almacenamiento en *la nube* y el Internet está impulsando la transformación digital y cambiando esencialmente cómo las empresas se comunican, venden y hacen negocios para generar más valor en sus clientes y en sus empleados. Este nuevo contexto competitivo obliga a las empresas a adoptar estrategias de transformación digital.

Pero, ¿qué es la transformación digital? La transformación digital es la reinvención de una organización a través de la utilización de la tecnología digital, para mejorar la forma en que se desempeña y sirve a quienes la constituyen. *Digital* se refiere al uso de la tecnología que genera, almacena y procesa los datos (Rouse, 2015).

Otra definición de la transformación digital es el proceso por el cual las empresas reorganizan sus métodos de trabajo y estrategias para obtener más beneficios debido a la implementación de las nuevas tecnologías (Duro, 2017).

Por lo tanto, el término *transformación digital* se refiere a un cambio fundamental en los negocios de una organización, desde los tipos de productos y servicios que produce, hasta la forma en que los entrega.

La sola implementación de tecnología no produce la transformación digital, pero cambiar una organización para aprovechar el potencial de estas tecnologías sí lo hace.

Las empresas están aprovechando esta oportunidad, atrayendo nuevos clientes y disfrutando de nuevos flujos de ingresos más rápido que la competencia. Es un hecho que las empresas que se resisten a evolucionar están poniendo en riesgo su negocio.

Si esto sucederá con los negocios que no se han sumado a la transformación digital, pensemos qué pasará con el proceso educativo si no se transforma. Aunque la transformación digital ya ha llegado a los diferentes elementos del sistema educativo tradicional (escuelas, alumnos, profesores, herramientas, contenidos, planes de estudio), todavía hay mucho camino por recorrer.

La escuela sólo hasta ahora ha tomado conciencia de la necesidad de transformar su metodología tradicional, porque en sus clientes, los estudiantes, el rol de la tecnología en su vida diaria se incrementa significativamente. Por ejemplo, para realizar cualquier tarea, lo primero que hacen como un reflejo inmediato es utilizar Google, y no se cuestionan qué hay detrás de hacer una simple búsqueda; hoy en día los recursos digitales están disponibles en cualquier momento y desde cualquier lugar, y esto cumple con una de las características de los *millennials:* la inmediatez. Crecieron con el Internet y se relacionan de forma natural con las redes sociales a través de dispositivos móviles (teléfonos inteligentes, tabletas, computadoras portátiles), dispositivos que esperan poder usar en sus escuelas (Telefónica, 2014); por otro lado, los profesores nos encontramos pensando si es necesario realizar la transformación digital en nuestras clases y sobre todo en las escuelas. Hay docentes que tienen buena disposición hacia el uso de la computadora en el ambiente educativo, mientras que otros prefieren involucrarse lo menos posible (Sarmiento, 2000), lo cual podemos, en parte, atribuirlo al tipo de conocimiento sobre los medios electrónicos y al uso que se les da en la enseñanza.

En cuanto a las herramientas, la tecnología origina una gran diversidad de equipos, plataformas, sistemas, redes y aplicaciones, que en algunos casos ya están presentes en las aulas. Finalmente, los contenidos también se incrementan y diversifican, desde el libro de texto hasta una serie de materiales y cursos de apoyo digitales. Al igual que en todos los sectores, la transformación digital no debería quedarse sólo en la tecnología, sino que debería ir acompañada de un cambio en los modelos de funcionamiento y de negocio y, en este caso, del cumplimiento de los objetivos pedagógicos.

Es importante resaltar que la digitalización se manifiesta también en las operaciones internas de las escuelas, viéndose obligadas a digitalizar los procesos administrativos para hacerlos más ágiles y más eficientes.

Las previsiones del *Global Center for Digital Business Transformation* sitúan al sector educativo como

el sexto con mayor potencial de disrupción digital en el mundo, como se puede ver en la Tabla 1.

Productos y servicios tecnológicos	#1
Media y entretenimiento	#2
Retail	#3
Servicios financieros	#4
Telecomunicaciones	#5
Educación	#6
Turismo y transporte	#7
Manufacturas	#8
Salud	#9
Utilities	#10
Energía	#11
Farma	#12

Tabla 1. Clasificación de sectores por potencial de disrupción digital (IMD & CISCO, 2015)

El reporte global de las tecnologías de la información (TI) es un documento que presenta un análisis detallado de su impacto y uso en el desarrollo de los países en el mundo e indexa los países por medio del acuerdo llamado *Networked Readiness Index* (NRI). En el reporte de 2016 presenta que Singapur, Finlandia, Suecia, Noruega y Estados Unidos son los cinco primeros de los 143 países líderes en el uso y aprovechamiento de las TI. México se encuentra en el lugar 76 y baja siete puntos con respecto al año 2015. Según el Foro Económico Mundial, México debe mejorar en la educación y en el desarrollo de la ciencia para ser una economía más competitiva (Silja, Soumitra & Bruno, 2016).

Por otra parte, en una encuesta de Gartner presentada en el *Symposium ITxpo 2017*, CIO Agenda 2018: Perspectivas de la industria de la educación superior, Jan-Martin Lowendahl, vicepresidente de Gartner, afirmó que "la educación superior es una de las industrias menos digitalizadas". Sin embargo, los CIO del sector deben comenzar a cerrar la brecha digital. "Teniendo en cuenta que la educación superior es, en principio, una industria de 'información' con un enorme potencial digital en comparación con otras industrias, la digitalización debe convertirse en una prioridad máxima" (Computing, 2017).

Por lo tanto, la digitalización del sector educación en Latinoamérica debe ser una solución al futuro de nuestros países para ser más competitivos e innovadores, pero la transformación digital en el sector educación no es sustituir el libro y el cuaderno por un dispositivo digital, el pizarrón por un proyector y la lección por una presentación de PowerPoint; es necesario un verdadero cambio educativo que incluya una estrategia educativa, priorizando los objetivos pedagógicos, seleccionado las actividades, recursos interactivos y la tecnología en sus métodos de enseñanza-aprendizaje, con una adecuada capacitación a profesores al nuevo modelo pedagógico y tecnológico, generando con ello una mejora en la comunicación entre todos los implicados (profesores, estudiantes, escuelas y padres de familia) y una infraestructura apropiada para el nuevo modelo educativo.

La transformación digital en el sector educativo debe ser completamente disruptiva: debemos transformar el modelo educativo desde cero. Finlandia en 2016 introdujo el método *phenomenon learning,* sustituyendo las asignaturas por proyectos temáticos donde los alumnos se apropian del proceso de aprendizaje y también siguen el proceso *open-plan* o espacio abierto, en donde los salones cerrados se transforman en espacios multimodales, que se enlazan con otros mediante paredes de cristal y divisiones movibles; el mobiliario también se ajusta e incluye cojines y sofás. No se trata de espacios totalmente abiertos, sino de crear áreas flexibles y modificables no sólo en la infraestructura sino también en el modelo pedagógico.

Otro ejemplo es el del colegio Claver de los Jesuitas en Raimat (Lleida)[1] , en donde tienen un trabajo interdisciplinar, los horarios son flexibles, la evaluación es continua, el alumno es el centro del nuevo modelo siendo más autónomo, y los profesores hacen preguntas (no dan respuestas), utilizando el aprendizaje por descubrimiento guiado. La infraestructura también es diferente a la escuela tradicional: los pasillos son amarillos con grandes ventanas transparentes, con mesas que tienen ruedas para poder hacer grupos; hay zonas comunes con sofás y hasta un jardín central que construyen ellos mismos.

Para poder abordar con éxito el proceso de transformación digital en una escuela, los directivos deben dejar de centrarse únicamente en la parte tecnológica y afrontar un cambio en el proceso educativo de forma integral (modelo pedagógico, infraestructura, actores). En este sentido se debe rediseñar la escuela en su totalidad, contando con el liderazgo claro de una persona encargada para desarrollar la cultura, los objetivos definidos y la nueva estrategia de negocio.

A continuación, se plantean tres pasos para poder hacer una transformación digital en este sector:

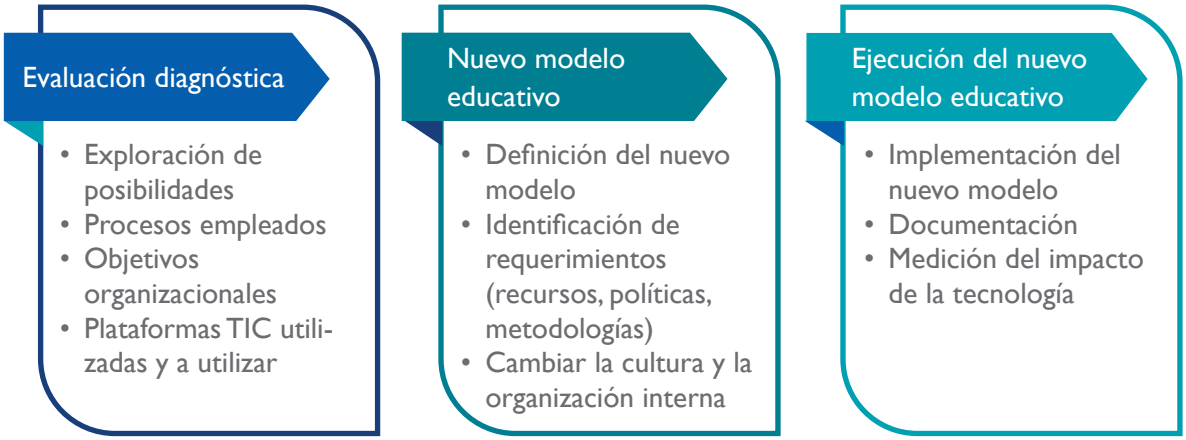


Figura 1. Proceso de transformación digital en tres pasos

[1] http://www.claver.fje.edu/ca

El uso de herramientas de tecnología de información y comunicación (TIC) es la clave para facilitar la adopción y el cambio del nuevo modelo educativo. Por ello se debe identificar el objetivo principal de la institución, reconocer todo su proceso e identificar los obstáculos internos y externos que pueden impedir ser más eficiente. Además de estimar el nivel de la adopción de la tecnología para alcanzar el objetivo que se busca, hay que considerar cuáles tecnologías se quedan y cuáles se integrarán, evaluando el costo de oportunidad que genera el cambio, innovando en la transformación de los procesos y en la integración de la tecnología, para cumplir el objetivo general. Por consiguiente, lo que hay no es una estrategia digital, sino una estrategia para el mundo digital (Baker, 2014).

Como sucede con otros sectores, cada una de las grandes tecnologías del momento genera un impacto en el sector educativo, pero esta incorporación tecnológica al ecosistema educativo multiplica su impacto cuando actúa en conjunto con nuevas metodologías; por ejemplo: la estrategia de aprendizaje basada en proyectos, la clase invertida, la "gamificación", entre otras.

El aprendizaje basado en proyectos pretende desarrollar un aprendizaje autónomo y aplicar sus conocimientos y habilidades de los estudiantes en un proyecto real. Las tecnologías son una herramienta que puede articularse a esta estrategia para mejorar su aplicación, por ejemplo:

Las tecnologías móviles para:

- tener acceso a la información,
- trabajar en equipo en línea,
- utilizar sus dispositivos móviles (*Bring Your Own Device* [BYOD]).

Las redes sociales para:

- facilitar la economía colaborativa, pues es una aplicación digital que conecta a estudiantes con profesores, estudiantes con estudiantes y estudiantes con la escuela.
- facilitar la comunicación inmediata de todo tipo de sucesos y conocimientos vinculados al proyecto,
- facilitar una red de estudiantes donde se ayuden entre ellos para explicar o resolver sus dudas (*crowdlearning*).

El almacenamiento en *la nube* para:

- dar la posibilidad de que los estudiantes y profesores almacenen sus recursos, investigaciones, documentación y seguimiento sobre el proyecto y tengan acceso a ellas desde diferentes plataformas, en cualquier momento y en cualquier lugar.

La clase invertida (*Flipped classroom*) como estrategia se potencializa con la tecnología porque se basa en que el estudiante debe estudiar la lección

en casa, y en la escuela debe compartir la información, realizar proyectos para poner en práctica los conocimientos adquiridos y resolver las dudas; así el profesor consolida el aprendizaje. Generalmente es un video el que se le da a los estudiantes, pero puede ser un *podcast* o una página web: es un enfoque integral para incrementar el compromiso del alumno en su enseñanza.

En la gamificación (*gamification*), que se basa en aplicar mecanismos de juegos a los procesos de aprendizaje, la mecánica es la forma de recompensar al usuario en función de los objetivos alcanzados, como por ejemplo, con acumulación de puntos, escalado de niveles, obtención de premios, regalos, desafíos, etc. Esta estrategia también se potencia con el uso de medios digitales. Los medios digitales son aplicaciones, plataformas o herramientas, por ejemplo: Kahoot! o Socrative, que permiten al profesor realizar preguntas de opción múltiple de manera divertida. BookWidgets es una herramienta para tabletas que permite generar actividades como crucigramas, juegos de memoria o pruebas aritméticas, entre otras. Aplicaciones móviles como Brainscape (tarjetas digitales para la enseñanza), Knowre (aplicación de retos de álgebra), Minecraft (videojuego educativo para aplicarlo en todo tipo de temas), entre otros.

Un modelo educativo innovador incluye transformaciones en diversos elementos de las escuelas y los procesos de aprendizaje:

- *La transformación en el modo de operar:* las escuelas necesitan incorporar diferentes sistemas de información para transformar sus procesos en la operación diaria; por ejemplo, un sistema de control escolar para dar seguimiento académico a los estudiantes, rediseñar las operaciones y la toma de decisiones, un sistema para la administración de la relación con sus clientes (CRM), esto es, para el seguimiento de sus aspirantes, y un sistema para la administración del aprendizaje (LMS), para el manejo de sus contenidos y clases. Todos estos sistemas deben estar centralizados para obtener la analítica de la información y tener seguimiento personalizado de los estudiantes.
- *La transformación de un ambiente más ameno y divertido* tiene el fin de que los estudiantes se comprometan con su proceso de aprendizaje y ellos mismos lo controlen; un ambiente sin horarios definidos, sin aulas definidas, con currículos flexibles, con evaluaciones diferentes, donde los estudiantes se puedan divertir y aprender.
- *La transformación de los currículos académicos* para que incluyan contenidos flexibles, aprender a pensar y aprender a aprender, competencias en TIC, competencias para trabajar, actitud emprendedora, creativa, innovadora, competencias para una vida sostenible, pensamiento computacional, enseñanza personalizada, libros de texto adaptativos, materiales interactivos en línea, puntos por curso realizado para sumar un número determinado y tener un diploma por el conocimiento adquirido, grados mezclados, niveles por capacidades, movilidad entre instituciones.
- *La transformación de los horarios:* estudiar por contenido en el tiempo necesario para cada estudiante, con horario flexible; formación y apoyo

en tiempo real, duración flexible para un mismo nivel; atención las 24 horas, siete días a la semana, y evaluaciones con diferentes duraciones para el mismo estudiante.

- *La transformación del aula:* que los estudiantes utilicen su propio dispositivo móvil; red inalámbrica o alámbrica en toda la escuela; analítica del uso de aplicaciones en la red tanto para administrar los recursos como para garantizar la calidad de la experiencia de los estudiantes; diseño de nuevos espacios abiertos de aprendizaje, espacios de colaboración, mobiliario móvil y superficies escribibles, para que las instalaciones sean un ecosistema de espacios conectados que generen confianza y sean inspiradores.

Cada escuela podría ser diseñada como una ciudad sensible (inteligente), llena de sensores, con dominio en el transporte, la sustentabilidad, la infraestructura, la administración y la movilidad. Ejemplos de aplicaciones son los sistemas inteligentes para la optimización del transporte, los sistemas inteligentes para la generación de energías alternativas dentro de la escuela (gestión del agua, de los residuos, del gasto de luz, del uso de la basura, etc.) y los sistemas tutores inteligentes que diseñan secuencias de aprendizaje personalizadas para cada alumno, proporcionando retroalimentación inmediata en función de sus errores o respuestas, todo lo cual incluso se ha traducido en distintas herramientas de aprendizaje adaptativo. Estos sistemas tutoriales inteligentes pueden ser el núcleo del proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación y ayudar a mantener o minimizar los costos del servicio y aumentar el número de estudiantes en la escuela.

En resumen, las tecnologías móviles, las redes sociales, la inteligencia artificial (IA), el Internet de las cosas (IoT), el almacenamiento en *la nube*, son ejes de la transformación digital en el sector educativo.

Las principales ventajas del uso de *la nube* residen en compartir contenidos y materiales, colaborar, dialogar y trabajar en equipo, almacenar todo tipo de información; la disponibilidad de forma permanente de los recursos, el acceso a la información almacenada de todos los sistemas de información utilizados y los registros históricos, además de la escalabilidad para ampliar su público objetivo y llegar a un mayor número de estudiantes, aumentando las posibilidades por medio de la formación en línea.

Las principales ventajas de las tecnologías móviles son el uso de dispositivos para acceder a todo tipo de redes y servicios, en cualquier lugar y en cualquier momento; aplicaciones apropiadas para el aprendizaje (un cuaderno electrónico, una mochila digital, una cámara para generar videos, entre otros); contenidos que hacen uso de la realidad aumentada o virtual para innovar la forma en que los estudiantes perciben la realidad física y proporcionando experiencias de aprendizaje inmersivas que complementen la comprensión de fenómenos complejos. La realidad aumentada nos permite interactuar con el mundo real de forma directa. Estas tecnologías móviles acercan a los estudiantes a una realidad del uso de las TIC que forma parte de su vida diaria.

Las principales ventajas del IoT son la incorporación de inteligencia a los objetos para generar datos e integrarlos en los sistemas. Así, las escuelas pueden tomar decisiones con información en tiempo real, mejorar las experiencias de aprendizaje, la seguridad de las instalaciones y la eficiencia operativa. IoT hace posible nuevos dispositivos (*wearables*) para aplicaciones educativas, como lentes inteligentes, cámaras de video, relojes, ropa, mochilas, loncheras, bancas y pizarrones inteligentes, entre otros dispositivos, potenciando nuevas actividades formativas y mejorando la educación en el ecosistema de la enseñanza.

Las principales ventajas de las redes sociales son la creación de comunidades, la oportunidad de la colaboración y comunicación, el uso de redes especializadas para conocimientos específicos, el uso de *marketplaces* para la educación, que abren nuevas posibilidades para que cualquier persona con conocimientos específicos o generales de un tema o materia pueda ser profesor, y la mercadotecnia digital para la atracción de nuevos aspirantes a las instituciones.

Las principales ventajas de la IA son la utilización de la neurociencia, la tecnología cognitiva, el aprendizaje de máquina para individualizarlo, plataformas en línea de aprendizaje adaptativo, tutores cognitivos que imitan el rol del profesor y guían al estudiante en diferentes materias y el uso de *chatbots* para retroalimentación inmediata.

Conclusiones

La tecnología actúa como catalizador, pero no es condición suficiente para la transformación digital: la tarea prioritaria de las escuelas consiste en reorientar su estrategia, identificando lo que puede mejorar, lo que no debe cambiar, lo que debería ser eliminado y lo que tiene que ser potenciado con ayuda de la tecnología.

La transformación digital trae nuevas oportunidades de estrategias en la educación que surgen gracias a la aparición de las tecnologías. Este cambio no es sólo tecnológico, sino que es necesario crear nuevas aptitudes tanto en los profesores como en la reinvención de las instituciones. No está enfocada en la tecnología utilizada (*Big Data, la nube*, Internet de las cosas, movilidad, redes sociales, entre otras), sino en utilizarla para lograr un beneficio en la educación global.

Referencias

Baker, M. (2014). *Digital transformation*. United Kingdom: Buckingham Business Monographs.

Computing, R. (2017, 30 de octubre). *Computing*. Consultado de http://www.computing.es/mundo-digital/informes/1101678046601/digitalizacion-esperanza-de-cio-cambio-modelo-comercial.1.html

Duro, S. (2017, 8 de octubre). *¿Qué es la transformación digital y por qué tu empresa no puede ignorarla por más tiempo?* Consultado de https://josefacchin.com/transformacion-digital/

IMD & CISCO. (2015). *Digital vortex. How digital disruption is redefining industries*. Consultado de https://www.imd.org/news/all-articles/

Mundo, B. N. (2017, 27 de septiembre). *Por qué Finlandia está transformando la arquitectura de las escuelas*. Consultado de http://www.t13.cl/noticia/mundo/bbc/finlandia-mejor-educacion-del-mundo-transforma-arquitectura-escuelas

Patricia, G. (2015, marzo). *Los jesuitas revolucionan el aula*. Consultado de https://politica.elpais.com/politica/2015/03/27/actualidad/1427473093_128987.html

Rouse, M. (2015, diciembre). *Transformación digital*. Consultado de https://searchdatacenter.techtarget.com/es/definicion/Transformacion-digital

Sarmiento, M. (2000). *Diseño, aplicación y evaluación de un programa de intervención matemática en el 4.º grado de educación básica*. ULA-Trujillo: Biblioteca Aquiles Nazoa.

Silja, B., Soumitra, D. & Bruno, L. (2016). *Global information technology report 2016*. Consultado de http://www3.weforum.org/docs/GITR2016/WEF_GITR_Full_Report.pdf

Telefónica. (2014, 13 de octubre). *Telefónica global millennial survey*. Consultado de http://s1.pulso.cl/wp-content/uploads/2014/10/2019231.pdf.

Ana Lidia Franzoni Velázquez

analidia@itam.mx

Doctora en Sistemas de Información por *l' Université de Technologie de Troyes (UTT)* y *Telecom & Management SudParis* (Francia). Estudios de Ingeniería en Computación en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM); maestría en Tecnologías de Información y Administración en la misma institución y el *Mastère Spécialisé en Réseaux et Systèmes d'Information pour les Entreprises en la École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne (ENSTB)*, en Francia.

Vocal de la Asociación Nacional de Instituciones de Educación en Informática A. C. (ANIEI). Miembro del Consejo Técnico del EGEL-Ingeniería en Computación del Ceneval A. C. Evaluadora del Consejo Nacional de Acreditación en Informática y Computación A. C. (Conaic). Miembro de la Sociedad Mexicana de Computación en la Educación A. C. (Somece). Miembro numerario 259 y tesorera de la Academia Mexicana de Informática A. C. (AMIAC).

Cuenta con publicaciones en revistas y conferencias internacionales, así como capítulos de libros. Fue coordinadora de la maestría en Tecnologías de Información y Administración en el ITAM durante cuatro años. Impartió cursos de actualización y asignaturas a nivel licenciatura y maestría.

Actualmente es directora de la carrera de Ingeniería en Computación en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM).

Áreas de interés: medios electrónicos, educación a distancia, *e-learning*, métodos de enseñanza-aprendizaje, sistemas tutoriales. Actualmente investiga sobre los medios electrónicos como herramienta de apoyo para una educación personalizada, de acuerdo a los estilos de aprendizaje del estudiante.

Ciencia de datos y medicina de precisión

Demetrio Fabián García Nocetti

Introducción

La medicina de precisión es un enfoque emergente de la medicina para la salud, la predicción, la prevención, el diagnóstico y el tratamiento de enfermedades. Este tipo de medicina, basada en el conocimiento científico contemporáneo, tiene en cuenta la compleja relación biopsicosocial del individuo y amplía las perspectivas de interacción de información médica de diversos niveles, desde datos clínicos, de laboratorio, epidemiológicos y variabilidad individual de los genes, hasta estudios con modelos de enfermedades, información genómica, factores de riesgo poblacionales, medio ambiente y estilo de vida, entre otras. La promesa de la medicina de precisión es dar el *tratamiento correcto*, en el *momento correcto*, siempre, a la *persona correcta.* Esa es la definición de lo que muchos consideran un nuevo paradigma.

Los aspectos que sustentan esta idea son el conocimiento de las alteraciones genéticas y moleculares que producen el desarrollo del padecimiento, el desarrollo de fármacos que actúen al nivel de dichas alteraciones, el almacenamiento de los datos relevantes de los pacientes (datos moleculares, genéticos, clínicos, respuesta a tratamientos, etc.), los avances importantes en la ciencia de datos, las nuevas posibilidades de gestión y explotación de grandes volúmenes de datos generados y su análisis para la creación de nuevo conocimiento. La implementación de todos estos aspectos implica un cambio muy importante en la manera de prestar atención sanitaria al paciente. Para ello se requiere un plan estratégico nacional con el fin de establecer proyectos de investigación, indicadores de calidad, historias clínicas electrónicas que integren los datos de los pacientes y que permitan compartir la información generada, todo ello bajo un marco regulatorio que asegure el tratamiento de los datos y la confidencialidad de la información. Disponer de un plan nacional de medicina personalizada de precisión es importante porque representa una aproximación hacia una medicina más científica y eficaz, que puede ayudar a abordar problemas médicos que hoy apenas tienen respuestas.

Medicina de precisión

La medicina de precisión es un concepto que hace referencia a la adaptación del tratamiento médico a las características individuales de cada paciente. Esto implica que las decisiones referentes al tratamiento o la prevención de enfermedades se tomarán con base en la integración de las características genómicas y moleculares de la enfermedad, la información sobre la situación clínica, los hábitos, deseos y expectativas del paciente (Collins & Varmus, 2015). Los avances más significativos en cuanto a medicina de precisión se han hecho en cáncer; sin embargo, la práctica cada vez tiende a extenderse a la mayoría de enfermedades y es particularmente necesaria en el manejo de las enfermedades cardiovasculares.

Las enfermedades cardiovasculares son un problema de salud pública y un reto global porque son las responsables de la mayor parte de la mortalidad en México y en el mundo. De las cuatro principales enfermedades crónicas no transmisibles incluido el cáncer, la diabetes y las enfermedades respiratorias crónicas, las enfermedades cardiovasculares son responsables de 17 millones de muertes en el mundo, representando un 29.82 % (Sánchez et ál., 2016). Se estima que para el año 2020 las muertes por enfermedades cardiovasculares aumentarán en 15 a 20 %, y en 2030 morirán cerca de 23.6 millones de personas. Se pronostica que seguirá siendo la principal causa global de muerte.

En México, el Sistema Nacional de Salud afirma que la cardiopatía isquémica y la *diabetes mellitus* son dos de los más grandes problemas de la salud pública. La cardiopatía afecta sobre todo a los hombres de mediana y avanzada edad, y su mortalidad es 20 % más alta en los hombres que en las mujeres. Representa un factor importante de muerte en todos los adultos; el mayor número de defunciones ocurre en personas de ambos géneros de 65 años o más, lo que subraya que la edad avanzada es un poderoso inductor de esta enfermedad.

El impacto económico de las enfermedades cardiovasculares es muy grande. Por ejemplo, las pérdidas de producción en los países de ingresos bajos y medios (en dólares US$) pasarían de US$ 3 billones en el 2010 a US$ 8.6 billones en 2030. De igual forma, las estimaciones de los costos directos e indirectos por las enfermedades cardiovasculares en el mundo pasarían de US$ 863 mil millones en 2010 a US$ 1.04 billones en 2030. Por tanto, las enfermedades cardiovasculares son una de las causas de pobreza que dificultan el desarrollo económico en todo el mundo y representan un desafío global, en especial para países como México.

En consecuencia, es necesario enfrentar la epidemia de las enfermedades cardiovasculares y debe ser una prioridad nacional e internacional en los sistemas de salud individuales y públicos en el mundo (Gómez, 2016). De igual manera, conviene experimentar una transformación importante en torno a la calidad, al costo, al acceso, a las ideas innovadoras y a las aplicaciones prácticas para mejorar el panorama de las enfermedades cardiovasculares, con un nuevo modelo de medicina que permita acelerar la traducción de los conocimientos y descubrimientos biomédicos en nuevas herramientas de predicción, prevención, diagnóstico y terapias para el paciente y las poblaciones.

Dado que las enfermedades cardiovasculares y la supervivencia a éstas son resultantes de la convergencia entre aspectos biológicos, sociales y culturales, la medicina de precisión tiene un enorme potencial para avanzar en el conocimiento y manejo de la salud y de las enfermedades cardiovasculares, así como para generar evidencia científica necesaria para aplicarla a la práctica clínica diaria y a la salud pública. La medicina de precisión en el manejo de las enfermedades cardiovasculares es considerada como la cardiología moderna del siglo XXI.

Ciencia de datos

La ciencia de datos es un campo interdisciplinario que involucra métodos científicos, procesos y sistemas para extraer conocimiento o un mejor entendimiento de datos en sus diferentes formas, sean estructurados o no, lo cual es una continuación de algunos campos de análisis de datos como la estadística, la minería de datos, el aprendizaje automático y la analítica predictiva (Liu, 2015). También se define la ciencia de datos como un concepto para unificar estadísticas, análisis de datos, aprendizaje automático y sus métodos relacionados para comprender y analizar los fenómenos reales empleando técnicas y teorías extraídas de muchos campos dentro del contexto de las matemáticas, la estadística, la ciencia de la información y la informática.

El uso constante de las tecnologías ha traído consigo un crecimiento explosivo en la cantidad de datos, generados a grandes velocidades y en distintos formatos. Tomando como referencia este gran volumen de información ha surgido la necesidad de extraer patrones, tendencias y conocimiento en general de forma rápida y eficiente. Sin embargo, para lograrlo, los métodos convencionales han tenido que evolucionar enfocándose en el rendimiento y la escalabilidad, con objeto de obtener información generalmente en tiempo real y al menor costo.

Este fenómeno se ha denominado *Big Data* (BIGD): el proceso de medir, colectar, organizar, analizar y visualizar grandes conjuntos de datos, generados al interior de las organizaciones o disponibles en bases de datos externas, a partir de las cuales se puede descubrir nuevo conocimiento, diagnosticar situaciones específicas e identificar agrupamientos que permitan predecir y resolver problemas reales de gran complejidad. BIGD hace referencia a términos conocidos como las tres "V": volumen, velocidad y variedad (Fig. 1A). Volumen se refiere a la cantidad de datos generados continuamente en un tiempo determinado; velocidad, a la rapidez de entrada y salida con la cual fluyen a través de distintos canales, y variedad, a los diferentes formatos y fuentes en que se encuentran.

En el caso particular de la medicina, estos datos se distribuyen entre múltiples sistemas del sector salud: hospitales, aseguradoras, investigadores, entidades gubernamentales y otros. Además, frecuentemente cada uno de estos repositorios de datos está aislado y es intrínsecamente incapaz de proporcionar una plataforma para la transparencia global de los datos. Finalmente, la veracidad de los datos en salud también es crítica para su uso significativo en el desarrollo de la investigación en el sector.

Es importante señalar que los datos almacenados y gestionados no representan por sí solos la ventaja que se requiere para ser más competitivo y productivo; lo importante está en el valor que se puede generar a partir de ellos, por lo que se debe tener la capacidad de descubrirlo en tiempo real, considerando aspectos de seguridad, integración, funcionalidad y otros atributos de calidad (Normandeau, 2013). Existe una cuarta ”V”, valor, que es la analítica de grandes bases de datos (BDA, Big Data Analytics). Se encuentra cuando a partir de los datos se identifica nuevo conocimiento y éste se lleva al área de dominio para predecir y resolver problemas complejos (Fig. 1B). Esto agrega retos adicionales, como el costo computacional, la seguridad informática, la integración con otros sistemas, la volatilidad de los requisitos y demás aspectos propios de cada área. Extraer el valor de BIGD ha generado diversos desafíos computacionales, debido principalmente a que las tecnologías usadas tradicionalmente en el proceso de datos no logran satisfacer todos los requerimientos de escalabilidad, rendimiento, almacenamiento o tiempo de procesamiento, entre otros. Para abordar estos retos, las tecnologías asociadas con BIGD se apoyan en tres pilares fundamentales: sistemas de archivos distribuidos, bases de datos escalables y *software* de procesamiento en paralelo, donde se integra el uso de metodologías, técnicas y herramientas del cómputo inteligente. Estos tres pilares se integran en sistemas de cómputo de alto rendimiento.

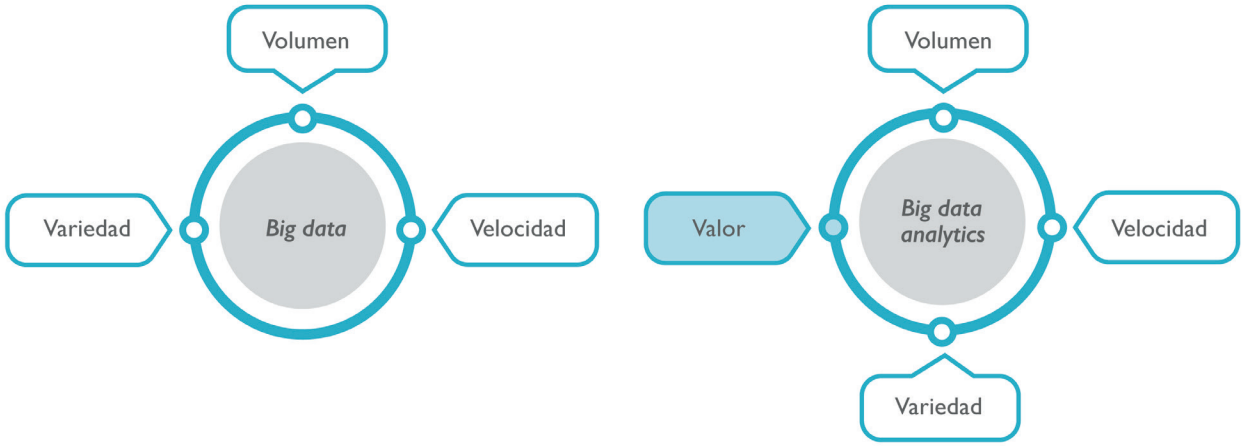


Figura 1A. Big Data y las tres ”V”; 1B. Big Data Analytics y las cuatro ”V”

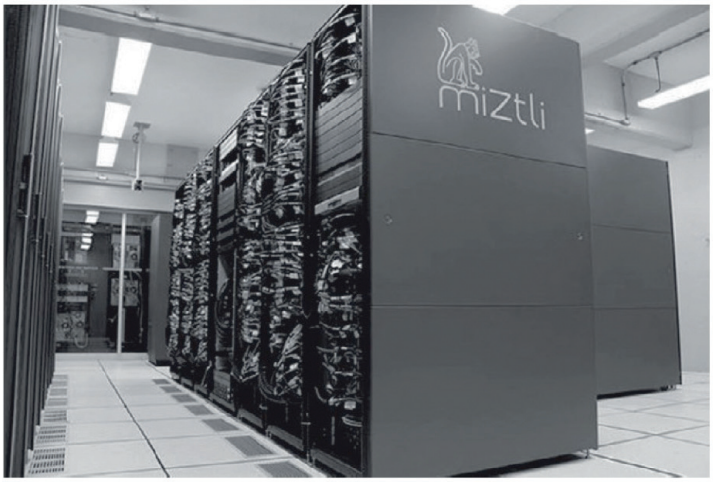
Cómputo de alto rendimiento y cómputo en *la nube*

Alrededor del BDA existen tres conceptos o variables principales relacionadas: *Data Warehouse,* NoSQL y *Cloud Computing*. Algunas de estas variables pueden afectar a las otras en diferentes contextos y proporciones. Por ejemplo, en la medida en que se generan más servicios que permitan computación en la *nube* se puede dar solución más fácilmente a problemas de BIGD con costos más competitivos. Del mismo modo, en la medida en que estos problemas surgen, aparecen soluciones tecnológicas, como NoSQL, que resuelven el almacenamiento y gestión de los datos. Si a esto se le da una connotación analítica, entonces surgirán también más soluciones de inteligencia de negocios en forma de aplicaciones, arquitecturas, técnicas, tecnologías, herramientas o nuevos paradigmas orientados a abordar el análisis de BIGD. El *Data Warehouse* (DWH) es el conjunto de arquitecturas que facilitan o apoyan los procesos de descubrimiento de conocimiento o información valiosa a partir de los datos, para descubrir patrones significativos (Krishnan, 2013). Las nuevas características que impone BIGD sobre los datos hacen que se tornen imperfectos, complejos y sin estructura o sin esquema (archivos de texto, audio, video, colectores de datos, datos de sensores, huellas digitales, tuits, comentarios). Esto hace que deban utilizarse herramientas computacionales avanzadas, desarrolladas incluso para otros campos, como es el caso del aprendizaje automático o *Machine Learning* (ML), sistemas expertos, redes neuronales, algoritmos de dividir y vencer, teoría de grafos y utilización de mapas de datos. A la mayoría de estas herramientas y tecnologías relativas al almacenamiento de los datos se les conoce como ”NoSQL”, o ”no relacionales” que, además de proponer diferentes modelos de datos, incluyen arquitecturas de computación distribuida y lenguajes de alto nivel para combinar, contrastar y analizar los datos de tal forma que se generen resultados útiles en el apoyo del quehacer disciplinario.

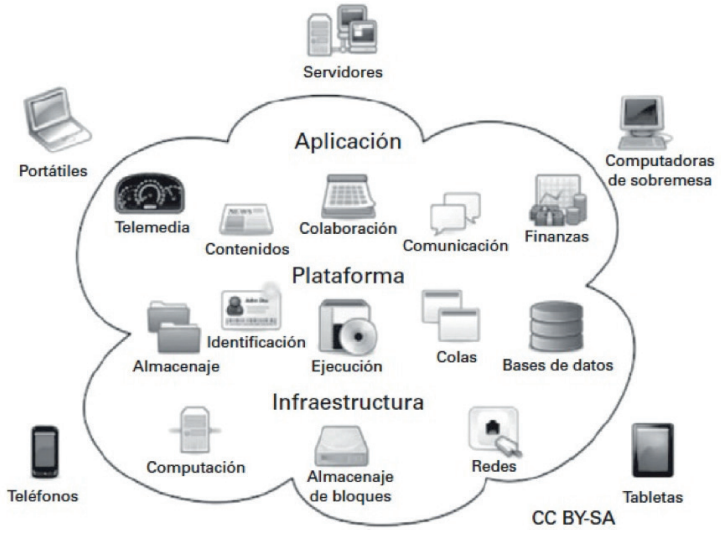
La programación paralela es una estrategia donde problemas de gran tamaño se dividen en problemas más pequeños, con la idea de que se resuelvan de manera simultánea, siguiendo la técnica de “divide y vencerás”. Debido al interés por el desarrollo de soluciones a problemas con creciente demanda computacional y de almacenamiento, el procesamiento paralelo y distribuido, inmerso en los sistemas de cómputo de alto rendimiento o supercomputadoras (Fig. 2A), se ha convertido en un área clave dentro de la ciencia y la ingeniería de la computación. Aunque muy asociado con el desarrollo de las arquitecturas físicas, el reto fundamental se centra en cómo aprovechar al máximo su potencial, y en cómo obtener su mayor y mejor desempeño. En este sentido, se ha realizado un trabajo de investigación y desarrollo en la especificación, transformación, optimización y evaluación de algoritmos, centrándose en algoritmos paralelos y los métodos utilizados para su construcción y análisis. El uso de procesadores con más de un núcleo (multicore) ha sido de los aspectos de mayor

impacto, lo que ha permitido desarrollar plataformas de memoria compartida y distribuida, con la necesidad inmediata de desarrollar sistemas operativos, lenguajes y algoritmos para su adecuado aprovechamiento.

Es importante mencionar la utilización de las arquitecturas basadas en la Unidad de Procesamiento Gráfico o *Graphics Processing Unit* (GPU), que se han usado como sistemas paralelos de memoria compartida, con su paradigma de programación propio. Cabe señalar también que los ambientes de computación en la nube han introducido un nuevo y atractivo modelo desde el punto de vista del cómputo de alto rendimiento, brindando opciones a la medida de diversas aplicaciones para ejecutar aplicaciones sin tener que adquirir *hardware* propio.



A



B

Figura 2A. Supercomputadora; 2B. Cómputo en *la nube*

Hasta hace unos años, la capacidad de computación estaba definida por la cantidad de recursos disponibles para invertir en servidores e infraestructura que permitieran satisfacer la necesidad de procesamiento, y cuando ésta fuera mayor, era necesario ampliar las características (procesador, memoria, almacenamiento) o reemplazarlas por otras superiores. Recientemente, los avances en las tecnologías de virtualización han dado origen al paradigma de *Cloud computing* (Fig. 2B), que se presenta como una alternativa a los tradicionales sistemas de clúster de cómputo. *Cloud computing* se ha asociado con el concepto de arquitecturas de computación basadas en sistemas de virtualización de software, que lucen como una computadora física pero con especificaciones flexibles, como número de procesadores, tamaño de memoria, tamaño de disco y sistema operativo (Philip-Chen & Zhang, 2014). También se ha considerado como un estilo de computación en la cual se ofrecen, como servicio, capacidades de escalabilidad y elasticidad utilizando tecnologías de Internet (Gartner, 2016). Hoy en día, este paradigma juega un papel fundamental en el procesamiento de información, pues permite a las organizaciones contar con arquitecturas altamente escalables, que se pueden expandir o reducir según la carga de trabajo, sin necesidad de realizar una inversión en hardware costoso, que con el paso del tiempo tienda a volverse obsoleto.

Plataformas para analítica de BIGD

Compañías de tecnologías de información como Google, Yahoo, Facebook y Amazon han investigado y se han centrado en proyectos de gran escala que han permitido resolver problemas relativos a la gestión de BIGD (Fig. 3A). De estos proyectos surgieron modelos de almacenamiento distribuido de datos, como BigTable de Google, Dynamo de Amazon y sus derivadas, así como arquitecturas y algoritmos de procesamiento paralelo masivo como MapReduce, Google File System, Apache Hadoop y Hadoop Distributed File System, que se han consolidado como méto-

dos para trabajar con BIGD (Fig. 3B). Estas tecnologías, modelos, técnicas de procesamiento de datos y servicios en *la nube* se han utilizado también en otros dominios, incluido desde luego el sector salud, pero también la ciencia ha logrado beneficiarse para realizar investigaciones y experimentos en diversas áreas de conocimiento, como bioinformática y genética.

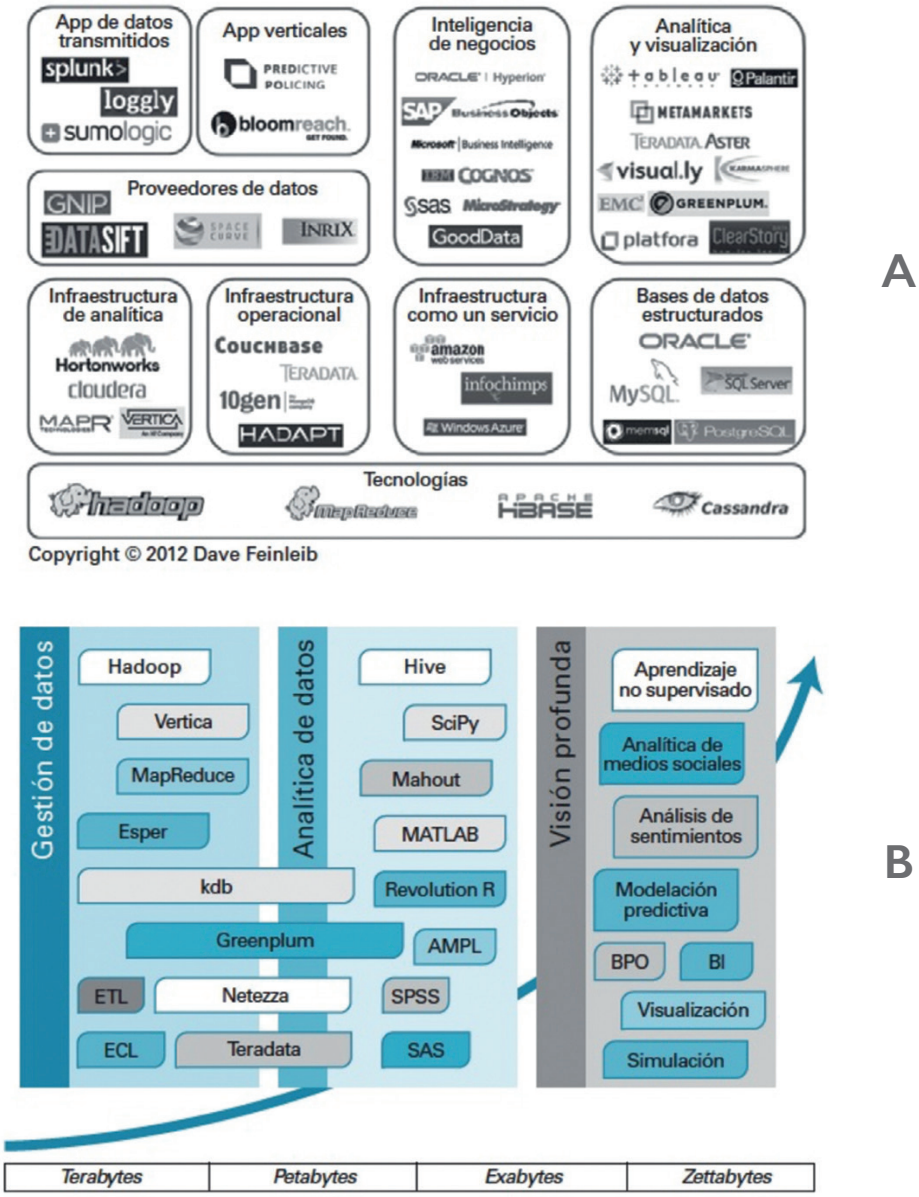


Figura 3A. Plataformas para BIGD; 3B. Herramientas para analítica de BIGD

El *software* de Hadoop se propuso para resolver parte de los problemas asociados con BIGD y, en general, con la ciencia de datos. Entre sus puntos clave se encuentran su capacidad de almacenamiento y procesamiento local (Fig. 4A). Hadoop escala desde unos pocos servidores hasta miles de ellos; además, permite el procesamiento distribuido de grandes conjuntos de datos en clústeres de computadoras utilizando modelos sencillos de programación. Hadoop es un sistema de código abierto (*open source*), como una plataforma de almacenamiento de datos y análisis para BIGD. Es escalable en capacidad de almacenamiento y computación, y es tolerante a fallas con un procesamiento distribuido.

MapReduce es el modelo de programación utilizado para dar soporte a la computación paralela, y trabaja grandes colecciones de datos en grupos de computadoras o clústeres (Fig. 4B). El acceso de datos se lleva a cabo en *streaming,* es decir, los datos se facilitan a medida que se consumen, por lo que no hace falta descargarlos. Los clústeres de Hadoop están preparados para almacenar BIGD de archivos de todo tipo y funcionar en máquinas de distintos fabricantes desplazando el algoritmo a los datos, disponiendo además de herramientas de monitorización.

El procesamiento brinda estos importantes resultados: dotar de estructura lógica a los conjuntos de datos tratados; almacenar los datos en el repositorio elegido; analizar los datos disponibles para hallar relaciones; aplicar algoritmos a los datos; aplicar procesos estadísticos; resolver las peticiones lanzadas mediante el modelado; interpretar grandes datos; interpretar las distintas soluciones, y aportar un resultado final.

En el corazón de la BDA está la minería de datos, mediante la cual se buscan patrones ocultos en los datos para transformarlos en conocimiento que permita predecir el comportamiento futuro de variables importantes para la toma de decisiones en las organizaciones, así como para identificar otras variables que no habían sido tomadas en cuenta y cuya incorporación podría estimular innovaciones disruptivas. Debido a las dificultades que ofrecen los problemas que se pretende resolver, en el desarrollo de sistemas computacionales para llevar a cabo la analítica de grandes bases de datos, además de los métodos estadísticos se incorpora el uso de metodologías, técnicas y herramientas surgidas en el campo de la inteligencia artificial y las redes neuronales.

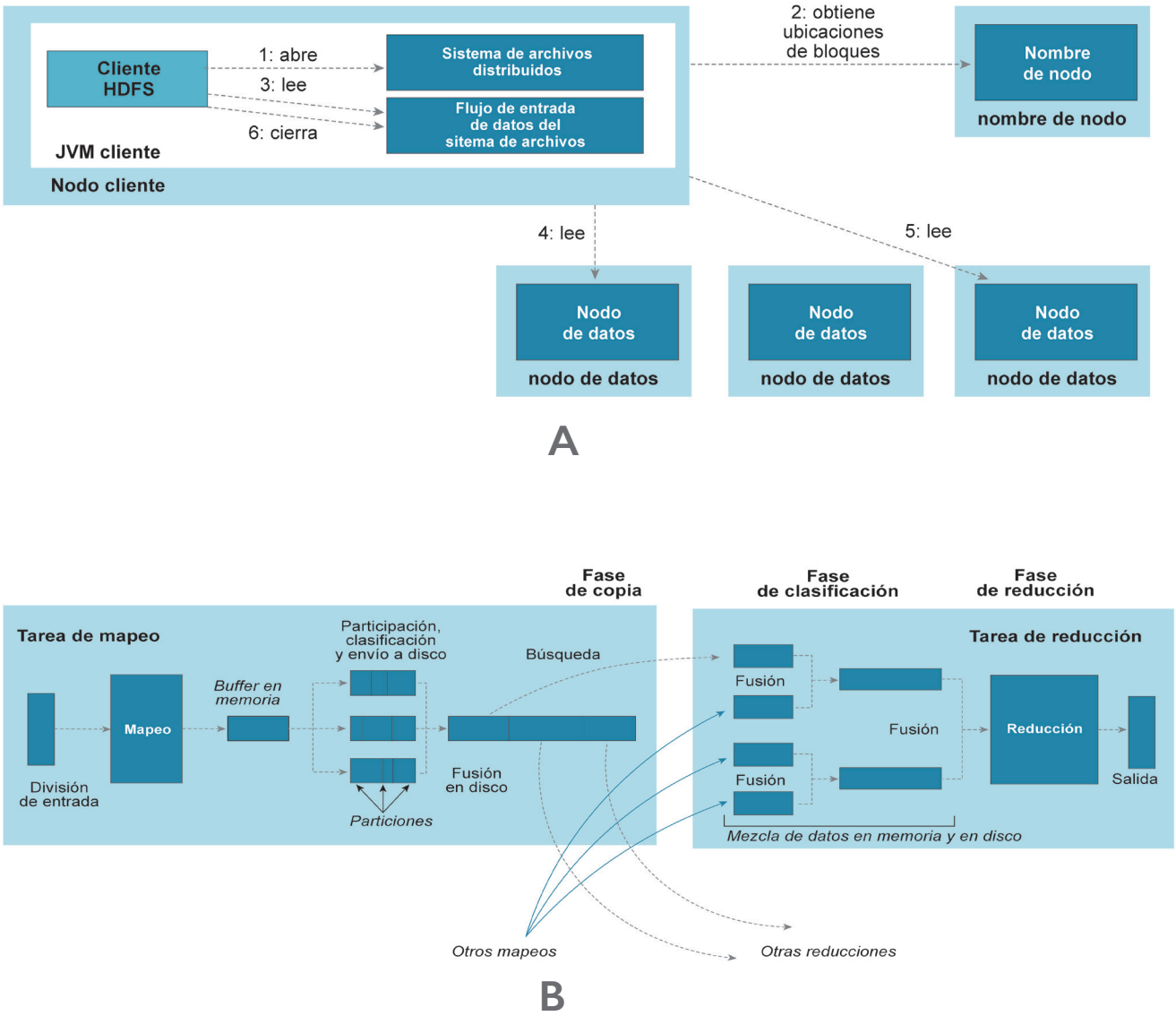


Figura 4A. Hadoop Distributed File System; 4B. Hadoop MapReduce

Analítica de BIGD en el sector salud

El sector salud es uno de los más importantes para el desarrollo de las regiones, pero también de los más complejos en términos de datos, pues considera información clínica, que en un futuro podrá contener más datos de los que hoy se manejan (p. ej. información genética); también opera datos farmacéuticos, datos de prácticas, preferencias y hasta registros financieros de los pacientes. La integración de todos estos datos será un factor clave para tener un mejor y más asequible sistema de salud. El análisis de BIGD ofrece la posibilidad de tener una visión de 360° no sólo de los pacientes sino también de las organizaciones de salud, ofreciendo el prospecto de optimizar el funcionamiento de las entidades que componen el sistema (hospitales, intermediarios, proveedores, etc.). Sin embargo, a pesar de las complejidades inherentes a los datos de salud, existe potencial y beneficio en el desarrollo y la implementación de análisis de BIGD, y tiene por tanto un gran campo de acción en el sector salud y el cuidado humano (Belle et ál., 2015).

Los enfoques históricos de la investigación médica se han centrado generalmente en la investigación de estados patológicos basados en los cambios en la fisiología, en forma de una visión confinada de determinada singularidad de los datos. Aunque este enfoque para la comprensión de las enfermedades es esencial, la investigación a este nivel silencia la variación y la interconexión que definen los verdaderos mecanismos médicos subyacentes (Celi et ál., 2013). Después de décadas de retraso tecnológico, el campo de la medicina ha comenzado a aclimatarse a la era de los datos digitales. Sin embargo, a pesar del advenimiento de la electrónica médica, los datos capturados y recogidos de estos pacientes han permanecido ampliamente subutilizados y por tanto desperdiciados. Hay importantes fenómenos fisiológicos y fisiopatológicos que se manifiestan simultáneamente de formas diversas, lo que proviene de un fuerte acoplamiento entre diferentes sistemas dentro del cuerpo (p. ej. interacciones entre la frecuencia cardíaca, la respiración y la presión sanguínea), produciendo marcadores potenciales para la evaluación clínica.

Por ello, la comprensión y la predicción de las enfermedades requieren un enfoque agregado, donde los datos estructurados y no estructurados provienientes de una variedad de modalidades clínicas y no clínicas se utilizan para una perspectiva más completa de los estados de enfermedad. Los investigadores estudian la naturaleza compleja de los datos de salud en términos tanto de sus características en sí, como de la taxonomía de la analítica que se puede realizar sobre ellos. Los datos en el sector salud sobre los que se pueden aplicar técnicas analíticas de BIGD son muy variados (datos personales, clínicos, administrativos, datos procedentes de las redes sociales, etc.). La información extraída de estos datos tiene el potencial de lograr una medicina más eficaz: una medicina personalizada, participativa, preventiva, predictiva y poblacional (Sánchez, 2015).

Medicina poblacional y tecnologías de BIGD

La investigación en salud se ha centrado en analizar un grupo de personas representantes de la población general y extrapolar los resultados obtenidos al resto de la población. Este enfoque empezó a cambiar con el desarrollo de las tecnologías de análisis del genoma humano, y el concepto de "medicina personalizada" surgió para tratar la salud y la enfermedad de cada persona. Sin embargo, ambas aproximaciones están resultando ser complementarias. En ese sentido, la población podrá beneficiarse al aplicar las técnicas de análisis de datos en medicina para, por ejemplo:

- Contar con un repositorio centralizado, estructurado y normalizado de alertas.
- Dividir la población en grupos en función de características sociosanitarias similares y niveles de riesgo.
- Analizar la eficacia o los efectos secundarios en el tiempo de un fármaco o un determinado tratamiento.
- Segmentar la población para seleccionar los pacientes de los estudios y mejorar la eficacia de los ensayos clínicos.
- Detectar con anticipación a los pacientes que necesitarán servicios de atención especializada, urgencias u hospitalización.
- Determinar patrones de comportamiento de pacientes y de profesionales de la salud.

En este sentido, la medicina poblacional ahorra tiempo y costos importantes gracias a las tecnologías de BIGD, y permite ayudar a detectar las situaciones en las que la mejor opción sería aplicar un tratamiento común para toda una población o grupo de alto riesgo, como en el caso de las enfermedades de alta frecuencia.

BIGD para una medicina preventiva

La posibilidad de identificar y anticiparse a las necesidades de los pacientes, los centros sanitarios o los laboratorios clínicos es el resultado de aplicar tecno logía BIGD en medicina. Del mismo modo, analizar el impacto social y el estudio de los datos históricos permite definir políticas preventivas, como:

- Campañas de salud ambiental y laboral específicas.
- Políticas públicas para el desarrollo de la educación para la salud.
- Estudios de la probabilidad de la aparición o progresión de una enfermedad.
- Vigilancia de brotes epidémicos y situaciones de emergencia sanitaria.
- Desarrollo de programas de investigación en salud pública.
- Evaluación de servicios y programas de gestión de la calidad asistencial.

La medicina preventiva, entendida como promotora de la salud, se basa en el análisis de datos para aumentar el bienestar social en todos los sentidos.

Medicina personalizada con BIGD

Aprovechar las técnicas de análisis de BIGD en el sector salud tiene el potencial no sólo de optimizar los costos y salvar vidas, sino también de mejorar la calidad de la asistencia, brindando un trato más personalizado a los pacientes. En este contexto, las herramientas y técnicas analíticas permiten aprovechar el valor de los datos para:

- Crear soluciones para la toma de decisiones basadas en datos reales.
- Optimizar los servicios de teleasistencia.
- Fomentar la planificación conjunta del tratamiento.
- Utilizar la información recogida por los dispositivos móviles *wearables* "ponibles", las redes sociales y las aplicaciones de e-salud.
- Potenciar el autocuidado de las personas ofreciendo más y mejor información sobre salud pública, planes nutricionales, ventajas de la actividad física, ayudas sociales, etc.

La medicina personalizada fomenta una relación más cercana entre los médicos especialistas y los pacientes, y genera al mismo tiempo una participación más activa de los componentes implicados. También permite ofrecer a cada individuo lo que mejor se adapte a sus características personales, mejorando la eficacia del sistema.

Modelos algorítmicos para una medicina predictiva

Tomando como referencia el modelo de los expertos y los datos históricos, se pueden crear modelos algorítmicos en salud, que permitan tratar mejor la información y predecir la evolución de los pacientes; tal es el caso de:

- Sistemas de alertas inteligentes.
- Control de epidemias.
- Predicción de reingresos hospitalarios no programados.
- Detección de pacientes frecuentes.
- Diagnóstico temprano de enfermedades.
- Pronóstico de evolución de enfermedades y seguimiento de pacientes crónicos.

- Predicción del gasto sanitario y optimización de la asignación de servicios por comunidades.

La medicina predictiva anticipa las probabilidades de que algún evento y sus complicaciones suceda, y permite intervenir con pertinencia antes de que ocurra. La analítica predictiva aplicada a los datos en salud tiene, por tanto, el potencial de salvar vidas.

Impacto de la analítica de BIGD en cardiología

A continuación se presentan ejemplos específicos del impacto del BDA en tres áreas de la cardiología (Prohias, 2016). Estas áreas no reflejan de manera exhaustiva la aplicación de grandes análisis de datos en medicina, y corresponden a áreas de investigación en las que estos conceptos se están aplicando cada vez con mayor éxito.

- *Epidemiología cardiovascular.* La epidemiología cardiovascular parte de la aplicación de las calificaciones de riesgos basados en factores bien reconocidos (colesterol, hipertensión, tabaquismo, diabetes, etc.). La adición de los datos de la historia clínica electrónica tiende a mejorar cualquier predicción estableciendo órdenes jerárquicos de significación en grupos definidos, lo que no sucede en la actualidad. Además, al compartir factores de riesgo con la enfermedad cerebrovascular y el cáncer, permite extender los modelos hacia una predicción de salud global. Si las áreas o poblaciones que se definan cuentan con registros electrónicos, los datos pueden correlacionarse con la hospitalización para permitir una verificación más precisa de la incidencia y una supervisión continua en lo posible. Si hay integración de datos entre diferentes instituciones o áreas, se facilita la adopción de intervenciones ágiles con una definición central. Otra ventaja adicional es disponer de múltiples datos ambientales no propios de salud, pero que permitan una forma más completa de investigar; por ejemplo, la polución del aire para la cardiopatía isquémica.
- *Imagen cardíaca.* La imagen cardíaca ha tenido un desarrollo creciente con la aparición de nuevas técnicas para determinar la función, la estructura, la perfusión, el metabolismo y la caracterización de los tejidos. La multimodalidad de imagen, constituida por la ecocardiografía, la tomografía computarizada con multidetectores, la medicina nuclear, la resonancia magnética y los estudios angiográficos y de evaluación funcional de las lesiones, implica la generación de altos volúmenes de datos. El acceso a gran cantidad de información almacenada va a determinar una nueva forma de análisis de imagen y a permitir clasificar al paciente en categorías y mejorar el flujo de visualización.
- *Medicina basada en evidencias.* La medicina basada en evidencias que hemos conocido hasta ahora debe modificarse gradualmente hacia una nueva dimensión, por la convergencia de los avances tecnológicos, sobre todo los datos móviles, y las metodologías para transformar cantidades masivas de datos sin sentido aparente en datos sobre datos con propósitos analíticos. Esto se une a un

procesamiento en la nube cada vez más eficaz y a la aparición de nuevos sensores y dispositivos. En cardiología, el empoderamiento del paciente a través de dispositivos móviles y aplicaciones será un campo importante de desarrollo, fundamentalmente en el manejo extrahospitalario de la insuficiencia cardíaca y en la disminución de las rehospitalizaciones, pero también en la fibrilación auricular y en los aspectos terapéuticos específicos. Después de resolver el problema de la estandarización de datos dentro y entre hospitales con registros electrónicos, éstos podrán ser una fuente de selección de candidatos a ensayos clínicos. Se ha avanzado en el diseño de plataformas que permiten la participación en ensayos a distancia, aunque aún requiere modelar cómo llegar al paciente correcto, evaluarlo, enrolarlo y monitorizarlo.

Estos ejemplos muestran lo que se puede lograr aplicando técnicas analíticas descriptivas, predictivas y prescriptivas al sector salud; lo que el análisis de datos médicos puede hacer para mejorar el sistema sanitario, nuestra salud y el bienestar físico y social. Estar abiertos a esas posibilidades revolucionará el modo de gestionar y cuidar la salud.

Conclusiones

En todo el mundo, en todos los campos y sectores, la disponibilidad de datos en las organizaciones está creciendo de manera acelerada, pero la capacidad de tomar decisiones con base en el análisis de esos enormes volúmenes de datos no avanza de la misma forma.

Existen problemas pendientes de resolver para fortalecer el papel de la ciencia de datos en todas estas áreas de la actividad productiva, así como en los incentivos para compartir datos, la preservación de la privacidad y el establecimiento de los límites al anonimato del conjunto de datos. En los últimos años, y ante el crecimiento del volumen de datos existente de información estructurada y no estructurada, se están desarrollando e implantando estrategias para aglutinar toda esta información y convertirla en valor fácil de comprender y utilizar. Para lograrlo se requieren profesionales conocidos como *científicos de datos*, con habilidades en

diversos campos, como la informática, la computación avanzada, las matemáticas, la estadística y la minería de datos: expertos en los distintos ámbitos de especialidad, con una formación inter-, multi- y transdisciplinaria. Es pertinente, por tanto, considerar iniciativas orientadas a la formación de recursos humanos a través de la creación de programas universitarios, tanto de licenciatura como de posgrado, en ciencia de datos y áreas afines, para atender las crecientes demandas actuales y futuras en prácticamente todos los sectores productivos.

La implementación de todos estos aspectos implica un cambio muy importante en la forma de prestar atención sanitaria al paciente. Para ello se requieren planes estratégicos de nivel nacional, con el fin de establecer proyectos de investigación, indicadores de calidad e historias clínicas electrónicas que integren los datos de los pacientes y permitan compartir la información generada, todo ello bajo un marco regulatorio que asegure el tratamiento de los datos y la confidencialidad de la información. Son también necesarios cambios en la organización de los hospitales y los servicios de salud pública para poder ofrecer a los pacientes una atención sanitaria de calidad. Para ello, el especialista médico no debe focalizarse exclusivamente en su labor asistencial, sino ser también un investigador, dedicando parte de la jornada laboral a este fin. Sólo si se está a la vanguardia de la investigación se podrá ofrecer a los pacientes los mejores tratamientos. El número de ensayos clínicos y la producción científica de los servicios médicos deben ser entendidos como parámetros de calidad que redundan en beneficio de los pacientes.

Un número creciente de países en el mundo realizan esfuerzos de inversión, técnicos y administrativos para que la medicina de precisión sea la norma y no la excepción. Esta iniciativa es un esfuerzo nuevo y disruptivo para revolucionar la forma de mejorar la salud y combatir la enfermedad. La medicina de precisión se presenta como un nuevo modelo para acelerar la traducción de los conocimientos y descubrimientos biomédicos en nuevas herramientas predictivas, de prevención, diagnóstico, terapias e intervenciones para los pacientes y las poblaciones.

Se propone, así mismo, que la medicina de precisión será la medicina del siglo XXI, porque puede ofrecer nuevas formas de predecir, prevenir y detectar las enfermedades en etapas tempranas y curables, además de facilitar la identificación de los pacientes susceptibles de responder a ciertos tratamientos y predecir la respuesta a ellos. La aplicación de una medicina de precisión transformará la manera en que podemos tratar las enfermedades crónicas no transmisibles, como las cardiovasculares, hecho que permitirá a los médicos practicar la medicina predictiva y preventiva, así como seleccionar herramientas diagnósticas y tratamientos que mejoren las posibilidades de supervivencia y reducción de la exposición a efectos adversos.

En los próximos años, los datos procedentes de ensayos clínicos aportarán información relevante sobre el impacto de la medicina guiada por alteraciones genómicas, en parámetros como supervivencia y costos asociados al uso de estas técnicas y tratamientos. Además, los avances científicos abrirán opciones terapéuticas adicionales. A medida que los

datos se acumulen, y la experiencia de la implantación clínica madure, el paradigma de la medicina de precisión se convertirá en el estándar de tratamiento, teniendo un enorme potencial en el manejo de la salud, generando igualmente la evidencia científica necesaria para aplicarla a la práctica clínica diaria y a la salud pública.

Referencias

Belle, A., Thiagarajan, R., Reza, S. M., Navidi, F., Beard, D.A. & Najarian, K. (2015). Big Data analytics in healthcare. *BioMed Research International*, 370194, 1-16.

Celi, L. A., Mark, R. G., Stone, D. J. & Montgomery, R. A. (2013). Big Data in the intensive care unit: Closing the data loop. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine,* 187(11), 1157-1160.

Collins, F. S. & Varmus, H. A. (2015). A new initiative on precision medicine. *N Engl J Med*, 372(9), 793-795.

Gartner. (2016). *IT Glossary.* Consultado de http://www.gartner.com/it-glossary/

Gómez, L. (2016). Medicina de precisión y enfermedades cardiovasculares. *Revista Colombiana de Cardiología,* 23(2), 73-76.

Krishnan, K. (2013). *Data warehousing in the age of Big Data*. Philadelphia: Elsevier.

Liu, A. (2015). *Data science and data scientist*. Consultado de http://www.researchmethods.org/DataScienceDataScientists.pdf

Normandeau, K. (2013). *Beyond volume, variety and velocity is the issue of Big Data veracity.* Consultado de http://insidebigdata.com/2013/09/12/beyond-volume-variety-velocity-issue-big-data-veracity/

Philip-Chen, C. L. & Zhang, C.Y. (2014). Data-intensive applications, challenges, techniques and technologies: A survey on Big Data. *Inf Sci* (NY), 275, 314-347.

Prohias, J. (2016). *Big Data y su impacto en la cardiología.* Consultado de http://www.ehcos.com/big-data-y-su-impactoen-la-cardiologia/

Sánchez, A. G., Bobadilla, M. E., Dimas, B. & Gómez, M. (2016). Enfermedad cardiovascular: primera causa de morbilidad en un hospital de tercer nivel. *Revista Mexicana de Cardiología,* 27(3), 98-102.

Sánchez, L. (2015). Medicina personalizada: 'Big Data' en salud. Consultado de http://www.huffingtonpost.es/institutode-ingenieria-del-conocimiento/medicinapersonalizada-bi_1_b_7179294.html

Demetrio Fabián García Nocetti

fabian.garcia@iimas.unam.mx

Nació en la Ciudad de México, el 22 de diciembre de 1959. Egresado de la licenciatura en Ingeniería Mecánica y Eléctrica-Electrónica de la Facultad de Ingeniería, UNAM (1984). Obtuvo los grados de maestría y doctorado en el área de Ingeniería de Sistemas de Cómputo Paralelo, en la Universidad de Gales, Gran Bretaña, en 1988 y 1991, respectivamente. Realizó una estancia posdoctoral en la misma institución y en la Universidad de Sheffield (1991-1992), trabajando en el área de procesamiento paralelo de señales e imágenes ultrasónicas.

Es investigador titular en IIMAS-UNAM, desde 1992, en donde ha sido jefe del Departamento de Electrónica y Automatización (1994-1997); jefe del Departamento de Ingeniería de Sistemas Computacionales y Automatización (1997-2000); director del IIMAS-UNAM (2004-2012) y coordinador del Consejo Académico del área de las ciencias físico-matemáticas y de las ingenierías de la UNAM (desde 2016); miembro del SNI I y II desde 1992; profesor del posgrado en Ciencia e Ingeniería de la Computación y del posgrado en Ingeniería de la UNAM.

Investigador huésped en IMP (2001-2002), trabajando en el tema de cómputo paralelo en tomografía de procesos. Investigador huésped en Infotec-Conacyt (2014-2016), trabajando en el tema de cómputo de alto rendimiento en análisis de Big Data.

Sus líneas de investigación incluyen arquitecturas y algoritmos para cómputo de alto rendimiento; procesamiento de señales, imágenes y control en tiempo real; cómputo de alto rendimiento en análisis de Big Data.

Cuenta con más de 135 publicaciones en revistas y artículos en memorias indizadas de circulación internacional, dos libros y un capítulo en libro. Ha dirigido 24 tesis (11 de licenciatura, 11 de maestría y 2 de doctorado), y más de 30 proyectos patrocinados nacionales e internacionales. Ha impartido más de 30 conferencias de divulgación por invitación.

Obtuvo el Premio Emilio Rosenblueth, 1996, de la Academia de Ingeniería. Es miembro de AMC, AIM, AMIAC, Amexcomp y IEEE, IFAC y ACM.

Valor de las empresas de informática: significado, análisis y su estudio

José Francisco Guerra y Recasens

Poco es el análisis en México del valor de las empresas de informática en los mercados bursátiles, ya que no hay más de cinco de ellas cotizando en la Bolsa Mexicana de Valores, lo cual resulta insuficiente para manejar el análisis de las principales empresas y su entorno.

En cambio, en los mercados de Estados Unidos las empresas públicas (cotizadas en la bolsa) son muchas más, y la información contenida en los informes periódicos es una importante fuente primaria.

En meses pasados, la crisis de privacidad de Facebook Inc. se ha convertido en una crisis para los accionistas. El gigante de las redes sociales perdió más de 60 000 millones de dólares en valor de mercado en los dos días tras las revelaciones de que una firma de análisis de datos, Cambridge Analytica, obtuvo datos personales de millones de usuarios.

Las acciones cayeron 2.56 %, a 168.51 dólares al cierre de ese día en los mercados de New York.

La caída de dos días es la peor desde julio de 2012, el año de la oferta pública inicial de Facebook en 38 dólares por acción. Lo anterior, dicho así, sería un desastre económico para cualquier empresa que lo sufriera, y por eso aquí se presenta una visión más clara de lo que es valor de mercado, con énfasis en empresas electrónicas y de manejo de información.

La capitalización de mercado (*marketcap*) es el valor total de mercado de las acciones ordinarias de una empresa; es equivalente al precio de la acción multiplicado por el número de acciones en circulación.

Si todas las acciones de Facebook se hubiesen vendido el día de la noticia, los vendedores hubieran perdido 60 000 millones de dólares. Dos meses después de la noticia, la acción se había recuperado hasta un valor de 183.76 dólares; prácticamente se había regresado al valor anterior.

¿Cuáles son las variables que determinan el valor de las empresas? A continuación se presentan los valores de capitalización en 2016 y 2017 de las primeras 20 empresas más valiosas del mundo.

Su valor en conjunto para 2016 fue de 6 817 000 millones de dólares, y a final del año siguiente de 8 198 000 millones de dólares, alcanzando un crecimiento del 20 %.

VALOR DE CAPITALIZACIÓN AÑOS 2017 Y 2016,
PRIMERAS 20 EMPRESAS DEL MUNDO (miles de millones de USD)

	COMPAÑÍA	PAÍS	SECTOR	2017	2016
1	Apple	EUA	Tecnología	754	604
2	Alphabet (Google)	EUA	Tecnología	579	518
3	Microsoft	EUA	Tecnología	509	437
4	Amazon.com	EUA	Servicios al consumidor	423	280
5	Facebook	EUA	Tecnología	411	325
6	Berkshire Hathaway	EUA	Financiero	411	350
7	Johnson & Johnson	EUA	Cuidados de la salud	338	298
8	J. P. Morgan Chase	EUA	Financiero	214	217
9	Wells Fargo	EUA	Financiero	279	245
10	Tencent	CHINA	Tecnología	272	192
11	Alibaba	CHINA	Servicios al consumidor	269	196
12	Samsung Electronics	COREA DEL SUR	Bienes de consumo	259	167
13	Bank of America	EUA	Financiero	236	140
14	China Construction	CHINA	Financiero	202	161
15	Comcast	EUA	Servicios al consumidor	178	149
16	Citigroup	EUA	Financiero	165	123
17	HSBC	REINO UNIDO	Financiero	162	123
18	TSMC	TAIWÁN	Tecnología	161	130
19	United Health Group	TAIWÁN	Cuidados de la salud	158	123
20	Charter Communications	EUA	Servicios al consumidor	101	23

Fuente: PWC (2018) Global Top 100 companies by Market Capitalization

La empresa Apple destaca como la de mayor valor, con una cifra de 754 000 millones de dólares, una cantidad infinita fruto del éxito de sus productos y sistemas.

A su vez, Alphabet (Google) muestra su fortaleza con un valor de capitalización de 579 000 millones de dólares.

En tercera posición se encontraba Microsoft, con un valor de 509 000 millones de dólares. Como dato agregado, las tres primeras empresas, además de ser empresas tecnológicas-informáticas, asombra que al cerrar 2017 tienen un valor conjunto de 26 840 millones de millones de pesos.

A su vez, Amazon es propietaria de Alexa Internet, a9.com, Shopbop, Internet Movie Database (IMDb), Zappos.com, DPReview.com y Twitch.

En quinto lugar está la mencionada Facebook, con más de 5 mil millones de fotos de usuarios y 160 terabytes de almacenaje. Destaca Internet.org como compañía de Facebook en asociación con empresas de telefonía móvil: Samsung, Ericsson, Media Teck (semiconductores), Nokia, Opera Software, Qualcomm.

Por su parte, Berkshire Hathaway, empresa o fondo de inversión, destaca en el aspecto financiero (con alto contenido de informática), poseedora del 9.2 % de tenencia accionaria de Wells Fargo Company (banco); American Express, 3.5 %; Johnson & Johnson, 6.35 %, además de poseer el 18.68 % de Coca Cola Company, así como The Washington Post (con el 18.2 %). Cada acción de Berkshire se cotiza en cerca de 300 000 dólares, por lo que se comercializan en fracciones de acción.

En lo que se refiere a Tencent, es una empresa de China cuyas subsidiarias proveen servicios de Internet y servicios de teléfonos móviles de valor añadido, además de proporcionar servicios de publicidad en Internet en China. Entre los diversos servicios que ofrece están los de redes sociales, portales de sitios web, comercio electrónico, juegos y servicios de mensajería instantánea conocidos como TencentQQ y Wechatv, que es el portal de Internet más grande del mundo.

Otra compañía china es Alibaba, cuyos ingresos se componen por comercio electrónico, computación en *la nube,* medios digitales e innovaciones, representando lo primero el 81.98 % de los ingresos del último trimestre contable de ese año.

Johnson & Johnson, por derecho propio, cuenta con 125 000 empleados en 60 países y servicios de salud.

En decimotercer puesto se sitúa el banco Wells Fargo Company. Y a continuación China Construction, dedicada a infraestructura.

La empresa Comcast proporciona servicios de televisión por cable, telefonía e Internet.

En el siguiente orden están dos entidades bancarias, la americana Citigroup y la inglesa HSBC.

TSMC (Taiwan Semiconductor Manufacturing Company), en la producción de semiconductores, tiene como clientes a AMD, Qualcomm, Nvidia (su valor ha aumentado 13 veces su valor de capitalización, alcanzando la cifra de 160 956 millones de dólares), y pronto en el *"twenty top"* de las empresas valiosas.

United Health Group, en el decimonoveno lugar, está en el mundo de los servicios y seguros de salud.

Finalmente, Charter Communications, conocida antes como Cablevisión Systems Corporation, da servicios de televisión por cable, telefonía e Internet.

Como puede observarse, las empresas de tecnología van a la delantera en la lista, con seis representantes. Otras cinco son financieras y grandes usuarias de sistemas y *hardware*.

Tres de esa lista, Amazon, Alibaba y Comcast, basan su negocio en un conjunto de sistemas para acercar bienes de consumo a la población.

A partir del año 2012, Apple ocupa el primer lugar consecutivamente hasta 2017.

En México, empresas grandes como América Móvil tienen un valor de mercado de alrededor de 50 000 millones de dólares, o Televisa, cercana a 10 000 millones de dólares. Antes la punta de la lista era ocupada por petroleras.

Por otro lado, para un fácil dimensionamiento de las empresas se utiliza la siguiente clasificación en función del valor de capitalización de mercado:

Denominación	Capitalización de mercado
Nano Caps	Menos de 50 millones de dólares
Micro Caps	Menos de 250 millones de dólares
Small Caps	Entre 250 y 2,000 millones de dólares
Large Caps	Más de 10,000 millones de dólares
Mega Caps	Más de 200,000 millones de dólares

Fuente: https://www.academiadeinversion.com/

Ante esa clasificación, de las 20 empresas con mayor valor, 14 resultan ser mega caps y 6 large caps, lo que significa simplemente que tienen niveles muy altos de ventas así como amplios volúmenes de utilidad neta, que las sitúan en este pedestal atractivo a los inversionistas.

Quien controla las empresas no necesariamente debe tener acciones al 51 % para dominar las decisiones trascendentes (tal es el caso de Berkshire Hathaway).

Por otro lado, ninguna empresa de informática aparece entre las diez primeras empleadoras del mundo.

Para los ingresos de las empresas tecnológicas más grandes del planeta tomamos la información del año 2017. Apple es la empresa tecnológica que más ventas alcanzó, con casi 230 300 millones de dólares, el doble de Alphabet con 111 000 millones y casi seis veces más que Facebook cuyos ingresos son de alrededor de 41 000 millones. Amazon, si se considera en este sector, facturó 117 900 millones. Otro aspecto que agrega valor es el de personal contratado.

A continuación se presentan los datos desde la óptica de la empresa Microsoft (informes anuales), que en los últimos cinco años creció de 72.8 mil empleados hasta 123 mil, lo que equivale a un crecimiento porcentual de 68 en ese lapso. En el siguiente cuadro se muestran los niveles anuales de empleados.

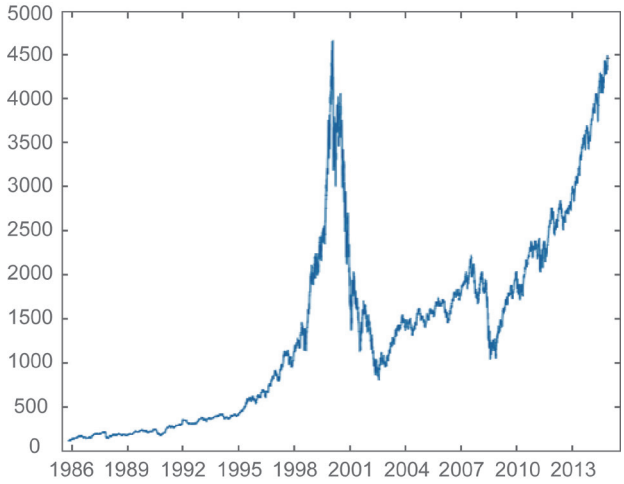
Año	Miles de empleos	Crecimiento
2012	72.8	-
2013	80.5	10.6 %
2014	94.6	17.5 %
2015	110	16.3 %
2016	116	5.5 %
2017	123	6.0 %

En México, la mayor empleadora es Walmart, con 238 128 trabajadores (incluye Centroamérica); le sigue América Móvil, con 158 694 colaboradores, con un valor de capitalización de 46 295 millones de dólares, muy lejano de los mostrados en la primera tabla.

Con el cuidado que merece, bastará con recordar la famosa burbuja.com, el índice de precios y cotizaciones conocido como NASDAQ (*National Association of Securities Dealers*) y NASD como identificación de sus acciones en la segunda bolsa en Estados Unidos. Además, se especializa en valores de empresas de alta tecnología, en electrónica, informática, telecomunicaciones y biotecnología.

En marzo de 2000, el NASDAQ alcanza un máximo de 5048 puntos e inicia un descenso hasta los 1114 en el año 2003. En la siguiente gráfica se observan la subida y la bajada mencionadas (índice NASDAQ y Tiempo[1]).

Índice NASDAQ



[1] Cortesía del autor Richard Kohar (http://stooq.com/q/d/?s=^nd).

La razón precio de la acción/utilidad en el año 2000 era más de 100, con alta especulación y, por tanto, valor de capitalización también alto, pero sin sustento.

En México, prácticamente no existen empresas de alta tecnología que cotizan en la bolsa, y no es posible acceder a los informes trimestrales o anuales de resultados a los accionistas. Por ello, la información de las empresas presentadas en este trabajo fue entresacada de sus últimos informes anuales.

Es necesario realizar un análisis económico de la actividad informática y de alta tecnología, para tener puntos de vista diversos a los meramente técnicos. Para los estudiosos de la informática se propone ofrecer un diplomado económico-administrativo para avanzar en el conocimiento de conceptos puntuales y así propiciar la acción interdisciplinaria entre los miembros de la comunidad informática. No todo es eminentemente técnico en el caso de las empresas de la informática.

En los niveles de licenciatura se debe incluir o reforzar estos conceptos y aumentarlos en las pocas materias económico-administrativas. En el caso del plan de estudios de la ingeniería en Computación en la Universidad Nacional Autónoma de México, podrían incorporarse en la materia Introducción a la Economía o en Finanzas en la Ingeniería en Computación.

José Francisco Guerra y Recasens

jfguerra@prodigy.net.mx

Miembro de número de la Academia Mexicana de Informática (89). Ingeniero químico y maestro en Ingeniería (planeación) por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Segundo lugar del Premio Nacional de Investigación Financiera, del Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas.

Otros cursos: Fortran, GPSS, aplicación de archivos APL (*A Programming Language*), *APL User Meeting, APL81 Conference, The Society for Computer Simulation, APL 85 Conference, APL 87 Conference, APL95 Conference*.

Trabajos de alta dirección en Somex-Banco Mexicano, Celanese Mexicana, San Luis Corporación, y consultor de negocios por 30 años.

Vicepresidente en la Asociación Mexicana de Ingenieros Industriales. Tesorero nacional en el Instituto Mexicano de Ingenieros Químicos. Presidente del Comité de Informática (1987-1988) del Instituto Mexicano de Ejecutivos de Finanzas. Miembro de los comités organizadores de las IV y V semanas de la informática (1987-1988). Director del seminario nacional (1987). Miembro del consejo de administración de 30 empresas industriales. Tesorero nacional del Colegio Nacional de Ingenieros Químicos y de Químicos. Profesor de matemáticas, ingeniería química e ingeniería económica de la Facultad de Química de la UNAM (de diciembre de 1968 a 2006). Director de 49 tesis (48 de licenciatura y una de maestría); 44 conferencias en temas de computación, alta dirección; 24 publicaciones en computación, finanzas y economía.

Los futuros de la investigación en computación en México

Adolfo Guzmán Arenas

Detallo un par de futuros escenarios posibles para las personas (investigadores, profesores y desarrolladores) que dedican parte de su tiempo a la investigación, el desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnología en el área de la computación en México. Uno representa el futuro de corte teórico que busca avanzar nuestra disciplina. El otro futuro corresponde a la investigación aplicada y transferencia de conocimientos que busca ser útil al sector productivo del país. Evidentemente, se pueden considerar como dos estrategias en extremos opuestos, pero se podrían visualizar estrategias mixtas u otras variantes.

Los dos futuros

Tengo la impresión de que, en el corto y mediano plazo, los investigadores en computación mexicanos estarán experimentando uno de estos dos futuros. Los he expresado en forma de comandos o acciones

dadas a un investigador en sus albores, quien busca definir el rumbo que debe tomar su trabajo.

Futuro 1

Trabaja (investiga) en lo que se te dé la gana, escribe artículos en inglés, publica en revistas de alto impacto que estén reconocidas en los índices (p. ej. Science Citation Index Expanded, Social Sciences Citation Index,…) que son publicados en el Journal Citation Reports® por parte de *Clarivate Analytics*®; busca que te citen, alíate con otros autores en un club de autores para aparecer como autor en más publicaciones. Cítense mutuamente para aumentar el número de citas. Busca que tus alumnos trabajen en tus temas, que publiquen en revistas en inglés de alto impacto y que citen tus trabajos anteriores, amén de hacer referencia a trabajos recién publicados en fuentes de prestigio. Procura pertenecer a redes de investigación y otros clubes de investigación, participa en proyectos conjuntos con otras instituciones; si puedes, que sean internacionales. Tu meta es producir un buen número de artículos inéditos (mínimo uno cada año), dar clases y dirigir tesis de posgrado. En general, cumplir con los requisitos del Sistema Nacional de Investigadores (SNI) del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt) para ingresar en ese sistema y luego permanecer en aras de ascender. Incrementa tu número de publicaciones y de citas. Aumenta tu factor H. Si tu institución tiene estímulos económicos ("becas") alineadas con este futuro, aprovéchalas mediante tu participación en las convocatorias procurando cubrir el mayor número y variedad de requisitos posibles. En resumen, este futuro te convertirá en un investigador teórico, que busca avanzar las fronteras del conocimiento en computación, sin considerar su utilidad a corto, mediano o largo plazo. Tus entregables serán tus artículos en revistas de alto impacto, libros, capítulos de libros, memorias de congresos, tesis dirigidas, patentes y demás productos de propiedad industrial e intelectual, como los derechos de autor relacionados con los programas de cómputo. El juez de tu trabajo será el editor, revisor o evaluador de la revista, libro, congreso o editorial donde lo envíes (generalmente son dos, cuyo estilo es "ciego", es decir que no se revela la identidad de las partes).

Futuro 2

Considera qué aplicaciones se necesitan en el sector productivo mexicano, la industria, el comercio, incluido el sector administrativo (Gobierno, burocracia, gerencia de empresas), sector social, y organizaciones no gubernamentales (ONG). Procura que tus trabajos sean útiles, alinéalos con lo que se necesita aquí y ahora (o en el futuro cercano), consigue proyectos aplicados, registra la propiedad industrial e intelectual de tus desarrollos (ingresa la solicitud ante el Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial [IMPI] o el Instituto Nacional del Derecho de Autor [INDAUTOR]; si piensas solicitar patente, haz la solicitud antes de publicarlos), protege tu capital intelectual. Crea desarrollos (aplicaciones, sistemas) innovadores acordes con las tendencias tecnológicas.

Busca sustituir importaciones de *software, hardware* o *firmware*. Forma empresas de base tecnológica. Genera empleos, exporta y diversifica. En resumen, este futuro te convertirá en un investigador aplicado con carácter de emprendedor, que transfiere la tecnología que tú u otros han desarrollado, hacia empresas, organismos o instituciones que necesitan *software* y desarrollos informáticos para resolver problemas actuales, del futuro cercano y medianamente lejano. Tu meta es llevar a cabo aplicaciones, soluciones informáticas, que sean útiles y mejoren al sector productivo, la administración y la sociedad. En general son aplicaciones que resuelven problemas de interés para el usuario final, motivadas por una necesidad real del usuario, no del investigador. El juez de tu trabajo será el cliente o persona que te contrató. Cuestiona si tu aplicación tiene todas las opciones y características que el cliente te pidió. ¿Qué tan bien funciona, qué tan rápido? ¿Es útil, es amigable?

Cómo se recompensará tu trabajo

Si sigues el Futuro 1: Los ingresos derivados de tu actividad como investigador serán, probablemente:

A. Tu salario como investigador teórico (y muy probablemente, como profesor de posgrado, pues la mayoría de las plazas disponibles son para personal docente).
B. Tu estímulo económico que el SNI te otorgue de acuerdo al puntaje que obtengas en sus evaluaciones trianuales.
C. Estímulos (llamados frecuentemente "becas a profesores") que tu institución probablemente ofrezca a investigadores que cumplan con cierto perfil.
D. Premios esporádicos (seguramente un diploma o medalla, y con gran rareza, acompañado de un cheque), reconocimientos nacionales e internacionales, méritos derivados de concursos de investigación, por ejemplo "la mejor tesis de posgrado" (dirigida por ti), "el profesor del año", "evaluador para cierto organismo de artículos y proyectos", "Premio Nacional de Ciencias y Artes", "Académico de honor de cierta academia", "Fellow of the X Society", y similares.

- Toma en cuenta que cuando te retires, los ingresos B, C y D no se acumularán a tu pensión; de hecho, probablemente recibirás como pensión sólo una parte de tu ingreso A. Puedes defenderte contra esta pérdida de ingresos manteniendo tu trabajo el mayor tiempo posible. Nunca jubilándote, por ejemplo, o hasta que el retiro forzoso de tu institución te obligue a retirarte, o tu pérdida de contacto con nuevas aportaciones, métodos y teoremas sea evidente.
- Considera que cada vez es más difícil conseguir plazas de profesor o investigador en el sector público (y en el privado); las universidades y centros de investigación tienen su plantilla de profesores o investigadores saturada, y generalmente sólo aparecen nuevas plazas cuando algún profesor se retira o fallece. Si buscas empleo en una universidad o centro

de investigación público, el poco aprecio que los gobiernos le otorgan a la ciencia ["Nada que sea útil ha producido esa gente teórica. Los profesores o investigadores publican *papers* (artículos) en inglés y forman alumnos que publican *papers* y serán profesores que publiquen *papers* y formen alumnos que…"] mantiene bajos sus presupuestos, y están sujetos a recortes severos en épocas de austeridad.

- En el lado positivo, tu evaluación (e incremento de salario y becas) sólo dependerá de "puntos", que son calculados con base en el número de artículos, libros, tesis, estudiantes graduados, cursos, conferencias, patentes… en los que participas como autor. Poco se tomará en cuenta la importancia o relevancia de tus contribuciones.

Si sigues el Futuro 2: Tus ingresos provendrán, probablemente, de las siguientes fuentes:

A. Salario en una empresa u organismo cuyos ingresos están asociados con su productividad (ventas, servicios, consultoría…), y en tu caso, si tus conocimientos informáticos contribuyen de manera perceptible a esa productividad. Como asalariado tendrás pocas oportunidades de participar en las actividades C y D que siguen, excepto si estas actividades las llevas a cabo dentro de tu empresa y con su autorización.
B. Si no percibes salario de una institución, entonces eres un trabajador independiente, consultor o *freelancer*; o bien, has creado tu propia empresa (actividad E). Como trabajador independiente, no participas del ingreso A, pero puedes en cambio desarrollar las actividades C y D.
C. Como desarrollador o implementador puedes usar tu conocimiento y experiencia en trabajos para un cliente (tú solo, o junto con colegas), o colaborar con una empresa en un proyecto específico. Es posible que te dejen trabajar en casa y, si tienes suerte, estar trabajando en más de un proyecto a la vez. Tus entregables serán muy probablemente código funcionando, como aplicación independiente o como parte de un sistema más grande.
D. Como asesor o consultor, usarás tu conocimiento y experiencia como en la actividad C anterior, excepto que tus entregables serán estudios, recomendaciones, diseños –entregables de papel (en Word, no en un lenguaje de programación).
E. Como dueño o socio de una empresa de computación que brinda servicios, desarrolla productos de *software*, aplicaciones, soluciones, lenguajes y paquetes. Además, con el tiempo la empresa puede hacer una aplicación informática que se venda a varios clientes. La haces una vez, y la vendes varias veces. Tu empresa (y tú) tendrán que desarrollar las actividades C y D arriba descritas. No sólo eso, tendrás que buscar nuevos clientes, hacerle propaganda a sus productos y servicios, darles mantenimiento, ofrecer capacitación, construir quizá una nueva versión de sus productos exitosos… Claro que podrás tener empleados y colaboradores asalariados que te ayuden en eso…

- Toma en cuenta que cuando te retires, los ingresos B, C y D no se acumularán a tu pensión; de hecho, probablemente recibirás como pensión sólo una parte de tu ingreso A, si lo tenías. Puedes defenderte contra esta pérdida de ingresos manteniendo tu trabajo el mayor tiempo posible, nunca jubilándote, por ejemplo, o hasta que el retiro forzoso de tu empresa te obligue a retirarte, o tu pérdida de contacto con nuevas tecnologías, métodos y herramientas sea evidente.
- Toma en cuenta que la empresa productiva mantiene en su nómina a ingenieros y empleados que apoyan sus actividades, y que sólo contrata (actividad A) a informáticos que brinden tal apoyo. Esto rige también si eres trabajador independiente o tienes una empresa propia. Es decir, tus ingresos están bastante ligados a tu productividad en el momento, no importando qué tanto fuiste productivo o útil en el pasado (excepción: algunas consultorías del inciso D).
- Como desarrollador (actividad C) y como consultor (actividad D), puedes tener más de un proyecto a la vez. Puedes trabajar en dos proyectos simultáneamente. Esto requiere, obvio, mucho más dedicación y esfuerzo propio.

Desarrollos teóricos que buscan aplicación práctica

¿Es posible un futuro híbrido?

Como investigador que está empezando y que debe escoger uno de los dos futuros anteriores, ¿no se podrá escoger una mezcla de ambos, tomar un poco de los dos? El mejor de los dos mundos: tener un sueldo estable y una pensión de jubilación, y al mismo tiempo buscar hacer cosas útiles que aumenten mis ingresos y la soberanía de mi país (según lo dicho abajo en la sección "Ingeniería es soberanía").

- Servir a dos amos es doblemente difícil. Trabajarás hasta tarde. Puede haber exigencias irreconciliables. Dedicarás menos tiempo a tu familia.
- La ley mexicana ahora da facilidades para que el empleado público que es investigador o hace labores de investigación pueda formar parte de empresas de base tecnológica (ver abajo la sección "Creación de empresas de base tecnológica").

- Algunas instituciones de enseñanza superior e investigación tienen organismos o departamentos que buscan que los nuevos desarrollos logrados por sus investigadores sean aprovechados en el sector productivo.
  - Por ejemplo, en el CIC se desarrolla un número creciente de contratos y trabajos para empresas, instituciones y dependencias de Gobierno, estas últimas aprovechando que entre ellas no hay necesidad de hacer licitación o concurso, por lo que es posible adjudicar directamente un contrato o servicio.
  - El IPN creó Technopoli, la Unidad de Desarrollo Tecnológico encargada de articular la vinculación entre el sector empresarial y la academia.
  - El IPN ha creado la Unidad Politécnica para el Desarrollo y la Competitividad Empresarial que "coordina esfuerzos de vinculación con el entorno, propiciando la colaboración y articulación de las capacidades institucionales para atender proyectos que fortalezcan el desarrollo y la competitividad empresarial" (UPDC, 2009-2010).
- Una posible variante sería la de pasar periodos de tiempo (normalmente de varios años) en una de las posibles estrategias y eventualmente moverse a la otra.

Creación de empresas de base tecnológica

El decreto que facilita la investigación y la innovación

En el *Diario Oficial de la Federación* (2015) apareció un decreto que reforma la Ley de Ciencia y Tecnología y la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos. Permite que tales servidores, si llevan a cabo labores de investigación científica, desarrollo tecnológico e innovación dentro de instituciones de educación, centros públicos de investigación y entidades de la administración pública, las desarrollen sin incurrir en conflicto de intereses (inciso *d* del artículo 51 modificado en el decreto). El transitorio segundo del decreto faculta a tales instituciones, centros y entidades a "emitir y hacer pública su normatividad institucional en un plazo no mayor de 180 días, contado a partir de la publicación del presente Decreto." Desafortunadamente (Guzmán 2017), pocas de estas instituciones lo han hecho, y algunas que ya emitieron su norma-

tividad produjeron normas muy restrictivas que van en sentido opuesto a la intención del decreto.

Afortunadamente, algunas instituciones reaccionaron con reglamentos progresistas, que facilitan la transferencia del conocimiento creado hacia el sector productivo y empresas privadas, como a continuación explico.

Reglamento del IPN sobre la creación de estas empresas

El 26 de septiembre de 2016 apareció un decreto del Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, que permitía que los investigadores pudieran **tomar parte en la creación de empresas con fines tecnológicos**, pero poniendo en manos del director del CINVESTAV mucho poder discrecional (CINVESTAV, 2016).

El 14 de marzo de 2018 el IPN emitió los siguientes acuerdos en la *Gaceta Politécnica*:

- Acuerdo por el que se expiden las **reglas de operación** del fondo de investigación científica y desarrollo tecnológico del IPN;
- Acuerdo por el que se expide el **reglamento para la transferencia del conocimiento** del IPN. Entre otras disposiciones, el Artículo 6 reza "El Instituto podrá instrumentar asociaciones estratégicas, alianzas tecnológicas o consorcios, con otros organismos, empresas o personas físicas con el objeto de sumar esfuerzos para el desarrollo de proyectos, la transferencia de conocimiento y, en su caso, la comercialización de la tecnología en beneficio de los distintos sectores de la sociedad, conservando su personalidad e independencia jurídica". El Capítulo III describe dos tipos de empresas tecnológicas posibles, *Spin off* y *Spin out*, en donde el personal académico, el personal de apoyo y asistencia a la educación y los alumnos podrán tener participación accionaria en estas empresas.

Ingeniería es soberanía

El siguiente texto es una parte del discurso del Dr. José Francisco Albarrán Núñez, al tomar posesión el 28 de junio de 2018 de la Presidencia de la Academia de Ingeniería (México). Reproducido con permiso del autor, estimo que aporta una serie de elementos que considero de gran importancia para el tema de este capítulo.

Resumen

"México está en una posición muy vulnerable, porque las decisiones tecnológicas-económicas de otros países pueden causar una situación catastrófica en el nuestro. Igual o mayor quizás que una guerra de invasión. Con facilidad podemos ser invadidos virtualmente. Y eso, es pérdida de soberanía."

Discurso

"Estimados miembros del presídium, estimados miembros de la Academia de Ingeniería, señoras y señores.

Propongo en este foro la premisa siguiente: ***Ingeniería es soberanía****.*

Ingeniería es soberanía y los países que así lo entienden son más desarrollados y, claro, más soberanos.

México no es de esos países. Nuestro país ha tenido como estrategia exportar sus recursos naturales y su mano de obra, descartando la economía del conocimiento.

Hemos sido importantes exportadores de petróleo crudo, de metales preciosos y otros productos de nuestra tierra, que después compramos ya procesados o convertidos en maquinaria de diversa índole. Hoy, por ejemplo, pagamos más por los gasolíferos que importamos que lo que nos pagan por el crudo que exportamos. Pagamos así el valor agregado que implica refinar el crudo y con ello las inversiones para hacerlo y los salarios de los trabajadores en los países de donde provienen esos gasolíferos.

¿Qué haría nuestro país si, por ejemplo, los Estados Unidos decidieran no vendernos gasolina, diésel o jet fuel? Tendría que buscarlo de otras fuentes y muy probablemente a mayor costo.

México es el principal exportador de televisores de pantalla plana en el mundo. Es también el séptimo en la exportación de automóviles. Los productos de manufactura mexicana son de muy buena calidad, reconocida mundialmente. Pero estos productos que se fabrican en México son diseñados en otros países. También se diseñan en otros países las plantas manufactureras y la maquinaria que se utiliza.

¿Qué pasaría si nuevos diseños de automóviles o televisores o maquinaria de producción redujeran la ventaja de costos de México con respecto a otros países? Muchas inversiones de manufactura saldrían de México, desempleando a miles de trabajadores.

Como se puede apreciar, México está una posición muy vulnerable, porque las decisiones tecnológico-económicas de otros países pueden causar una situación catastrófica en el nuestro. Igual o mayor quizás que una guerra de invasión. Con facilidad podemos ser invadidos virtualmente. Y eso es pérdida de soberanía.

¿Estamos muy lejos de que algo así pudiera ocurrir?

Ahí tenemos los inicios de una guerra comercial que, de continuar, tendrá efectos importantes en todo el mundo, y México no sería la excepción.

Pero no veamos sólo estos aspectos que son, quizás, coyunturales. Consideremos otros aspectos, como el desarrollo tecnológico. La consultora Oxford Insights sitúa a México en el lugar 22 de 35 países en el Índice de Preparación para la Inteligencia Artificial y predice que la automatización de los procesos de manufactura y construcción afectará a casi el 20% de la fuerza laboral de nuestro país en las siguientes dos décadas.

¿Qué consecuencias sociales y económicas tendrá tal situación? Nuevamente, somos vulnerables ante las consecuencias del desarrollo tecnológico al que hemos renunciado por décadas.

¿Qué deberíamos hacer para recuperar nuestra soberanía? Bueno, parte de lo que deberíamos hacer es usar, fortalecer y desarrollar nuestra ingeniería. Porque: Ingeniería es soberanía.

Y en esto, me gustaría tomar como ejemplo a la República Popular China.

La República Popular China tiene una estrategia muy distinta a la mexicana. Ellos también fabrican automóviles, es más, son el primer productor mundial. Pero no se limitan a armar los automóviles que se diseñan en otros países, sino que tienen al menos cinco marcas de automóviles propias.

Son el país con mayor reserva y producción de los metales denominados tierras raras. Éstas son esenciales para las pantallas de nuestro teléfonos y monitores, para los LEDs más eficientes, para turbinas, trenes de levitación magnética y baterías. Sin embargo, la estrategia de China no es exportarlas, sino usarlas en su propio territorio. Quien desee usarlas debe ir a China a fabricar sus componentes.

Según la revista Science, China piensa invertir 2,000 millones de dólares en un parque tecnológico dedicado a inteligencia artificial, área que está desarrollando activamente y que espera que para 2030 genere del orden de 150 mil millones de dólares anuales.

Hasta 2016, ocho de los nueve miembros del Comité Central del Partido Comunista, que es la cabeza del gobierno en la República Popular China, eran ingenieros y científicos (el nuevo Comité sigue teniendo una importante presencia de ingenieros y científicos, pero ya no tan abrumadora), mientras en México, la presencia de ingenieros en las posiciones más importantes del gobierno es casi inexistente. Entiendo que es posible que sea una mera casualidad que esto coincida con la diferencia del crecimiento económico y de competitividad de ambos países, pero no lo creo.

Por el contrario, creo que en México falta mucho mayor conciencia, mayor apreciación de la importancia de la ingeniería y mucha mayor participación de los ingenieros en la dirección de nuestro país.

Esto no es una novedad.

Pongamos una muestra: el CONACYT fue creado en buena medida gracias a la visión y gestión del Ing. Eugenio Méndez Docurro, quien fue su primer director, a la vez que secretario de Estado.

La Academia de Ingeniería hizo dos estudios sobre el estado del arte de la ingeniería, uno que se publicó en 1993 y el segundo, que se publicó en 2013. Ambos estudios, a 20 años de distancia, concluyen que hace falta una mayor presencia de la ingeniería en la definición de las prioridades nacionales y las políticas públicas. A esto considero que debe agregarse la necesidad de reconocer el valor de la ingeniería y el costo de la falta de ingeniería, como queda evidente con demasiada frecuencia en las obras públicas.

Yo creo que es muy amplia la coincidencia sobre estas conclusiones, al menos en el gremio de los ingenieros. Sin embargo, esta presencia, participación, conciencia y reconocimiento que queremos de la ingeniería no nos va a ser concedida, sino que es algo que los ingenieros debemos obtener y mantener.

La Academia de Ingeniería está en la posición adecuada para impulsar un movimiento hacia desarrollar una conciencia clara en todos los sectores: público, privado y académico, de la importancia de la ingeniería:

- *De hacer más y mejor ingeniería en los proyectos de infraestructura, por ejemplo;*
- *De incluir ingenieros destacados en posiciones de toma de decisiones del gobierno, en todos sus niveles;*
- *De usar mucho más ingeniería mexicana y mucho menos extranjera;*
- *De fortalecer nuestra ingeniería.*

Y entender, asimilar y aprovechar que ***ingeniería es soberanía****".*

Observaciones y conclusión

Queja de los empresarios: "No hay gente calificada para contratar". No obstante, cada vez hay más egresados con posgrados que no son aceptados en el sector productivo.

La computación es una ingeniería que se convertirá en ciencia. Actualmente, la computación es una ingeniería (definición de un diccionario: "La ingeniería es el arte y técnica de aplicar los conocimientos científicos a la invención, diseño, perfeccionamiento y manejo de nuevos procedimientos en la industria y otros campos de aplicación científicos"). Pero no me cabe duda de que se convertirá en una ciencia, conforme se descubran más propiedades, ecuaciones, teoremas y diseños genéricos. Hace 70 años llegó al mundo, y hace 60 a México. Aun así de joven, es indudable que ya tiene aplicaciones muy amplias.

El futuro de la investigación teórica en computación. Es una disciplina muy joven. Aún no se ha descubierto cómo cuantificar muchos de sus fenómenos [no sabemos medir la velocidad de cómputo (se mide en millones de instrucciones por segundo, que es parecido a cuando la longitud se medía en pulgadas, codos, pies y varas), la ergonomía de un programa, su transportabilidad… Al no poder transformar estos conceptos en números, no tenemos ecuaciones de estado de la forma $f = mxa$ (fuerza = masa x aceleración, segunda ley de Newton) o $pV = nRT$ (ley de los gases perfectos). Carecemos de lenguajes de programación que garanticen que los algoritmos escritos con ellos, (a) terminen, y (b) sean rápidos, de complejidad polinomial en el tiempo. Entonces, hay mucho por descubrir. No han surgido aún los grandes genios para desenterrar los tesoros que esconde. Hay oportunidades en un terreno virgen. Imagina a Cristóbal Colón descubriendo América.

El futuro de la investigación aplicada en computación. La computación, por ser la ingeniería que maneja la información, es eminentemente aplicada. Se aplica donde quiera. Se mete en todas las ciencias, en los quehaceres económicos, en el comercio, en la administración, en las finanzas, en la publicidad, en el Gobierno… En un país en desarrollo es más fácil conseguir recursos y patrocinio si se propone desarrollar proyectos útiles que resuelvan problemas particulares actuales. Por ejemplo, mucho del *software* que se usa en México se importa, y no es particularmente adecuado para países "tropicales" donde la energía eléctrica se va, su frecuencia varía, las comunicaciones se interrumpen…

Conclusión

Creo que un investigador que siga el Futuro I tendrá un desarrollo estable si consigue una plaza permanente o definitiva de profesor o investigador con ingresos adecuados que poco a poco aumentarán.

Un investigador que persiga el Futuro 2 tendrá una participación activa en el desarrollo de productos y soluciones nacionales, con posibilidad de que sus aplicaciones informáticas se usen más de una vez, crear empresas, empleos y nuevos servicios, y con alguna posibilidad de exportar. Tomará ventaja de que la computación se aplica en casi todas las áreas del saber y del quehacer. Por otra parte, sus ingresos tendrán fluctuaciones según los distintos contratos, desarrollos y consultorías que lleve a cabo. No tendrá seguros médicos ni pensión de retiro proveniente de su empleador si trabaja por su cuenta.

Si tuviera yo que emitir alguna recomendación, diría que el Futuro 2 tiene más porvenir.

Agradezco a los doctores Alejandro Peña, Rafael Domínguez, José Albarrán, y al ingeniero Enzo Molino sus valiosas aportaciones a este capítulo. Asumo la responsabilidad de algún error u omisión.

Referencias

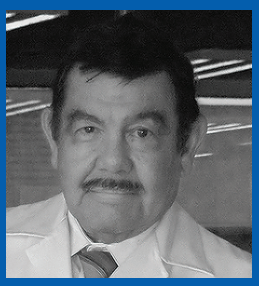
Cinvestav. (2016, 26 de septiembre). *Lineamientos y condiciones básicas que establecen las bases de participación del Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional (Cinvestav) con los sectores público y privado en la conformación de Asociaciones Estratégicas, Alianzas Tecnológicas, Consorcios, Unidades de Vinculación y Transferencia de Conocimiento, nuevas Empresas de Base Tecnológica o Redes de innovación*. Consultado de http://transparencia.cinvestav.mx/UNIDADENLACE2010/Lineamientosycondicionesbasicas.pdf

Diario Oficial de la Federación. (2015, 8 de diciembre). *Decreto por el que se reforman diversas disposiciones de la Ley de Ciencia y Tecnología y la Ley Federal de Responsabilidades Administrativas de los Servidores Públicos* (pp. 78-79).

Guzmán, A. (2017). Compuertas abiertas. Que fluya la investigación al sector productivo mexicano. *Crónica*. Consultado de http://www.cronica.com.mx/notas/2017/1044168.html

IPN. (2018, 14 de marzo). *Gaceta Politécnica*, *1402* (18), 19-44. Consultado de http://www.repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/24113/1/G-extra1402.pdf

IPN. (2009-2010). Sección: Acerca de UPDCE. Consultado de http://www.updce.ipn.mx/acercadeupdce/Paginas/AcercaUPDCE.aspx



Adolfo Guzmán Arenas

aguzman@ieee.org

Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional (IPN). Obtuvo la maestría y el doctorado en Computación en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), en Cambridge, Massachusetts.

Fue profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica del MIT; del Departamento de Inteligencia Mecánica de la Universidad de Edimburgo; del Cinvestav del IPN, en donde fundó la maestría y el doctorado en Computación; del Instituto de Investigación en Matemáticas Aplicadas y Sistemas, de la UNAM, en donde fue jefe del Departamento de Computación; y de la Unidad Interdisciplinaria del IPN.

Fue director del Centro Científico IBM para América Latina.

Ha sido investigador senior de la empresa *MicroElectronics and Computer Corporation*.

En 1994 recibió el Premio Nacional de Informática que otorga la Academia Mexicana de Informática. Recibió, en 1996, de manos del presidente Zedillo, el Premio Nacional de Ciencias y Artes.

Fundó, en 1996, el Centro de Investigación en Computación del IPN y lo dirigió hasta 2002. El doctor Guzmán Arenas es miembro de las Academias de Ingeniería (Académico de Honor), Mexicana de Ciencias y Mexicana de Informática. Es *Fellow of the Association for Computing Machinery* y *Fellow of the Institute of Electrical and Electronic Engineers*.

La informática y su compromiso transversal: el encuentro necesario

Alejandra Herrera Mendoza

La colaboración es fundamental para el progreso. Es el horno donde se gestan las ideas y se moldean y adaptan gracias al equilibrio que logran fuerzas opuestas y complementarias. Cuando ese equilibrio se alcanza, entonces el resultado es definitivamente mayor a la suma de los esfuerzos involucrados. Este escenario ha sido propio del avance de la ciencia y la tecnología, lo que ha mantenido una relación dual en la que pueden crecer y reconvertirse de manera independiente y encontrarse y detonar en nuevas formas de mejorar la vida humana. El impulso que recibe el conocimiento, resultado de la colaboración, se alimenta de diversas fuentes –todas ellas generando información tan vasta que se vuelve necesario restringir su selección–.

La información es el flujo vital que impulsa las decisiones de cualquier individuo y organización. Representa la clasificación de los datos que se generan o reciben por mecanismos humanos, electrónicos, mecánicos e incluso eléctricos, cuya estructura u ordenamiento da sentido a sus usuarios y propietarios; la información puede automatizarse para ser recibida, entregada, almacenada y transformada. La discipli-

na técnica que responde por tal especialización es la informática. La informática se integra por procesos, *hardware*, *software* y otros componentes que le permiten operar datos. Los datos son definidos, creados y capturados por las personas; los procesos, el *hardware* y el *software* son diseñados y construidos por las personas; el resultado de esta conjunción y su propósito es sin lugar a dudas información de interés para las personas.

Por años, en México la informática se ha vinculado especialmente con procesos de tipo administrativo, disminuyendo con ello su relevancia y por tanto su impacto en la formación de profesionistas en el desarrollo de innovaciones, en el impulso a la generación de empresas de alta tecnología en ese ámbito y en la inversión para la investigación.

Ir más allá de ese esquema tan acotado implica retar la visión de los pioneros de la informática en México y, para ser justos, junto con un reconocimiento al esfuerzo que realizaron en medio de la turbulencia provocada por la ausencia de tecnologías y expertos, que finalmente fueron formados en el campo hace casi 60 años. Con toda seguridad, hay memorias que refieren los inicios de la informática en México y pueden dar mejor cuenta de esa etapa; sin embargo, ahora con todo el camino recorrido y en medio de una vorágine de desarrollo de tecnologías cuyos ciclos de vida en el mercado son manejados a través de modelos de negocio agresivos y contundentes, es importante reflexionar sobre la contribución de la informática en el futuro.

De la tecnología a las personas

A principios de la década de 1980, estudiar informática era un sueño difícil de cumplir, pues esta disciplina estaba rodeada de rumores y verdades en torno al costo que implicaba mantener los gastos relacionados con el uso de equipos de cómputo de alta tecnología y con el uso de consumibles difíciles de encontrar; también existía un halo de prestigio y de requisitos de ingreso de gran nivel a nuevos aspirantes a ingresar a esta carrera, lo que incluía una capacidad inagotable de trabajo. Como resultado de la organización cultural y social de la época, el número de expertos y estudiantes en informática era mayor en la población masculina, y las posiciones profesionales de liderazgo por tanto también tenían esa orientación.

Los egresados de las carreras de informática emanaban de las universidades con perfil generalista, como resultado de la todavía incipiente segmentación de tecnologías y del ritmo de conversión de planes de estudio que las instituciones de educación superior no alcanzaban a alinear con el pulso del mercado empresarial y laboral. Los egresados se convirtieron en los maestros de las nuevas generaciones y enfrentaron el reto de salir del país a capacitarse para adquirir conocimientos desarrollados en otras naciones y notar con ello la gran brecha tecnológica que ya se había formado; con todo, esto dio un nuevo impulso a la creación de nuevas carre-

ras, la generación de nuevas especialidades, el paso de la formación de generalistas a profesionales cada vez más especializados en nuevas tecnologías, nuevos métodos y nuevas técnicas para brindar, por tanto, nuevas soluciones. Las certificaciones técnicas se volvieron la carta de presentación que garantiza el conocimiento, la experiencia y el nivel de especialización de los profesionales de la informática; todo ello provoca mayor sofisticación de los perfiles y mejor cotización económica para aquellos que asimilaron pronto este nuevo escenario.

El desarrollo acelerado de tecnologías de *hardware* y *software* y la producción de datos con un ritmo de crecimiento exponencial, dada la nueva configuración del comercio internacional y la popularización de medios para el intercambio virtual de información, impuso nuevos retos para la informática, generándose así distintos niveles de especialización de alto valor para el mercado y permeando su relevancia hasta el manejo cotidiano de información en el individuo. Con el tiempo, la tecnología ha pasado de ser la meta del desarrollador a volverse el medio para solucionar problemas centrados en las personas, facilitar y mejorar la vida humana y su relación con la naturaleza.

Desde el momento en que las empresas y otras organizaciones empezaron a comprender que la naturaleza de origen de la informática reside primero en las personas y no en las máquinas, inició un proceso de desarrollo y adopción tecnológica que ha facilitado las actividades cotidianas y, mejor aún, contribuido a renovar los procesos de toma de decisiones fundamentadas a través del uso de información automatizada, la cual se presume ordenada e íntegra, así como a evolucionar para convertirse en una disciplina integral e incluyente.

La evolución y la interacción disciplinar

El hombre como generador e intérprete de información y tomador de decisiones ha encontrado nuevas aplicaciones de la informática en distintos escenarios de acción, de forma que ha provocado la transferencia de las tecnologías de la información hacia nuevas industrias, impulsando con ello su interacción con otras disciplinas. Su ámbito de aplicación es tan amplio como lo es el espectro de actividades y alcances que tienen los seres humanos. Cualquier acto, necesidad, idea o resultado del trabajo individual o colectivo es objeto de tratamiento por medios informáticos. Así, actualmente la informática resuelve aplicaciones específicas para diversos ámbitos, entre otros:

- Mercadotecnia. A través de la captación de datos que permiten el análisis de mercados, industrias, productos, servicios, clientes y medios de comercialización.
- Finanzas. Donde se controla la actividad económica de las organizaciones y de las personas.
- Fiscal. Resulta en una plataforma para el control de ingresos y egresos de carácter público y privado
- Transporte, movilidad y logística. Facilita el análisis de rutas, costos y condiciones de acceso a vehículos de tierra, aire y agua, de carga y de pasajeros, así como lo relacionado con la movilidad de las personas.

- Educación. Forma parte de la infraestructura para la formación en cualquier nivel educativo e incluso en cualquier territorio.
- Comunicación. Habilita la información de hechos y su análisis en tiempo real y en términos históricos.
- Investigación científica y tecnológica. Permite el acceso a información y conocimiento generado en otros países, cuya disponibilidad promueve la acumulación y el avance del conocimiento mismo.
- Salud. No sólo facilita el seguimiento de la salud y el tratamiento de individuos, sino que permite almacenar y analizar información relacionada con segmentos poblacionales, evolución de las enfermedades, detección de nuevos padecimientos y tendencias futuras.
- Entretenimiento. Brinda información sobre gustos y preferencias para el diseño de propuestas culturales y de esparcimiento.
- Deportes. Registra resultados detallados de eventos deportivos y se interrelaciona con la información de salud de deportistas y su tratamiento.
- Militar y de seguridad nacional. Facilita la identificación de amenazas territoriales y el potencial de riesgo de individuos y grupos.
- Construcción. Permite la proyección, diseño y control de la edificación de inmuebles, puertos, aeropuertos y carreteras.
- Sustentabilidad ambiental. Facilita el monitoreo del deterioro de fauna, flora, aire, agua y suelos de cualquier lugar, así como del registro de su evolución y la toma de decisiones que coadyuven en el resarcimiento de los efectos negativos.
- Política. La información de tipo económico, fiscal, poblacional, educativo, etc. es insumo para el diseño de políticas públicas y de programas e instrumentos que promuevan cambios en la actuación de los habitantes de un país.

Como puede observarse, todos estos ámbitos de aplicación tienen múltiples relaciones entre sí, de tal manera que la información que pueden intercambiar permite una visión tan detallada o tan general como sea necesario. Un ejemplo de ello es la información automatizada relacionada con la salud de la población y sus tendencias, pues impacta en el diseño de políticas públicas, la economía, los servicios públicos y privados especializados, las reglas para el transporte, la prevención a través de la educación, la comunicación de sus efectos, etc. En resumen, en la actualidad no hay espacio o actividad que no sea atendida por la informática, que teje redes de intercambio, aunque al mismo tiempo generan vulnerabilidad en la seguridad de la información y su integridad. Tal fragilidad es el resultado natural de sistemas complejos en los cuales la relación que guardan sus componentes no evidencia todas las funciones y fracturas que resultan en graves riesgos para fallas, intervenciones no deseadas y robo de datos.

De vuelta a la base con mirada hacia la innovación

En las últimas décadas, el diseño y el desarrollo de soluciones mejoradas o nuevas ha propiciado ideologías y modelos orientados a la generación de innovaciones; este proceso visto en su concepto más amplio tiene impacto en procesos, productos, servicios, formas de comercialización, nuevas aplicaciones, modelos organizacionales y modelos de negocios. La innovación surge de la información automatizada o no; es posible innovar a partir de la observación o la intervención en eventos que evidencian necesidad de soluciones. Si la información que se recaba por la detección de necesidades no es registrada en medios automáticos, tendrá un impacto menor porque estará limitada a la capacidad humana manual; la información automatizada rompe las barreras haciendo disponible el acceso y el intercambio de información con grandes volúmenes de datos. El proceso de desarrollo de innovaciones surge entonces de la detección de necesidades y de la propuesta de alternativas de solución, desarrollo, validación y puesta en marcha o lanzamiento al mercado. Para que las innovaciones ocurran se requiere de la voluntad y de la aportación de recursos de distintos actores clave. La informática tiene retos en cuanto al desarrollo de innovaciones, siempre con foco en las personas y su entorno natural, pero todo ello sólo tendrá una evolución a favor del ser humano si se observan lineamientos fundamentales que privilegien la conservación de la vida humana y la naturaleza.

Por una parte, la informática requiere vincularse con los preceptos de la filosofía en tanto se asocia fundamentalmente con el conocimiento y la razón de la existencia, pues no se trata solamente de la construcción de herramientas sino del sentido de las mismas y de su impacto moral y ético; también con el derecho, porque el apego a los lineamientos normativos contribuye a procurar la armonía social y la impartición de justicia; y con el reconocimiento y conciencia de la importancia de la sustentabilidad ambiental como escenario fundamental para la actuación y existencia humana.

Todo lo anterior es necesario para la formación de profesionales de la informática con visión de futuro; no son temas cuya responsabilidad únicamente corresponde a las instituciones de educación técnica y superior, sino temas cuya responsabilidad recae en los gobiernos, las empresas y, desde luego, en la familia. Sólo entonces podemos hablar de innovaciones de alto impacto, entendidas como aquéllas que no atentan contra el ser humano. Esto hace relevante que los expertos analicen y propongan una misión superior para la informática, que coloque estos temas en el centro de la discusión.

Por otro lado, las instituciones de educación superior públicas y privadas tienen el reto permanente de tratar de alinear sus planes de estudio e infraestructura física al ritmo de los cambios tecnológicos que surgen en torno a la informática, así como identificar y contratar a los profesores actualizados y preparados para transferir su conocimiento en el aula y

los laboratorios. Las empresas con frecuencia argumentan que les es necesario hacer una inversión de capacitación que puede durar hasta un año para que un egresado empiece una fase productiva y rentable para la empresa. Las claves en este entorno son la vinculación y el diseño de modelos educativos que permitan al alumno formarse en esquemas híbridos que lo lleven en forma ética por el campo de aplicación.

Los centros de investigación públicos y privados, incluso inmersos en universidades y empresas, tienen el gran reto de construir de manera consciente tecnologías que efectivamente agreguen valor. Paradójicamente, gracias a la informática es posible tener acceso al conocimiento de frontera que se ha producido en diversas partes del mundo; sin embargo, los equipos de investigación en informática tendrían que cuestionar y desarrollar a partir del conocimiento publicado, romper los paradigmas y poner a prueba nuevos escenarios y fenómenos. De otra manera, simplemente se estarán multiplicando las soluciones informáticas existentes, pero en otras presentaciones y etiquetas. Los procesos de vigilancia tecnológica son definitivamente imprescindibles para la enseñanza, la investigación y el desarrollo de la innovación en informática, porque facilitan la identificación de oportunidades de innovación.

Los gobiernos tienen participación en el futuro de las innovaciones en informática, pues su función como administradores de los recursos del Estado y promotores del desarrollo económico los coloca en una posición multifacética que va desde ser observadores hasta interventores, cuyo efecto se ve realizado mediante la definición e implementación de políticas públicas que promuevan la vinculación entre empresas, individuos, sector educativo y las diversas instancias del gobierno mismo, incluidos actores de otros países. La estrategia de desarrollo de soluciones en informática para gobiernos no es ajena para nadie; bien se sabe que los gobiernos son los grandes compradores de soluciones informáticas y que sus necesidades de solución e integración de información son de impacto para todos los habitantes de un país o una localidad y, por otro lado, igualmente pueden apoyar la estrategia nacional de innovación mediante programas e instrumentos de orden público que estimulen la inversión en invenciones para la informática que, sin duda, requiere de estrategias bien definidas y recursos permanentes porque los ciclos de desarrollo y de vida de productos y servicios basados en informática son cada vez más cortos.

El papel de las empresas es preponderante, pues son el medio para llevar tales soluciones al mercado y encontrar la forma de entrar y permanecer, ya que disponen del capital relacional y económico –limitado pero con movilidad– para hacerlas aplicables para alguien dispuesto a pagar por ellas. Tienen también la infraestructura productiva y el personal que lleva los procesos industriales y de servicios. Su enfoque en el futuro tendrá que converger de manera intensa con las instituciones de educación superior y los centros de investigación. El reto actual es construir la confianza, el marco legal y los escenarios de negociación de colaboración y de propiedad intelectual que estimulen la inversión en el marco de lo que implican.

Los emprendedores representan el detonante inmediato para el desarrollo de innovaciones en infor-

mática porque su entusiasmo y energía pueden provocar propuestas impresionantes y de alto valor en poco tiempo; resulta importante que encuentren los mecanismos de apoyo y de desarrollo para construir capital y relacionar y detonar en empresas y soluciones con futuro.

Todos estos actores necesariamente tendrían que estar vinculados para integrar propuestas de innovación en el ámbito de la informática con alto potencial de éxito. Sin embargo, es necesario también cuidar la orientación de las soluciones y evitar construir y reconstruir el mismo ERP (*Enterprise Resource Planning*) que han elaborado cientos de desarrolladores cuyos productos ya no resultan de alto valor agregado en general.

Así, la vinculación se erige como la vía para capitalizar lo que se ha construido desde los distintos sectores por la informática y a través de la informática.

La visión de futuro

En los últimos tiempos, los temas de los foros de discusión y capacitación técnica ponen en el centro de la tarea al Internet de las cosas y la ciencia de datos; sin duda, estos son temas todavía ajenos a la gran mayoría de las empresas y de los individuos en países en vías de desarrollo, aunque relativamente cercanos en el tiempo. Por tanto, y como lo ha demostrado la historia de la evolución de la informática y otras ciencias computacionales y de comunicación, habremos de cerrar ciclos y dar paso a nuevas propuestas tecnológicas en periodos tan breves que sus años se cuentan con los dedos de las manos.

Visualizar el futuro de la informática necesariamente implica una combinación bizarra –en el sentido estricto de la palabra– de memorias y sueños bajo el debate entre lo que fue y lo que será. Tratar de resolver el enigma remite al planteamiento inicial de este documento: la colaboración. Es la colaboración a través de novedosos esquemas de vinculación que han dado paso a la bioinformática, al monitoreo de zonas de desastre, a la ubicación y al rescate de personas extraviadas, a la identificación de delitos de alta gravedad en contra de la integridad humana, a la ubicación de yacimientos de petróleo y de agua, entre miles de usos por demás relevantes que rebasan la extraña y antigua percepción sobre la informática.

La informática deberá continuar en construcción a través de una relación personas-innovación-personas; para los profesionales resulta de una gran motivación el sendero que se ha formado para continuar caminándolo en equipo.

Alejandra Herrera Mendoza

alejandra.herrera@ibero.mx

Licenciada en Ciencias de la Informática y maestra en Economía por el Instituto Politécnico Nacional (IPN). Licenciada en Derecho, maestra en Administración y doctora en Ciencias de la Administración por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM).

Ha sido académica de diversas instituciones de educación superior y ponente invitada en variedad de foros nacionales e internacionales, relacionados con el desarrollo de la tecnología y la innovación; árbitro de publicaciones nacionales e internacionales y autora de capítulos de libros y artículos de investigación sobre tales temas.

Empresaria y emprendedora en la industria del *software*, de la construcción, alimentos y pecuaria.

Es asesora de empresas de base tecnológica en el diseño de proyectos de innovación tecnológica, estrategias sobre propiedad intelectual y formación de emprendedores.

Evaluadora de diferentes programas del gobierno federal y algunos estatales.

Actualmente colabora como académica de tiempo completo en la Universidad Iberoamericana de la Ciudad de México.

IQ artificial

Javier Juárez
Erik Huesca

Inteligencia

Es muy común escuchar que "si no se mide, no se puede mejorar" pero, antes que eso, si no se define, no se puede ni medir. Definiciones queremos y siempre las definiciones tienden a dar absolutos inexistentes, sobre todo en un concepto toral que se supone nos da supremacía ante otras formas de vida, sin embargo, la inteligencia no está sujeta todavía, y por fortuna, a una definición absoluta, lo que ha propiciado como resultado diversas escuelas de pensamiento que oscilan entre dar al ser humano la exclusividad de esta característica, hasta las que diferencian la inteligencia humana de otras inteligencias animales sólo por hechos específicos ligados a la semántica y a la argumentación. Estas últimas escuelas de pensamiento son más cercanas a una definición de inteligencia que toma en cuenta la capacidad del lenguaje para dar diversos significados, argumentos y contraargumentos a explicaciones de pensamientos, hechos, observaciones, proposiciones y hasta teorías sobre nuestro devenir y acciones en el universo.

La definición de *inteligencia humana* fue en su momento un campo exclusivo de las ciencias ligadas a la salud, y su búsqueda respondió a males asociados a disfuncionalidades o daños de la psique. Esa visión ha sido uno de los males para poder aproximarnos a un concepto tan multivariado y complejo que lleve a una definición aceptable de inteligencia. La inteligencia también se abordó en la preocupación y reflexiones de pensadores sobre nuestro ser de forma metafísica, es decir, imaginaria e intangible.

Como se acaba de explorar, la preocupación sobre qué es ser inteligente y qué es inteligencia no es actual, pero ha cobrado intensidad en los últimos dos siglos, paralelo al nacimiento del capitalismo. Si revisamos las contribuciones sobre la respuesta a esta pregunta de uno de los científicos más renombrados de inicios del siglo XIX, el padre de la neurología moderna, Paul Broca, quien *circa* 1824 da a conocer una teoría donde asocia el tamaño del cerebro a la inteligencia de forma proporcional. Broca libera a la ciencia de la salud de seres metafísicos, apoya la teoría de evolución de Darwin y establece la primera sociedad de antropología en Francia, acción difícil pues la antropología era vista en su momento como una materia subversiva por cuestionar el origen de nuestra especie.

A fines del siglo XIX, coincidiendo con un capitalismo ansioso por medir y estandarizar todo, surgen las pruebas de Binet y Simon que tanto impacto han tenido en un intento por clasificar, valorar y hasta vender las diferencias como una herencia del darwinismo, donde se supone que ser más inteligente implica ser más apto, aunque nada más alejado de la terca realidad. Con estas pruebas se logra reconocer que no todo mundo es inteligente, y que existe una media con la cual es común considerar que si se está por debajo se merece la compasión social, y si se está por arriba, la suspicacia. La gran contribución al estudio de la inteligencia humana fue empezar a explorar a los otros, los animales. Aun cuando crearon estándares, no contribuyeron a la definición de inteligencia.

Derivadas de la tendencia a cuantificar la inteligencia, en los últimos 50 años se consolidan diversas corrientes de la psicología que van desde el intento de crear escalas con aproximaciones más tecnológicas, hasta las teorías sobre la inteligencia humana y sus derivados, que son cercanas a conceptos más ligados a la metafísica expresada en mercadotecnia y consumo de la imagen de ser inteligente: esa es la pululación de conceptos como el de inteligencias múltiples, es decir, que si no es inteligente en algo, se puede ser inteligente en otras cosas, y responde a un reflejo de la reducción de nuestra existencia como especie a una sociedad de mundo lleno de felicidad, sin cuestionamientos del entorno, una sociedad gaseosa del entretenimiento en donde queremos que todo mundo se encuentre feliz y satisfecho en el perenne deseo del otro acontecimiento que nos entretenga y de lo que el otro es persona [1]. En este contexto seguimos sin respuesta sobre qué es la inteligencia, y también sin saberlo abrazamos la idea de lo artificial; es más,

[1] Del latín persōna (*mask*; *character*), de origen incierto. Posiblemente proviene de personō ("a través del sonido"); o del griego πρόσωπον (prósōpon, "Cara, apariencia; máscara usada en el teatro antiguo; y que denota un rol social).

le asignamos a los objetos esa capacidad y todavía no estamos preparados para lidiar con ella.

Es por ello que en nuestros días, y desde la óptica de los que hacen filosofía occidental, pensar en la inteligencia se vuelve un juego recursivo: ser inteligente para definir la inteligencia. Estar en ella para describirla. En pocas palabras, no sabemos qué es pero se reconoce. Sin tomar en cuenta las escuelas de psicología, pareciera que sin saber qué es la inteligencia la estamos convirtiendo en un elemento democrático, pero con escasa distribución en el mundo real como parte de la preocupación humana de querer parecer inteligente.

La intrusión del cómputo surge en el camino de la evolución de la ciencia para potenciar las capacidades de cálculo, y posteriormente preservar la inteligencia de los más dotados al servicio de los que menos la desarrollaron. Al menos esa era la intención que en sus inicios lleva a científicos como Turing a expresar sus dudas sobre la inteligencia de este artefacto, que se acercaba a los sueños Karel Čapek o a Hefesto y sus doncellas doradas.

Las computadoras se desarrollan con ese halo místico de ser un artilugio capaz de superar a su creador, algo parecido al mito de Mary Shelley y su Prometeo moderno. Por ello surge el reto de integrar las máquinas como sirvientes (también les podemos decir *herramientas*) no seres vivos que piensen y tengan conciencia. La idea es la misma con abordaje diferente, ya sea desde la cibernética de Rosenblueth y Wiener, o desde la visión biologista de G. Simondon. En estos opuestos la idea de la sistematización es común. Precisamente ahí está la búsqueda que no cesa en la consolidación de las ciencias cognitivas de forma separada, ahora con el acompañamiento de la base filosófica y desde un enfoque multidimensional y complejo. Luego entonces, se puede decir que ser inteligente tiene como consecuencia sistematizar ideas y darles coherencia y por tanto conciencia, que es la capacidad de compartir lo aprendido; inteligencia, si va ligada además con tener capacidad para descifrar símbolos. La inteligencia no es memoria, ni es astucia, ni habilidad. Haciendo un símil con los objetos que nos rodean hoy en este mundo de contrastes, altamente conectado para algunos y desconectado para otros, los dispositivos de Internet de los objetos (IOO) pueden contener inteligencias acotadas y específicas, mientras que los sensores no.

Redundando y resumiendo, una aproximación a la inteligencia puede definirla como la capacidad de simbolizar, codificar y decodificar; uno puede ser muy inteligente en su propio idioma y muy estúpido en el otro, hasta que no interviene la inteligencia y comienza a codificar y tener conciencia del proceso y a crear soluciones para la comunicación de ideas de forma consciente.

De acuerdo con M. Foucault, las dos paradojas del siglo XX se centraban en que la filosofía de la conciencia no había logrado formalizar una filosofía del saber, y en especial del saber científico, y que la filosofía del sentido había omitido tomar en cuenta los mecanismos de significación y la estructura de los sistemas de sentido.

Para sumar a lo observado por Foucault, la visión de Wittgenstein sobre la filosofía contribuye diciendo que "El objeto de la filosofía es la clasifi-

cación lógica de los pensamientos" y la lógica está estrechamente ligada a las formas de percepción mediada por la cultura.

Por ello, es necesario construir una filosofía del sentido de la inteligencia, pues los abordajes siempre parecen colaterales y en esta construcción es indispensable integrar la visión de un nuevo artefacto que por vez primera nos puede competir en la conciencia y en la generación de conocimiento, quién sabe si en la inteligencia. Ahora hay que agregar más elementos en el estudio y diseño de la inteligencia no humana. Es decir, si bien nunca se ha construido esa filosofía del sentido de la inteligencia, ya no basta con estudiarla como cuestión del hombre, sino a la luz de los nuevos adelantos.

Podemos hablar sobre una de las aportaciones de Wittgenstein a la definición de inteligencia: anotar que *el lenguaje es parte de nuestro organismo*. En ese sentido, parte de la complejidad por definir la inteligencia artificial (IA) estriba en un intento de las matemáticas para normalizar en lenguaje universal y dar la estructura de pensamiento como una representación abstracta de lo que la inteligencia es (¡pero no sabemos qué es!). Es en parte esta abstracción la que mantiene a la inteligencia artificial tan alejada de las masas, pues requiere emplear lenguaje matemático computacional, con lógica binaria, cuando nuestra inteligencia es continua y los juicios derivados aplican diferentes aproximaciones, tanto para la planeación como para la resolución de problemas, lo cual no es accesible para todo mundo. Hoy, además, estamos lejos de sistemas de inteligencia artificial que respondan a lógicas difusas, pues implica cambiar toda la base tecnológica de la computación binaria, que sigue siendo reduccionista. En este punto actualmente puede emularse la continuidad del pensamiento humano pero no la conciencia; sin embargo, no podemos descartar que llegará un desarrollo que sí emule la conciencia y que podría tomar caminos incompatibles con nuestras sociedades, a menos de que también se le enseñen los valores y ética con los que como sociedad comulgamos.

Los artefactos que contengan sistemas de inteligencia artificial por primera vez no sólo podrían contener información, sino conciencia. Si tomamos la raíz de la palabra *conciencia*, esto significa "el conocimiento compartido", que proviene del latín *conscientia*, o bien se toma el otro origen, *cum scientia*, que significa "con conocimiento". En esta etapa, sin inteligencia de por medio, los seres humanos ya estamos atrapados por la lógica binaria y por modelos de uso. Por ejemplo: los correctores de texto evitan que ejerzamos capacidad de decisión porque hemos delegado la supervisión de la ortografía a los equipos. Lo anterior debería invitarnos al menos a la siguiente reflexión: ¿si ya hemos delegado la ortografía a un ente no inteligente, cuántas decisiones le podremos delegar a un sistema que sí tenga inteligencia artificial?

Medición de inteligencia

La inteligencia humana sigue considerándose en esa paradoja de amor-odio para las sociedades: es el intangible venerado y temido a la vez. En el hipercapitalismo

su medición ha cobrado extrema importancia, pues se comercializan intangibles, y todo lo que son fábricas y mercaderías tradicionales ha reducido su valor. Es así que en nuestras sociedades se han consolidado creencias sobre conceptos como *éxito* y *dinero*, con el significado de "un grado de inteligencia mayor". Es más, algunas escuelas de psicología y neurociencias no reconocen la inteligencia en otras especies, y esta línea de pensamiento es una total herencia de Descartes, que afirmó y dejó para nosotros la exclusividad de la inteligencia. Sin embargo, al diseñar artefactos que pueden ser inteligentes, el ser humano inteligente será el que tenga artefactos inteligentes y de almacenamiento de información, así como la capacidad para procesar el gran volumen de datos en su beneficio.

Por tanto, la importancia estriba en que se quiere comerciar con la inteligencia, y si resulta que en las mediciones sobre su capacidad de inteligencia una persona no la tiene, pues se le vende lo que se desarrolla, fabrica y comercializa, con la finalidad de llevar la idea de poder, éxito y riqueza a todo aquel que aunque no tenga inteligencia, sí la pueda adquirir y además lo entretenga. En esta evolución nuestra sociedad, que se autonombra "del conocimiento", rige sus relaciones por la cultura gaseosa del entretenimiento, con poco sentido inteligente de la realidad; por eso buscamos hacer artificial lo que no se tiene de naturaleza, pues la inteligencia es el intangible y no se define, pero se identifica cuando se encuentra, y por lo general se asocia al conocimiento.

Si se cuantifica, puede comercializarse: esa es una de las bases del capitalismo, la cuantificación al extremo que no deja de medir aun lo intangible, en el caso que nos ocupa, a través de métricas como el coeficiente intelectual (IQ, por sus siglas en inglés).

En la búsqueda, desarrollo y fabricación de productos inteligentes para vender, hoy se identifican dos tipos de inteligencia artificial: la general y la específica, y ambas están una vez más en el foco de las ciencias de la computación. En estos 60 y *pico* de años[2], como relatamos, hemos sido incapaces de definir "*inteligere*", pero seguimos trabajando en algo que se define por escuelas de pensamiento, regiones y culturas, además de con la interacción de equipos multidisciplinarios para el desarrollo de inteligencias artificiales, en donde surgen las ideas de aprendizaje de los equipos y otras líneas de investigación. Incluso la propuesta del desarrollo de sistemas tipo SELF (forma de vida autocontenida y autodefinida, y con cierta conciencia) entre otros de los proyectos más publicitados.

Estos sistemas de inteligencia artificial general son aquellos que pueden "aprender" lo que sea (por eso es general). Y al ser capaces de ir aprendiendo se vuelven como una caja negra, lo mismo que nuestro cerebro. En una analogía con la educación humana, es la forma como enseñamos valores y reglas de convivencia social a un niño. ¿Cómo le hacemos para que a pesar de ese aprendizaje sigan "portándose bien"? En esta

[2] Si se toma como inicio 1951, con el artículo de Turing, o 1955, con la expresión misma de McCarthy, resulta en 67 años o bien en 63, y por eso el término coloquial de y pico, para entrever lo incierto de una fecha específica, que se puede remontar incluso a historias de la mitología griega en la cultura occidental, con Hefestos y sus "chicas doradas".

misma línea de ideas pensemos lo siguiente: ¿acaso no nos llena de orgullo como padres saber que nuestros hijos han logrado tal nivel de inteligencia, que cada vez son más independientes de nosotros? ¿No se esperaría que la inteligencia artificial sea también cada vez más independiente? ¿Podremos ir evaluando el grado de inteligencia que ha desarrollado una máquina?

Inteligencia artificial

Si la inteligencia es importante, preguntar si un artefacto puede pensar es más importante para los objetivos de una sociedad que quiere vender conocimiento (aunque éste sea tan intangible como la inteligencia), y en especial en la época de 1951 en los inicios de las ciencias de la computación, cuando Alan Turing, con su artículo fundamental "Can Digital Computers Think?", se hizo esa pregunta, o unos años más adelante con John McCarthy, que acuñó el concepto propiamente dicho de inteligencia artificial, en 1955. Desde entonces se han desarrollado un sinnúmero de escuelas en las ciencias sociales, de la salud, matemáticas y cognitivas, derivadas de la búsqueda a la respuesta fundamental de Turing. Ahí hay otra respuesta del por qué es importante la inteligencia, aunque no tengamos una definición concreta y vayamos en espiral, explicando las inteligencias animales y las inteligencias de artefactos.

Muestras de los sistemas de inteligencia artificial general las encontramos en películas y en literatura de relatos de anticipación, donde en general se muestran como el corazón y cerebro de robots o de humanoides con formas antropomorfas, que piensan, tienen conciencia y toman decisiones de acuerdo a un marco ético moral aprendido de su creador, mismo que en un momento dado podrán refutar e incluso transgredir[3].

Es importante aclarar que la narración de los medios masivos nos ha llevado a identificar "robot igual a inteligente" y éste es un error, pues no todos los robots son inteligentes ni todos los sistemas de inteligencia artificial general se encuentran en formas antropomorfas o en cacharros autónomos en movimiento.

Con más de 60 años en el desarrollo y conceptualización de las distintas inteligencias artificiales, que como ya comentamos, dan lugar al desarrollo de otras ciencias como neurofisiología, sociología digital, antropología digital y ciencia de datos, por mencionar algunas, en especial es la última la que nos permite preguntar cómo influye la tecnología en la conceptualización de la inteligencia.

Así, la inteligencia artificial se está convirtiendo en varios campos en el eje de desarrollo; por ejemplo, en autonomía de transporte, logística, medicina preventiva, educación, ingeniería civil, aplicación de leyes y administración de leyes, lo cual demuestra la diversidad de su impacto.

La inteligencia artificial, una vez que alcance un nivel que le permita desarrollarse a sí misma, toma

[3] Al parecer, una de las únicas excepciones famosas en el cine es la película de Kubrick basada en la novela de A. C. Clark, 2001: *Odisea en el espacio*, con Hal 9000.

rá sus propios caminos y en ese sentido tenemos que hablar de *sistemas inteligentes*, y la ética que incorprarán, lo que a su vez se reflejará en la interacción con nosotros, en sus reglas de convivencia con los seres humanos y en lo que hacen o determinan sobre o con nosotros. Siendo un tema tan relevante, no debemos dejarlo a la evolución natural: es necesario generar una política respecto a la inteligencia artificial, como lo están haciendo en la Unión Europea y países de otras regiones. En esta discusión se deberán incorporar aspectos éticos que permitan anticipar y evitar cualquier conflicto entre prioridades humanas y artificiales.

Desarrollo de la inteligencia artificial

La inteligencia artificial, al igual que la humana, requiere información para su desarrollo: información del mundo que nos rodea para adquirir conciencia. En ese sentido, la "qualia" establece que adquirimos conocimientos y experiencias gracias a la retroalimentación sensorial, es decir, gracias a nuestros sentidos. Dicho de otra manera, aprendemos gracias a los datos que adquirimos mediante la vista, el oído, el olfato, el tacto y el gusto.

Con la llegada del IOO, ahora los sistemas inteligentes también podrán tener conocimiento del mundo a través de cámaras conectadas, micrófonos y sensores. De ahí la importancia de generar condiciones que faciliten el despliegue de redes de quinta generación (5G), que a su vez serán facilitadoras del desarrollo del IOO y generadoras de altas cantidades de datos (*Big Data*) que constituyan la materia prima para la creación de sistemas de inteligencia artificial.

Aquí vale apuntar que los datos son cuantificables y la información verificable, pero el conocimiento es intangible y sólo expresado a través de mecanismos de inteligencia. Ahí reside toda la evolución y convolución del pensamiento: la inteligencia es usada para adquirir más conocimiento, y por lo tanto se requiere una aproximación más compleja que sólo hablar de dispositivos inteligentes, pues en esta línea social de pensamiento la inteligencia artificial no debe ser referida únicamente a los robots como el emblema antropomórfico de nuestros desarrollos tecnológicos.

Por otro lado, los datos por sí solos no representan ningún valor a menos de que se procesen, que se entiendan e interpreten. En ese sentido, hoy tenemos un conjunto de ciencias y técnicas desarrolladas de forma independiente y que podrían en muchos casos parecer contradictorias, pero que aportan bases para el desarrollo de un entendimiento de la inteligencia y de cómo podemos crear una de forma artificial que no responda a algoritmos predeterminados para campos específicos, como es el caso de los sistemas de IA para jugar *go* o ajedrez, pero de comprensión limitada en otras esferas. Esa es la primera diferencia entre IA específica y la IA general que todavía podría tardar en ser desarrollada a plenitud, pero que es sin duda uno de los grandes retos en los que actualmente se trabaja. Y en este

aspecto también tenemos que pensar hasta dónde puede llegar la IA y qué tan fácil podría superar a los humanos que aprendemos gracias a nuestros sentidos y a lo que vemos, leemos, sentimos. En el caso de la IA, además de tener acceso a libros y bases de datos, podría conectarse y obtener información en tiempo real de los billones de dispositivos del IOO; es decir, tendrá la capacidad de obtener en cualquier momento información de lo que está pasando en el planeta, y esa puede ser una ventaja significativa en la generación de conocimiento.

El futuro: retos y reflexiones

Con los retos reales que tenemos por enfrentar: memoria externa en forma digital con tendencias a la acumulación al estilo del dinero (*Big Data*), coexistencia con sistemas de inteligencia artificial, y una ola de términos comerciales como el IOO y la interacción más frecuente en nuestro entorno cotidiano, con dispositivos de bajo costo dotados de estructuras que pudieran ser inteligentes, estamos asistiendo probablemente a la primera revolución cognitiva, más que a una cuarta revolución industrial. Estamos ante una revolución del conocimiento: no se trata solamente de la modificación de artefactos para tecnificar actividades que controlamos desde nuestro conocimiento como seres humanos.

Por vez primera estamos delegando la planeación y la toma de decisiones en un artefacto que puede tener sesgos. Como ejemplo hipotético: un sistema de justicia que aprende de la ética de personas creyentes en la superioridad de las personas de piel blanca, muy probablemente llegue a la conclusión de que todos los que no sean blancos son culpables de la comisión de algún delito. Lo anterior debe llevarnos a enfatizar la ética y las relaciones sociales entre seres humanos y máquinas.

Consideremos también a humanos inducidos a gustos y a consumo. La IA tendría acceso a tanta información que bien podría inducirnos (manipularnos) a tener cierto comportamiento, y en esta materia la manipulación para comprar un producto o ver una película es lo de menos; pensemos, por ejemplo, en polémicas que han surgido en el ámbito electoral: ¿podría un sistema de inteligencia artificial "imponer" a los gobernantes mediante la inducción al voto en un determinado sentido?

A los 60 y *pico* de años de la IA, bien podemos decir que apenas está iniciando y aún hay aspectos que no se han considerado lo suficiente, como el impacto que podría tener en las nuevas generaciones, en las que los niños ven como algo normal mantener diálogos con las máquinas. Ya no hablaremos sólo de ese concepto de nativos digitales, sino de nativos en la IA. ¿Cuáles serán los efectos de esto en su desarrollo?

La IA ha dejado de ser ciencia ficción, está a nuestro alcance a través de sus productos masivos y comerciales, como *Siri, Cortana* y *Alexa*, "esclavas" que bajo el eufemismo de asistentes personales podrían realmente contener la idea de que los robots son nuestros esclavos. Además, el hecho de que estos asistentes lleven nombres de mujer nos debe invitar nuevamente a reflexionar sobre los sesgos que podría cargar el avance de la IA: una invitación más a la incorporación de la ética en su desarrollo.

Como ya se mencionó, en todo el mundo se discute cuáles son las relaciones éticas que debemos mantener con los dispositivos y sistemas inteligentes. El planteamiento de Baudrillard derivará hacia un determinismo cultural que llega a desligar la cultura de la realidad social, concluyendo que en la posmodernidad todo es signo; un mundo de simulacros que ha llegado a sustituir a la realidad misma. Esta reflexión nos aproxima a ver la cultura como la configuración y el cambio en las relaciones sociales, que anteponen factores de índole material que las posibilitan o incapacitan.

Por ello, es urgente propiciar desarrollos abiertos y que permitan la construcción de una agenda propia para el país en temas torales ligados a la inteligencia artificial, como lo han hecho en la Unión Europea o en particular en Francia: una agenda que nos permita incorporar las características propias de México y atender nuestras necesidades.

Al respecto, es necesario que la agenda trate temas que se pueden abordar en dos capas:

Capa de infraestructura

1. Un marco normativo para el tratamiento de grandes volúmenes de información de acuerdo a la nueva privacidad de las personas, que incluya a los "gestores de información personal" (gestores de identidad digital), nuevos mercados y la seguridad de datos personales. Esto siempre con la visión de que los datos son la materia prima en el desarrollo de la IA.
2. Adecuación de las infraestructuras de telecomunicaciones para manejar sistemas inteligentes en México. Por ejemplo, para la introducción de vehículos autónomos y sus requerimientos de conectividad.

Capa de servicios, es decir, la orientación prioritaria de la IA

1. Salud
2. Economía (modelos de economías regionales, tal vez a través de criptoeconomía)
3. Educación (diagnóstico e impulso a las nuevas profesiones que requieren el sector y el país)
4. Ambiente y su protección
5. Seguridad

De lo expuesto se puede concluir que la inteligencia artificial tomará caminos que no tendrán un cuño único a la imitación de nuestra visión e imagen antropocéntrica. Además, la medición de su capacidad, es decir su IQ, es intrascendente para nuestro país si no contamos con el diseño de una agenda nacional sobre inteligencia artificial, pues ésta se puede convertir en un recurso escaso y caro, sobre todo si no trazamos caminos que nos permitan interactuar en diversos planos para innovar en campos como las ciencias de la computación, educación, medio ambiente y telecomunicaciones como infraestructura, además de las reglas éticas en nuestra convivencia con sistemas inteligentes.

Javier Juárez Mojica

Javier Juárez Mojica es comisionado del Instituto Federal de Telecomunicaciones, desde octubre de 2016.

Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones por el ITESM; maestro en Tecnologías de Información y Administración por el ITAM. Cuenta también con la maestría con especialidad en Redes y Sistemas de Información para las Empresas, por parte de *l'École Nationale Supérieure de Télécommunications de Bretagne*, Francia.

Inició su carrera profesional en la Comisión Federal de Telecomunicaciones, en 1999, involucrándose en temas como la implementación de la portabilidad numérica, la elaboración del Plan Técnico Fundamental de Interconexión e Interoperabilidad, la medición de calidad de redes móviles y "El que llama paga nacional", entre otros.

Es miembro honorario de la *Commission Mondiale d'Ethique des Connaissances Scientifiques et des Technologies* (Comest) de la Unesco y actualmente forma parte del grupo *OECD AI Expert Group* (OEGAI) de la OCDE.

Erik Huesca Morales

erik@huesca.mx

Presidente de la Fundación para el Conocimiento y la Cultura Digital, y socio de ATM Consultores; expresidente y miembro de número de la Academia Mexicana de Informática; miembro del Consejo Consultivo de Datos Abiertos (Presidencia de la República), del Consejo Consultivo del Instituto Federal de Telecomunicaciones, del Comité Evaluador del Infotec y del *Distance Learning and Collaboration Group*.

Físico por la Facultad de Ciencias (UNAM), maestro por la fundación Rosenbluth y la Universidad de California (Berkeley) en inteligencia artificial, y doctor por la misma universidad.

Formó parte del grupo que introdujo Internet a México y el primer instructor de América Latina para Cisco. Ha sido asesor del Banco Mundial y de Semarnat; director de Planeación del Instituto Latinoamericano de la Comunicación Educativa, participando en proyectos como e-México, Red Escolar, Enciclomedia, Telesecundaria y HDT. Fue asesor en la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia (CUAED) de la UNAM, y director del Espacio Común de Educación Superior a Distancia, en donde desarrolló cuatro de las primeras licenciaturas en su género en Hispanoamérica.

Consultor en convergencia digital y en educación. Apoyó el desarrollo de la norma mexicana para la calidad de *software* (Moprosoft) y fue miembro del consejo mundial de Microsoft para las escuelas innovadoras.

Fue profesor de la maestría en Tecnologías de Información y Administración (ITAM), miembro del Consejo Consultivo del *Network Information Center* (NIC-México), y fundador y director ejecutivo de la *Internet Society,* capítulo mexicano.

Ha publicado múltiples artículos y libros y organizado diversos congresos, seminarios y coloquios.

Recibió, en 2015 y 2016, el reconocimiento del *Hispanic IT Executive Council* (HITEC), como uno de los 50 latinos influyentes en la industria.

Reflexiones acerca de la ciencia en la sociedad de México

Ángel Kuri

Una de las características históricas de la economía de nuestro país es que la dependencia científica y tecnológica ha determinado en buena medida su rumbo. La economía de México ha crecido de manera continua. A la fecha, nuestro país ocupa el décimo quinto lugar entre las 191 economías catalogadas por el Fondo Monetario Internacional, con un producto interno bruto (PIB) de 1 149 236 millones de dólares[1] (un poco menos de la mitad del PIB del Reino Unido).

Como se expone más adelante, existe una clara relación entre la riqueza de los países y su desarrollo científico y tecnológico. Y, dada la creciente interdependencia entre la informática y la economía, es altamente deseable institucionalizar las políticas que propenden al cultivo y desarrollo de la informática.

La tesis que pretende defenderse en este ensayo se puede resumir, simplemente, en el hecho de que para lograr que la informática en México alcance los niveles que impacten el crecimiento de la nación, es indispensable privilegiar el apoyo a las actividades científicas y tecnológicas. Particularmente aquellas que se refieren a la informática y actividades afines.

[1] Al año 2017.

La historia económica de México se ha caracterizado, desde la época colonial, por la extracción de recursos, la agricultura y un sector industrial relativamente subdesarrollado. La Nueva España era vista por la Corona española como un proveedor de riqueza para Iberia, en buena medida por las enormes reservas de plata. Interesantemente, la economía colonial podía suministrar alimentos y productos del agro, así como una industria textil; esto significaba que la economía era casi autosustentable.

La mayor parte de los patrones de riqueza de la época colonial continuaron hasta la primera mitad del siglo XIX. La agricultura seguía siendo la actividad principal. La Reforma a mediados del siglo XIX (*c* 1850-1861; 1867-1876) buscó disminuir el poder económico de la Iglesia y modernizar e industrializar la economía. Después de la Independencia y la intervención extranjera, la segunda mitad del siglo XIX fincó la estabilidad política y la prosperidad económica durante el régimen de Porfirio Díaz. México se abrió a la inversión extranjera y, en menor grado, a trabajadores foráneos. Con capital extranjero se construyó una red férrea. Una de las claves de transformación fue ligar las regiones de México y las principales ciudades y puertos. La industria minera revivió en el norte y la petrolera se desarrolló en el golfo con capital extranjero.

Después de la Revolución los regímenes mexicanos trataron de transformar el país para lograr que se convirtiera en una economía industrial. México se benefició de su participación en la Segunda Guerra Mundial y, en los años de posguerra, se logró el llamado "milagro mexicano" (*c* 1946-1970). Se descubrieron enormes reservas de petróleo en el golfo en la década de 1970. A raíz de la dependencia en el petróleo, México ha experimentado severas crisis.

Bajo el mandato de Carlos Salinas de Gortari, México se adhirió al Tratado de Libre Comercio (TLC) el 1 de enero de 1994. Se implementaron políticas neoliberales y se garantizaron (cambiando artículos significativos de la Constitución) los derechos de propiedad para evitar ulteriores nacionalizaciones.

Desafortunadamente, como se desprende de este brevísimo resumen histórico, la historia económica de nuestro país refleja un desapego endémico a los vehículos que podrían conducirnos a nuestra verdadera independencia: la posesión de nuestra ciencia y nuestra tecnología.

A lo largo de la historia, el impacto tecnológico en las sociedades ha sido una fuente determinante en la manera en que se han desarrollado. Es claro que aquellas que han querido y sabido incorporar los desarrollos científicos a través de la tecnología derivada de éstos a su quehacer han prosperado. Más aún, se han convertido en culturas hegemónicas que tomaron conciencia de que el bienestar de sus pueblos está directamente relacionado con su ciencia y su tecnología. Para ilustrar este hecho, consideremos que, en los años más recientes, las economías de los países del llamado G7[2] han establecido un "consor-

[2] Se denomina G7 a un grupo informal de países del mundo cuyo peso político, económico y militar es tenido como muy relevante a escala global. Está conformado por Alemania, Canadá, Estados Unidos, Francia, Italia, Japón y Reino Unido. Los países del G7 representan más del 64 % de la riqueza global (263 billones de USD).

cio" con el fin de, entre otras cosas, transitar ordenadamente por el océano de los cambios sociales y políticos. En la Figura 1 se ilustran las seis economías más grandes del mundo.

En la Figura 2 se ilustra la cantidad que los países del mundo destinan a la investigación y desarrollo como % de su producto nacional bruto (PNB). Se observa una clara correlación entre ambos temas. Parecería, pues, que evidentemente existe una clara relación entre el proceso de innovación científica y tecnológica y el bienestar económico de los pueblos del mundo. Y parece ser que siempre ha sido así.

La pregunta que quiero poner en la mesa es la siguiente: si, evidentemente, la aplicación de la ciencia y la tecnología nos brinda, demostradamente, una mejor forma de vivir, ¿por qué la hemos descuidado en nuestro país?

Con respecto a la conveniencia de apoyar de manera más certera el quehacer científico y tecnológico parece existir consenso. Pero esta necesidad ingente de privilegiar la autonomía basada en una verdadera ciencia emanada de la actividad interna ha tenido vaivenes.

Es fundamental que nuestra sociedad haga clara conciencia de la forma en la que dependemos de los desarrollos científicos y tecnológicos. En este sentido consigno solamente tres eventos, que apuntan a esa toma de conciencia.

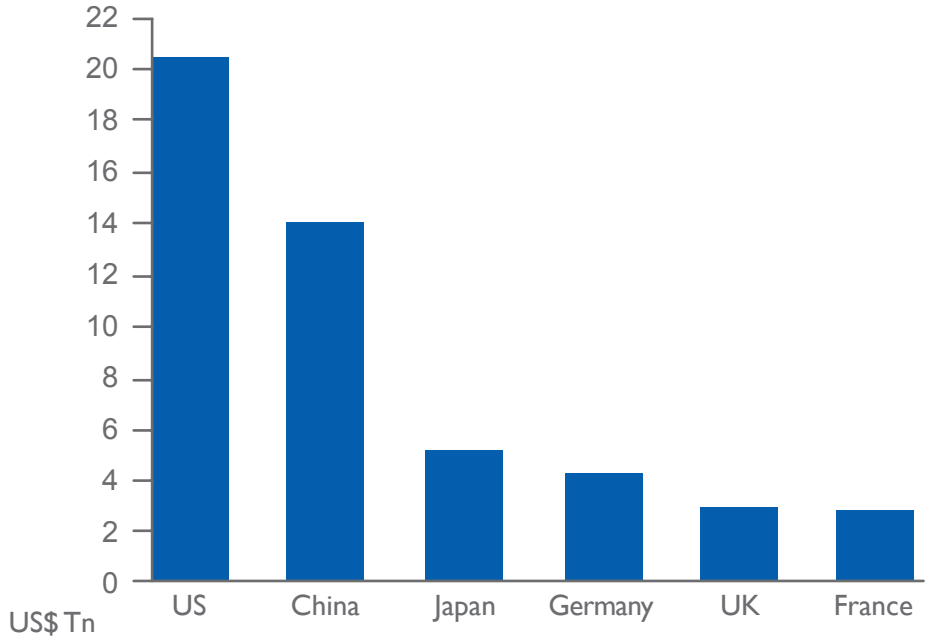


Figura 1. Las economías más grandes del mundo (2018) en billones (millones de millones) de USD (*Statistics Times*, 2018)

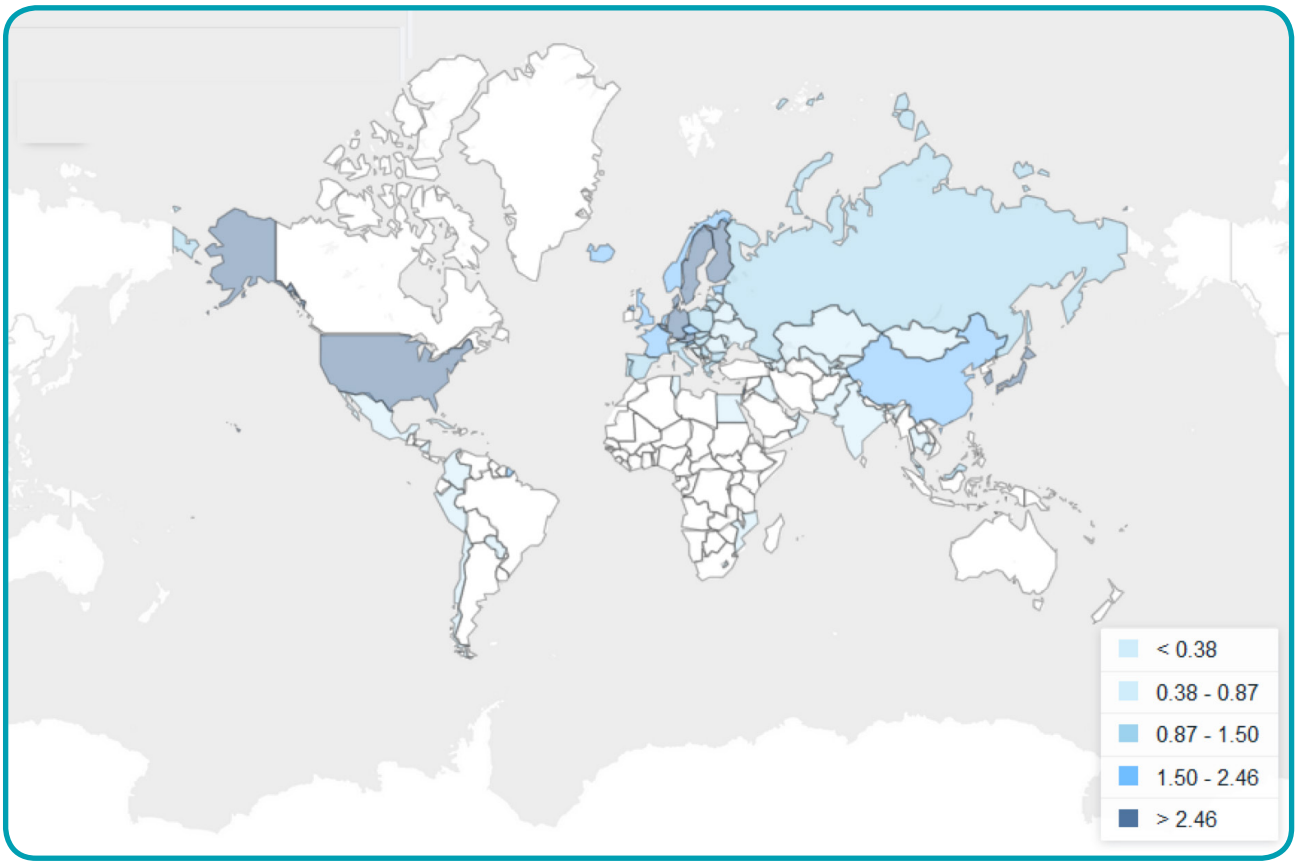


Figura 2. Gasto en investigación y desarrollo como % del PNB
(World Bank, 2018)

El presupuesto del Conacyt

A finales del año 2001 recibimos un correo electrónico de un colega, miembro de la Academia Mexicana de Ciencias. En él, se instaba a los miembros de la comunidad científica a manifestarnos en contra de la reducción presupuestal. La respuesta de la comunidad no se hizo esperar. En lo personal, enviamos el correo que a continuación transcribo.

Asunto: La Ciencia en México
De: angel kuri <akuri@itam.mx>
A: salvarezb@gp.pan.org.mx, cyt@senado.gob.mx

Senador Rodimiro Amaya Tellez
Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Senadores

Estimado Senador:

La situación presupuestal de nuestro país parece estar induciendo a recortes "necesarios" en muchas áreas. Esta misiva obedece a mi preocupación por la forma de establecer las prioridades en cuanto a qué y cómo debe restringirse el presupuesto. Es posible, pues, que los presupuestos asignados a la Ciencia y Tecnología sean importantemente afectados, negativamente.

Es indiscutible que existen necesidades sociales que, durante un largo tiempo, han sido soslayadas. Hay que darles prioridad. El quehacer que pretenda desentenderse de la problemática del ser humano carece de nobleza y cae en el verdadero riesgo de la banalidad. La ciencia sin conciencia social es egoísta.

Pero, en la cadena de causalidades, creo que tal ciencia (aquella sin conciencia) no existe. No puede existir. La ciencia trasciende a las opiniones y a las circunstancias coyunturales porque es la manifestación de la verdad en una metodología de acopio de los conocimientos. El hombre es el único ser que tiene la capacidad de comunicarse a través del tiempo con sus congéneres y, aún, con otros seres diferentes pero inteligentes. Lo puede hacer a través del conocimiento que plasma en los medios escritos, electrónicos y lo hará en otros aún por descubrirse.

En esta cadena de causalidades no hay que olvidar, desde un punto de vista nacionalista, que no ha existido, en la historia de la humanidad, ninguna cultura hegemónica que no haya sido dueña de su ciencia y su tecnología. Basta revisar los libros de historia: los antiguos Egipcios, los Mesopotamios, los Persas, los antiguos Griegos y Romanos; posteriormente, en el oscurantismo medieval europeo, los Arabes; más recientemente los Ingleses y los Estadounidenses. "La verdad os hará libres" es una cita, más que romántica, llena de un sentido práctico. Si México aspira a su libertad, en el sentido más amplio y gallardo, debe de poder acceder a sus propias verdades. Y éstas, inevitablemente, están ancladas en el quehacer científico y sus consecuencias tecnológicas.

Aquellos que ven en la ciencia una actividad ajena a los problemas nacionales están incurriendo en el mismo pecado en el que incurrieron, durante la revolución francesa, los miopes que dijeron "La República no necesita sabios", antes de hacer rodar la cabeza de Lavoisier. ¡No hagamos rodar la cabeza de la Ciencia!

Tradicionalmente, ha existido una pugna entre aquellos que, a primera vista, parecen manifestar un punto de vista pragmático (denegando la trascendencia de los logros científicos como una vía de impacto social) y aquellos que, con una visión de más largo plazo, manifiestan un punto de vista aparentemente (solo "aparentemente") más idealista. ¿Debemos, por falta de imaginación, por un derrotismo de acendradas raíces históricas, por falta de coraje y determinación, condenarnos y condenar a nuestros herederos al coloniaje intelectual? ¿Estamos condenados a vernos como una nación supeditada? ¿Es que solo lo extranjero es digno de encomio? No. Por supuesto que no. Pero si nuestros dirigentes no cobran conciencia del papel tan trascendente que juegan la ciencia y la tecnología en el proyecto de Nuestra Nación, así ocurrirá: nuestros descendientes seguirán pagando oro por cuentas; seguirán dependiendo de otros pueblos; seguirán ensalzando (y pseudo-adoptando) valores ajenos.

Hace no muchos años, se suscitó una discusión entre un senador de los Estados Unidos de América (el senador John Pastore) y el distinguido científico estadounidense Robert Wilson. El senador puso en entredicho el presupuesto solicitado para desarrollar una máquina para hacer investigación en el campo de la física nuclear, argumentando que este dispositivo no tendría impacto en la defensa de los E.U.

Cito:

"Pastore: ¿Existe algo conectado con las expectativas de esta máquina que, de alguna manera, involucre la seguridad de esta nación?

Wilson: No señor, no lo creo.

Pastore: ¿Nada en absoluto?

Wilson: Nada en absoluto.

Pastore: ¿No tiene nada que ver en ese sentido?

Wilson: Tiene que ver con el sentido humano que nos atribuyamos el uno al otro, la dignidad del hombre, al amor a la cultura... No tiene nada que ver directamente con la defensa de nuestra nación, excepto para hacer que valga la pena defenderla."

Señores congresistas: los encarezco a que permitan que siga valiendo la pena defender a este gran país, por nosotros y por los que nos sucederán.

Como respuesta al correo citado, recibí el siguiente:

Asunto: Comisión de Ciencia y Tecnología
Fecha: Mon, 10 Dec 2001 18:32:32 -0600
De: "Luis Cisneros" <lcismoro@hotmail.com>
A: akuri@itam.mx

P R E S E N T E

Con interés hemos recibido el oficio en el que nos manifiesta su preocupación e interés por la asignación de recursos para el buen cumplimiento del PECyT. Estamos conscientes de las diferentes inquietudes y necesidades referentes a la aprobación del Presupuesto de la Administración Pública Federal para el próximo año.

Quisiera hacer de su conocimiento que la labor que actualmente desarrollamos en esta Comisión, está impregnada de un alto compromiso legislativo y tenemos la firme intención de brindar al sector científico y tecnológico nuestra mejor respuesta en materia presupuestaria.

Aprovecho la oportunidad para reiterarle las seguridades de mi más alta consideración.

DIP. SILVIA ALVAREZ BRUNELIERE

PRESIDENTA DE LA COMISION

Al anterior correo siguió éste:

Asunto: presupuesto conacyt
Fecha: Fri, 01 Feb 2002 17:32:17 -0600
De: "Luis Cisneros" <lcismoro@hotmail.com>
Enero del 2002

DE MI MAYOR CONSIDERACIÓN:

Por este conducto me dirijo a usted para informarle que gracias a la participación respetuosa e inteligente de la comunidad científica y académica, quien (sic) a través de su comunicado logró incidir en el incremento del Presupuesto Nacional para ciencia y tecnología en el 2002.

Como Usted sabe, en el Pleno de la H. Cámara de Diputados se obtuvo la aprobación de un incremento de 1,000 millones de pesos para CONACyT, adicional al incremento propuesto por el Ejecutivo Federal.

A nombre de la Comisión de Ciencia y Tecnología que me honro en presidir, le agradezco su confianza y espero que este año 2002 sea prodigo en lograr las metas propuestas.

Aprovecho la ocasión para reiterarle mi más distinguida consideración

A T E N T A M E N T E,

DIP. SILVIA ALVAREZ BRUNELIERE
Presidenta
Comisión de Ciencia y Tecnología
H. Cámara de Diputados

Ante la Cámara de Diputados

En septiembre de 2008, la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Cámara de Diputados, a iniciativa del Dr. Jesús Flores Morfín, a la sazón diputado federal, y con la fundamental participación de Dr. Christian Lemaitre, celebró una sesión denominada "2008, año de la computación en México; 50 aniversario de la instalación de la primera computadora electrónica en México".

En ella se presentaron ponencias por parte de, entre otros distinguidos colegas, el Dr. Héctor García Molina ("Experiencias de un mexicano en el Valle del Silicio") y el Dr. Pablo Noriega ("Entre la cruda realidad y la torre de marfil"). Por nuestra parte, presentamos la ponencia "Hacia la verdadera independencia de México".

En la preparación de la ponencia investigamos dos documentos de países cuyas economías eran (y son) paradigmáticas.

I. Del reporte de presupuesto para el Reino Unido en 2008:

La investigación de nivel mundial en el Reino Unido (RU) es crucial para mantener la prosperidad económica y responder a los retos y oportunidades de la globalización. En la economía global del conocimiento del RU su ventaja competitiva reside en el ingenio y capacidad de nuestra población y requiere de una cultura innovadora y emprendedora para capitalizar en las oportunidades.

La ciencia juega una parte vital al dirigirse los retos claves tanto globales como domésticos, tales como el cambio climático, la energía, el envejecimiento, el cambio tecnológico y la seguridad. La base de investigación también entrega mejoras en el suministro de un mejor servicio público y contribuye a las mejoras en educación, salud y cultura. Los descubrimientos de la investigación nos afectan a cada uno de nosotros, cada día.

II. De la Iniciativa de Competitividad Americana (ICA) del presidente de Estados Unidos en 2008:

La investigación en ciencia forma los cimientos de las tecnologías innovadoras que mueven el crecimiento económico y mejoran la calidad de vida.

Un amplio portafolios de investigación básica –de los campos en el corazón de la ICA tales como física, química, matemáticas, ingeniería y ciencias de la computación hacia otros campos como las ciencias geológicas, biológicas, del comportamiento y sociales– energizarán la ciencia ampliamente y sostendrán la productividad de las labores de la ciencia y la ingeniería de la Nación (EU) y mantendrán a los Estados Unidos al frente del descubrimiento y la innovación del mundo.

Claramente, ambos líderes coincidían en la importancia del desarrollo científico y tecnológico en sus respectivos países. De la misma ponencia ("Hacia la verdadera independencia de México") extraemos las gráficas de las figuras 3, 4 y 5.

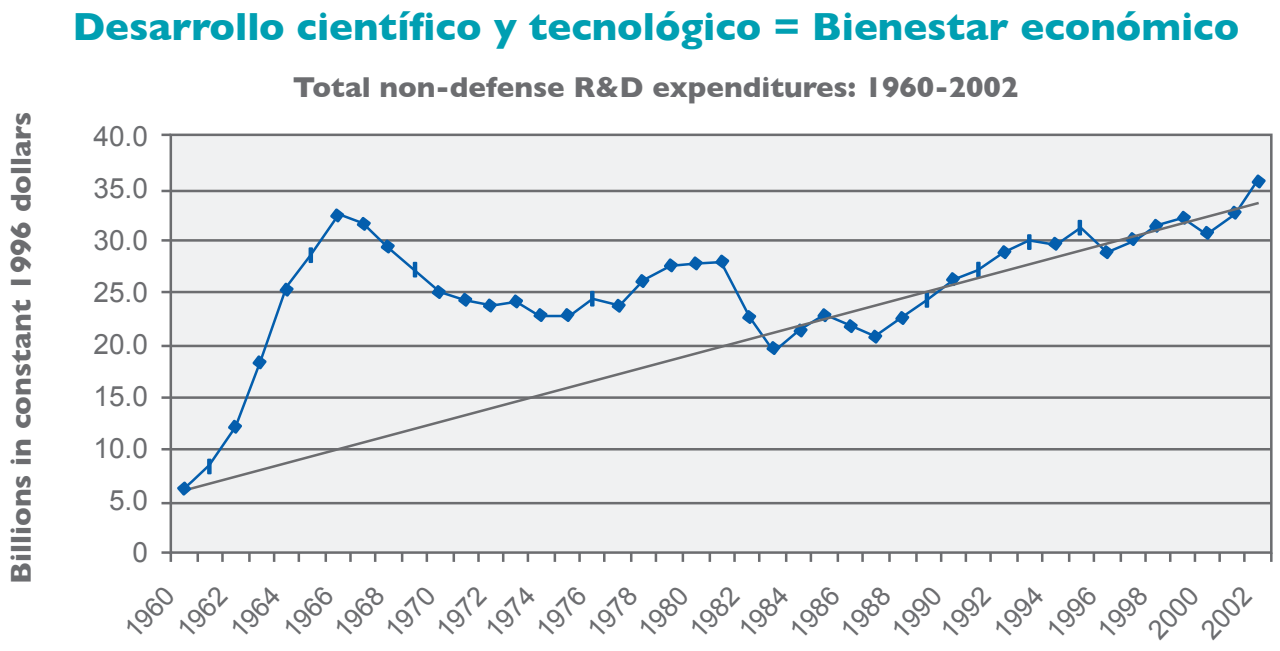
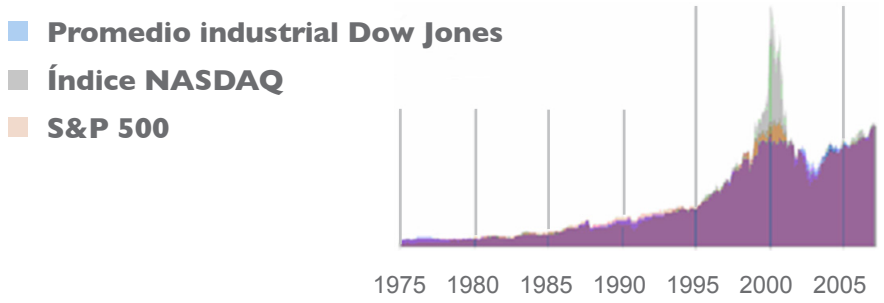


Figura 3. Inversiones no militares en los Estados Unidos entre 1960 y 2002 (Kuri, 2008)

Inversión en cómputo = Desarrollo científico y tecnológico



Esta gráfica muestra los tres principales indicadores del mercado de valores en los Estados Unidos desde 1975. Nótese el crecimiento meteórico del mercado en los años 90, seguido por el colapso de la burbuja de los **.COM** en 2000 sobre el tecnológicamente orientado índice NASDAQ.

Figura 4. Comportamiento del índice NASDAQ (1975-2005) (Kuri, 2008)

Inversión en Ciencia y Tecnología = Bienestar social

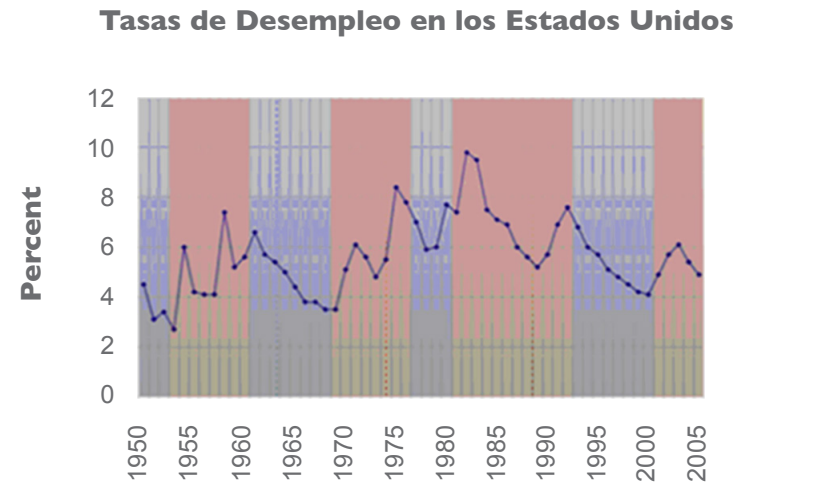


Figura 5. Inversión en ciencia y desempleo en Estados Unidos (1950-2005) (Kuri, 2008)

México Exponencial

En diciembre de 2017 la organización México Exponencial presentó el libro *México Exponencial, una nueva óptica para construir el futuro* en la Feria Internacional del Libro de Guadalajara.

La obra pretende poner en relieve el cambio que experimentará la humanidad en los próximos años debido al desarrollo de las tecnologías exponenciales, al tiempo que plantea cómo este fenómeno generará nuevas formas de aprender, experimentar y trabajar, por lo que es importante prepararnos para afrontarlas; de lo contrario, los costos a pagar serán de gran magnitud.

La presentación contó con la participación del Dr. Sergio M. Alcocer, fundador y presidente de México Exponencial; Karen Kovacs, consultora y consejera internacional en innovación educativa y cultura digital; Manuel Sandoval Ríos, director general de Knoware y socio director del Cluster Institute México; Gerardo Hiriart, director general fundador de Grupo ENAL México.

El Dr. Alcocer apuntó que "el desarrollo de habilidades y capacidades, el establecimiento de condiciones de mayor competitividad y conectividad, y el desarrollo y fomento de una cultura de la innovación son fundamentales para generar efectos de bienestar en el marco de los desarrollos exponenciales", para luego agregar que "en México Exponencial (Mx) sabemos que estamos frente a una oportunidad única para construir el país que deseamos, pues hoy en día es más fácil diseñar y construir el futuro, que tratar de predecirlo".

Fue reconfortante que nuestros legisladores compartieran las ideas plasmadas en los textos anteriores en el sentido de la importancia del desarrollo de la ciencia en México como un catalizador de nuestro bienestar. De la misma forma, fue interesante el foro que se abrió en la Cámara de Diputados en 2008. Y la iniciativa de México Exponencial es una muestra más de la toma de conciencia acerca de la importancia de la ciencia en México. Pero, a pesar de los buenos deseos expresados, las cosas no han cambiado mucho en México, como puede observarse en el texto que sigue.

El 28 de noviembre de 2017 se publicó en el portal de la Universidad Iberoamericana la siguiente nota del Dr. Alfredo Sandoval:

> De acuerdo a estadísticas publicadas por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), México dedica únicamente 0.5% de su Producto Interno Bruto (PIB) a las áreas de investigación y desarrollo. Esta proporción es idéntica a la reportada por esta organización para los países africanos de Tanzania, Uganda, Senegal y Botswana. Comparativamente, países como Israel, Corea del Sur, Japón, Dinamarca, Finlandia y Suecia orientan más de 3% de su PIB a este importante rubro. 3.2 de cada 100 dólares de riqueza en Finlandia se canalizan a investigación y desarrollo, mientras que en México sólo 50 centavos de dólar por cada 100 se destinan a estas importantes áreas.

El no proporcionar a la ciencia el lugar que merece en la sociedad se traduce en dependencia tecnológica, bajos salarios y altos niveles de pobreza. En México, un primer paso para superar esta situación es asegurar que se cumpla estrictamente la Ley de Ciencia y Tecnología vigente, la cual en su artículo 9 BIS establece que: "El monto anual que el Estado-Federación, entidades federativas y municipios-destinen a las actividades de investigación científica y desarrollo tecnológico, deberá ser tal que el gasto nacional en este rubro no podrá ser menor al 1% del producto interno bruto del país mediante los apoyos, mecanismos e instrumentos previstos en la presente ley".

Para que se cumpla con esta norma, debe duplicarse la proporción del PIB destinada a las áreas de investigación y desarrollo nacionales. La Ley de Ciencia y Tecnología fue publicada originalmente el 5 de julio de 2002 (ver más adelante) y 15 años más tarde su cumplimiento aún se encuentra como una asignatura pendiente en México.

Al examinarse con detalle los datos reportados por la UNESCO sobre investigación y desarrollo en México, es posible identificar al menos dos aspectos más que requieren atención urgente. El primero corresponde al número de investigadores que laboran en territorio nacional, el segundo a la participación de diferentes actores sociales para ofrecer recursos para investigación y desarrollo.

México cuenta actualmente con 241 investigadores nacionales (miembros del SNI) por cada millón de habitantes. De esta cifra, 67% son varones y 33% son mujeres. Adicionalmente, sólo 30% del gasto en investigación y desarrollo del país proviene del sector privado comercial, mientras que 38% proviene del gobierno y 26% de las universidades (el resto corresponde al sector privado sin fines de lucro).

Países relativamente desconocidos para nosotros (como Malasia) tienen un poco más de dos mil investigadores por cada millón de habitantes. En contraste con México, Malasia cuenta con 49% de mujeres realizando labores formales de investigación de alto nivel. La participación del sector privado comercial en investigación y desarrollo es de 45.9%, 45.8% corresponde a las universidades y únicamente el 8% está ubicado en el sector gubernamental.

Hace algunos años, el Dr. Leopoldo García-Colín Scherer, Premio Nacional de Ciencias 1988, señaló dos premisas básicas aplicadas exitosamente en países como Corea del Sur, Japón y Singapur para incentivar el desarrollo científico y tecnológico de un país:

a) La inversión pública y privada en educación y en el sistema de investigación y desarrollo es indispensable para la generación de los conocimientos requeridos para producir y exportar productos de alto valor agregado.
b) Una base de conocimientos amplia y actualizada en las llamadas ciencias duras es fundamental en la construcción de sociedades contemporáneas independientes y solidarias. Una inversión sostenida y sustentable en educación científica es requerida para la edificación de economías justas e intensivamente ligadas al saber.

La ausencia histórica de una cultura científica en nuestro país es un factor que ha sido capaz de alejar

> a la juventud del estudio de las ciencias naturales, al punto de crear una notoria carencia de recursos humanos dedicados a las áreas de investigación y desarrollo. Las cifras muestran que la indiferencia social hacia la ciencia en México aún prevalece. De no atenderse de forma apropiada este importante tema, será imposible garantizar la viabilidad de nuestra sociedad durante el resto del siglo XXI.

Creemos que una de las razones por las cuales se ha descuidado el quehacer científico en México, aparte del hecho de que nuestra sociedad ha dependido del extranjero (y su economía, paralelamente, ha sufrido las consecuencias de ese descuido), se debe a que no existe una clara conciencia de lo que cultivar la ciencia implica en nuestro día a día.

Termino este ensayo reproduciendo parcialmente un texto de mi autoría, que se publicó en la revista *Hola Mundo*, publicación de la División de Ingeniería del ITAM, en el 2013:

> Vivimos en una época de descubrimiento y cambio incesantes. Aunque seguimos tropezándonos (con mayor frecuencia de la que sería deseable) con la misma piedra, hay también evidencias claras de que, en la espiral del devenir humano, los ciclos nos llevan cada vez más arriba. Cada vez más lejos. Cada vez más cerca del bienestar. El de todos.
>
> Detrás de cada motivación hay un poco de predeterminación. Y, sin embargo, nuestra eterna esperanza es que seamos capaces de extraer, de alguna manera, la bondad del aparente yermo conductual que nos lega nuestra genética.
>
> El siglo 20 fue testigo, entre otras muchas cosas, del descubrimiento (y entendimiento) del código genético; de que el hombre haya aprendido a volar y, en el lapso de pocas décadas, haya convertido el vuelo incipiente de Kitty Hawk en la aventura selenita; que hayamos entendido que en cada grano de sal hay un enorme potencial de energía útil; que los mayas dejaron su historia escrita (lamentablemente destruida por la ignorancia de un conquistador ambicioso y pueril) pero también grabada en piedra cuyo significado ya fue desentrañado (y, por cierto, hoy sabemos que la cultura maya se apagó porque sus reyes se enredaron en una serie de guerras intestinas que los mermaron hasta que se agotó su voluntad de seguir andando); que el sol seguirá brillando durante muchos millones de años y que sepamos cuál será su destino final; que un viejo puede cambiar de corazón para seguir viviendo; que podamos calcular

los dígitos decimales del número π hasta los primeros 1013 de ellos; que hayamos ascendido, por primera vez, a la montaña más alta del mundo. Pero seguimos subiendo. Seguiremos.

En el siglo 21 (y apenas ha trascurrido el 20%) ya tenemos el fenómeno social de Facebook, y una plétora de tecnologías conducentes a las redes sociales, que parecen prometer una herramienta de independencia ante las potenciales acciones represivas de los autócratas. Curiosamente, este tipo de fenómenos se deben a que la tecnología ha avanzado a pasos agigantados. Los nacidos en el siglo 21 no alcanzan a comprender su entorno diario sin electricidad, computadoras, telecomunicaciones, teléfonos celulares, discos de video, Internet, música en la red, iPods, iPads y todas las otras "i-algo" que nos legó (fundamentalmente) Steve Jobs. Y las PCs, los satélites de comunicaciones, los automóviles híbridos, las fuentes de energía eólica y solar; las medicinas que curan el SIDA (o están en vías de hacerlo) y el cáncer y una multitud de enfermedades más que ya ni oímos porque se volvieron triviales; las vacunas que fabricamos para protegernos de enfermedades nuevas, como podemos recordar en el caso del AH1N1.

Parecen historias de ciencia ficción pero no lo son. No son ficción. Son ciencia. Son reales. Y nos ha tocado vivir los días en los que esa ciencia se ha hecho realidad. Pensar que sé lo que es un retrovirus me agrada; me hace optimista. Como lo hace que entendamos lo que es un transistor y conozcamos las ecuaciones de transporte que lo hacen operar. Porque si no las conociéramos no seríamos capaces de fabricar los circuitos de alta integración. (Los últimos procesadores albergan 624 millones de transistores. En unos centímetros cuadrados hay cerca de 5 transistores por cada habitante de la República Mexicana). Si no pudiéramos fabricar estos transistores no podríamos fabricar los procesadores que hacen que las granjas de servidores de Facebook permitan encarnar la red social. No podríamos fabricar el LHC (*Large Hadron Collider*). No podríamos entender los procesos que se observan cuando hacemos chocar haces de protones a una velocidad 3 metros por segundo menos que la velocidad de la luz. No podríamos saber que el universo está permeado por un campo que hace que la masa (la misma del F=ma de Newton) pueda explicarse. El fenómeno de intercambio de partículas virtuales de Yukawa no parece "natural". Pero sus consecuencias son medibles y explican la realidad observable con 6 dígitos de precisión.

Sería deseable que las nuevas generaciones tengan acceso a todo esto. Que, seguramente, podrán vivir la aventura más plenamente. Podrán coadyuvar a que otros seres humanos lo hagan de mejor manera. Tendrán acceso a las verdades que hoy nos parecen inasequibles. Lo sabemos porque la espiral a la que aludimos arriba siempre va en ascenso.

Una reflexión de sobriedad prudente es que hay que alertar a los sigloveintiunenses contra la tentación de la pereza. Aquella que consiste en perder la capacidad de asombro. Asombro de que a algunos no les importe que (hace menos de dos años) una computadora pudo "entender" el lenguaje de los humanos y convertirse en el Némesis de los campeones de "Jeopardy!"; de que no sepan que, tras de cientos de años, hace relativamente pocos años alguien pudo demostrar el teorema de Fermat; de que se haya demostrado que

las partículas más abundantes del universo NO son los protones y los electrones sino los neutrinos; de que cada segundo pasan a través de nuestros cuerpos miles de millones de ellos; de que hay un equipo de físicos (en este momento que leemos lo que escribo) que fabrican antimateria y la controlan para sus experimentos.

Podemos vislumbrar una humanidad cuyos integrantes sean capaces, si lo desean, de sentarse a tomar el sol, en algún lugar fresco, en alguna facilidad turística, tal vez, con una bebida refrescante al lado, comiendo algún pescado preparado con finas especias (quizá traídas de lejos esa misma mañana), sin problemas de salud, rodeados de sus seres más queridos, leyendo un libro probablemente escrito en otra época, en otro país. Que enciendan su iPod para escuchar una orquesta o cantante o grupo musical (grabado en algún lugar desconocido) en un sistema personal de alta fidelidad de manera que el sonido no afecte a aquellos que no compartan sus gustos. No parece que sea muy diferente de lo que hubiera deseado uno de nuestros antepasados (haciendo las concesiones de época y moda) en Olduvai.

Estas reflexiones, que pretendían ser motivacionales, desafortunadamente no cambian el hecho de que las autoridades rectoras del desarrollo científico en México, de manera sistemática, han soslayado su responsabilidad ante la sociedad y han disminuido, como ya se anotó, el porcentaje del PIB destinado a la I&D. Aun así, sirvan los últimos párrafos para plantear el optimismo que debe prevalecer.

El crecimiento de las tecnologías de la información deberá ser un reflejo de un cambio de actitud tanto del sector público como privado. Si este cambio se lograra, ciertamente, el futuro de la informática en México sería promisorio.

Todavía estamos a tiempo.

Referencias

Kuri, A. (2008, 3 de septiembre). *Hacia la verdadera independencia de México*. Presentación plenaria en la sesión *2008, año de la computación en México; 50 Aniversario de la instalación de la primera computadora electrónica en México*. Cámara de Diputados, Ciudad de México, México.

Kuri, A. (2013). Hacia el futuro. *Hola Mundo*, 3, 6-8. Ciudad de México: ITAM.

Sandoval, A. (2017, 28 de noviembre). México, estancado en porcentaje del PIB que destina a investigación y desarrollo. Consultado de http://www.ibero.mx/prensa/mexico-estancado-en-porcentaje-del-pib-que-destina-investigacion-y-desarrollo

Statistics Times. (2018). *List of Countries by Projected GDP*. Consultado de http://statisticstimes.com/economy/countries-by-projected-gdp.php

World Bank. (2018). *Research and Development Expenditure*. Consultado de https://data.worldbank.org/indicator/gb.xpd.rsdv.gd.zs?view=map

Ángel Kuri Morales

akuri@itam.mx

Ingeniero en Electrónica por la Universidad Anáhuac; maestría en Ciencias por la Universidad de Illinois y doctorado en Ciencias de la Computación por la *Kennedy-Western University*.

Es autor de nueve libros de texto nacionales e internacionales y de más de 150 artículos publicados en revistas y conferencias nacionales e internacionales. Ha recibido la medalla al mérito universitario (UNAM) en dos ocasiones. Ha dirigido y codirigido más de 35 tesis de maestría y doctorado. Sus trabajos se han citado en más de 30 países en los últimos 14 años.

Miembro del Sistema Nacional de Investigadores (1999-2016). Ganó un premio internacional por la mejor solución al problema del Dilema del Prisionero Iterado, en CEC2000.

Recibió el premio al mejor trabajo de investigación durante la 7.ª Conferencia Industrial en Minería de Datos, en Leipzig, Alemania; el premio al segundo lugar por el mejor trabajo en MICAI XII (de entre 278 trabajos de 45 naciones); el premio al primer lugar por su trabajo en MICAI XIII (de entre 345 trabajos de 50 naciones).

Ha sido presidente y conferencista invitado en más de 100 eventos nacionales e internacionales. Fue socio fundador de Micromex e Idet; subdirector de investigación aplicada del CIC, del IPN; presidente de la Sociedad Mexicana de Inteligencia Artificial (SMIA) y fundador de *Komputer Sapiens*.

Actualmente es profesor numerario en el Instituto Tecnológico Autónomo de México (ITAM).

Las computadoras y nuestro futuro

Guillermo Levine

Este libro de la Academia Mexicana de Informática trata sobre el futuro de nuestra disciplina en el país; sin embargo, aquí me gustaría tocar un tema "regresivo" y un tanto alejado de las usuales perspectivas de la computación y la informática como motores del desarrollo social e individual. Además, desafortunadamente el asunto a nadie le resultará extraño.

El triste y habitual espectáculo del grupo de familiares o amigos sentados a la mesa sin hablar, cada uno metido en su teléfono celular, podría servirnos como advertencia de lo que aquí mencionaré.

Hace poco, en uno de esos vuelos de corta duración en los que las fases de ascenso y descenso ocupan buena parte del trayecto, atrás de mi asiento un niño de unos cinco años comenzó a gritar en forma alarmante y desaforada porque le habían apagado la *tablet* con la que su mamá lo entretenía. ¡¡¡Quieeero mi *taaablet*!!! fue lo único que los agobiados pasajeros escuchamos durante inacabables y tortuosos minutos. Era tal el escándalo que uno sólo podía pensar en esos viciosos de la heroína que se ven en las películas. La angustia, desesperación y

dolor del niño-adicto, cautivo de una pantalla luminosa convertida en nodriza, me hizo pensar en el futuro de nuestras sociedades, tan dependientes ya de las magníficas tecnologías del cómputo.

Desgraciadamente, llamar *adicto* a ese niño no es ninguna exageración. Múltiples estudios clínicos han mostrado una actividad cerebral y bioquímica muy similar entre los efectos de las drogas opioides y el uso constante de las pantallas luminosas. En ambos casos hay continuos disparos de dopamina, un neurotransmisor que refuerza el comportamiento inmediato y el consiguiente deseo o necesidad de repetirlo.

¿Habrá alguien más autorizado para hablar de la microelectrónica y sus inesperados efectos, que un ex director de Intel, el principal fabricante de microprocesadores del mundo? Veamos este fragmento inicial del artículo "Nuestras herramientas nos están usando" (Davidow, 2012, en traducción mía):

> En mi época como ingeniero, yo encabezaba la división de microprocesadores en la corporación Intel. Luego me convertí en gestor de inversiones en búsqueda de compañías que fabricaban semiconductores, computadoras, sistemas de redes y servicios relativos a Internet. Me enfocaba en productos que ayudan a los negocios a ser más efectivos y pensaba poco en cómo esto podría afectar nuestra mente, nuestras interacciones sociales y nuestras formas de gobierno.
>
> Esa omisión ahora me llega de regreso cuando veo a la gente caminar por la calle con los ojos fijos en las pantallas de sus teléfonos móviles, con los oídos conectados a sus iPods, ajenos a su entorno y a la realidad misma. Ya no manejan sus herramientas; sus herramientas los manejan a ellos. Las herramientas hoy día hacen las reglas, y nosotros nos esforzamos por mantenerles el paso.
>
> He dedicado mi carrera al desarrollo y financiamiento de las compañías que producen estas herramientas tan poderosas. En general, yo pensaba que eran inocuas y creía que mi trabajo consistía en hacer las mejores herramientas para que otros pudieran usarlas para mejorar el mundo. Tan sólo en los últimos años me he dado cuenta y me han preocupado sus severos efectos secundarios, así que me he decidido a estudiarlos y a tratar de explicarlos lo mejor que pueda al mundo (p. 1).

Recordemos ahora cuando descubrimos que nuestro tío rico nos dejó como herencia las instrucciones para obtener un tesoro, pero resultó que estaban escritas en un *diskette* de 8 pulgadas de diámetro, de una sola cara, con capacidad de 315 KB, que empleaba una computadora marca Cromemco con procesador Z-80 de 8 bits y sistema operativo CP/M, codificadas además en el formato del procesador de palabras Electric Pen, todo esto del año 1976. La tristeza nos inunda al constatar que seguimos igual de pobres porque nos fue imposible leerlo.

Esta penosa trama apunta en una dirección que bien podría considerarse como inherente a las tecnologías computacionales y que, junto con algunas otras similares, constituyen la parte menos amable del tema de la tecnología que nos tiene a todos tan fascinados y que exploraremos a continuación.

Desde que las microcomputadoras dejaron de ser un juguete exótico para aventureros y especialistas (lo cual sucedió en 1981, con el lanzamiento de la

Personal Computer de IBM), esa industria ha adquirido proporciones gigantescas y un enorme grado de presencia global. Pero, además, convirtió ya a la computadora y a sus innumerables derivados (particularmente los dispositivos móviles) en una omnipresente mercancía de consumo masivo en todas partes del planeta, lo cual tiene una serie de implicaciones que convendría mínimamente comprender

Para nuestros propósitos, dividiremos el somero análisis en varios tópicos interconectados, que van desde lo inocente o anecdótico hasta lo verdaderamente preocupante en términos sociales, y eso que no entraremos en el espinoso asunto de las condiciones laborales y ecológicas de la fabricación (y maquila) de los microcomponentes, asunto en el que México juega un importante aunque devaluado papel.

Consumismo

Era claro que una invención como la computadora personal no iba a quedarse en los estrechos límites del mercado especializado, sino que estaba destinada a convertirse en un producto más de la sociedad de consumo, con todo lo que esto implica: "guerra" comercial y de mercadotecnia; sustitución de equipos útiles por nuevos y "mejorados"; abuso de la tecnología en situaciones que no la requieren; debilitación o sustitución de algunos valores individuales (lectura y conversación, entre otros); conversión de impulsos e iniciativas infantiles en meros actos pasivos; domesticación y sujeción a la alta tecnología de juegos y actividades creativas de los niños, con la consecuente disminución o pérdida de las capacidades de socialización, y muchos otros a los que todo habitante del mundo feliz está más o menos expuesto según sea su grado de lucidez personal.

Obsolescencia planeada

Esta es una característica obligadamente derivada de lo anterior; en efecto, si las poderosas fuerzas de la mercadotecnia empujan hacia la compra de nuevos equipos, sus particularidades técnicas lo vuelven casi necesario: la vida útil de los equipos de cómputo móvil y personal se mide en decenas de meses, no en años como podría suponerse o desearse. Nadie estaría satisfecho con adquirir una televisión o un horno de microondas que quedaran obsoletos al año y medio, o mucho menos un automóvil; el caso extremo de durabilidad doméstica lo representan los refrigeradores, que bien pueden operar una decena de años sin ningún problema real ni fingido, lo cual indica que sí es posible producir industrialmente aparatos de uso continuo con una larga vida útil.

Aunque no sea una política abierta por parte de las empresas diseñadoras, es evidente que la virtual garantía de que un cierto sistema (sobre todo de *software*) quedará obsoleto en muy poco tiempo no es producto de la casualidad, sino de refinados esquemas de mercadotecnia y ventas; de otra forma simplemente no puede explicarse racionalmente el que muchos sistemas no sean compatibles ni siquiera

con la siguiente edición del mismo producto unos pocos meses más adelante, forzando al atribulado dueño a adquirir "la nueva versión" para estar al día y aprovechar las innumerables ventajas de la moda tecnológica, todo lo cual nos lleva al siguiente tema.

"Inflación de *software*"

Para utilizar la computadora como máquina de escribir (u otra de las aplicaciones usuales) no debería ser requisito exigir miles de megabytes de memoria rápida y un procesador capaz de ejecutar incontables millones de instrucciones por segundo, pero no hay muchas opciones, porque el fenómeno del *software* llevado a proporciones gigantescas parece imparable. Similarmente, casi todos los sistemas de supuesta "productividad personal" tienen centenares de características y funciones que muy raramente —o nunca— se emplean, con el consiguiente desproporcionado aumento de tamaño y requerimientos de cómputo para operarlos.

Hace años, en una conferencia internacional, el vicepresidente de aplicaciones y contenido de Microsoft enunció la siguiente "ley": *El software es un gas. Se expande hasta llenar su contenedor*. La razón de esto, nuevamente, no reside en la tecnología, sino en motivos comerciales y financieros. ¿Quién se beneficia con el hecho de que para escribir un documento de dos páginas se requiera utilizar un equipo de cómputo decenas de miles de veces más poderoso que los que apenas hace pocos años controlaban naves espaciales? El usuario seguramente no, aunque acaso su poder de consumo pudiera influir en algo para frenar esta carrera absurda… aunque nada de lo observado cotidianamente pareciera sugerirlo.

Impacto en los planes de estudio

Precisamente como resultado de la masificación y el consumismo asociado con las computadoras es que en México también las ciencias de la computación han sufrido una desfavorable transformación hacia lo inmediato y lo espectacular (cosa que, además, parece ser el distintivo de la sociedad industrial actual).

El impacto de esas tendencias en los planes de estudio de las carreras universitarias de informática y computación en nuestro país ha sido francamente desalentador, pues generaciones completas de estudiantes y egresados "saben" que conocer acerca de la computación es equivalente a ser expertos en el manejo de la mayor cantidad posible de sistemas comerciales de aplicación, como si éstos fueran productos de la naturaleza y no el resultado de, justamente, las ciencias de la computación y las técnicas de programación e ingeniería de *software*.

Resulta grave ver cómo una buena cantidad de programas académicos de licenciaturas en informática y sus equivalentes prácticamente ignoran tanto las matemáticas como los aspectos teórico-conceptuales de las ciencias de la computación, para enfocarse en temas de análisis de sistemas y gestión de sistemas de información, pero sin los imprescindibles (y pesados) cursos previos de programación, estructuras de datos e ingeniería de *software*. Son pocos los planes de estudio, por ejemplo, que incluyen cursos de análisis de algoritmos o de *software* de base, o de matemáticas finitas, o de teoría de la computabilidad. Y es más grave aún oír a estudiantes decir que "ya no se necesita saber programar" porque ahora hay sistemas que generan código automáticamente, o conceptos erróneos similares, aparte del para nada despreciable hecho de que esos modelos fueron escritos por grupos completos de programadores expertos en otros países, a quienes nosotros compramos su conocimiento convertido en mercancías.

Conformismo cultural

Así como hace décadas la televisión creó lo que algunos sociólogos llaman el *homo videns* (un ser incapaz de concentrarse, renuente a la lectura, conforme con tan sólo ver la superficie de las situaciones y ávido consumidor de imágenes y conceptos predigeridos), también el Internet y los dispositivos móviles lograron un "aplanamiento" de los gustos, opiniones, expectativas y exigencias del gran público, pues somos constantemente bombardeados con un único esquema y modelo de funcionamiento, gobernado por unas pocas y poderosas empresas productoras que se han encargado de uniformar desde los estilos de creación y presentación de documentos hasta las aspiraciones y las formas de imaginar y ocupar el tiempo libre.

La diversidad ha desempeñado siempre un importante papel en la creación de la cultura y el conocimiento, y sería de esperarse que las nuevas técnicas de manejo de información la respetaran y alentaran, pero no parece ser así. Esto no se debe a la existencia de "conspiraciones" ni planes globales, sino básicamente a mecanismos de racionalización y optimización de ganancias que, entre otras cosas, dictan las gigantescas estrategias de la mercadotecnia y la penetración comercial.

Un asunto relacionado con todo esto lo constituye el mito de que el acceso inmediato a Internet y a su vasto caudal de datos es sinónimo de conocimiento e información; no perdamos de vista que no es lo mismo cantidad que calidad, y habremos de cui-

darnos de suponer que la presencia masiva de datos superficiales a la mano por sí sola reemplaza la necesidad de crear y mantener la cultura personal.

Y sin embargo, en algunos círculos incluso se habla abiertamente de la supuesta próxima "desaparición" del libro, porque es obsoleto y no progresa acorde con los rápidos desarrollos tecnológicos, pues es estático y carente de interactividad, color, sonido y animación, todos ellos imprescindibles elementos para mantener la fugaz atención del individuo dinámico en el dinámico mundo de las redes sociales.

El ataque a la cultura y temas como éstos son graves y nos conciernen a todos, y por ello resalto la necesidad de mencionarlos y ponerlos a la consideración del lector. En 1964 el filósofo marxista alemán, nacionalizado estadounidense, Herbert Marcuse (1898-1979) señalaba lo siguiente, que viene mucho al caso:

> En esta sociedad el aparato productivo tiende a hacerse totalitario en el grado en que determina no sólo las ocupaciones, aptitudes y actitudes socialmente necesarias, sino también las necesidades y aspiraciones individuales. De este modo borra la oposición entre la existencia privada y pública, entre las necesidades individuales y sociales. La tecnología sirve para instituir formas de control social y de cohesión social más efectivas y más agradables (Marcuse, 1965, p. 17).

La triste conclusión es que la normalización parece ser la regla imperante, e incluso es anhelada por (casi) todos, aunque ciertamente podríamos y deberíamos aspirar a algo mejor.

Fragilidad del acervo cultural

Analicemos ahora con más detenimiento el hipotético caso de la virtualmente imposible lectura de un documento electrónico creado hace no muchos años.

La portada de la revista *Scientific American* de enero de 1995 tenía la siguiente advertencia: Cuidado: *los documentos digitales están en peligro*, y analizaba la terrible fragilidad de las tecnologías de almacenamiento digital ante el paso del tiempo, tanto debido a la caducidad de los formatos y sistemas de *software* como a los drásticos cambios en los medios físicos donde se depositan. Exponía, por ejemplo, que "Los contenidos de la mayoría de los medios digitales se evaporan mucho antes que las palabras escritas en papel de alta calidad", y ponía como muestra los periodos esperados de vida —debido tanto a que el formato se vuelve obsoleto como a que el medio físico falle— de la información almacenada en cinta magnética (de 1 a 5 años), discos magnéticos (de 5 a 10 años) y discos ópticos (de 10 a 30 años), y la contrastaba con el papel (centenares de años).

Como por supuesto no se trata de proponer un regreso forzado a la era de los documentos en papel, la única alternativa viable es dedicar esfuerzos (cada vez más costosos tanto en tiempo como en dinero) a copiar periódicamente los acervos hacia las nuevas tecnologías, a la vez que presionar socialmente a los fabricantes para que la obsolescencia planeada no nos amenace a todos.

Si bien no es mucho lo que un individuo puede hacer para frenar las tendencias recién descritas, lo mínimo que debiéramos esperar es que no por obvias nos acostumbremos a considerarlas como necesarias o inevitables.

La vida cotidiana

Arriesgándome a sonar anticuado y "premoderno", invito a cuestionar nuestra creciente actitud despreocupada (o hasta podría decir sumisa) ante la irrupción de la paradójicamente cercana y bienvenida tecnología invasiva, pues muchas personas no conciben o toleran ya la existencia diaria sin el acompañamiento constante de un dispositivo móvil, que tantas veces reemplaza la comunicación directa interpersonal y aleja el imprescindible contacto con la conciencia reflexiva[1]

Recientemente han comenzado también a aparecer los primeros síntomas globales de la manipulación que algunos agentes nada espontáneos pueden causar en el ámbito político y público mediante las redes sociales, tanto en países desarrollados como en otros no tanto, pues se cuentan por cientos de millones las personas que creen todo lo que aparece en las pantallas luminosas y no se preocupan por ejercer el pensamiento crítico, componente imprescindible para el buen funcionamiento de las sociedades democráticas modernas.

Por otro lado, existen razones estructurales para explicar nuestro desconcierto y problemas de comportamiento como especie ante la muy reciente aparición de las computadoras, sobre todo desde que se volvieron tan portátiles que ya hay hasta quienes piensan incluirlas en la ropa o sueñan con lograr un grado tal de intimidad como para integrarlas dentro de nuestro cuerpo, ya no sólo en forma virtual sino física y carnal. Sin embargo, millones de años de evolución conformaron nuestro cerebro para atender básicamente una sola o pocas cosas a la vez, pues la supervivencia de los animales superiores y del hombre ancestral dependía de su capacidad de enfocarse en el entorno que los rodea, para defenderse de las acechanzas que encuentran a su paso mientras recolectan el alimento y atienden las urgentes necesidades cotidianas.

Abusando un tanto de los términos, puede decirse que el ancho de banda de nuestro cerebro es relativamente limitado respecto a asuntos puntuales y externos: el *multitasking* no se nos da con facilidad, como las crecientes estadísticas de accidentes viales por ir "texteando" lo demuestran[2] , y tampoco somos precisamente buenos para seguirle el paso a la avalancha de información y estímulos que nos bombardea día y noche, ni para reaccionar con enorme velocidad a las respuestas que incesantemente nos ofrecen o exigen los medios digitales, todo lo cual

[1] Éste es un asunto complejo y elaborado, con raíces mucho más hondas de lo que se puede analizar aquí. En Levine (2014) se examina a profundidad.

[2] La American Automobile Association (AAA, 2018) indica que la Administración Nacional de Seguridad del Tráfico en las Carreteras (NHTSA) de Estados Unidos reporta 3,500 muertes y 391,000 heridos al año causados por descuido de los conductores al volante, y un muy alto porcentaje de estos casos ocurre por usar los teléfonos celulares mientras manejan.

produce un desfase que ha adquirido ya proporciones epidémicas y se evidencia en una cada vez menor capacidad de atención continuada, dependencia de los dispositivos móviles, frustración por no obtener respuestas y satisfactores instantáneos, dificultades para dormir y, en general, una tendencia hacia conformarnos con lo superficial, lo inmediato y lo efímero.

Las computadoras en la infancia

Algo similar sucede con los niños en la actualidad, pero somos nosotros quienes lo causamos al acostumbrarlos (¡desde los pocos meses de edad!) a "distraerse" con pantallas luminosas, ignorando los reportados efectos nocivos en la calidad del sueño, el aprendizaje, la psicomotricidad y la coordinación de las habilidades visuales, para más adelante atarlos a los juegos de video y a los teléfonos inteligentes, como si además el resultante aislamiento de su entorno fuera sano para su desarrollo. Con los niños estamos creando algo similar a la actual catástrofe mundial de salud, causada por la nefasta costumbre de añadir sabores al agua que le damos a los infantes desde la más temprana edad. No es cierto que "los niños tienen paladar dulce": es que nosotros los acostumbramos al azúcar casi desde que nacen; luego no deberá sorprendernos cuando tanto ellos como nosotros lo exigimos.

El impacto de las computadoras en la etapa infantil ya es, a mi juicio, grave y alarmante. Hiperactividad aparte, por supuesto que tenemos mucho más que pensar y decir que un simple "pues claro que deben aprender a usarlas", porque antes convendría considerar sus necesidades, habilidades, expectativas y visión de mundo, y contrastarlas contra lo que se requiere para emplear una tableta o un teléfono celular, o ponderar también la inherente pobreza de las simulaciones de la vida y los deportes enfrente de una pantalla y sus sensores de movimiento. ¿En verdad confundimos la realidad con un disfraz y nos solazamos con ello?

Me pregunto si es adecuado enfrentar la rigidez conceptual y de manejo de las computadoras y sus programas (aunque sean a vibrantes colores) con la inherente dialéctica libertaria y audacia de pensamiento e imaginación de la personalidad infantil.

¿Qué será mejor para un niño: jugar a solas con un "teléfono inteligente" o salir a jugar con sus compañeros?

Aunque éste no es un libro de "futurología", sí resulta necesario deliberar acerca de las consecuencias de la —¿forzada?, ¿natural?, ¿temible?, ¿bienvenida?— cercanía entre las computadoras y nosotros.

La construcción de una respuesta

Nada de lo hasta aquí expuesto implica una condena, y más bien constituye una invitación para elaborar una postura personal al respecto y asumir las necesarias modificaciones en beneficio de la cordura y el equilibrio ante la enorme potencia del avance tecnológico, pues éste no debería conllevar la pérdida del alma, sino una rehumanización de los efectos de la ciencia, tanto individuales como sociales.

Ya desde el siglo antepasado, Marx había examinado la separación entre el sujeto y los objetos e instrumentos emanados de su trabajo (una de las consecuencias de la naciente explotación capitalista), y es ahora, en forma por demás inesperada, cuando su teoría filosófica de la alienación cobra una renovada importancia, si bien no tanto como resultado de las relaciones de poder entre clases sociales, sino como un desafortunado subproducto de la ciencia y la tecnología.

La máquina computadora no me reduce si yo mantengo mi posición como el amo, no el esclavo; si preservo y cultivo los valores del espíritu (por completo independientes de creencias y religiones, aclaro) y de la convivencia conmigo, con mis semejantes y con el entorno.

O sea, ¿realmente creemos que nuestros "amigos" del Facebook son amigos nuestros?

Referencias

AAA. (2018, may). Westways, pp. 59-61.

Davidow, W. H. (2012, July 31st). Virtual Reality Is Addictive and Unhealthy. Interactive technologies give us a quick fix, and that's not a good thing. *IEEE Spectrum,* pp. 51-56.

Levine, G. (2014). *Ser uno mismo: Filosofía del trabajo interior.* México: Trillas.

Marcuse, H. (1965). *El hombre unidimensional.* México: Joaquín Mortiz.

Guillermo Levine Gutiérrez

glevineg@gmail.com

Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica (Universidad de Guadalajara, 1975) y maestro en Ciencias de la Computación (IIMAS-UNAM, 1977). Ha sido profesor en la Facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de Guadalajara, y profesor-investigador en la UAM-Iztapalapa y en la UNAM. En la actualidad, es consultor independiente en sistemas de información y en diseño de políticas públicas.

En 1992 fundó la Facultad de Informática y Computación de la Universidad de Guadalajara, de la cual fue director durante los cuatro años iniciales. Es autor de cinco libros universitarios de texto en computación, publicados por McGraw-Hill Interamericana y por Pearson Educación, y en 2014 publicó el libro Ser uno mismo: Filosofía del trabajo interior, en la editorial Trillas. Fue coeditor del libro *Reflexiones de la Academia Mexicana de Informática a los 40 años de su fundación,* publicado en 2016.

También ha realizado labores de planeación, control y desarrollo de tecnología computacional en la iniciativa privada, y fue director del Instituto de Información Territorial del Estado de Jalisco, así como asesor en diversas oficinas de la Rectoría de la Universidad de Guadalajara y en el gobierno del Distrito Federal, en labores de gestión y coordinación de información, estudios técnicos y proyectos de políticas públicas.

IDentificación del futuro

Humberto López Gallegos

Antecedentes de la biometría

Actualmente damos por hecho que la innovación tecnológica debe estar presente en cualquier industria para mantenernos competitivos e idealmente mejores que nuestra competencia; lo que no siempre se tiene presente es que los competidores también pueden tener acceso a dicha tecnología dada su alta disponibilidad.

Una de estas tecnologías es el reconocimiento biométrico, que permite identificar de manera automática a las personas a través de características físicas, como la huella digital, el rostro o el iris, entre otras (ver Figura 1). A partir del año 2000, la biometría ha tenido un crecimiento sostenido y se ha diversificado su uso en el mundo y en nuestro país.

Históricamente hemos asociado el **reconocimiento biométrico** a la seguridad como el control de acceso a áreas restringidas, migración, seguridad nacional, o con el sistema judicial o penal.

Sin embargo, la accesibilidad de esta tecnología ha permitido que alcance numerosos sectores como la banca, afores, salud, educación, *retail,* construcción, manufactura, cadenas y franquicias, etc., y a todo tamaño de empresas, incluidas las pyme. Hablamos de un mercado de alrededor de $4.5 mil millones de dólares para Norteamérica para 2018, y del que se espera globalmente llegar a $40 mil millones de dólares en 2022 (Markets and Markets, 2018).

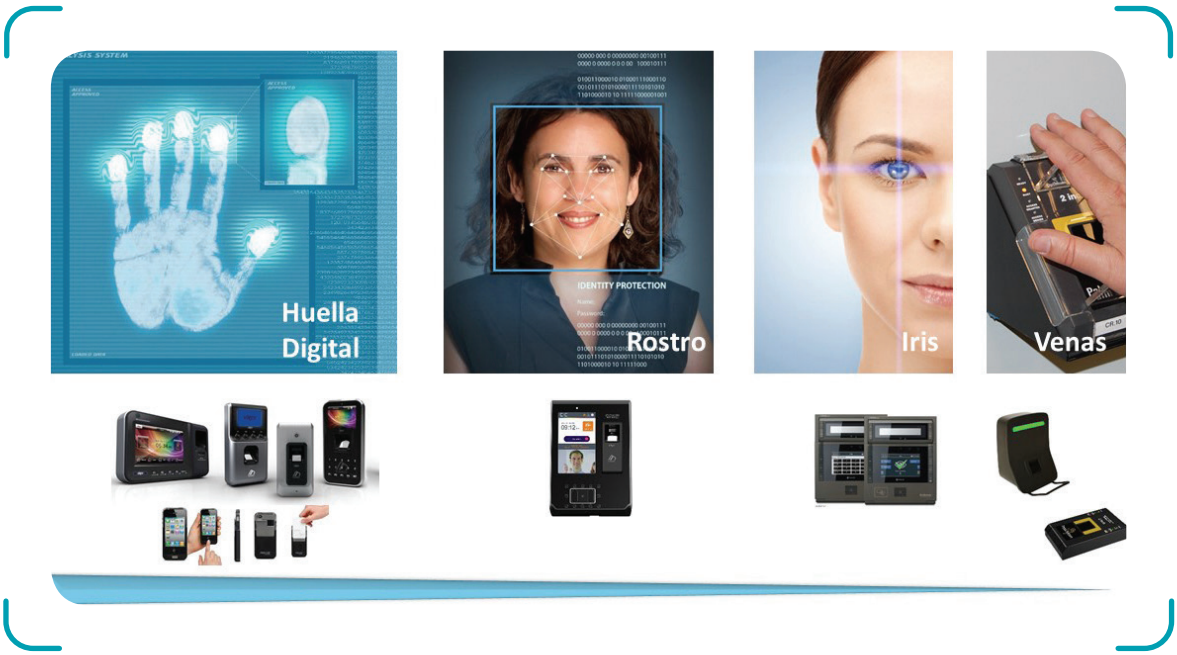


Figura 1. Biométricos más utilizados

Integración de la IDentificación biométrica en las organizaciones

Independientemente de innovaciones y tecnologías "avanzadas" como la biometría, hoy la **experiencia del usuario** y el impacto que causa cada contacto con el cliente, proveedores y empleados detona un efecto inmensamente mayor en la

percepción, **que una marca en él**. Dicha experiencia puede generar lealtad hacia la marca, comentarios positivos, e incluso *fans* del producto o servicio que la organización ofrece.

Poder operar el reconocimiento biométrico es relativamente sencillo de manera aislada, pero al hablar de un proyecto no deben menospreciarse elementos como la forma en que se licencia el *software* de desarrollo o los servicios de identidad: las regalías; la periodicidad de actualización de versiones; los formatos de *templates* de biométricos e interoperabilidad; si se incluye detección de huella o rostro falso; la compatibilidad "hacia atrás" de nuevas generaciones de productos; si la fábrica tiene capacidad de producción para los volúmenes que se esperan, y qué tan dinámica o no es la generación de nuevos modelos o versiones de biométricos, entre otras cosas.

Una vez superado este tema inicial, el reto de fondo es integrar una tecnología como éstas al día a día de una organización, formando parte del proceso de atención al cliente, e interoperando efectivamente con sus plataformas y procesos de negocio.

Figura 2. Convergencia de tecnologías.
Tomada de https://www.fotosearch.com/CSP353/k18303840/

Tener éxito, construir y mantener "**la mejor experiencia del cliente posible**" no se puede "comprar en el mercado" (como la tecnología), y por tanto es mucho más difícil de copiar y de replicar por la competencia.

Hay una diferencia abismal entre comprar un conjunto de biométricos para controlar las entradas y salidas o la identificación de una persona, y realmente invertir en una estrategia de identidad que permita integrar estas mejoras en procesos automatizados.

Además de esto, la convergencia de tecnologías como *Cloud*, movilidad, multibiometría y aplicativos, hacen más complejo el problema de elegir un conjunto de tecnologías biométricas que logren escalar para poder interoperar en todos estos espacios.

Como podemos ver, la tecnología es un elemento importante, pero hay aspectos secundarios que pueden toman mayor peso en la decisión del cliente, pues son éstos los que permitirán llevar a cabo de manera integral las iniciativas que la involucran.

Hacia adelante

Afortunadamente día a día podemos ver proyectos representativos en distintas áreas en el mundo:

- Iniciativas como el World Identity Network[1] hoy, que con el uso de la biometría, entre otras tecnologías como *Blockchain*, buscan resolver el reto de alrededor de dos mil millones de personas en el mundo que no pueden probar su identificación.
- La banca en Brasil tiene más de 80 millones de personas enroladas para ATM (*Automated Teller Machines*), minimizando el fraude y malos manejos de manera notable, llevándolos casi a cero por suplantación de identidad, mientras que en Japón el reconocimiento de venas es de uso masivo en este sector.
- Aeropuertos en Canadá, Dubai o Corea, entre muchos otros, ya utilizan biometría como estándar para su seguridad (además del control biométrico de los turistas). De hecho, uno de los elementos que se han mencionado como importantes en esta industria del turismo y viajes por el WTTC (World Trade and Travel Council), es que la biometría puede ser un elemento clave que aporte la seguridad y conveniencia necesarias para seguir promoviendo esta industria en el mundo.
- Muchos otros ejemplos existen en México también en el sector salud, educación a distancia, migración y afores, por mencionar algunos, donde se está también avanzando rápidamente.

- Destacan por su impacto en la sociedad y relevancia dos de estos ejemplos: el de las afores y el de educación.
- El proyecto de las afores hace casi seis años se empezó a diseñar y contemplar de manera formal la introducción de la identidad biométrica para integrar en los procesos de alta y actualización de datos; un elemento de seguridad que incrementara el nivel de seguridad en el

[1] Blockchain for Humanity: Mariana Dahan, Turning Invisible Children into Invincible Ones https://win.systems/home

manejo del ahorro de los empleados del país: la visión fue registrar biométricamente en el tiempo a 53 millones de personas. Difícilmente hay un proyecto libre de áreas de oportunidad y problemas inesperados, sin embargo, fue un proyecto que ha logrado caminar integrando a todos los actores del ecosistema, que se sumaron a esta iniciativa (CONSAR, Procesar, afores, y naturalmente los ahorradores, entre otros). Sin embargo, fue un proceso cuidado, que avanzaría a partir de los contactos que los ahorradores tenían con las afores, de manera orgánica. Hoy se llevan más de 10 millones de registros, haciéndolo ya una de las bases biométricas privadas activas más importantes del país. Esto haría viable también en algún momento ofrecer el servicio de identidad a terceros para eficientar procesos y seguridad, así como fomentar el ahorro voluntario como hoy ya se está también haciendo.

- En el campo educativo, la biometría también ha encontrado usos importantes en México desde hace más de 13 años, de manera ya más ordenada e importante. La Universidad Veracruzana fue de las primeras que tomó la iniciativa de automatizar el control de profesores y administrativos en todos sus campus, en una época en donde todavía se tenían esfuerzos aislados, al igual que la Universidad ICEL. Durante esos años, en paralelo el Instituto Politécnico Nacional inició inversiones para proteger la forma en que los profesores ingresaban calificaciones para incrementar el nivel de seguridad de las cuentas e información. A partir del 2010, numerosas instituciones públicas y privadas de todos los niveles académicos empezaron a invertir no sólo en Control de Asistencia y Puntualidad, sino en Seguridad. Algunas incluso integraron en sus procesos biométricos portátiles construidos a la medida hace más de ocho años (escuela Mahatma Gandhi), para identificar a los padres/tutores responsables para pasar por niños de maternal sólo con su identificación biométrica previa.
- Finalmente en la UNAM, además de los usos tradicionales mencionados anteriormente, inició hace más de seis años el enrolamiento biométrico de alumnos en facultad, para incrementar los niveles de seguridad en el proceso de admisiones y exámenes para reducir la probabilidad de suplantación de identidad, y naturalmente poder ofrecer servicios a partir de esta información. El proceso evolucionó para que actualmente ya desde las preparatorias se esté formalmente enrolando a los alumnos y generando un acervo importantísimo de información que coadyuvará a integrar un padrón seguro, y que facilitará muchos procesos en la Universidad relacionados con la identificación de los alumnos a lo largo de su vida académica.

¿Qué podemos esperar entonces en el tema de identificación de personas conforme inicia poco a poco ya un proceso de masificación no sólo en México o Latinoamérica sino en el mundo?

Además del aspecto tecnológico y de las implicaciones de su integración a las organizaciones, entrarán en juego los temas de **estándares**, **seguridad**, **privacidad de datos y ética** en los negocios ante el crecimiento acelerado del porcentaje de operaciones financieras electrónicas (nueva regulación Fintech), aspectos legales, de información confidencial, etc., que día a día vemos.

Ante la reciente atención a temas de privacidad y datos personales con los que lidiamos a diario, indudablemente se deberá ser cuidadoso respecto a con quién y con qué plataformas compartimos nuestros datos personales, incluidos los biométricos. Pero no se deberían desestimar los datos que hoy también son del dominio público e igualmente riesgosos, como los patrones de gustos, tendencias de consulta o consumo, fotografías personales, comentarios y publicaciones en redes sociales, y de organizaciones privadas y públicas que pueden igualmente permitir o simular la identificación de una persona con casi la misma certeza que un dato biométrico vía Blockchain.

Los siguientes años traerán un cambio importante en el área de la biometría. El Mobile World Congress en Barcelona de este año dio una muestra de lo que marca la dirección de las inversiones de los fabricantes de tecnología más importantes del mundo: el área de movilidad y comunicaciones.

Aunque se habían visto algunas iniciativas de identificación biométrica móvil, su precio y funcionalidad, junto con la interoperabilidad, variedad de modelos y parcialmente las comunicaciones, impedían un uso extensivo asociado a la identificación biométrica.

La nueva gran plataforma de aplicaciones, dispositivos, geolocalización y comunicaciones con alcance global en la palma de la mano de cada persona de prácticamente cualquier nivel social nos da una idea del reto y oportunidades que los siguientes años nos plantean como industria.

La facilidad para realizar transacciones vía dispositivos móviles en cualquier momento es evidente. El siguiente paso es **certificar la identidad** de quien entra en este mundo y quiere realizar una operación que debe ser validada para otorgar un bien, derecho o servicio, y no sólo hablando de **operaciones financieras**, sino también de pruebas de vida, verificación de identidad de **pacientes**, o una de las macrotendencias de **educación a distancia**, donde certificar que la persona que obtuvo cierto grado educativo es imposible sin el uso de biometría o sin dejar de ser presencial. Se incrementará el número de centros autorizados de verificación biométrica que no sólo dependan de instituciones públicas, y que permitan mayor facilidad y disponibilidad de información para la confirmación de transacciones electrónicas seguras.

El aprovechamiento de componentes de los mismos equipos móviles (como la cámara), algoritmos y *software* permiten tener soluciones robustas con verificación de huella digital y detección de huella falsa o, en otros casos, equipos que integran *Bluetooth*, batería y GPS desde cualquier parte del mundo en la palma de la mano de cualquier persona.

Aunque hay nichos donde ciertas tecnologías alternativas de voz o rostro que no requerían *hardware* adicional podían resolver estos problemas, tienen

inconvenientes según el contexto de luz, movimiento o ruido. Sin embargo, también continúan avanzando y perfeccionándose.

Hoy los diferenciadores tienen ya mucho mayor peso en las plataformas y cómo se integran a ellas los servicios de identidad, para lograr incrementos en los niveles de **conveniencia y seguridad de los usuarios**.

Estamos listos para la explosión que vendrá en los siguientes años en el uso de biométricos en dispositivos tradicionales y móviles, y como Academia será muy importante desde hoy contribuir a que la buena planeación y preparación de cada iniciativa pública y privada, pueda sostenerse en buenas prácticas que también consideren los aspectos legales, para fortalecer y proteger los derechos de las personas. Estos elementos aportarán competitividad y diferenciación al país, así como aplicaciones innovadoras que nos den notabilidad en el mundo debido a los casos de éxito que continuemos sembrando desde hoy.

Referencias

Markets and Markets. (2018). Biometrics System Market worth $41.80 billion by 2023. IL, Estados Unidos. Consultado de https://www.marketsandmarkets.com/PressReleases/biometric-technologies.asp

Humberto López Gallegos

hlopez@ingressio.com

Ingeniero en Computación del ITAM. Maestría en Tecnología por la Universidad de Londres y diplomado en Alta Dirección del IPADE.

Tiene más de 25 años de experiencia en tecnologías de información y más de 18 en biometría. Ha sido profesor de la maestría en Tecnología de la UNAM. Es presidente de la Asociación Mexicana de Biometría e Identidad (AMBI) y miembro numerario de la Academia Mexicana de Informática (AMIAC).

Miembro del Consejo Consultivo del Centro ITAM de Creatividad, Innovación y Emprendimiento (EPIC Lab). Fue representante de *Ingressio*, en IBIA (*International Biometric and Identification Association*), empresa de la que es director general.

Ha recibido el Premio Intel por un México Competitivo (Fundación México-Estados Unidos para la Ciencia), Mérito Tecnológico (Conacyt), como "Proyecto emprendedor del año" (revista *Expansión*) y Premio al Mérito Profesional en el Sector Privado (ITAM).

La tecnología desarrollada ha sido apoyada por los programas "Avance Última Milla", "Emprendedores Conacyt-Nafin", de capital de riesgo, "Prosoft", del Fondo de Innovación Tecnológica de la Secretaría de Economía-Conacyt y recientemente del Inadem.

Ha participado en eventos como "Del Laboratorio al Mercado: Facilitando la Innovación y la Propiedad Intelectual en México" (embajada de Estados Unidos en México), el Summit de Capital privado de la Amexcap, "Uso de Medios Biométricos y Expediente Único" (Consar y Amafore), entre otros.

SHIP (Sistema Heurístico para Inversiones Patrimoniales): un ayudante inteligente e independiente para gestión de portafolios de inversión

David Mejía Rodríguez

Antecedentes

De acuerdo con el marco normativo y regulatorio vigente en México para inversiones bursátiles y fondos de inversión, se requiere contar con certificaciones y autorizaciones de los organismos de control y supervisión del Gobierno Federal para poder operar en los mercados financieros.

Las instituciones bancarias, casas de bolsa y operadoras de fondos de inversión son las únicas autorizadas para realizar transacciones válidas a nombre de las personas tanto físicas como morales.

Sirvan estas dos premisas para entender cómo un inversionista individual o un grupo de inversio-

nistas se enfrenta a una dependencia obligada de unos cuantos jugadores aceptados por las instituciones y organismos.

Entender el funcionamiento del manejo de un portafolio de inversión patrimonial o comercial, aunque pareciera simple, no lo es. Decidir acerca de los porcentajes que se está dispuesto a manejar con algún tipo de riesgo de inversión (buscando obtener mejores rendimientos) requiere de conocimiento del mercado, las empresas que cotizan en la Bolsa de valores y las noticias de hechos relevantes que puedan impactar precios, además de distintas variables que hacen complejo intentar de manera aislada cómo invertir adecuadamente.

Los operadores autorizados determinan con base en su experiencia intereses particulares, análisis de riesgos específicos y cómo elaborar un portafolio de inversión para cada cliente, considerando esto un servicio y obteniendo un pago por administrar y garantizar un valor ofrecido como parte de un contrato comercial.

Para una mayoría de inversionistas este modelo es cómodo y les resuelve no tener que preocuparse ellos por ninguna gestión o molestia por la operación; sin embargo, hay otro grupo de inversionistas que consideran que los modelos establecidos por estas empresas no tienen la mejor composición de instrumentos de inversión, y en muchos casos pierden el servicio personalizado al atender decenas y a veces cientos de inversionistas por un solo individuo que deberá gestionar y hacer crecer esa inversión. El resultado es que lo que pareciera una ventaja se convierte en un ejercicio con resultados mediocres y de poco valor agregado.

Para mitigar esto y ofrecer una personalización de los servicios, se creó la figura del asesor independiente de inversiones patrimoniales.

El asesor podrá atender de manera personal cada portafolio de cada cliente mediante un mandato (contrato comercial) que le permitirá operar en nombre de su cliente en los distintos mercados, según los intermediarios financieros autorizados. Pareciera un asunto simple, y lo es, siempre y cuando se cuente con las habilidades, conocimientos y herramientas para lograrlo. En algunos casos y por así convenirle el cliente, podrá operar directamente (en el entendido que tendrá las habilidades, conocimientos y herramientas a su alcance).

Un poco de historia

En 60 años de la computación en México, el avance, la inclusión, el uso y aprovechamiento de esta tecnología nos ha permitido ofrecer servicios individualizados como el que estamos presentando. Sólo tratemos de imaginar cómo hace 25, 30 años o más este tipo de servicios eran inviables además de muy costosos. Baste mencionar algunos de los desarrollos que hoy nos permiten acercarnos con facilidad y comodidad a sistemas y procesos con grandes impactos sociales y culturales: Internet, cómputo móvil, servicios de cómputo en la *nube,* Internet de las cosas, inteligencia artificial, inteligencia y análisis de grandes volúmenes de datos, por mencionar algunos de los más conocidos comercialmente.

¿Qué se necesitaba en otros momentos? Hojas de cálculo, manejadores de archivos, transmisión de datos o lo que se tuviera a la mano. La notable evolución en las técnicas, métodos, lenguajes, telecomunicaciones y herramientas de apoyo son la línea base para idear, construir e implantar soluciones modernas.

Sólo como ejemplo: hacia mediados de los años 90 del siglo pasado, alguien dispuesto a gestionar de manera individual un portafolio de inversión hubiera necesitado un presupuesto sólo para infraestructura requerida. En un caso de negocio bien realizado, le tomaría 2-3 años para alcanzar el punto de equilibrio, además de requerir un equipo de expertos en lenguajes de programación, bases de datos y otros artefactos para operar un sistema computarizado. Pero todavía más complicado: expertos en negocios bursátiles, de inversión y analistas de información y riesgos.

En menos de 25 años, tenemos elementos suficientes para presentar una solución a la demanda de profesionales independientes dispuestos a gestionar portafolios de inversión e incluso ofrecer servicios a terceros. Todo esto gracias a las herramientas tecnológicas disponibles.

SHIP

Diseño y arquitectura

Las experiencias adquiridas durante más de 30 años de buscar, desarrollar, integrar o comprar soluciones, para de alguna forma conseguir obtener resultados satisfactorios en la operación de los distintos productos en los mercados financieros, nos ayudó a reflexionar en establecer un modelo arquitectónico para un sistema hecho a la medida de las necesidades únicas para asesores independientes.

En el mercado de soluciones y paquetes de *software* no encontramos algo que nos permitiera gestionar de forma flexible y práctica este tipo de operaciones, con adicionalmente un sustento de conocimientos propios que establecieran una línea base para poder modelar y evolucionar el modelo y las estrategias de inversión requeridas.

Tratamos de entender el concepto de la heurística como un elemento de descubrimiento, considerando que la base de la heurística está en la experiencia de resolver problemas y en ver cómo otros lo hacen.

Trabajando de cerca con una muestra de operadores, valuadores, gestores y promotores del mundo de las inversiones bursátiles (un total cercano a 20 profesionistas, con experiencias acumuladas de 20 años en promedio), pudimos observar conceptos comunes y artefactos clave para definir un primer diseño arquitectónico.

Dos condiciones se mantuvieron siempre presentes durante todo el diseño: flexibilidad de operación y pragmatismo en los esquemas de contabilidad y responsabilidad.

Para ubicar la arquitectura, consideramos cuatro piezas fundamentales:

- Clientes
- Productos
- Servicios
- Estrategias

Dejando otros dos elementos necesarios y complementarios:

- Custodios
- Normatividad

Con estos seis elementos constituimos un cubo, donde cada una de las caras interactúa con el resto, y así podemos ubicar lo siguiente:

Clientes-Productos-Servicios-Estrategias y las combinaciones que se puedan presentar de éstas. Las otras dos caras tendrán una menor movilidad. Este cubo debíamos integrarlo en un esquema de piezas adicionales para darle la consistencia necesaria en términos de un sistema funcional y completo.

Piezas adicionales:

- Capa de entrega de servicios
- Seguridad de uso y seguridad perimetral
- Base de datos de clientes (conocimiento del cliente, perfiles de inversión y riesgo, relacionamiento)
- Contabilidad
- Módulo de análisis de información
- Riesgo y prevención de lavado de dinero y operaciones sospechosas
- Bitácora diaria
- Archivo transaccional diario

Todo esto fue construido alrededor del cubo y permitiendo al archivo transaccional diario registrar y enlazar con los sistemas de *Back Office* (contabilidad, analíticos, riesgo).

Cabe destacar que este archivo diario se vacía todos los días al cierre de los procesos y del respaldo, permitiendo en caso necesario revertir (de manera legal) operaciones e instrucciones por cliente, producto o estrategia.

Operación

Este es un sistema creado para apoyar la administración, asesoría y operación de asesores patrimoniales independientes. En el mercado de los asesores patrimoniales es de vital importancia monitorear y verificar las operaciones que se ordena ejecuten los custodios. De ello depende, indiscutiblemente, la magnitud de los dividendos del asesor.

El sistema de operación e información es un soporte en la toma de decisiones para alcanzar altos rendimiento en las operaciones de inversión; algunas de sus características más sobresalientes son:

- Instalado en una plataforma web, puede operar vía un servicio administrado en *la nube*.
- Con herramientas que ayudan a la toma de decisiones para las operaciones de inversión.
- Concebido y diseñado para el manejo eficiente y seguro de todos los elementos involucrados en el proceso de inversión, entre otros: clientes, contratos, custodios, operaciones de inversión, estados de cuenta, facturas, etc.
- Cuenta con un conjunto de procesos y aplicativos para replicar las operaciones de inversión paralelamente con los custodios. Esto permite monitorear el cálculo correcto del pago de intereses, cobro de tasas y comisiones, y pago de cupones a los contratos de los clientes.
- Por estas características, es una plataforma de gran utilidad para asesores patrimoniales independientes.

Integración de la plataforma de inversión y operación

SHIP está implementado bajo tecnología Java Enterprise Edition (JEE), la cual se apoya ampliamente en componentes de *software* modulares que se ejecutan en un servidor de aplicaciones, respetando los estándares de tecnología de servicios web y protegiendo la capa donde radica la lógica del negocio.

Una característica importante es que permite la portabilidad y escalabilidad entre plataformas, así como la integración con aplicativos implementados con otras tecnologías.

Está conformado por seis módulos, con aplicativos específicos para atender los requerimientos de la operación del día a día. Estos módulos son:

- Clientes
- Atención a clientes
- Inversiones
- Soporte o *Back Office*
- Gestión
- Administración TI

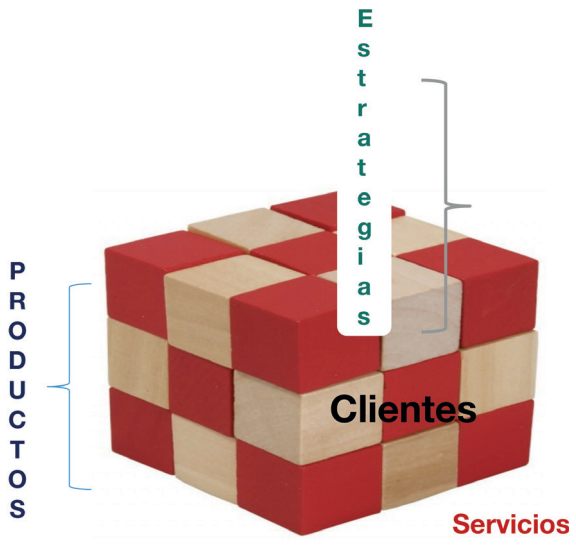
Módulo Clientes

- Productos
- Servicios
- Estrategias

Los productos son Gestión y Asesoría.

Perfilamiento:

La integración de la información de los clientes está implementada bajo el modelo conceptual de un cubo (similar al cubo de Rubik, donde cada cara tiene una función o proceso) al cual se le asignan servicios, productos y estrategias. El modelo se muestra en el siguiente gráfico:



Los servicios que se asignan son:

- Gestión
- Ejecución

Tiene un aplicativo para determinar el perfil del cliente mediante la aplicación de un cuestionario "Conoce a tu cliente" (KYC, por sus siglas en inglés). El perfilamiento define las características del cliente para ubicarlo en *conservador, moderado o alto riesgo.*

Una vez definido el perfil, se le asignan los productos de inversión en el que se manejará, porque cada producto está asociado a un conjunto de estrategias de inversión según los límites establecidos por la CNBV (Comisión Nacional Bancaria y de Valores).

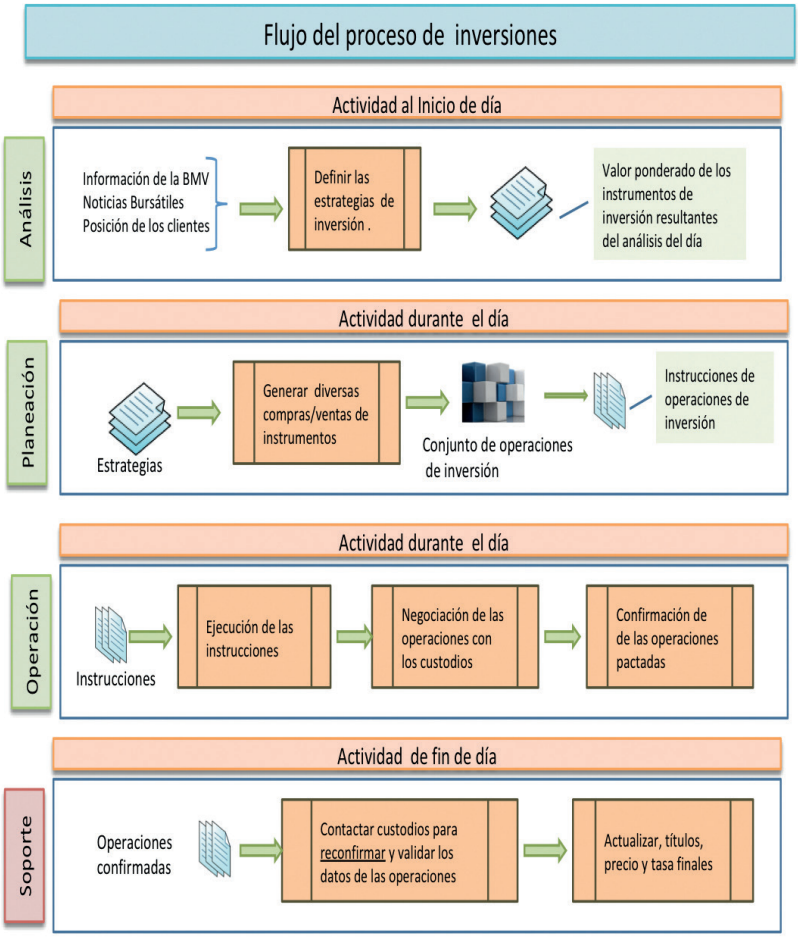
Módulo Atención a Clientes

Contiene un conjunto de aplicativos para realizar las siguientes operaciones:

- Depósito de efectivo a alguno de los contratos
- Disposición de efectivo
- Actualización de documentos oficiales

Módulo Inversiones

Los aplicativos de este módulo son el núcleo del sistema. Permiten diseñar estrategias de inversión tanto globales como particulares del día, para la compra y venta de instrumentos de inversión de renta fija o variable que optimicen el rendimiento.



La compra y venta se puede realizar de manera global, validando siempre que los límites de los contratos de los clientes estén de acuerdo al perfil. Se tiene igualmente una aplicación para identificar los contratos en corto y poder realizar las operaciones necesarias para evitar los cortos.

Todas las operaciones de compraventa que se ejecutan con los intermediarios se replican en el sistema, y al fin de día se ejecuta un proceso de cierre en el que se valúa la cartera del cliente y se realizan los cortes de cupón, pago de dividendos, etc.

El valor de un contrato se utiliza para realizar las operaciones de compra/venta de instrumentos, en el sistema está conformado como se muestra a continuación

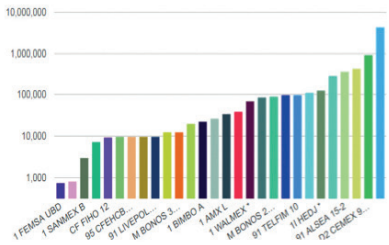
contrato	tipo_emisora	emisora	serie	titulos	precio_cor	precio_al_dia	importe
201418	S	GOBFED	'171214	32699	559.3496	569.8565589	18633739.62
201941	'91	HICOAM	'07	37000	102.0135	107.287978	3969655.19
201940	'91	HICOAM	'07	77000	103.3831	107.287978	8261174.31
201939	'91	HICOAM	'07	25000	102.4534	107.287978	2682199.45
201418	'91	HICOAM	'07	35000	106.3236	107.287978	3755079.23
201088	'91	HICOAM	'07	11000	101.8681	107.287978	1180167.76
202265	'94	HSBC	'13	30000	100.0455	100.46437	3013931.1
202265	'91	UETCB	'13	40500	96.3169	56.98116	2307736.98
201941	'91	UETCB	'14	8000	100.0234	78.577861	628622.89
201941	'91	UETCB	'12	15000	100.0178	45.899131	688486.97
201940	'91	UETCB	'12	35000	100.0178	45.899131	1606469.59
201939	'91	UETCB	'14	5000	100.0234	78.577861	392889.3
201939	'91	UETCB	'12	10000	100.0178	45.899131	458991.31
201418	'91	UETCB	'12	128000	94.06259	45.899131	5875088.77
202265	'91	MAYACB	12U	2698	495.9567	495.5384476	1336962.73
201941	'91	MAYACB	12U	3329	2035.921	495.5384476	1649151.95
201940	'91	MAYACB	12U	4377	2396.868	495.5384476	2168971.79

Valuación de la posición del contrato con los precios del día

Liquido disponible

Instrumentos liquidables mismo día

Análisis de información bursátil para determinar las estrategias del día

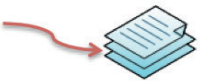


INDICADORES

	Último
IPC	48,839.56
DOW JONES	25,283.00
NASDAQ	7,163.58
DÓLAR SPOT	19.4065
DOLAR MENUDEO PROMEDIO	19.3950
HENRY HUB	2.92
ORO CENTENARIO	32,000.00
MEZCLA MX	58.18

Comportamiento de la bolsa e indicadores económicos

Análisis



Estrategias de inversión

Noticias Bursátiles

Estrategia:
Conjunto de instrumentos con participación ponderada de acuerdo al análisis del día

Módulo Back Office

Los aplicativos para realizar las tareas de soporte o Back Office son el engranaje para que el sistema funcione correctamente al replicar y verificar el correcto registro de operaciones con el custodio.

Entre los aplicativos del módulo se listan los siguientes:

- Actualizar precios de los instrumentos provenientes de los proveedores.
- Validar el monto de los contratos de clientes contra la información de los custodios.
- Actualizar tipos de cambio de las divisas utilizadas, valor de UDIs, tasas de referencia, etc.
- Autorizar las operaciones realizadas por los operadores (*traders*) de inversiones.
- Realizar operaciones adicionales reportadas por el área de atención a clientes.
- Realizar la compra de reportos con los custodios.
- Validar el pago de dividendos, cortes de cupón, etc

Módulo Gestión

Los aplicativos del módulo de gestión están diseñados para proporcionar información orientada a ayudar en la toma de decisiones para mejorar los rendimientos de inversión.

Entre sus aplicativos se listan los siguientes:

- Valor de la cartera en tiempo real del universo de clientes
- Flujos de efectivos totales, custodio o cliente
- Consultas financieras que muestran gráficamente la distribución de la cartera por custodio, emisor, tipo de activo o instrumento de inversión

Módulo Administración TI

Los aplicativos de este módulo especifican los permisos y el control de acceso a las aplicaciones para garantizar un alto nivel de seguridad.

Los permisos se otorgan a través de perfiles que emplean los aplicativos, como los privilegios de consulta, inserción, generación de reportes y otros.

Conclusiones

Hacia finales del siglo pasado, algunas empresas y operadores de instrumentos bursátiles y de inversión ofertaron productos para que sus clientes y consumidores pudieran realizar operaciones de compraventa de diversos instrumentos y productos del mercado financiero.

A través de un portal de Internet, el cliente (que previamente contaba con un contrato y un portafolio definido con base en su perfil de riesgo) podía sentirse un *trader* operando en el piso de remates de las principales bolsas de valores del mundo. Charles Schwab, E-Trade y otros servicios eran exitosos, a pesar de sus carencias y limitaciones (análisis mediocre, seguridad transaccional y de identidad muy deficiente).

En México se intentó algo similar (hubo que cambiar la normatividad y regulación de la CNBV para

consentir que se pudieran realizar operaciones de compraventa en tiempo real). Accitrade del grupo Banacci (hoy CitiBanamex) tenía alguna funcionalidad similar, aunque con altos costos de comisiones por transacción y requisitos poco flexibles para contratación del servicio.

Han pasado casi 20 años de eso. SHIP va más allá de aquel alcance: concebido como una herramienta de autoservicio y complementado con módulos de gestión y seguridad, apoyará a entender el mundo a veces complejo (a propósito) de las finanzas y sus instrumentos para operar y obtener resultados satisfactorios en la planeación financiera patrimonial.

El modelo de diseño arquitectónico que planteamos busca la interacción entre un "cubo y un barril". Aunque suena algo folclórico, es la manera simple de ofrecer flexibilidad y pragmatismo en el alcance de los objetivos. Ya se encuentra en operación desde 2016 en dos entidades privadas de inversión patrimonial y gestiona más de 2000 distintos portafolios patrimoniales. Los propios usuarios son los responsables de gestionar sus productos, servicios y estrategias. El sistema reconoce la heurística del modelo y va incrementando conocimientos a partir de lo que se va ejecutando; los ejemplos exitosos quedan para nuevos ejercicios.

Cierro con una cita textual del gran pensador y filósofo Bertrand Russell, motivada posiblemente por lo complicado que se presentaba el mundo bursátil en los años en que la escribió, y que termina con una recomendación (que no sobra) para los políticos: "Qué agradable sería un mundo en el que no se permitiera a nadie operar en bolsa a menos que hubiese pasado un examen de economía griega, y en el que los políticos estuviesen obligados a tener un sólido conocimiento de la historia y de la novela moderna".

Francisco David Mejía Rodríguez

fdavid.mejia@gmail.com

Rector de la Universidad Internacional de La Rioja en México.

Ocupó puestos de director en Indra (2010-2013); director de Sistemas en la UnADM, en la SEP (2013-2014) y director corporativo de Sistemas e Innovación Tecnológica en Grupo Financiero Monex (2008-2010); administrador de Planeación y Sistemas en el SAT-SHCP (2001-2006) y director de Sistemas en Banamex, S. A. (1984-2001).

Actuario de la Facultad de Ciencias de la UNAM; maestría en Ciencias de la Computación CCH-UNAM; maestría en Gestión de la Información UOC. En 1993 cursó el Programa de Alta Dirección en IPADE, además de diversos cursos de actualización y diplomas, entre otros, en la Universidad de Berkeley, la UCLA, *St Catherine's College* y la Universidad de Oxford.

Profesor de asignatura en la UNAM hace 37 años. Ha recibido reconocimientos al mérito universitario y como profesor distinguido.

Fue reconocido como el ingeniero del año en Banamex, en 1990, y el ingeniero del año por la Federación de Asociaciones y Colegios de Ingenieros de Jalisco, en 2016. Ha sido acreedor a varios reconocimientos por tesis dirigidas.

Miembro del Consejo Asesor de Tecnologías de Información y Comunicaciones, de la UNAM; miembro del Consejo Consultivo de la Facultad de Contaduría y Administración, de la misma universidad.

Ha sido miembro del consejo de administración de varias empresas de la industria de tecnologías de información y cómputo.

Ha sido presidente de la Asociación Informática Mexicana, A. C. (2011-2017), secretario de la Academia Mexicana de Informática, A. C. (2013-2016) y vicepresidente de la misma institución (2016-2019).

Reflexiones acerca de la informática y su entorno

Enzo Molino Ravetto

Resumen. Este segundo libro de la Academia Mexicana de Informática, A. C. (AMIAC) pretende buscar sugerencias y recomendaciones derivadas de la experiencia de sus miembros, de modo que pueda contarse con elementos de apoyo para orientar esta disciplina en favor de nuestro país con miras al futuro. En este sentido, y considerando que no tengo capacidad para predecir lo que vendrá, me parece que puedo aportar más con comentarios sobre diferentes lecciones aprendidas a lo largo de los años de ejercicio profesional, que pudieran servir para orientar decisiones a futuro, en lugar de profundizar en un solo tema o proponiendo soluciones específicas.

En consecuencia, trataré de cubrir algunas cuestiones que me parecen de especial importancia en cuanto a las interacciones de la informática con los informáticos, con las organizaciones, con la tecnología y con la sociedad, y que puedan servir como referencia para quienes quieran aprovecharlas para tomar decisiones. Me parece también importante mencionar algunos riesgos asociados con el futuro de la tecnología, así como algunos mitos o supuestos implícitos que se aceptan muchas veces sin cuestionarlos y que conviene al menos analizar o evaluar, aunque puedan tener elementos útiles y no necesariamente sean erróneos.

Tecnología y productividad

Entre los supuestos más generalizados se encuentra el de que la tecnología mejora la productividad de las organizaciones. Evidentemente, existe un gran potencial para que esto sea cierto; sin embargo, no se obtienen mejoras de eficiencia o efectividad de manera automática por usar tecnología, por muy avanzada que ésta sea. Es indispensable considerar la tecnología con cuidado y con una visión objetiva para no caer en fallas, problemas y decepciones. Entre otras, he recopilado algunas experiencias ilustrativas de casos donde se han tenido resultados, cuando menos, dudosos:

- Un jefe que tuve me cuestionó en alguna ocasión: "Usted ha invertido millones de dólares para equipar con computadoras personales al personal de nuestra empresa. ¿Me podría proporcionar datos concretos que demuestren que estos gastos han mejorado la productividad?"

  Por más intentos que hice, no he podido atender esa solicitud aun después de muchos años, especialmente por la gran dificultad operativa para obtener los datos necesarios. Sin embargo, puedo aportar algunas consideraciones derivadas de mi observación personal, en el sentido de que la tecnología puede incluso reducir la productividad:

  Cuando un empleado preparaba unas gráficas a mano, con un plumón, podía invertir unos 15 a 30 minutos por lámina. Sin embargo, usando programas como PowerPoint, he visto casos donde dedican una mañana entera o más a una sola gráfica, corrigiendo el tipo de letra, cambiando colores del fondo y de las líneas, modificando el tipo de gráfica, incluyendo imágenes para mejorar la apariencia, etc.

  Resultado: una reducción de productividad en muchos casos de 5 a 1 o más. Hay que reconocer que las láminas a veces quedan muy bonitas, aunque hay personas con mal gusto para los colores o diseños, o que no logran entender que, a la distancia de proyección, se necesitarán unos binoculares potentes para poder leer las letras más pequeñas.

  También he podido constatar que a veces lo rebuscado del diseño reduce la claridad de los conceptos o ideas que se quieren transmitir, logrando el efecto contrario al que se supone debe obtenerse.

  Algunas empresas ya promueven limitaciones al uso de estas herramientas, buscando que el balance neto sea positivo. La conclusión es que resulta necesario hacer un esfuerzo de coordinación, racionalización y manejo cuidadoso de estos apoyos para asegurar el éxito.

- A raíz de observaciones informales, he llegado a sospechar que actualmente el personal de muchas organizaciones pierde una parte sustancial de su tiempo de trabajo en las redes sociales, buscando música y videos, en diferentes aplicaciones en su teléfono celular o incluso observando imágenes *non sanctas*.

  Desgraciadamente no tengo datos cuantitativos sólidos y precisos al respecto, pero después de años de observación, y considerando además los casos concretos donde tuve evidencias a la mano, junto con estadísticas del uso de la red de datos y del acceso a Internet en diferentes organizaciones donde tuve la oportunidad de laborar, creo que existe un claro sustento de esta sospecha.

  Quisiera pensar que el tiempo perdido en esas cuestiones se compensa con una mayor eficiencia en el trabajo, en virtud de la disponibilidad de la tecnología, pero entonces… ¿para qué invertimos si sólo vamos a compensar las ineficiencias por pérdidas de tiempo laboral? Creo que vale la pena analizar esta situación.

  No soy partidario de medidas restrictivas en exceso ni de métodos draconianos, pero es necesario buscar mecanismos que mantengan bajo control las tendencias naturales del ser humano a adoptar ciertos hábitos potencialmente adictivos. En caso contrario, la productividad podría verse seriamente afectada. Sin embargo, reconozco la gran dificultad de controlar este fenómeno.

  En un contexto distinto, diferentes personas que imparten clases me confirman la enorme dificultad de que los alumnos no se distraigan en clase con el celular. El problema está tan extendido que se han llegado incluso a proponer ideas y sistemas para incorporar estos instrumentos al proceso educativo (Schmitz, 2017; Clarín, 2013; Proyecta, 2018).

  Por otra parte, el creciente número de incidentes derivados de la distracción de los conductores de vehículos por el uso del celular (Banda, 2017; Oliva, 2018) también indican el carácter adictivo de estos instrumentos y el gran peligro que pueden representar.

  Creo que es muy importante que se reflexione sobre estas cuestiones y se busquen alternativas de solución para que las nuevas tecnologías resulten útiles y se reduzcan los riesgos de su uso inadecuado.
- En varias ocasiones tuve la oportunidad de observar la introducción de nuevos sistemas informáticos que mejorarían la productividad y los servicios de una organización. Sin embargo, pude constatar que existen casos donde el costo del desarrollo (o de la adquisición/implementación de la solución) o los inconvenientes son sensiblemente mayores que los beneficios reales que pueden lograrse al aplicar la solución.

  En otras ocasiones, el costo y tiempo necesarios para reentrenar al personal, adecuar los datos, modificar procedimientos, lograr que los

usuarios o clientes se adapten, etc., pueden ser muy elevados, eliminando o reduciendo sensiblemente las ventajas de la automatización. También se presentan casos donde las nuevas soluciones son efectivas pero molestas o incómodas para los usuarios, como sucede con los sistemas IVR (*Interactive Voice Response*), donde los conmutadores telefónicos limitan seriamente la posibilidad de interacción con un humano al que se le puedan plantear las necesidades por las cuales se hizo la llamada.

Un caso específico se refiere a un nuevo sistema que ofrecía la "gran" ventaja de ahorrar tiempo de las secretarias para la elaboración de oficios dirigidos a los usuarios/clientes, pues se pretendía que el sistema los generara de manera automática, sin intervención humana. Al analizar las cosas, detectamos que se necesitaba cuadruplicar la capacidad del equipo de cómputo disponible y se requerían unos ocho años de trabajo para cargar la información histórica prevista por los nuevos algoritmos. Afortunadamente, en este caso fue posible abortar la propuesta y sustituirla con algunas adecuaciones al sistema existente. El ahorro fue muy importante y se pudo contar a corto plazo con el sistema, con la "desventaja" de que las secretarias debían sacar los datos manualmente de los expedientes para elaborar las 200 o 300 cartas mensuales necesarias (el ahorro de tiempo y de trabajo manual ofrecido por el sistema era muy inferior al necesario para cargar los datos requeridos para la automatización de esos procesos).

Creo que algunas soluciones tecnológicas son bastante inadecuadas y probablemente hasta contrarias a los intereses de las empresas que las usan. Por ejemplo, las molestas llamadas telefónicas para realizar encuestas (de manera automatizada o no), o las continuas llamadas promocionales programadas a partir de bases de datos me parecen una molestia que en ocasiones me ha llevado a decidir no utilizar el producto o servicio en cuestión.

Estas situaciones derivan muchas veces de la sobreventa de la solución o sistema sin que haya un análisis previo adecuado, o cuando hay desconocimiento del negocio o de la tecnología. También pueden ser el resultado de actos poco honestos donde se pretende imponer una solución principalmente para lograr un beneficio personal de alguno de los tomadores de decisiones, en lugar de buscar una respuesta a problemas reales de la organización.

Desafortunadamente existe un amplio repertorio de casos como los mencionados, que han llevado a que muchas veces se genere desconfianza en los proyectos informáticos. Esto aplica también a proyectos subcontratados.

Los antídotos para estas situaciones pasan por analizar las soluciones con cuidado, sin entusiasmarse en exceso, conocer el negocio, coordinar los especialistas del negocio con los informáticos, no dejarse llevar por la novedad o la moda, y consideraciones similares.

Casos como los que se mencionan me llevaron a una conclusión que considero importante:

> ***La automatización es conveniente donde las computadoras son mejores que los seres humanos.***

A esto le he llamado el *principio de la cibernética manual;* esto es, incorporar equipos y sistemas en los aspectos más rutinarios, operativos, repetitivos, etc., e integrarlos como apoyo al trabajo humano, dejando que las personas hagan las labores que manejan mejor, tales como tomar decisiones que requieren de criterio, evaluar situaciones complejas, manejar casos con implicaciones morales, y otros.

Considero que la informática es una enorme aportación y que puede generar grandes beneficios, pero para que sean reales y positivos se necesita aplicar criterios y medidas que mantengan bajo control los procesos, los gastos y los proyectos.

Lo último (nuevo) es mejor

Otro supuesto de gran impacto en la actualidad es tratar de que todo se cambie, creyendo que la nueva solución o moda va a ser mejor que lo anterior (Molino, 2003).

Evidentemente hay muchos casos donde un cambio puede aportar mejoras importantes o incluso es necesario, pero el cambio por sí mismo no garantiza que se mejoren las cosas o que sea en la dirección correcta. También hay muchas cosas que siguen siendo útiles y convenientes a pesar del tiempo que tengan; por ejemplo, el cuchillo se usa desde hace miles de años y no por ello es obsoleto; puede haber sufrido mejoras, adecuaciones y cambios, pero no ha sido desplazado.

El concepto importante es que el tiempo de uso no siempre es un buen criterio para determinar la obsolescencia de una tecnología, un sistema o una solución específica. Lo procedente es determinar si existe una mejora posible que sea suficiente y relevante[1] .

Generalmente este supuesto deriva de presiones del mercado para generar más ventas y aprovecha las tendencias a seguir las modas y a interesarse por cuestiones nuevas.

Mi experiencia es que las versiones 1.0 de la mayoría de los productos resultan con deficiencias y limitaciones, por lo cual no son la mejor opción para equipar una organización (a menos de que haya condiciones especiales que así lo requieran). Los llamados "early adopters" normalmente pagan un precio superior y aceptan mayores riesgos que los que apuestan por tecnologías mejor probadas. Me parece que ser "el primero de la cuadra" es una posición válida para aspectos personales, pero no la mejor estrategia para soluciones institucionales, salvo en casos particulares.

Muchas veces, la novedad es irrelevante o incluso perjudicial. Recuerdo un anuncio en la radio para un

[1] Durante una conversación, un colega académico, Adolfo Guzmán, me comentó que consideraba que para tener éxito, una innovación debía aportar mejoras (de precio, eficiencia, velocidad, etc.), cuando menos de un orden de magnitud mayor respecto de la solución anterior.

chocolate que decía: "nuevo empaque, nuevo diseño, nuevos colores, nuevo logotipo…", pero el chocolate era el mismo y sólo se estaba vendiendo la idea de novedad, aun sin haber cambiado para nada el producto.

Es claro que la tendencia a comprar siempre el último modelo puede ser perniciosa. Tampoco es buena estrategia operar con chatarra o con herramientas obsoletas. La mejor opción es usar el sentido común y un análisis casuístico.

Me parece que una de las características importantes de un directivo de informática debería ser su capacidad para discernir cuáles innovaciones o "mejoras" conviene introducir y cuándo, cuáles desechar y cuáles adaptar o cuándo esperar a que se depuren con el tiempo.

Los demás lo hacen mejor

Durante las últimas décadas se ha venido acentuando la creencia de que la mejor forma de resolver un problema es subcontratar a alguien para que se encargue. El denominado *outsourcing* ha permeado la industria de forma notable.

Estoy seguro de que existen muchos casos en los que ésta es una estrategia excelente, pero tengo la impresión de que se ha adoptado como opción preferente para la mayoría de las situaciones, aun cuando no haya las mejores condiciones para este tipo de soluciones. Los principales y más importantes supuestos implícitos son:

a) El proveedor tiene especialistas que lo pueden hacer mejor.
b) Las economías de escala del proveedor hacen que resulte más barato.

Esto es correcto en cierta medida, pero es una visión puramente financiera que no toma en cuenta otros aspectos, tales como:

1. La pérdida del conocimiento de los procesos y del control operativo al cederlos a un tercero. Esto es especialmente importante cuando se involucran procesos críticos o estratégicos.
2. La flexibilidad y capacidad de reacción que es posible tener al contar con el control total de los procesos.
3. Los contratistas externos no necesariamente resultan más económicos porque, además de que necesitan un margen de utilidades, es necesario desarrollar mecanismos de coordinación y control que no se requieren con infraestructuras propias.
4. Resulta cuando menos sorprendente la facilidad con la que las empresas comparten su *expertise* y *know how* con contratistas externos, solamente protegidos por alguna cláusula contractual. Cuando estos elementos son estratégicos, deberían considerarse cuidadosamente antes de subcontratar servicios que los involucren.

5. Las empresas innovadoras están usando cada vez más tecnología para diferenciarse de sus competidores, ganar mercado, innovar productos, etc. Esto resulta muy difícil sin contar con grupos internos que conozcan el negocio y que no tengan compromisos con terceros (y con posibles competidores).

Este último punto es importante cuando se pretende que la empresa sea líder en su campo. Los contratistas externos normalmente sólo pueden aportar "mejores prácticas", lo cual necesariamente hace que quienes las adoptan se conviertan en seguidores y no en líderes. Para innovar e ir al frente se necesita generar de manera continua la tecnología más adecuada a cada negocio, pues cuando ésta se convierte en mejores prácticas ya no puede ser un factor de diferenciación.

Consideraciones sobre los efectos secundarios

Una de las cuestiones que me parece fundamental y que ha venido perdiendo relevancia (al menos en mi opinión) se refiere a tomar en cuenta los efectos secundarios de las decisiones. Esto puede detectarse cuando se observa que los tomadores de decisiones consideran solamente los aspectos económicos o financieros involucrados y no dan importancia a las cuestiones sociales, de largo plazo, de equidad y similares.

Un ejemplo de esto se desprende de una situación donde el tomador de decisiones realizó un análisis con una hoja de cálculo, y cuando se le cuestionó porque la decisión que pretendía tomar no consideraba el impacto sobre un segmento de los usuarios, respondió: "esa variable no está en el modelo de la hoja de cálculo" y siguió adelante.

También se observa esta situación al notar que muchos proyectos son diseñados a partir de criterios puramente monetarios y de corto plazo. Es evidente que la monetización de un problema lo hace más fácil de analizar y que las consideraciones de corto plazo son más sencillas que la visión de largo plazo, pero esto es contrario a los criterios de una buena ingeniería. Probablemente por ello la ingeniería ha venido reduciendo su prioridad en las decisiones, con los efectos negativos correspondientes.

Papel del informático

A lo largo de los 60 años desde la introducción de la primera computadora en México se ha tenido una evolución importante en cuanto al papel del responsable de informática en las organizaciones. Las siguientes son algunas reflexiones que me parecen relevantes.

Considero que el informático (en algún momento se intentó copiar la nomenclatura de los Estados

Unidos y se les trató de llamar CIO: *Chief Information Officer*) debería ser el diseñador, organizador y administrador del sistema nervioso de la organización. La esencia misma del trabajo del informático se refiere a la información y no a la tecnología, porque la primera es la razón de ser de la función.

El principal valor de un informático para una organización me parece que deriva de su capacidad subversiva (Molino, 2003). La introducción de herramientas informáticas tiene un efecto máximo cuando revoluciona los procesos: cuando se incorpora a una reingeniería de los mismos. El informático debe ser capaz de identificar y comprender las modificaciones que generen cambios sustantivos benéficos y debe saber cómo introducirlos, incluyendo la administración de esos cambios.

Por otra parte, es muy difícil determinar *a priori* las funcionalidades de los sistemas o de las soluciones tecnológicas; además, el tiempo de diseño, desarrollo e implantación puede ser tan largo que la solución resulte obsoleta antes de ser totalmente implementada. Por ello, conviene considerar estrategias evolutivas, usando prototipos y otras técnicas de mejora continua. Esto implica evitar en lo posible el diseño de macrosistemas y orientarse hacia la construcción por partes e integrarlas de manera gradual (evidentemente bajo una visión estratégica integral). Recuérdese que el grado de complejidad y el riesgo de fallas en un sistema se incrementan de manera exponencial con el número de partes involucradas.

La tendencia a la subcontratación mencionada anteriormente lleva al riesgo importante (que ya se ha observado en algunos casos en el mercado laboral) de que los responsables de informática sean cada vez menos conocedores de la disciplina. Esto tiene al menos dos peligros: a) que el informático se convierta cada vez más en un comprador especializado, y b) que finalmente se decida prescindir de un responsable de esta función para "outsourcearlo".

Naturaleza humana

La actividad informática no puede desligarse del ser humano, porque es sujeto y componente de la disciplina; por ello es importante que el informático sea consciente de algunos rasgos del ser humano para tomarlos en cuenta al diseñar sistemas y soluciones.

Las personas, al igual que otros seres vivos y muchos sistemas complejos, tienen propiedades intrínsecas que no parece que sea posible o deseable modificar. Entre ellas destacan la necesidad de supervivencia, el sentido de pertenencia y la búsqueda de la línea del menor esfuerzo (Molino, 2003).

La incorporación del conocimiento de estos hechos a los diseños de herramientas informáticas mejora sustancialmente su efectividad, calidad y aceptación. Por ejemplo, al desplegar nuevas soluciones es fundamental disipar los riesgos y la sensación de posible pérdida del empleo por parte del personal, pues reduce la tensión de tener que abandonar la empresa o de dejar de pertenecer al grupo de trabajo. Cabe destacar que no se trata sólo de tranquilizar al personal para después hacer efectivo el riesgo,

sino de efectivamente minimizarlo y presentar con honestidad las posibilidades de afectación. Esto último es importante para mantener la credibilidad y la consistencia ética del informático frente a la comunidad de la organización.

Por lo que se refiere a buscar la línea del menor esfuerzo, este comportamiento se observa en bacterias, plantas, animales y en todos los demás seres vivos. Es una estrategia necesaria para la supervivencia y por tanto un criterio fundamental de diseño.

Es necesario que los sistemas tengan mecanismos para facilitar, estimular y premiar los comportamientos que se consideran útiles (por ejemplo, ampliar horarios de atención al público, simplificar trámites, reducir costos de diverso tipo, etc.), mientras que se deben dificultar, penalizar o imposibilitar los comportamientos que se consideran inadecuados o inconvenientes (por ejemplo, complicar el trámite, restringir el acceso o incrementar los costos). Las prohibiciones simples muchas veces no funcionan. En otras palabras, conviene buscar diseños en los que la línea del menor esfuerzo coincida con lo que se desea que hagan los diferentes componentes del sistema.

Dependencia tecnológica

Éste es un tema ampliamente discutido desde hace años; sin embargo, sigue vigente dado que es inevitable y no parece ser algo positivo, a pesar de la globalización.

Actualmente, uno de los activos más valiosos es el conocimiento, esto es, la capacidad de resolver ciertos problemas. Por ende, es fundamental para que las naciones, las organizaciones y los individuos mantengan ciertas posiciones que se traducen en ventajas económicas o competitivas. La propiedad y el control de estas capacidades es mucho más importante que la aplicación o uso de las técnicas o herramientas.

Se ha dicho que el grado de desarrollo de un país se puede medir por la capacidad de sus habitantes para resolver sus problemas[2]. Evidentemente, si para resolver los problemas se depende de un tercero, se acepta implícitamente la incapacidad propia al respecto.

Obviamente no es posible ni conveniente que todos tengan capacidad para resolver todos los problemas. Hay soluciones ya disponibles y existen áreas donde se requiere de una alta especialidad, pero lo que no parece aceptable es partir del supuesto de que las soluciones externas son las más convenientes.

Desafortunadamente, existen tendencias (particularmente entre tomadores de decisiones en países menos desarrollados) que minimizan el valor de la propiedad del conocimiento y sólo consideran su valor de uso. Considero que esto es una visión limitada, de corto plazo y perjudicial.

Probablemente uno de los factores que han impulsado la desvalorización de la independencia tecnológica deriva del creciente número de tomadores de decisiones "de hoja de cálculo": personas con cri-

[2] Conversación personal con Russell Ackoff durante su año sabático en México en 1976.

terios puramente financieros o económicos, como se mencionó más arriba, además de la menguada participación de especialistas del tema que puedan considerar los efectos secundarios de ciertas decisiones.

Normatividad del sector público

Durante muchos años trabajé en instituciones del sector público, y creo que probablemente el mayor obstáculo para mejorar al país en la actualidad es el incremento de la normatividad. En particular, el Gobierno federal ha venido generando cada vez normas más restrictivas, burocráticas e inútiles, en un afán de "transparentar", "optimizar", "controlar", "reducir la corrupción", etc., todos ellos propósitos positivos y encomiables. Sin embargo, la forma de implementar estas "mejoras", muchas veces ha sido mal enfocada y ha resultado contraproducente, generando inactividad, costos excesivos y llegando incluso a fomentar la corrupción, porque cierra todos los canales para resolver problemas y obliga a buscar vías alternas (Molino, 2011).

Como casos ilustrativos puede mencionarse que en 2006 se prohibió la compra de tecnologías de información y comunicaciones (TIC) en el Gobierno federal. En mayo de 2007 se tuvo que corregir esta restricción por inoperante y se aceptaron excepciones, aunque sin resolver los problemas de fondo de estas disposiciones.

Esto llevó a complicaciones operativas y a que se incrementaran los costos en muchos casos, pues la renta de algunos elementos resultaba más cara que su compra (por ejemplo, refacciones) y fue necesario dedicar una parte del personal a realizar las solicitudes de excepción, además del personal de la autoridad correspondiente para revisar y autorizar en su caso las excepciones, todo ello con los retrasos correspondientes.

Otro caso fue la eliminación por decreto de todas las disposiciones, reglas y normas en materia de adquisiciones, recursos humanos, riesgos, etc., incluyendo las de informática. Si recuerdo correctamente, se derogaron poco menos de 2000 disposiciones de las dependencias y entidades federales y se sustituyeron con nueve manuales publicados centralmente, con carácter obligatorio.

En el caso de informática, el manual se emitió sin prueba alguna de funcionalidad y sin permitir adaptaciones para situaciones particulares de cada dependencia; o sea, no se simplificó el proceso, sino que se estandarizó y se complicó considerablemente para muchas dependencias pequeñas, incrementando la burocracia y los costos de manera sensible y sin ninguna ventaja para nadie.

Creo que la normatividad debe tener un fuerte componente promocional, además del indispensable componente restrictivo. También debería diseñarse con una visión sistémica y no con carácter reactivo. Conviene además que no sea exhaustiva, sino que regule de manera genérica y prevea excepciones y mecanismos para destrabar casos especiales de forma eficiente y congruente.

Conclusiones

Muchas de estas cuestiones derivan de aspectos culturales y por lo tanto, son difíciles de resolver a corto plazo. Probablemente lo que se requiera es estimular en la sociedad, de manera más profunda y en un ámbito más amplio, la capacidad de pensamiento crítico.

Sin embargo, considero que el ser humano tiene más capacidad de orientar las tendencias futuras que lo que suponemos normalmente. Es importante que reconozcamos que muchas tendencias no son inevitables y que podemos hacer algo para dirigirlas de manera más adecuada para el futuro de nuestros descendientes.

Los directivos, funcionarios y políticos tienen la responsabilidad de establecer los marcos de referencia para la operación y el desarrollo de la sociedad, las organizaciones y los individuos. En particular, en el ámbito de la administración pública, estoy convencido de que es necesario salir de las soluciones simplistas consistentes en prohibir y limitar, para pasar a planteamientos promotores y facilitadores, diseñados con una visión sistémica que permita una gran porción de actividades autorreguladas por las condiciones ambientales; esto seguramente reducirá las normas, la burocracia y las restricciones necesarias.

El informático es un creador de futuros. En este sentido, tiene una importante responsabilidad para diseñarlos, orientarlos y modularlos; sin embargo, necesita tomar en cuenta los aspectos sociales y humanos para que su labor tenga un impacto positivo a largo plazo. El reto consiste en idear el futuro más conveniente y visualizar cómo hacer que se realice.

Referencias

Banda, L. (2017, 19 de diciembre). *Uso de celular, principal causa de los accidentes*. Consultado de https://www.diariodequeretaro.com.mx/local/uso-de-celular-principal-causa-de-los-accidentes-539735.html

Clarín Digital. (2013, 19 de junio). *Ideas para usar el celular en el aula en forma creativa*. Consultado de https://www.clarin.com/suplemento-educacion/ideas-usar-celular-forma-creativa_0_BJ3EDbvoDmx.html

Molino, E. (2003, 6 de noviembre). *Reflexiones sobre la informática en las organizaciones* (documento presentado en el Seminario de Tecnologías de la Información para el Desarrollo de la Administración Pública [TIDAP], organizado por la Secretaría de la Función Pública). Ciudad de México.

Molino, E. (2011, 28 de noviembre). *Diez reflexiones sobre el futuro de los usos de la informática* (documento presentado en el Coloquio de la Academia Mexicana de Informática, en la Feria Internacional del Libro AMIAC/FIL). Guadalajara, Jalisco.

Molino, E. (2013, 26 de septiembre). *Informática. ¿Por qué? y ¿Para qué?* (Documento presentado en la Reunión para los 70 años de la Universidad Iberoamericana). Ciudad de México.

Oliva, D. (2018). *Uso de celulares, 3a causa de accidentes automovilísticos*. Consultado de https://www.salud180.com/salud-dia-dia/uso-de-celulares-3a-causa-de-accidentes-automovilisticos

Proyecta. (2018). *¿El móvil en el aula? Ideas, ventajas, retos y posibilidades*. Consultado de https://www.plataformaproyecta.org/es/recursos-educativos/el-movil-en-el-aula-ideas-ventajas-retos-y-posibilidades

Schmitz, K. (2017, 6 de octubre). *45 ideas interesantes para usar el celular en la clase. Parte 1*. Consultado de https://ideasparalaclase.com/2017/10/06/45-ideas-interesantes-para-usar-el-celular-en-la-clase-parte-1/

Enzo Molino Ravetto

enzo@molino.mx

Ingeniero químico por la UNAM, con estudios de posgrado y maestría en dicha institución, Italia y Perú, sobre administración, informática, economía, estadística, educación y otros. Ha colaborado como técnico y directivo en informática en dependencias del sector público y privado, incluyendo gerente de Informática y Telecomunicaciones (CFE), director de Tecnologías de Información (grupo CIE), director de Servicios Informáticos (Conacyt) y director de Informática (INEE).

Es coautor de uno de los primeros libros de informática en español, coeditor de varios libros y autor de más de 100 artículos y conferencias en esta materia.

Ha sido profesor de informática en diversas universidades, presidente de la Academia Mexicana de Informática (AMIAC), presidente de la Asociación Mexicana de Ejecutivos en Informática, presidente de la Asociación Latinoamericana de Informática Médica, coordinador del Comité de Peritos en Informática y Computación del CIME, y presidente fundador de la Federación de Asociaciones Mexicanas de Informática.

Ha recibido premios y reconocimientos, como el Premio al Mérito Informático (1996), de la AMIAC; designación como uno de los 10 personajes clave del cómputo en México, por la revista Personal Computing (1998); la inclusión entre las personalidades entrevistadas en el libro 50 años de cómputo en México - 2008; designación como líder de TIC, por la revista RED (2008); y miembro del grupo de los mejores 100 CIO (2009), por la revista CIO-InfoWorld.

Actualmente es director general de la empresa GCI, Grupo Corporativo Informático S.A. de C.V.

El Internet de las cosas, la banda 5G y su posible futuro en México

José Luis Mora Castro

Las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) se han ido incorporando a partir de una evolución cada vez más acentuada, en la vida cotidiana de las sociedades a nivel mundial. Dentro de ese proceso, observamos cómo ha incidido en cambios radicales del comportamiento social el uso del Internet, la red mundial a partir de la cual las comunicaciones entre los seres humanos se han prodigado enormemente, haciendo posible comunicar en segundos a dos personas o entidades, ubicadas cada una en casi cualquier parte del mundo. Pero lo más sorprendente en esta evolución de las TIC es la posibilidad de comunicar a dos máquinas para desarrollar una tarea. Este principio ha llevado a concebir la tecnología denominada Internet de las cosas, (IoT) (*Internet of Things*), a partir de la cual es posible interactuar a distancia con dispositivos para mover objetos, registrar datos, controlar procesos, disparar alarmas, etc.

El IoT representa para la industria de las TIC y la mayoría de analistas de estas tecnologías, el camino por donde se llevará a cabo la subsecuente evolución que revolucionará al mundo en un futuro inmediato, considerando desde luego su asociación con procesos analíticos, que permiten incorporar inteligencia

artificial en su aplicación. En este ensayo pretendemos enfatizar la importancia del IoT y el que sea entendido por las comunidades académicas, sociales y sobre todo por la industria nacional de las telecomunicaciones, como parte del porvenir que ya ha comenzado.

Con gran sorpresa y como un parteaguas, vemos día con día cómo se incrementa el número de dispositivos que son operados a través de Internet; ante esta ola de crecimiento exponencial, las principales compañías de telecomunicaciones del mundo están preocupadas para poder atender la demanda que se avecina, considerando que la infraestructura de las redes actuales resultará insuficiente para el reto que representa el volumen de dispositivos que habrán de enlazarse en un futuro inmediato. Boston Consulting Group (Mora Castro, 2017) pronostica que para 2020 se espera que la cifra de dispositivos enlazados en el mundo ronde en los 50 000 millones, y el gasto en tecnología, aplicaciones y soluciones del IoT supere los 267 mil millones de dólares. Sorprende el crecimiento exponencial que pronostican varias organizaciones, entre ellas IDC (Sarmiento, 2017), quienes estiman que para 2025, 80 mil millones de dispositivos estarán conectados a Internet. También señalan algo exorbitante en relación a los volúmenes de datos: indican que en 2015 el cúmulo de datos generado en el mundo llegó a unos 16 zettabytes, y que para 2025 alcanzará alrededor de 163 zettabytes.

La empresa Huawei (Lacort, 2016) prevé que para 2020 el Internet de las cosas represente el 50 % del volumen de todos los datos de la red, creciendo vertiginosamente en el siguiente lustro, lo cual implica que para la administración de esta cantidad de información deberá contarse con la infraestructura necesaria para atenderlos, indicando que de no ser así se tendrían graves conflictos en la transferencia de los datos y la información para el adecuado manejo del IoT.

El IoT debemos entenderlo en un primer plano como el instrumento virtual para edificar las fábricas del futuro. Fábricas inteligentes con procesos automatizados y máquinas interconectadas que integran capacidades de comunicación inalámbrica, recopilando datos que permitan optimizar los recursos, lo que se conoce como el Internet industrial de las cosas, IIoT o industria 4.0[1] (Industria, 2018). La definición de industria 4.0 aún no es un concepto consolidado en la práctica, pero sí una prospectiva del futuro inmediato de una nueva revolución industrial que está a la vuelta de la esquina.

Como ejemplos del uso actual en la industria y el comercio, algunas empresas controlan de manera remota sus equipos de conservación, como congeladores y refrigeradores, generando alertas en casos de cortes de energía o fallas en alguno de ellos.

Varias organizaciones han comenzado a instalar sensores y *software* de análisis de la energía utilizada en las plantas de fabricación, con lo cual reducen el consumo de un 15 % a 20 %. Otras empresas, como Caterpillar, utilizan sensores para monitorear la condición de sus máquinas, identificando las necesidades

[1] El término *industria 4.0* fue acuñado por el Gobierno alemán para describir la fábrica inteligente, una visión de la fabricación informatizada con todos los procesos interconectados por el Internet de las cosas. Es lo que conocemos como *Internet industrial de las cosas, I2OT*. El *4.0* hace referencia a la cuarta revolución industrial.

de mantenimiento correctivo, antes de que se conviertan en serios problemas.

De esta manera, en la actualidad es posible lograr soluciones particulares diversas, en un número inimaginable de casos, por medio de la recolección de datos provenientes de dispositivos con sensores instalados en los sitios apropiados.

Como en estos ejemplos, donde se sugiere sacar provecho inmediato del Internet de las cosas, surge una gama de oportunidades enfocadas a diversos sectores: el pequeño comercio, el transporte, la atención médica, las ciudades inteligentes, el hogar, etc.

5G

Ante esta perspectiva de crecimiento exponencial en los equipos y datos para la comunicación digital, las empresas de telecomunicaciones buscan garantizar una estabilidad y disponibilidad constante para los usuarios. Para que esto suceda consideran como requisito indispensable contar con un tipo de señal inalámbrica, sobre todo para instalación de operaciones de misión crítica, que supere lo que ahora se tiene. De ahí la importancia de la promesa del desarrollo e instalación de 5G. La construcción de este estándar se realiza sobre la plataforma que se creó con el 4G LTE, permitiendo aumentar de manera importante las velocidades de transmisión y favoreciendo a los miles de dispositivos del IoT. Desde luego, comparado con el 4G, 5G otorga una velocidad significativamente mayor; en la actualidad, las velocidades de transmisión llegan en su límite superior a un Gigabit por segundo, aunque en la realidad, la gran mayoría de los usuarios raramente experimentan velocidades de este orden. Se contempla que 5G alcance velocidades de hasta 10 Gigabits por segundo: diez veces mayor que 4G. Se argumenta que esto permitirá brindarle a la red de Internet un ambiente de conectividad para atender cientos de miles de dispositivos conectados en lugares de trabajo, zonas urbanas y hogares. La instalación de la red de transmisión inalámbrica 5G operará sobre una frecuencia asignada más alta que 4G LTE, que funciona en México para los operadores más importantes del país, con bandas en el rango de 1700 a 2100 MHz. En el caso del 5G, se augura que se instale en nuestro país en un rango de banda de 3 a 8 GHz. Estas bandas usualmente no están ocupadas y permiten mover información a más velocidad. El problema que se tiene es que las señales con frecuencias más altas viajan distancias más cortas que con frecuencias más bajas, por lo que será necesario dotar de una infraestructura más robusta, con más antenas o MIMO (*Multiple-Input, Multiple-Output*) que posibiliten ampliar la señal en las áreas geográficas donde se ofrezca 5G.

Todo hace ver que el tipo de frecuencias que ofrecerá 5G son las que están en puerta de ser instaladas y constituyen la apuesta de los fabricantes de los diversos dispositivos del IoT. La adopción del IoT permite que los equipos conectados puedan enviar datos y ser monitoreados y controlados desde ubicaciones remotas, logrando saber en tiempo real el estatus de los dispositivos enlazados, utilizando sensores de movimiento, volumen, iluminación, temperatura y peso.

Un prototipo de este esquema es la utilización de drones para entregas de diversos productos.

Es de esperar que la interacción de los usuarios con el IoT vaya creciendo conforme se introduzcan en el mercado nuevos desarrollos que faciliten la operación con seguridad de aparatos, equipos y dispositivos de mayor uso, ahorrando dinero y tiempo. Sin duda observaremos una significativa evolución en el mediano plazo provocada por el IoT en asociación con la inteligencia artificial. Los grupos de investigadores de inteligencia artificial trabajan en el desarrollo de nuevas herramientas, aprovechando la generación de grandes volúmenes de datos y el poder de cómputo, para desarrollar e incorporar algoritmos avanzados para realizar de manera natural operaciones entre máquinas y personas. Entre las tareas que están siendo atendidas resaltan optimizar usos de energía, ciudades más seguras, edificios inteligentes y optimización de procesos, entre otros.

Un pronóstico que llama de gran manera la atención, emitido por la industria automotriz en asociación con los desarrolladores de TIC de dispositivos para el IoT, es que prevén para 2030 que el 15 % de los vehículos en los Estados Unidos serán autónomos (Sánchez Onofre, 2017) y se deberá en gran medida a la combinación de estos dos sectores. Tienen contemplado que un automóvil en los próximos años contará con telemetría, sensores de movilidad y acercamiento, sistema de navegación a base de cámaras y radar. Desde luego asociado a esto, el sector público deberá dotar, ya sea directamente o mediante concesiones, a las ciudades y vías de transporte terrestre de la infraestructura necesaria para permitir la adecuada movilidad de los vehículos autónomos. Detrás de esto está el IoT.

Las empresas de la industria de las telecomunicaciones coinciden en su gran mayoría en que para lograr una exitosa expansión donde miles de millones de dispositivos del IoT permanezcan conectados a la red, es imprescindible contar con la disponibilidad de una conexión 5G. La quinta generación de la telefonía móvil 5G y sucesora de la 4G se encuentra en proceso de estandarización y desarrollo de los protocolos correspondientes para estar plenamente disponible en algunos países y regiones en 2020. La tecnología del 5G es fundamental para preservar el futuro de las aplicaciones móviles más populares de la actualidad, permitiendo sostener su desempeño y la creciente adopción y uso de servicios, como es el caso del uso intensivo de la transmisión de videos.

La preocupación sobre la llegada y crecimiento de nuevas generaciones de tecnologías móviles ha motivado que varios organismos y entidades internacionales se hayan abocado a reunirse para establecer acuerdos para definir nuevas frecuencias del espectro radioeléctrico para 5G. La parte central de esta tarea se enfoca en establecer las nuevas frecuencias del espectro radioeléctrico, que serán empleadas por la nueva tecnología para que los equipos de red y terminales operen con mayores velocidades de conexión, menor latencia y una mejora sustancial en su desempeño.

Como es sabido, el espectro radioeléctrico es el segmento del espectro electromagnético comprendido entre los 3 KHz y los 300 GHz, que ampara la transmisión de tecnologías inalámbricas, como las

redes celulares, la radio, la televisión y el wifi para establecer comunicaciones. Su administración es potestad de los estados nacionales y son los abocados en establecer criterios para su uso armonizado internacionalmente, lo cual es una tarea compleja dadas las múltiples tecnologías de comunicación que se sirven de este recurso, observando que las frecuencias disponibles son escasas.

La UIT[2] estableció en su agenda de trabajo para la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 el estudio de 11 bandas del espectro radioeléctrico (UIT, 2016) para su uso por las tecnologías IMT-2020 o 5G (ver Fig. 1).

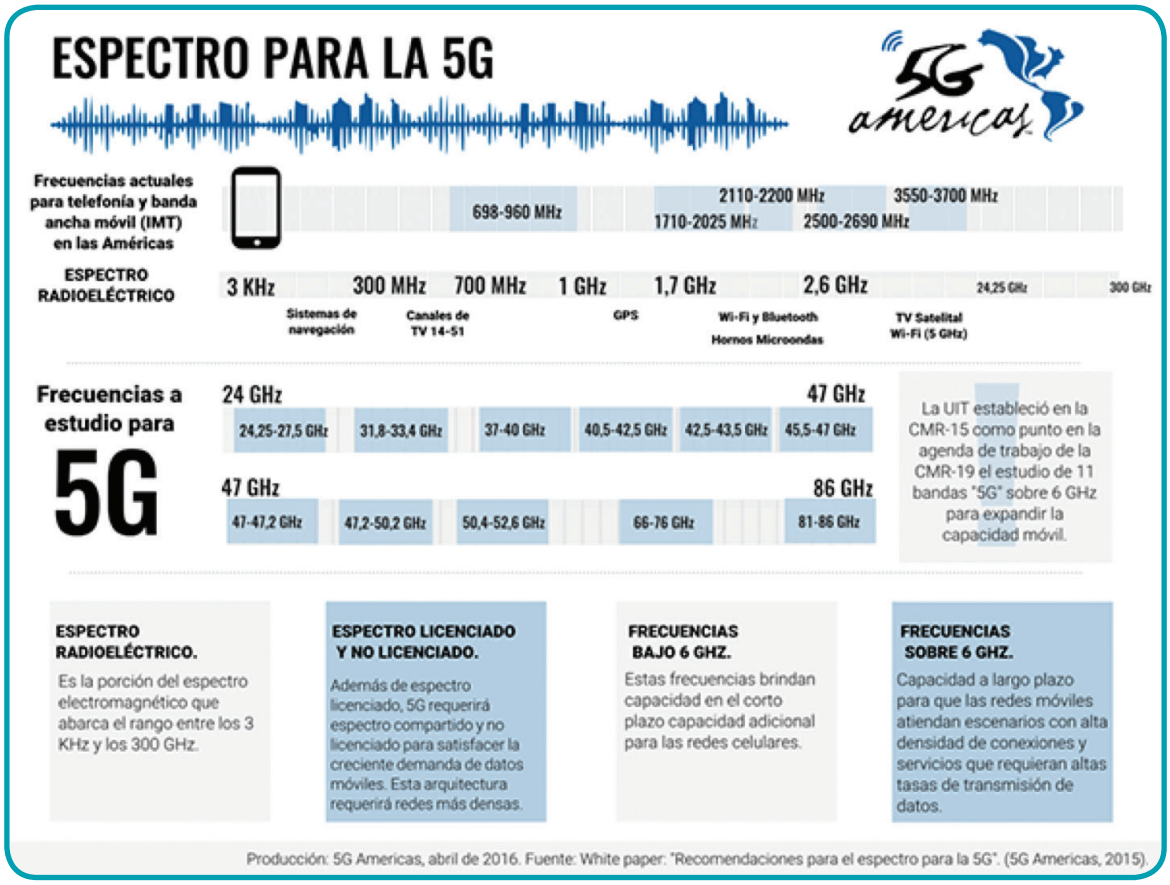


Figura 1. Espectro para la tecnología 5G

[2] La UIT es el organismo especializado de las Naciones Unidas para las Tecnologías de la Información y la Comunicación. La UIT está comprometida para conectar a toda la población mundial dondequiera que viva y cualesquiera que sean los medios de que disponga. Por medio de su labor protegen y apoyan el derecho fundamental de todos a comunicarse.

En junio de 2014, los Estados Unidos y Corea del Sur establecieron los lineamientos para desarrollar la tecnología 5G. A estos trabajos, un par de meses más adelante se incorporaron China y posteriormente Japón. A partir del Mobile World Congress realizado en Barcelona en 2015, se sumó la Unión Europea a través de la European Convention, lanzando en marzo de ese año la visión europea del 5G, siendo fustigados por la prensa tecnológica de esta situación en esos países. Carrie Clickard, autor del libro *Internet of Things* (2018), escribe: "La Unión Europea se mantiene a kilómetros de China, Estados Unidos y Corea del Sur en el despliegue de la infraestructura de telecomunicaciones 5G; para la mayoría de los europeos, conseguir esta tecnología no sucederá hasta la mitad de la próxima década". No obstante, los europeos, a través del European Convention, han elaborado un calendario de trabajo (ver Fig. 2), pretendiendo colocarse a la par o muy cercanos al grupo de los norteamericanos y asiáticos.

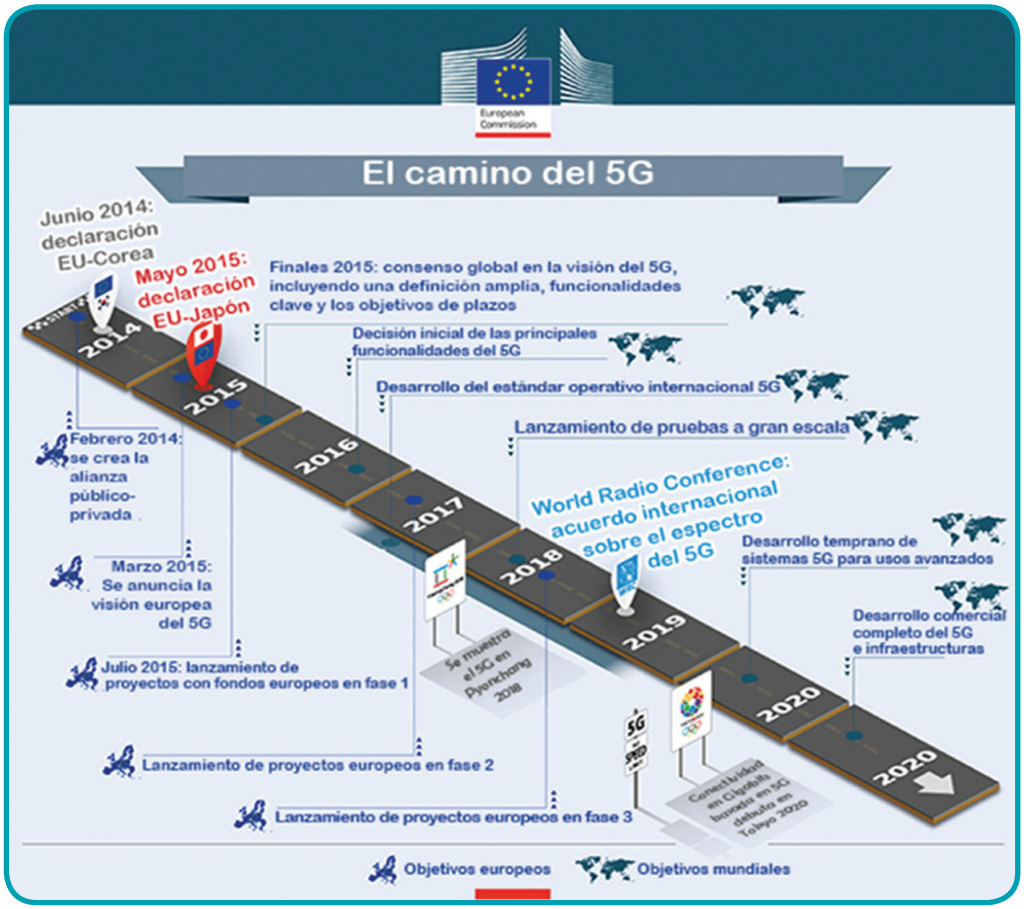


Figura 2. El camino para la tecnología 5G

Se tiene previsto acordar los estándares internacionales del 5G el próximo año (2019). Un propósito de estos acuerdos multilaterales es permitir que las conexiones al Internet de las personas no se degraden cuando viajan entre países. Desde luego, en el intervalo de la preparación y aprobación de estos acuerdos, Estados Unidos, China, Japón y otros países asiáticos se encuentran construyendo redes 5G, adelantándose a lo que viene, antes de que otros establezcan las reglas del juego para esta tecnología.

A partir de ahora, y considerando los próximos años, se incrementarán exponencialmente los dispositivos conectados a Internet, provocando que nos integremos cada vez más a digitalizar operaciones de las cosas que nos rodean, convirtiendo todo ello en información. En los próximos años viviremos rodeados de dispositivos conectados a Internet, que digitalizarán cada paso que demos, convertirán nuestra actividad diaria en información, distribuirán cualquier interacción por la red e interactuarán con nosotros en función de esa información (Alonso, 2015).

El lado oscuro, contrario a todas las ventajas que son apreciadas sobre el Internet de las cosas, es la seguridad y la protección de los datos. Como puede apreciarse, el intercambio de datos tiende a multiplicarse geométricamente, por lo que las amenazas sobre la seguridad crecerán en igual magnitud.

La contrapartida de todas las ventajas que se comienzan a apreciar en torno al Internet de las cosas es la seguridad y la privacidad, amparadas por la protección de los datos. El intercambio se va a multiplicar geométricamente y las amenazas para la seguridad crecerán en la misma proporción.

John Moor (2015), director de "The Internet of Things Secutiry Foundation", indica que todo el mundo se centra en las oportunidades de innovación que ofrece el IoT, pero hasta este momento se ha hablado relativamente poco de su lado más siniestro, la falta de seguridad. El terrorismo cibernético podría ser más amenazador que nunca.

Este tipo de advertencia deviene del estado del arte actual del IoT. No existen normas claras o bien establecidas para la elaboración de los diferentes dispositivos que pueden emplearse, y se ofrecen en el mercado sin el respaldo de un *software* de conectividad adecuado, estandarizado y actualizado. Actualmente los *hackers* informáticos pueden interceptar los enlaces de comunicación con dispositivos de escaneo, atentando contra la privacidad y la operación efectiva de los dispositivos conectados.

Y algo fundamental que se conecta con lo aseverado arriba: no existen estándares internacionales de compatibilidad de nivel macro para el IoT (López Tazón, 2016) y no hay arquitecturas de referencia de tecnología entre fabricantes que permitan una verdadera interacción, facilidad de implementación y compatibilidad. Lo anterior hace ver que existe un alto peligro de que las cosas no funcionen como deberían.

Además, destaca un problema social que deberá ser abordado por los gobiernos de cada región afectada: un gran número de trabajos ejecutados por trabajadores están siendo transferidos a robots; un caso particular es la industria automotriz mundial, la cual realiza el uso más intenso de estos equipos, dado que utiliza aproximadamente 1200 robots por cada

10 000 trabajadores, según se destaca en un reporte de la CEPAL (Opportimes, 2018).

Se prevé que en lo sucesivo los trabajos manuales en las grandes corporaciones vayan siendo sustituidos por máquinas inteligentes, operadas bajo conexiones digitales. Esta tendencia hace ver que el siglo se caracterizará por la fabricación de los insumos que requiere la población, mediante fábricas que realizarán la producción con robots operados a través del IoT.

Sobresale en esta tendencia el uso del IoT para que seamos vigilados sin percatarnos de ello por los objetos que nos rodean, lo cual atenta contra nuestra privacidad, dado que bastarán unos cuantos datos cruzados de diferentes fuentes, para afectar a cualquier ciudadano imputándole alguna falta grave o haciéndolo presa de un fraude.

El IoT se ha ido inmiscuyendo en la vida cotidiana de la sociedad, sin percatarnos de sus implicaciones; tenemos automóviles, equipos de cocina, alarmas con sensores, cámaras de vigilancia, pero asumimos que todo ello entra en lo que denominamos *lo normal*. Y es que hacer inteligente cualquier cosa con un chip para aplicar el IoT es más o menos fácil, haciendo que nuestro entorno sea cada vez más inteligente.

México

De acuerdo con la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), el volumen del Internet de las cosas en México presenta una pobre conexión de poco más de 8 millones de objetos. En lo referente a la inversión en el Internet de las cosas, México también presenta un rezago importante, colocándose muy por debajo de países desarrollados.

Ignacio Perrone (Chávez 2017), director de investigación en transformación digital para Frost & Sullivan en América Latina, dijo que México actualmente está aprovechando el IoT para renovar algunas de sus industrias más tradicionales, y aunque es una tecnología con adopción al alza en el país, aún se requieren avances para capitalizar su potencial. Señala que, por ahora, las firmas que han adoptado esta tecnología la usan para recortar gastos en sus cadenas de operación, pero deben pasar a la creación de nuevos servicios que les permitan anticiparse a las necesidades del mercado.

Referente a 5G, las empresas de mayor tamaño en México, como América Móvil, intentan incorporar esta tecnología en los servicios que ofrecen, pero el principal problema que enfrentan es la falta de espectro, lo cual es una desventaja dada la velocidad con la que vienen trabajando varios organismos internacionales, como se muestra en la Fig. 2. Para el año 2020 tienen programado poner en operación el 5G para hacerlo una realidad comercial. Esto es incierto, y se enfoca en habilitar la banda de 3.5 GHz. De acuerdo con información del Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), aún no figura la licitación de la banda de 3.5 GHz en los planes de trabajo del órgano regulador.

Otro problema que enfrenta la instalación del 5G en México es la falta de inversión, pues parece ser que al no haber una licitación para la banda de 3.5 GHz, tampoco habrá organismos que deseen invertir, no

obstante que algunos de ellos, como América Móvil, Telefónica y AT&T, han tenido acercamiento con Nokia para el despliegue de esta tecnología en México y Latinoamérica. En este tenor, cobra gran relevancia lo invertido por esta empresa finlandesa. Su vicepresidente de Investigación y Tecnología de Soluciones y Redes, Laurie Oksanen (2018), manifiesta que Nokia ha destinado solamente en 2016 la cantidad de 4900 millones de euros en investigación y desarrollo, para acelerar los trabajos que permitan poner en operación comercial la red 5G en 2019.

Parece ser que la entrada de México a 5G deberá esperar, para hacerlo de la mano de alguna compañía puntera mundialmente, con la cual las empresas mexicanas compartirían utilidades de un mercado altamente rentable. El otro camino, el de la autonomía local, luce pálidamente: se requeriría que, por ejemplo, América Móvil invirtiera una cantidad considerable en hacer un desarrollo propio o apoyado por capitales mexicanos, además del Gobierno Federal en apoyo de cierta infraestructura básica, lo cual por ahora se ve muy lejano.

En general, el Gobierno mexicano y el IFT particularmente, no se ven avizores de la importancia que representa el IoT y la tecnología 5G para las sociedades del futuro inmediato; tampoco los grandes empresarios mexicanos, dueños de una buena parte de la plataforma de telecomunicaciones del país, quienes no están dispuestos a realizar grandes inversiones, a pesar de una alta probabilidad de obtener márgenes de renta considerables. No parecen dispuestos a correr ningún riesgo. Prefieren comprar la tecnología antes que atreverse a desarrollarla por sí mismos.

Referencias

Chávez, G. (2017, 1 de diciembre). Energía, manufactura y transporte, los beneficiados del IoT mexicano. *Expansión*. Consultado de https://expansion.mx/tecnologia/2017/11/30/energia-manufactura-y-transporte-los-beneficiados-del-iot-mexicano

Congreso Industria 4.0. (2018). *Industria 4.0. Automatiza y agiliza tus procesos*. Consultado de http://www.congresoindustria.com.mx/?gclid=CjwKCAjwsJ3ZBRBJEiwAtuvtlEd9S4k_ty24K2pVkUXLtQizNc9i2yIC2Wf_yLRb-JkVgBq4FUmf_hoCJoAQAvD_BwE

Lacort, J. (2016, 15 de junio). *Mobile Huawei 2020*. Consultado de https://hipertextual.com/2016/06/huawei-2020

López, J. (2016, 28 de enero). El lado oscuro del Internet de las Cosas. *El Mundo*. Consultado de http://www.elmundo.es/tecnologia/2016/01/28/56aa295922601d3d548b4653.html

Moor, J. (2015, 3 de septiembre). *Internet of Things Security Foundation. Make it safe to connect. Establishing principles for the Internet of things security*. Consultado de https://iotsecurityfoundation.org/wp-content/uploads/2015/09/IoTSF-Establishing-Principles-for-IoT-Security-Download.pdf

Mora, J. L. (2017, 25 de agosto). *¿Qué requiere IoT para ser operativo?* Consultado de https://mundocontact.com/que-requiere-iot-para-ser-operativo/

Oksanen, L. (2018). *Closing Remarks - Lauri Oksanen - Brooklyn 5G Summit 2018*. Consultado de https://ieeetv.ieee.org/conference-highlights/closing-remarks-lauri-oksanen-brooklyn-5g-summit-2018?rf=events|149&

Opportimes. (2018, 5 de febrero). *La industria automotriz utiliza 1,200 robots por cada 10,000 trabajadores*. Consultado de https://www.opportimes.com/nota-destacada/la-industria-automotriz-utiliza-1200-robots-10000-trabajadores/

PRODU. (2016, 10 de mayo). *UIT analizará 11 bandas de espectro radioeléctrico mundiales para 5G*. Consultado de http://www1.produ.com/television/noticias/uit-analizara-11-bandas-de-espectro-radioelectrico-mundiales-para-5g

Sánchez, J. (2017, 5 de enero). El 15 % de los autos serán autónomos en 2030: Nissan. *El Economista*. Consultado de https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/El-15-de-los-autos-seran-autonomos-en-2030-Nissan-20170105-0101.html

Sarmiento, L. (2017, 2 de agosto). *IoT: el Internet que transformará todo*. Consultado de https://mundocontact.com/iot-el-internet-de-todo/

Un Informático en el Lado del Mal, blog de José María Alonso. (2015). Consultado de http://www.elladodelmal.com/2015/01/0xword-abre-para-las-compras-de-ultima.html

Cirilo José Luis Mora Castro

cirilojl1@gmail.com

Ingeniero mecánico eléctrico de la UNAM y maestro en Sistemas de la Universidad Iberoamericana. Ha cursado diplomados en diversas áreas de informática. Por más de 30 años ha sido ejecutivo en sistemas en distintas organizaciones, tanto del sector público como de la iniciativa privada, dirigiendo proyectos de largo alcance alineados a las estrategias de las organizaciones, principalmente en puestos de alta dirección.

Laboró en el grupo Bancomer por espacio de 12 años, llegando a director general de Datec, empresa conformada por Bancomer y Elpro para la fabricación de terminales de transacciones bancarias. Ocupó la subdirección de sistemas en la CMP, empresa conformada por Bancomer y Banamex para el procesamiento de cheques.

Fue director general de Locatel por 10 años, siendo el impulsor del primer *Call Center* operando en Latinoamérica, en un ambiente 100 % IP.

Catedrático por más de 40 años, principalmente en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, en posgrado y en otras universidades, como la Universidad Iberoamericana, el ITAM, el Instituto Tecnológico de Estudios Superiores de Monterrey, la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM) y la Fundación Arturo Rosenblueth. Actualmente participa como académico de la maestría en Tecnologías de Información del Instituto Telmex.

Uno de sus intereses centrales ha sido la academia, estando siempre atento al desarrollo de las tecnologías de información. Es un pionero de la informática. Elaboró, conjuntamente con Enzo Molino, el libro *Introducción a la informática*, que fue libro de texto en varias universidades de Latinoamérica en el periodo 1973-1986, con cuatro ediciones y más de 140 mil ejemplares vendidos.

Las tecnologías de la información habilitan el rescate de damnificados de desastres naturales en México

Luis Ángel Rodríguez Alemán

Introducción

Los hechos e ideas que se describirán a continuación dejarán aún más claro que nunca, que en el futuro la informática continuará imbricándose de forma cada vez más profusa en todos los aspectos de la vida de la sociedad, incluyendo los sucesos más desafortunados, fortuitos e impredecibles, como es el caso de los desastres naturales, así como en todas las acciones que se desarrollan posteriormente para ayudar, asistir, y beneficiar a los damnificados por los mismos.

Imaginemos que nos encontramos viviendo en algún municipio del estado de Oaxaca y hemos logrado construir nuestra casa. En parte nosotros mismos la hemos construido y en parte hemos recibido ayuda de nuestra comunidad. Llevamos ya viviendo algunos años en esta casa con nuestra familia cuando, siendo jueves cerca de la media noche, comienza a temblar. Es uno de los temblores más fuertes que has sentido en tu vida. Logras salir de tu casa con tu familia pero,

en cuestión de segundos, tu casa comienza a crujir y a desplomarse por completo. Acabas de perder años de esfuerzo y de dinero, además de los documentos y el dinero que guardabas allí. Te encuentras absolutamente devastado, sin un lugar en donde pasar la noche y sin dinero para comida, ni para tu familia ni para ti. ¿Qué puedes hacer?

Esta situación fue la que vivieron muchas personas el jueves 7 de septiembre de 2017. Además, hubo una gran cantidad de muertos y heridos en esa fecha, por el terremoto de magnitud 8.2, el más grande registrado hasta el momento en la República Mexicana.

Desde el punto de vista de la informática, surge la pregunta de cómo la tecnología de la información puede ayudar en estos casos de desastres naturales, en particular en lugares en donde hay poca o nula comunicación; lugares que no cuentan con señal de Internet o con servicios bancarios cercanos.

Desde el punto de vista económico, se pueden asignar recursos financieros a las personas que han sufrido este tipo de catástrofes, y aparece la necesidad de identificar a quienes muy probablemente no cuenten con documentación; validar y hacer un censo sobre las personas y el estado de las viviendas que fueron dañadas, en específico si la pérdida fue total o parcial, y hacer llegar los recursos económicos a los identificados como damnificados de forma ágil y sencilla. Todo esto implica una logística que sería muy difícil de llevar a cabo, a no ser por las tecnologías de la información.

Los recursos económicos para damnificados provienen del fondo del Gobierno federal para desastres naturales (FONDEN). El Banco del Ahorro Nacional y Servicios Financieros, Sociedad Nacional de Crédito (Bansefi) tuvo la responsabilidad de especificar los requerimientos de informática, así como la implementación de las tecnologías de información que permitieron llevar a cabo la identificación y el registro del censo (tanto de personas como de viviendas), la dispersión de los recursos, su entrega de forma ágil y la verificación de la entrega, en donde, incluso, se utilizó georreferenciación.

El propósito del presente documento es mostrar cómo la informática puede ayudar enormemente a las personas en situación vulnerable de una sociedad.

Para tener una idea general, se presenta el modelo conceptual, parcial y simplificado, usando casos de uso para el Gobierno federal:

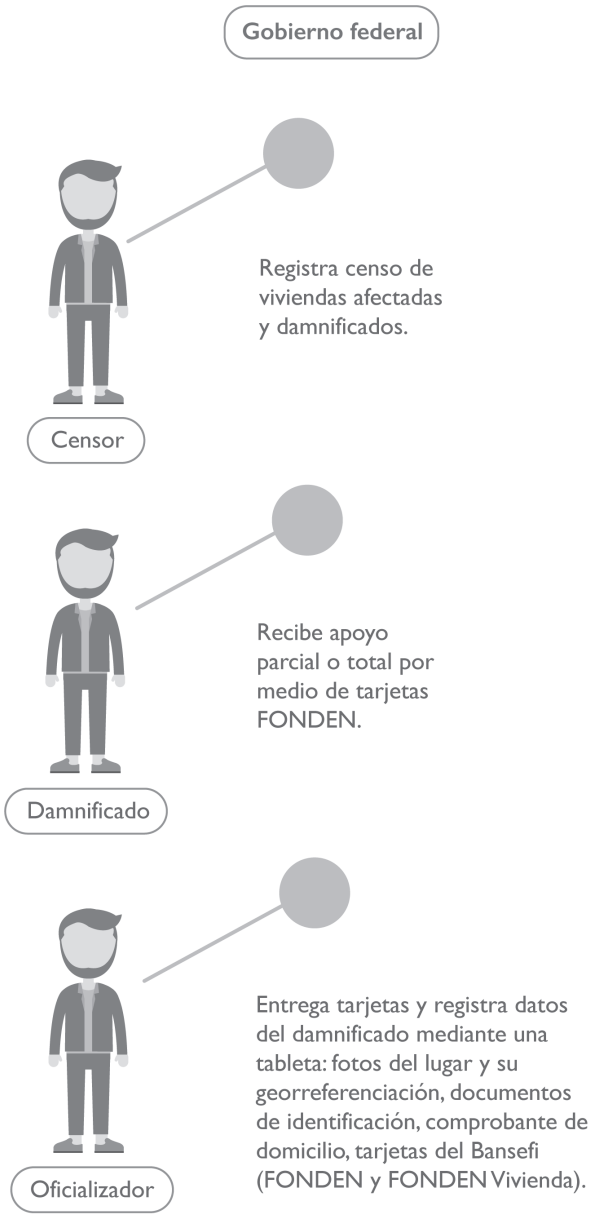


Figura 1. Modelo de la transferencia de recursos económicos para los damnificados.

Registra censo de viviendas afectadas y damnificados

Derivado de que el diseño y la implementación de la política de vivienda federal es responsabilidad de la Secretaría de Desarrollo Agrario, Territorial y Urbano (SEDATU), y a partir de la Declaración de Desastre que permite el uso de los recursos del FONDEN, comenzó un censo preliminar que permitiera encontrar las construcciones dañadas y a las personas damnificadas. También se clasificaron preliminarmente como parciales o totales los daños a los inmuebles.

Se entregó un número de folio a las personas afectadas, a través de un talón como comprobante. Los folios también se pintaron en alguna pared del domicilio, en los casos en donde el daño así lo permitiera, anotándose todo esto en una boleta posteriormente registrada en un sistema.

Se determinó si la persona que se encontraba en la vivienda sería la beneficiaria del programa. Si había varias personas o familias en un lote o vivienda, se otorgó un folio único de apoyo a quienes se encontraran habitando el inmueble en el momento del censo.

El máximo apoyo se dio a aquellos inmuebles que se habían derrumbado o que habían sufrido un daño a tal grado que tendrían que ser demolidos.

Se registró el número de personas damnificadas que serían integrantes del padrón de beneficiarios, así como el número de tarjetas a entregar.

También se registraron las condiciones físicas de los inmuebles y su accesibilidad.

Se efectuó la depuración del padrón cuando existieron errores en el nombre, la persona beneficiaria murió o migró, o no se encontró ningún familiar que cumpliera con las condiciones para ser beneficiario, o bien había predios con más de un folio o existían varios titulares por predio.

Se efectuaron también cambios a la clasificación del daño, a solicitud de los beneficiarios.

Es importante mencionar que de acuerdo con las reglas de operación del FONDEN, la SEDATU tiene la responsabilidad de la integración y modificación del padrón.

Recibe apoyo parcial o total por medio de tarjetas FONDEN

El padrón inicial para los estados de Chiapas y Oaxaca, enviado por la SEDATU y correspondiente a la fase de apoyos parciales inmediatos, se puso a disposición de la Subsecretaría de Egresos de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. Para las fases subsiguientes se siguió el procedimiento contenido en las "Reglas de Operación para la Dispersión Electrónica para Programas Gubernamentales" del Bansefi.

La recepción de los archivos proporcionados por la SEDATU, en el área de Canales Masivos del Bansefi, se realizó bajo las especificaciones utilizadas en otros programas sociales; sin embargo, es de recordar que se trabajó en un ambiente de contingencia que propició que la propia SEDATU llevara a cabo operaciones fuera de sus oficinas centrales y sin acceso a su correo institucional y al resto de medidas de seguridad asociadas a esta circunstancia. De igual manera, tanto la SEDATU como el Bansefi operaron en condiciones de enorme dificultad al haber desplegado los operativos casi de manera inmediata en las zonas afectadas por los sismos, en donde se carecía de condiciones mínimas de respaldo logístico y administrativo, en ocasiones sin acceso a energía eléctrica y sin conectividad ni líneas telefónicas.

El campo de control de la SEDATU, denominado *folio*, que se pintó en donde se creyera conveniente en el inmueble dañado, fue el empleado para identificar al beneficiario, convirtiéndose en el *ID beneficiario*. Dicho folio de la SEDATU, equivalente al *ID beneficiario* del Bansefi, estuvo sujeto a modificaciones por parte de los operadores en campo de la SEDATU en el sitio de los siniestros, por lo que la base de datos *folios* y, por tanto, la de *ID beneficiarios* han tenido cambios a lo largo del proceso, siempre manteniendo la congruencia entre ambas.

Con respecto a la entrega de tarjetas, todas se adjudicaron de acuerdo con las instrucciones de la SEDATU y en todo momento se ha tenido conocimiento de su destino. Es importante notar que el Bansefi llevó a cabo una dispersión de apoyos efectiva en su operación bancaria, en el sentido de que los recursos económicos fueron del FONDEN al beneficiario de forma directa por medio de dichas tarjetas, lo cual se logró de forma eficiente y económica.

Derivado de que el objetivo principal del programa es que los damnificados reconstruyan sus inmuebles, se crearon dos tipos de tarjetas FONDEN entregadas por el Bansefi: la tarjeta FONDEN Vivienda y la tarjeta FONDEN (monedero). La primera tarjeta tiene la característica de que sólo podrá ser utilizada en establecimientos cuyo giro sea de venta de material para la construcción, por lo que si se trata de utilizar los recursos de la tarjeta en otro establecimiento, el sistema detectará que no tiene el giro correcto y el beneficiario no podrá tener acceso a esos recursos económicos.

Con respecto al tipo de daño que haya tenido el inmueble, si se clasificó por el censor como daño parcial, al beneficiario se le entrega una tarjeta de tipo FONDEN (monedero) con la cantidad de 15 mil pesos, provenientes en su totalidad del Gobierno federal. Si el inmueble se clasificó como daño total, al beneficiario se le entrega una tarjeta FONDEN (monedero) con 30 mil pesos provenientes del Gobierno federal y una tarjeta FONDEN Vivienda con 90 mil pesos, de los cuales 60 mil provienen del Gobierno federal y 30 mil del Gobierno estatal.

Aquí es donde la tecnología puede ser de mucho beneficio para la población, porque la distribución electrónica permite generar eficiencia en la entrega de recursos públicos para todos los beneficiarios, aumentar el área de cobertura del Bansefi y aprovechar la cobertura de distintas redes creadas o promovidas por el Gobierno federal. El modelo general de dispersión electrónica está basado en tres estrategias que dependen del grado de bancarización y del nivel de acceso de los beneficiarios a la infraestructura bancaria (sucursales, terminales electrónicas en comercios y cajeros automáticos).

Para poder convertir a efectivo, si así lo requiriera el beneficiario de las tarjetas, es necesario colocar terminales financieras en zonas de escasa oferta de servicios financieros, así como el uso de canales como cajeros automáticos que cuenten con modo de transferencia asíncrona (ATM, por sus siglas en inglés), terminales financieras punto de venta (TPV) y otros, para fomentar la inclusión financiera a través del uso de medios electrónicos.

Por lo anterior, la instalación de nuevos cajeros automáticos, especialmente en municipios con alta concentración de beneficiarios o con infraestructura bancaria insuficiente, era de suma importancia. Por ejemplo, se llevó a cabo la

instalación exitosa de 39 nuevos cajeros automáticos en Chiapas y Oaxaca.

Desde 2010, el Bansefi puso a disposición de la población, particularmente de los sectores más desprotegidos, la red de Corresponsales Bancarios Bansefi, iniciando con tiendas comunitarias Diconsa, expandiéndose a través de estaciones de servicio PEMEX y de la Red Yastás, autorizada esta última para el inicio de operaciones por la CNBV en agosto de 2016. A partir de dicha implementación se ejecutó un plan de expansión agresivo, con el que a octubre de 2017 se sumaron en total 2573 corresponsales habilitados, los cuales cubren 981 municipios en las 32 entidades del país.

No obstante lo anterior, en alineación con el Programa Institucional Bansefi 2014-2018, y en específico con el objetivo de incrementar el acceso y el uso de servicios financieros, el Bansefi lleva a cabo continuamente análisis para evaluar la viabilidad de integrar nuevas redes de corresponsales. En consecuencia, se iniciaron las negociaciones y los trabajos para incorporar a Telecomunicaciones de México (TELECOMM), identificado como socio estratégico, al contar con amplia experiencia en la prestación de servicios financieros, así como con presencia en municipios y localidades de interés, planeando inicialmente el lanzamiento para el primer bimestre de 2018.

Para apoyar lo anterior, se solicitó y obtuvo la autorización de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores para la celebración del contrato respectivo y el inicio de operaciones de manera conjunta, contemplando que la liberación de las operaciones se llevaría a cabo de forma incremental.

De esta manera, el 30 de octubre de 2017 se inició la prestación del servicio de retiro de efectivo a través de la red de más de 1600 oficinas TELECOMM en todo el país. El portafolio de servicios se complementó el pasado 24 de noviembre, con el servicio de consulta de saldo, estando en proceso la liberación del servicio de depósito en efectivo. Como resultado de la incorporación de TELECOMM, la cobertura de la red de corresponsales creció más del 47 %, para llegar a 1445 municipios en total, incrementando de manera significativa la cobertura y la facilidad con la que la población afectada puede disponer de sus recursos.

Además, derivado de las precarias condiciones de muchas de las comunidades afectadas, la SEDATU contó con apoyo de diferentes instituciones, entre las cuales se destaca el Banjercito, que implementó el *Plan Billetes*, consistente en que personal de dicho banco de desarrollo acudía a las poblaciones en donde el Bansefi desarrollaba sus operativos de entrega de tarjetas, y con módulos portátiles, seguridad, terminales y efectivo, atendía de inmediato y sin cobro de comisión los retiros en efectivo que los titulares afectados solicitaran con su tarjeta Bansefi, evitando que recorrieran grandes distancias para hacer sus disposiciones.

Para que el mecanismo descrito funcionara eficientemente no era factible exigir al afectado un proceso o requisito de activación telefónica, y por las mismas condiciones de dificultad para comunicación y urgencia, no era opción realizarlo por procesos masivos del Bansefi, que dejarían desbloqueadas las tarjetas en fechas posteriores en las que la comunidad no tendría a su disposición las facilidades que

el equipo interinstitucional ponía a su alcance durante los recorridos. En caso de ser necesaria la reprogramación de los operativos de entrega, a solicitud de la SEDATU o por razones de fuerza mayor, como inclemencias del tiempo, se aplicaron nuevamente los bloqueos preventivos correspondientes.

Entrega tarjetas y registra datos del damnificado mediante una tableta: fotos del lugar y su georreferenciación, documentos de identificación, comprobante de domicilio, tarjetas del Bansefi (FONDEN y FONDEN Vivienda)

Se entregaron las tarjetas de FONDEN y FONDEN Vivienda y se registró la entrega por medio de un equipo *tablet.* Los oficializadores fueron los responsables de la entrega y el registro, pero esto requirió un trabajo de equipo interinstitucional entre la SEDATU, el Bansefi, la presidencia municipal y seguridad pública.

La cooperación municipal fue esencial por su conocimiento del territorio y para abrir la puerta con la comunidad y sus beneficiarios. La SEDATU, la dependencia federal encargada de levantar el censo, orientó a los oficializadores respecto a las ubicaciones de las viviendas afectadas en localidades rurales y marginadas; incluso, muchas viviendas eran de difícil acceso y sólo se podía llegar a ellas a pie. Por otra parte, la participación y presencia de la Policía federal, estatal, municipal, así como las fuerzas armadas, permitió un operativo sin incidentes, y también creó un ámbito de seguridad alrededor de los puntos de acceso en cada municipio.

Para entregar las tarjetas, el coordinador de programas gubernamentales de cada estado acordó con los representantes de la SEDATU la logística y los

calendarios de entrega de tarjetas. Posteriormente, y conforme al calendario acordado, el oficializador y las personas que los acompañan (a la unidad se le denomina *Brigada*) acude a las localidades o colonias asignadas. Al momento de llegar a cada vivienda, el oficializador solicita al beneficiario su identificación y verifica que los datos correspondan con la información del kit (tarjetas, contratos, etc.), tomando en cuenta los criterios especificados en las tablas "Identificaciones válidas y "Excepciones por errores menores". Esta verificación se realiza antes de abrir el kit. Los oficializadores, entonces, identifican al beneficiario y solicitan una copia de la identificación oficial presentada para el expediente. Luego formalizan los contratos requisitando la designación de beneficiarios para el caso de fallecimiento, y entregan las tarjetas a los beneficiarios conforme al tipo de daño indicado por la SEDATU.

Ahora bien, y esto es de suma importancia, gracias a la tecnología y por medio del uso de tabletas y una aplicación, los oficializadores pudieron localizar al beneficiario en el archivo precargado y tomar una fotografía a la vivienda en la que se visualice el folio de la SEDATU, el titular y la(s) tarjeta(s) entregada(s). Además, debe considerarse la naturaleza del operativo, la emergencia de las acciones requeridas para atender con la debida oportunidad a la población afectada, y las difíciles condiciones que las zonas atendidas presentaron en materia de infraestructura, servicios, seguridad e inestabilidad social, todo lo cual dificultó sobremanera la aplicación cabal de las prácticas bancarias. Es por esto que la tecnología fue un factor decisivo en todo este proceso.

Por ello, para la recopilación de los datos de los beneficiarios se desarrolló un aplicativo que se opera a través de una tableta. Con el aplicativo se crea en forma segura un expediente electrónico de cada beneficiario, para tener tanto el contrato de la cuenta de depósito como la foto de la vivienda, entre otros datos relevantes.

La georreferenciación, dato fundamental en todo este proceso, fue proporcionada por el proveedor Go Red, y también permite realizar el registro de la ubicación de las viviendas en las que se entregan los kits, y esta georreferenciación también forma parte del expediente electrónico de los beneficiarios. El levantamiento de la información sociodemográfica, la georreferenciación de las viviendas afectadas y las imágenes de los beneficiarios y de sus propiedades afectadas tuvo como objetivo garantizar transparencia del programa gubernamental de apoyos. Esta información no forma parte de los sistemas institucionales para el procesamiento de información, ni genera interacciones con los sistemas del Bansefi de operación bancaria, y en ninguna circunstancia fue considerada como medio de control ni seguimiento de fechas de entrega de tarjetas.

Además, por recomendaciones de la contraloría del Bansefi, a partir del 29 de septiembre de 2017 se realizó el bloqueo preventivo de la totalidad de las tarjetas, en tanto no fueran entregadas a los beneficiarios. Por ello, la activación y desbloqueo de las tarjetas se alineó a la instrucción de la SEDATU, de arranque de operativos en las comunidades y localidades que esa Secretaría determinó. Debe tenerse en cuenta el importante número de localidades atendidas que

asciende tan sólo en Chiapas y Oaxaca a 1730, las cuales se encuentran a distancias considerables de las cabeceras municipales, con carencia de servicios de comunicación e infraestructura carretera.

Aproximadamente el 8 % del total de las tarjetas no se entregaron en la primera visita a los domicilios de los beneficiarios; sin embargo, en una segunda y tercera visita esto se redujo a un 5 %. Cuando no se encontraba el beneficiario se dejaba una notificación al respecto. Los kits que no fueron entregados se canalizaron a la sucursal más cercana del Bansefi para que el beneficiario acudiera a solicitarla. También se instalaron puestos de atención en los palacios municipales, y las autoridades locales realizaron un proceso de voceo para avisar a la población afectada acerca de las entregas.

Conclusiones

Lo anteriormente descrito intenta mostrar que la respuesta a la pregunta de si la informática puede ayudar a las poblaciones en vulnerabilidad o, en el caso concreto, ante un desastre natural, es en definitiva un sí. La tecnología que requiere la informática es cada vez más barata y pequeña; lo que antes hubiera requerido un centro de cómputo con aire acondicionado, ahora se tiene en una tableta. Antes se hubiera necesitado de cámaras y un complicado sistema para guardar las fotografías de los lugares afectados y las personas damnificadas; ahora esto es posible mediante dispositivos móviles que no sólo pueden obtener una fotografía digital en el mismo dispositivo en donde se guarda la información del beneficiario, sino que además guardan la localización del inmueble dañado, para ser utilizada en favor de la transparencia y la rendición de cuentas.

Es importante tomar en cuenta que México tiene un territorio muy vasto y en muchos casos de difícil acceso. Que las personas en comunidades aisladas logren tener carreteras y servicios públicos requiere un esfuerzo en la mayoría de las ocasiones inmensamente costoso, y también poco factible. Sin embargo, la informática puede llegar a comunicar a comunidades aisladas debido al desarrollo de tecnologías diversas de comunicaciones, para llevar la conectividad, aprovechando incluso fuentes alternativas de producción de energía eléctrica.

El problema del dinero físico es difícil de resolver, pues crear ahorro y comercio de forma ágil resulta laborioso y peligroso. La ventaja del dinero electrónico, y en general de los medios electrónicos de pago, es que generar ahorro es muy fácil y más seguro, así como obtener un mayor comercio de forma segura.

El problema de la autenticación de las personas se está resolviendo en países como India, por medio de la tecnología de biométricos. En casos en donde las personas no cuentan con una identificación se está proporcionando ayuda económica por medio de sus características físicas, como las huellas dactilares o el reconocimiento facial. India ha mostrado también los problemas que se pueden tener al implementar un sistema de este tipo, pero eventualmente puede tener más ventajas que dificultades. Un ejemplo es la ubicuidad de la información a partir de la identidad biométrica, pues incluso si una persona ha perdido

todos sus documentos en un desastre natural, se podría tener acceso a su expediente bancario para proporcionarle ayuda.

Imaginemos un país en donde todas las comunidades cuenten con una tarjeta con la cual puedan ahorrar, hacer comercio y conocer sus actividades y saldos de manera fácil, aun cuando se encuentren muy alejados de los municipios a los que pertenecen, suponiendo que tuvieran fuentes de energía eléctrica. Si así fuera, en caso de desastres naturales la ayuda económica llegaría directamente de los fondos para desastres sin que hubiera un esfuerzo tan grande como el que se hizo en México en 2017 para la entrega de tarjetas. Además, identificando por medio de la georreferenciación los inmuebles (también con el uso de drones), se podría conocer rápidamente el nivel de daños sufrido. Si además se contara con la base de datos de identidad biométrica nacional, la autenticación de la identidad de las personas se facilitaría aún más.

Finalmente, parafraseando lo que recientemente dijo uno de los futbolistas mexicanos más renombrados del momento, Javier Hernández, *Chicharito:* "Imaginemos cosas extraordinarias".

Nota: El presente trabajo tomó como fuentes entrevistas al personal del Bansefi involucrado en todo el proceso de dispersión de recursos del FONDEN a los damnificados de los terremotos del 7 y el 19 de septiembre de 2017, y el documento "Informe de rendición de cuentas 2003-2018. Memoria documental. Banco del Ahorro Nacional y Servicios Financieros S. N. C., institución de banca de desarrollo".

Luis Ángel Rodríguez Alemán

larodriguez@bansefi.gob.mx

Es Ingeniero en Computación por el ITAM, maestro en Políticas Públicas por *Georgetown University* y maestro en Planeación Regional y Urbana por la *London School of Economics and Political Science*. Con esta combinación, Luis Ángel se define como "Soy totalmente e-gobierno", tema con el que ha publicado libros, capítulos y artículos.

Estuvo a cargo de la informática médica del ISSSTE, en donde obtuvo el Premio Innova por parte de la presidencia 2000-2006. Fue miembro del equipo de informática médica del IMSS y creó el área de sistemas médicos de Fuji de México.

En la Secretaría de Hacienda estuvo a cargo de los procesos de la subsecretaría de egresos y, más recientemente, fue jefe de la Unidad de Gobierno de Tecnologías de la Información y CIO (Chief Information Officer).

También fue CIO de Pronósticos Deportivos para la Asistencia Pública.

Ha sido consultor en el Banco Interamericano de Desarrollo, el Banco Mundial y la OCDE.

Ha sido maestro en el ITAM y en la universidad virtual del TEC de Monterrey y es miembro asociado del INAP, en la división de consultoría; asimismo, es miembro numerario de la Academia Mexicana de Informática.

Reflexiones sobre la transformación digital de las organizaciones

Carlos Zozaya

Introducción

Los próximos años traerán consigo cambios en la sociedad, con un alcance mucho más profundo que los que hemos experimentado como seres humanos en toda nuestra historia. La vertiginosa evolución que han venido teniendo las tecnologías exponenciales ha dado lugar a la denominada *cuarta revolución industrial* (Schwab, 2015), la cual tendrá repercusiones dramáticas no sólo en todos los sectores de la sociedad, sino también en nosotros como individuos.

Hoy el ser humano tiene a su alcance tecnologías económicamente viables y con una precisión suficientemente adecuada para, por ejemplo, editar el ADN, imprimir objetos en tres dimensiones y aprender automáticamente patrones a partir de información no estructurada, como videos e imágenes. Asimismo, tecnologías como los vehículos autónomos, la realidad virtual y aumentada, el aprendizaje automático, la robótica de propósito general y el Internet de

las cosas, entre otras, transformarán profundamente la manera como operan y compiten las organizaciones. Por ejemplo, se calcula que, gracias a los avances tecnológicos, en los últimos 30 años la esperanza de vida en todas las regiones del mundo ha aumentado en 10 años e, inclusive, algunos expertos estiman que en unos 20-25 años los nuevos descubrimientos científicos y tecnológicos harán viable el que el ser humano pueda vivir el tiempo que quiera. Lo anterior hace necesario replantear los modelos de negocio de empresas, como las afores y las compañías de seguros, que ofrecen productos y servicios con base en supuestos de esperanza de vida que dejarán de ser válidos en los próximos años.

El presente capítulo tiene como objetivo compartir con el lector algunas lecciones que he aprendido en los últimos años sobre el alcance que trae consigo la transformación digital de las organizaciones. Me pareció interesante escribir sobre esto ya que, a pesar de haber dedicado la mayor parte de mi vida a trabajar en temas relacionados con la informática, hasta hace poco no había entendido que esta revolución tecnológica no es igual a la que hemos vivido en las últimas décadas, y que los impactos que ésta traerá consigo en las organizaciones serán mucho más profundos.

El capítulo comienza por describir a grandes rasgos qué son las tecnologías exponenciales y en qué consiste la transformación digital de las organizaciones. A continuación, se explican algunas lecciones aprendidas de empresas que han podido transformarse digitalmente con éxito. Enseguida se comentan algunos mitos y realidades, así como errores comunes de muchas organizaciones cuando realizan esfuerzos de transformación digital. Para finalizar, se incluyen algunas conclusiones sobre el material comentado.

La cuarta revolución industrial y las tecnologías exponenciales

La denominada cuarta revolución industrial surge a partir de la fusión de un conjunto de tecnologías a las que se ha denominado "exponenciales", debido a que su evolución ha seguido un patrón que se ajusta a la ley de rendimientos acelerados, que promulgó Ray Kurzweill, uno de los fundadores de Singularity University. Esta cuarta revolución provocará cambios importantes en la sociedad, como lo que ocurrió con las tres revoluciones anteriores (p. ej. la máquina de vapor en el s. XVIII, la electricidad en el s. XIX y la computación en el s. XX). Sin embargo, su alcance es mayor; el impacto que tendrá en todos los ámbitos de la sociedad será más profundo, y la velocidad con la que ocurrirán los cambios será mucho más rápida. En palabras de Klaus Schwab, Presidente del Foro Económico Mundial, "esta revolución es distinta a las anteriores porque no sólo tiene el potencial de cambiar nuestro entorno, sino también el de cambiarnos a nosotros mismos" (WEF, 2016).

La ley de rendimientos acelerados de Kurzweill, que explica lo que está ocurriendo con las tecnologías exponenciales, establece lo siguiente:

1. El patrón de que cada 18 meses se duplica la relación desempeño/precio que identificó Gordon Moore, uno de los fundadores de la empresa Intel, en los circuitos integrados (p. ej. la ley de Moore), se aplica a cualquier tecnología de la información.
2. El impulsor de este fenómeno es la información. Una vez que cualquier dominio, disciplina, tecnología o industria se convierte en información, o es habilitada y alimentada por flujos de información, su desempeño/precio comienza a duplicarse aproximadamente anualmente.
3. Una vez que se inicia el patrón de duplicación, no se detiene.
4. Varias tecnologías clave que hoy en día están habilitadas para información siguen la misma trayectoria. Algunas tecnologías que están evolucionando exponencialmente son: inteligencia artificial, robótica, biotecnología y bioinformática, medicina, neurociencia, ciencia de datos, impresión 3D, nanotecnología y energía.

Como seres humanos resulta difícil prever la evolución de estas tecnologías, ya que tenemos la tendencia a sobreestimar lo que puede lograrse en el corto plazo y subestimamos lo que se puede lograr en el largo plazo.

La transformación digital de las organizaciones y su impacto

La primera referencia a la que tuve acceso cuando decidí estudiar acerca de la transformación digital de las organizaciones fue un reporte de la empresa Gartner Group, el cual describe las cinco plataformas que deben estar presentes en una organización que se transforma digitalmente (LeHong, 2016):

1. Una plataforma de *sistemas de información*, que incorpora los principales sistemas transaccionales de la organización y con la cual interactúan principalmente sus empleados.
2. Una plataforma de *ecosistema* que incorpora los mecanismos para interactuar con los proveedores y socios de negocio.
3. Una plataforma de *clientes*, la cual incluye todos los mecanismos digitales de interacción con los clientes como portales y redes sociales.
4. Una plataforma de *Internet* de las cosas, la cual permite aprovechar esta tecnología para automatizar procesos operativos y de logística.
5. Una plataforma de *analítica*, en la cual se analizan los datos provenientes de las otras cuatro plataformas y se encuentran nuevos patrones que ayudan a tomar mejores decisiones.

Al principio, me pareció que esta definición de "transformación digital" tiene sentido ya que, como informático, he estado acostumbrado a desarrollar productos, servicios y soluciones informáticas para mis usuarios. Sin embargo, después me encontré otras conceptualizaciones de lo que implica la transformación digital de las organizaciones de un alcance mucho más profundo y con una lógica más de negocios que la que había tenido hasta entonces. De hecho, concebir a la transformación digital sólo como un conjunto de plataformas tecnológicas es muy limitado, porque su alcance es mucho mayor.

Rogers (2016), por ejemplo, señala que existen cinco "dominios" de una organización que se ven impactados por la transformación digital: clientes, competencia, datos, innovación y valor. A continuación se detallan los cambios que ocurren en cada uno de estos dominios cuando la empresa se transforma digitalmente.

Impactos en el dominio de los clientes

Hasta antes de la revolución digital, las organizaciones en general, y las empresas en particular, habían estado acostumbradas a ver a sus clientes como un mercado masivo y a tener una comunicación unidireccional con ellos. La mercadotecnia se utilizaba fundamentalmente para persuadir la compra, y la empresa era el influenciador clave en la percepción que tenía el mercado sobre los productos y servicios de la organización.

Con el surgimiento del Internet y de las redes sociales, las empresas han dejado de ser el influenciador clave; los clientes se comunican entre sí y los diálogos entre ellos son en muchas ocasiones más relevantes que lo que la propia empresa dice.

Hoy las empresas deben concebirse a sí mismas como parte de ecosistemas en los que la comunicación es multidireccional y los flujos de valor son recíprocos. Por ejemplo, la empresa 3D Robotics, ofrece kits para fabricar drones sin costo a grupos de consumidores que se inscriben para hacer sugerencias sobre cómo mejorar los productos.

Rogers identifica cinco tipos de mecanismos para que una organización pueda crear y aprovechar redes con sus clientes: *a) De acceso*, donde el objetivo es que el cliente pueda acceder a datos y contenidos de la manera más fácil, rápida y flexible posible; *b) De enganche*, donde lo que se busca es que el cliente se "enganche" con la organización a través de brindarle contenido sensorial, interactivo y relevante para sus necesidades; *c) De particularización*, donde el cliente puede particularizar sus experiencias seleccionando y modificando una amplia gama de información, productos y servicios; *d) De conexión*, donde los clientes quieren conectarse unos a otros para compartir sus experiencias, ideas y opiniones, a través de texto, imágenes y redes sociales; y *e) De colaboración,* donde los clientes pueden colaborar en proyectos y objetivos con otros clientes a través de plataformas abiertas.

Impactos en el dominio de la competencia

Las tecnologías exponenciales también están teniendo un impacto importante en la manera como compiten entre sí las empresas. Gracias al Internet han surgido nuevos "modelos de negocio de plataforma", como Uber o Airbnb, cuyo valor proviene de poner en contacto a dos o más clientes o consumidores de la plataforma (p. ej. los que quieren rentar un espacio y los que necesitan un lugar para hospedarse). Asimismo, una tecnología como *blockchain* hace posible tener transacciones de valor *peer-to-peer* (p. ej. la transmisión de criptodivisas) de manera segura, transparente y pseudoanónima, sin necesidad de contar con un intermediario.

Otra característica común de los modelos de negocio de plataforma es que se apalancan en activos que no forman parte de la organización. Por ejemplo, Waze aprovecha los GPS que tienen sus clientes en sus teléfonos para obtener información cartográfica y de tráfico en tiempo real. Asimismo, Uber no tiene que tener autos porque estos activos los proporciona uno de los tipos de clientes (los choferes) de su plataforma.

Rogers identifica cuatro tipos de plataformas: *a) Mercados*, cuyo propósito es poner en contacto a dos tipos de clientes para un intercambio directo de valor (p. ej. eBay, Uber, Airbnb); *b) Transaccionales*, donde la plataforma sirve como un intermediario para facilitar pagos y transacciones financieras; *c) Sustentadas por publicidad*, donde la plataforma crea (o consigue) contenido que es atractivo a los clientes, y *d) Estándar de hardware o software*, donde la plataforma proporciona un estándar para desarrollar productos que sean interoperables.

Muchas de las plataformas del mundo digital tienen homólogas en el mundo físico. Por ejemplo, el sitio de citas eHarmony puede considerarse que da un valor a sus clientes similar a lo que en el mundo físico eran los clubes nocturnos. Asimismo, los sitios web con publicidad pueden considerarse una evolución de los periódicos físicos.

Las plataformas más exitosas han sido aquellas que han podido capitalizar el denominado "efecto de redes", el cual surge cuando los integrantes de una red reciben valor al interactuar entre sí. Por ejemplo, en el sitio de compra-venta de artículos eBay, el valor surge cada vez que una persona compra o vende un artículo a otra. Dado que el número de posibles interacciones entre los participantes de una red crece de manera cuadrática en función del número de participantes, estas plataformas rápidamente se vuelven el estándar de facto en dicho modelo de negocio (p. ej. Facebook, Instagram).

Impactos en el dominio de los datos

Las empresas tradicionalmente se han gestionado únicamente con base en datos estructurados; sin embargo, la mayor parte de los datos son no estructurados. En la actualidad existen nuevas herramientas

para poder procesar grandes volúmenes de información (p. ej. Hadoop) y también para procesarla con algoritmos de tipo cognitivo que permiten aprovechar los datos no estructurados (p. ej. Watson de IBM).

De particular interés son los datos de los clientes o consumidores, ya que de la relación con ellos es de lo que depende la naturaleza misma de la organización. Rogers identifica cuatro "plantillas" para obtener valor para el negocio a partir de los datos de los clientes: *a) Descubrimiento*, donde el análisis revela patrones invisibles; *b) Afinando el campo*, donde algoritmos de segmentación permiten hacer ofertas de valor más adecuadas para sus necesidades particulares, determinar quiénes son los clientes más valiosos de un negocio y enfocarse en ellos; *c) Personalización*, donde se hace lo necesario para atender a cada microsegmento de mercado de manera distinta; y *d) De contexto*, donde se contrastan los datos/acciones de un cliente con el resto de la población.

Impactos en el dominio de la innovación

Desde hace más de 30 años, Peter Drucker subrayaba la importancia de la innovación como la única fuente de crecimiento sostenible de las organizaciones. En el mundo digital, esta concepción se ha vuelto más cierta que nunca. Vivimos un periodo de cambios acelerados en el que sólo las empresas que tienen la capacidad de reinventarse a sí mismas sobreviven. En 1958, el número de años en los que una empresa aparecía en el listado de las 500 empresas más grandes de la revista *Fortune* era de 55; para 2018 se espera que esta permanencia haya disminuido a 15 años (Gale y Aarons, 2017).

Ahora bien, la manera como una empresa innova también se ha transformado en dos sentidos: a) la innovación se ha vuelto más "abierta" para aprovechar el talento que se encuentra fuera de la organización, y b) la experimentación se ha convertido en el mecanismo más efectivo para innovar.

Cuando A. G. Lafley tomó las riendas de Procter & Gamble, una de sus primeras acciones fue sustituir el proceso de innovación que la empresa había seguido desde sus orígenes, en el cual la innovación se desarrollaba fundamentalmente en los centros de investigación de la organización, por una estrategia de "*open innovation*" denominada "*Connect & Develop*" en la cual se buscaban innovaciones fuera de la organización para integrarlas a su portafolio de productos, servicios y competencias. Salim Ismail (2015) también destaca lo importante que es aprovechar el talento que se encuentra fuera de la organización utilizando, por ejemplo, plataformas como Kaggle, para que científicos de datos que no forman parte de la organización puedan contribuir a desarrollar modelos de beneficio para la empresa.

Con respecto a experimentación, Rogers (2016) señala que, si bien anteriormente muchas decisiones con impacto estratégico en las organizaciones se tomaban con base en intuición y experiencia, ahora las decisiones estratégicas se empiezan a tomar más con base en datos y en validaciones en el mercado. No obstante, en un entorno tan dinámico resulta muy difícil, si no es que imposible, tener la "respuesta co-

rrecta" sin experimentar. Con el apoyo de diversas tecnologías, como la impresión 3D, y de metodologías como "*design thinking*", probar ideas ha dejado de ser un proceso caro, lento y difícil de realizar; hoy probar ideas es mucho más fácil y barato, y el "*time-to-market*" se ha vuelto clave para poder competir (Kolko, 2015). El tener un "*Minimum Viable Prototype*" cuanto antes en el mercado para poder aprender y mejorar el producto o servicio es la única fórmula para el éxito.

Los experimentos que anteriormente sólo eran ejecutados por personal experto hoy pueden y deben ser ejecutados por todos, en forma similar a como cuando se adoptaron las mejores prácticas de calidad y ésta se volvió responsabilidad de todo el personal y no sólo del Departamento de Calidad de la organización.

Rogers (2016) distingue entre dos tipos de experimentos:

a) Los *experimentos convergentes* nos ayudan a responder algo específico y obtener una respuesta sobre una hipótesis o pregunta en particular. Ejemplos de este tipo de experimentos son probar cuál de un conjunto de productos es el más aceptado por el mercado objetivo, o probar el efecto que tendrá un determinado nivel de precio en un producto o servicio. Este tipo de experimentos es útil en etapas tardías en el diseño/desarrollo de una innovación para optimizar el curso de acción.
b) Los *experimentos divergentes* tienen un diseño menos formal que el de los convergentes porque implican un conjunto desconocido de preguntas y pueden dar lugar a más preguntas. Por ejemplo, poner un prototipo en las manos de los clientes y observar qué es lo que hace con él puede llevarnos a más preguntas e ideas de innovación. Este tipo de experimentación es útil en etapas tempranas en el diseño/desarrollo de una innovación, para generar más ideas y abrir nuevas posibilidades.

El concepto de *fracaso* como algo que se tiene que evitar a toda costa ha sido sustituido por un entendimiento de que gracias a los fracasos es que podemos aprender e innovar. Hace unos meses tuve la oportunidad de escuchar a Tom Kelly, el fundador de la empresa IDEO, distinguir entre un *failure*, que es un error del cual podemos y debemos aprender, y un *mistake* que es cuando repetimos el mismo error y no aprendemos nada de haberlo cometido. "*Fail fast, fail cheap*" se ha vuelto un mantra en ecosistemas de innovación como Silicon Valley.

Impactos en el dominio del valor

El concepto fundamental de que las empresas compiten con base en el valor que ofrecen a sus clientes por medio de sus productos y servicios no es algo nuevo en el pensamiento estratégico. Sin embargo, aunque la idea de que la fórmula del éxito para competir consiste en posicionarse en el mercado para dar valor a un cierto segmento de clientes aprovechando las competencias, recursos o actividades que sean únicos y relevantes sigue vigente; el concepto de *valor* se ha vuelto mucho más dinámico y granular.

Hoy los clientes son más informados y demandantes, y esperan ser tratados de acuerdo a sus preferencias y necesidades individuales. La propuesta de valor que anteriormente se definía en muchas ocasiones en el nivel de toda la industria, hoy debe definirse en función de las necesidades cambiantes de los clientes. Las organizaciones exitosas no sólo tienen que ejecutar bien su propuesta de valor actual, sino que tienen que estar permanentemente buscando cuál será la siguiente oportunidad para crear valor a los clientes.

Este dinamismo en la oferta de valor hacia afuera de la organización tiene que estar sustentado por cambios en la estructura y cultura organizacional que le permitan a la organización ser más ágil en la toma de decisiones y experimentar más rápidamente. Jack Welch, ex CEO de General Electric, señalaba que cuando la velocidad del cambio afuera de una organización era mayor que la velocidad de cambio adentro de ella, el final de la organización está cerca (Gale y Aarons, 2017). Sólo aquellas organizaciones que sean "paranoicas", como decía Andy Grove –cofundador de Intel–, en siempre dar el mejor valor a sus clientes, podrán sobrevivir.

Lecciones aprendidas sobre la transformación digital de las organizaciones

Algunas lecciones que podemos aprender de las organizaciones que más han avanzado en su transformación digital son las siguientes:

1. *La transformación digital implica un cambio en el ADN de la organización*. Una investigación sobre la transformación digital de las empresas revela que lo más fundamental de este fenómeno es lo que tiene que ver con la "transformación" que sufre la organización, más que con lo "digital" per se (Kane et ál., 2016). Las organizaciones más avanzadas son más ágiles para actuar, tienen un mayor apetito de riesgo que sus competidores, toman decisiones más con base en datos que en intuiciones, cuentan con una estructura organizacional menos jerárquica, trabajan en forma colaborativa, no en silos, y fomentan la autonomía en la toma de decisiones.
2. *La transformación digital implica un cambio en la manera como la organización se concibe a sí misma*. En su descripción sobre las organizaciones exponenciales, las cuales define como aquellas que tienen un desempeño cuando menos diez veces mejor que el de sus competidores, Salim Ismail (2015) identifica un conjunto de atributos que hacen que una organización pueda aprovechar el talento que se encuentra fuera de lo que tradicionalmente

han sido sus fronteras. Las organizaciones deben entender que, no importa quiénes sean, la gente más inteligente del mundo no va a trabajar para ellas. Por ello, las organizaciones deben encontrar mecanismos para aprovechar este talento y ello implica modificar el paradigma que hemos tenido de una organización como un conjunto de individuos que trabajan en un mismo lugar de trabajo, de manera exclusiva.

3. *La estrategia, no la tecnología, es el principal impulsor de la transformación digital*. La experiencia muestra que aquellas empresas que cuentan con una estrategia digital alineada a la estrategia de negocios, que especifica qué es lo que se quiere lograr con el uso de la tecnología digital, son significativamente más exitosas en su proceso de transformación digital que aquellas donde dicha estrategia no es clara (Kane et ál., 2015). Una estrategia digital clara permite enfocar los esfuerzos hacia las iniciativas que hará que la empresa pueda distinguirse de sus competidores y crear una ventaja competitiva sustentable.
4. *La transformación digital debe ser liderada desde lo más alto de la organización*. Tom Siebel (2018) señala que quizá lo que más distingue a la transformación digital versus otras aplicaciones de tecnologías en las empresas es que ésta tiene que ser liderada desde lo más alto de la organización. Ello no debería de extrañarnos ya que, como se ha señalado anteriormente, esta transformación trae consigo cambios importantes en el ADN de la organización y muy posiblemente en algunos fundamentos de su modelo de negocio. El rol de la alta dirección en la gestión del cambio organizacional es un factor clave para el éxito del proceso de transformación. Al igual que lo que ocurrió con los esfuerzos de reingeniería de procesos, o de implantación de sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, por sus siglas en inglés) en las organizaciones, la mayoría de los fracasos ocurren por falta de un liderazgo organizacional efectivo.
5. *Los mejores líderes de transformación comparten un conjunto de mejores prácticas*. Un análisis sobre las empresas que obtuvieron los primeros lugares en un *ranking* de innovación y transformación, realizado recientemente por un grupo reconocido de expertos en esta materia (Anthony y Schwartz, 2015), revela que todos los líderes que han impulsado la transformación de sus organizaciones comparten un conjunto de características comunes: a) son "*insiders-outsiders*" ya que, a pesar de tener en promedio 15 años de experiencia en su empresa, están suficientemente desligados del *core business* como para poder cambiar el rumbo del timón hacia nuevos horizontes; b) impulsan simultáneamente nuevas iniciativas de negocio a la vez que fortalecen su *core business* actual; c) utilizan el cambio cultural como el principal impulsor del compromiso; d) se convierten en los principales apóstoles de la iniciativa reforzando permanentemente mensajes que estimulen e inspiren el cambio organizacional, y e) elaboran "mapas de ruta" sobre los posibles cambios antes de que ocurran.

Mitos, realidades y errores de la transformación digital

En complemento a las lecciones aprendidas descritas en la sección anterior, a continuación incluyo algunos comentarios sobre mitos y realidades, así como errores en los que se incurre cuando una organización realiza iniciativas de transformación digital.

Con respecto a mitos y realidades, el Massachusetts Institute of Technology (MIT) y la empresa consultora Capgemini (2015) identifican los siguientes mitos de la transformación realidad:

1. *Lo digital tiene que ver principalmente con la experiencia del cliente*. Esta visión es limitada, ya que existen grandes oportunidades para aprovechar la transformación digital en las interacciones con los empleados y en otros ámbitos de la organización y su ecosistema.
2. *La manera correcta de cambiar es de abajo hacia arriba ("deja que mil flores florezcan")*. Esto es equivocado ya que la transformación digital, por implicar un cambio de ADN de la organización, debe ser liderada desde lo más alto de la organización. Asimismo, la importancia de una estrategia clara es fundamental para poder alinear los esfuerzos de la organización.
3. *Si ejecutamos suficientes iniciativas de transformación digital llegaremos allí.* La experiencia demuestra que una estrategia digital clara, así como la dedicación a la gestión de la transformación, tienen un impacto mayor en la organización que las iniciativas individuales.
4. *Lograremos la transformación digital a pesar de nuestra área de TI*. El estudio señala que la relación entre el área de TI y el negocio es clave para la transformación digital y que en muchas empresas debe mejorar.
5. *La manera de realizar la transformación digital es diferente para cada industria y compañía*. Esto tampoco es cierto. Como se indicó en la sección anterior, los líderes digitales comparten un ADN común y hay lecciones aprendidas que son aplicables a toda organización.

Por su parte, Gale y Aarons (2017) identifican los siguientes errores en los que comúnmente se incurre cuando se realizan esfuerzos de transformación digital:

1. *Enfocarse en el corto plazo*. En principio, suena lógico enfocarse en "quick wins", ya que se quiere demostrar que la transformación digital trae beneficios de negocio asociados con ella. Sin embargo, la mayoría de los líderes de las empresas que más éxito han tenido en su transformación digital consideran que la planeación de una estrategia a largo plazo es importante.

2. *Hacer más de lo mismo.* En un entorno volátil, incierto, complejo y ambiguo el hacer más de lo mismo suena como una apuesta segura; sin embargo, la experiencia muestra que ésta debería de ser la última opción. Estar abierto a ver el mundo de una manera distinta es vital para realizar una verdadera transformación digital.
3. *Seguir solamente un curso de acción*. Como se indicó anteriormente, en un entorno competitivo con tanta incertidumbre, resulta de fundamental importancia experimentar continuamente con diversas opciones para poder adecuar la estrategia dinámicamente.
4. *Sentir que va a ser algo sencillo y lanzarse a la transformación sin entender sus implicaciones*. Gale y Aarons realizaron un estudio en el que el 37 % de personas involucradas en procesos de transformación digital reconocieron que carecían de información y entendimiento sobre las complejidades que traería consigo el proceso de transformación. Transformar digitalmente una organización es complejo e implica vencer la resistencia al cambio.

Conclusiones

Para aquellos que pertenecemos a la comunidad informática, estos son tiempos que despiertan a la vez entusiasmo e inquietud. Por un lado, muchos nos sentimos afortunados de estar siendo testigos del impacto que las tecnologías de información están teniendo en múltiples áreas de la ciencia y la tecnología. Sin embargo, al mismo tiempo es natural que sintamos vértigo y angustia por la velocidad a la que están ocurriendo los cambios. ¿Qué va a pasar cuando una proporción significativa de los empleos que hoy conocemos sean sustituidos por las máquinas? ¿Qué ocurrirá cuando el ser humano pueda vivir el tiempo que quiera? ¿Evolucionaremos hacia una nueva especie en donde se fusione lo físico, lo biológico y lo tecnológico?

Los cambios tecnológicos están haciendo que muchos de los supuestos de los modelos de negocio tradicionales pierdan validez, a la vez que habilitan nuevos modelos de negocio de plataforma, en los que el valor es resultado de un ecosistema de socios, colaboradores y competidores.

Hoy el ser humano tiene a su disposición un poder que nunca había tenido, y existen grandes lagunas en la regulación para hacer un uso responsable del mismo. La Academia Mexicana de Informática tiene, como nunca, la oportunidad de contribuir a forjar un mejor futuro digital para nuestro país en los ámbitos de acción que le competen.

Referencias

Anthony, S. D. & Schwartz, E. I. (2017, May 8th). What best transformational leaders do. *Harvard Business Review*.

Gale, M. & Aarons, C. (2017). *The digital helix: Transforming your organization's DNA to thrive in the digital age.* Austin, Texas: Greenleafe Book Group Press.

Ismail, S., Malone, M. S. & Geest, Y. (2014). *Exponential organizations: Why new organizations are ten times faster, better and cheaper than yours*. New York: Diversion Books.

Kane, G., Palmer, D., Nguyen, A., Kiron, D. & Buckley, N. (2015, July). Strategy, not technology drives digital transformation. *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*.

Kane, G., Palmer, D., Nguyen, A., Kiron, D. & Buckley, N. (2016, July). Aligning the organization for its digital future. *MIT Sloan Management Review and Deloitte University Press*.

Kolko, J. (2015, September). Design thinking comes of age. *Harvard Business Review*.

LeHong, H., Howard, C., Gaughan, D. & Logan, D. (2016, June 8th). Building a digital business technology platform. *Gartner Group*.

MIT Sloan Management & Capgemini Consulting. (2015). The digital advantage: How digital leaders outperform their peers in every industry.

Rogers, D. L. (2016). *The digital transformation playbook. Rethink your business for the digital age*. New York: Columbia Business School.

Schwab, K. (2016). *The Fourth Industrial Revolution.* Geneva, Switzerland: World Economic Forum.

Siebel, T. (2018). Why digital transformation is now on the CEO's shoulders. McKinsey & Company.

World Economic Forum. (13 de abril de 2016). *The Fourth Industrial Revolution | At a glance* [Archivo de video]. Consultado de https://www.youtube.com/watch?v=Ko2esJeGsrI

Carlos Zozaya Gorostiza

CZozaya@bal.com.mx

El Dr. Carlos Zozaya Gorostiza es director de área en la empresa Técnica Administrativa BAL, S. A. de C. V. Anteriormente fue director de Sistemas del Grupo Nacional Provincial, S. A. B. de C. V. (2003-2015), director de Sistemas de El Palacio de Hierro (2018) y director general de la División Académica de Ingeniería del Instituto Tecnológico Autónomo de México (1992-2003).

Obtuvo la licenciatura en Ingeniería Química en la Universidad Metropolitana y una maestría y un doctorado en Ingeniería Civil en la Universidad Carnegie Mellon. En 1999 cursó el Programa de Administración Avanzada de la *Wharton School* de la Universidad de Pennsylvania.

Es autor del libro *Knowledge Based Process Planning for Construction and Manufacturing* (Academic Press, 1989), de 25 artículos publicados en revistas y congresos internacionales con arbitraje y de cuatro capítulos en libros publicados por editoriales internacionales.

En 1981 recibió el Premio Nacional de la Juventud, de manos del presidente de la república, y en 2015 fue nombrado Egresado Distinguido de Licenciatura, por la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM), a 40 años de su fundación.

Ha sido miembro del Sistema Nacional de Investigadores y presidente de la Academia Mexicana de Informática, A. C.

Directorio AMIAC

Dr. Demetrio Fabián García Nocetti
Presidente

Mtro. Francisco David Mejía Rodríguez
Vicepresidente

Dr. Sergio Carrera Riva Palacio
Secretario

Dra. Marcela Peñaloza Báez
Tesorera

Créditos

Coordinación general
Dr. Jorge León Martínez

Corrección de estilo
Lic. Brenda Gómez Sánchez
Lic. José Antonio Medina Carranza

Coordinación de comunicación visual e integración
Mtro. Juan de Dios Fuentes Reyes
Lic. Laura Rocío Ramos Osorno

Comunicación visual
Lic. Beatriz Selene Sánchez Bailón
Lic. Jessica Hernández Hernández
Lic. Joaquina González Pardo

Directorio CUAED

Dr. Francisco Cervantes Pérez
Coordinador

Dra. María Concepción Barrón Tirado
Secretaria Académica

Dr. Enrique Ruiz Velasco Sánchez
Director de Desarrollo Educativo

Dr. Jorge León Martínez
Secretario de Proyectos y Tecnologías para la Educación

Mtro. Ricardo Arroyo Mendoza
Director de Tecnologías de la Información

Dra. Guadalupe Vadillo Bueno
Directora del Bachillerato a Distancia

Mtra. María Elena Martínez González de la Vega
Directora de Planeación y Vinculación

Lic. Carlos Roberto Martínez Tarelo
Secretario Administrativo

El futuro de la informática en México:
Propuestas de los miembros de la Academia Mexicana de Informática
Editores: Guillermo Levine, Enzo Molino y Carlos Zozaya

Esta obra fue editada por la Coordinación de Universidad Abierta y Educación a Distancia, UNAM.
Circuito Exterior, Ciudad Universitaria, Coyoacán, Ciudad de México.
Noviembre de 2018. Versión digital.