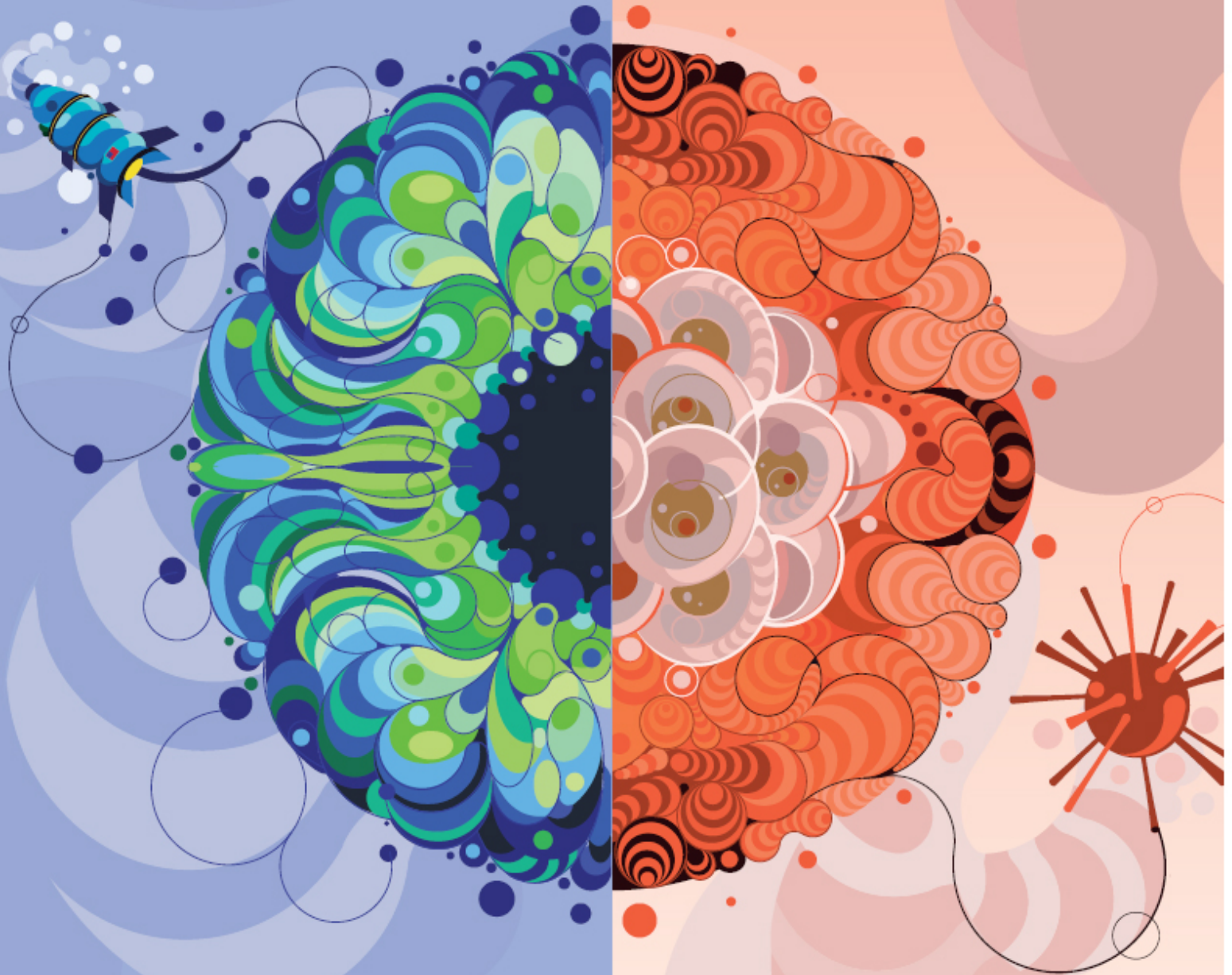


Deloitte.
Insights



**Lista de observación de las tecnologías
exponenciales**

Oportunidades de innovación en el horizonte

Lista de observación de las tecnologías exponenciales♦

Oportunidades de innovación en el horizonte

¿La computación cuántica se está volviendo suficientemente poderosa para hacer que la tecnología de encriptado de sus datos esté en riesgo? Si es así, ¿será posible hacer “prueba cuántica” a su información y a sus comunicaciones? ¿Cuándo se necesita hacer ello? ¿La inteligencia artificial general surgirá e inclinará hacia las máquinas la ecuación hombre/máquina? ¿Pondrá en riesgo a su propio trabajo? ¿Qué pasa con su negocio – o incluso con su industria? ¿La IA representa una cantidad igual de oportunidad para innovar y prosperar? De cara a esas y otras fuerzas exponenciales, las organizaciones líderes – que trabajan con ecosistemas que incluyen socios de negocio, start-ups, y académicos – están desarrollando las respuestas y capacidades disciplinadas de innovación que necesitarán para sentir, experimentar con, incubar, y escalar las oportunidades exponenciales.

El autor de ciencia Steven Johnson observó alguna vez que “la innovación no viene de darles a las personas incentivos; viene de crear entornos donde sus ideas se puedan conectar.”¹

En un clima de negocios y tecnología donde la capacidad para innovar se ha vuelto crítica para sobrevivir, muchas compañías todavía se esfuerzan para crear los entornos disciplinados, que nutren la innovación, que Johnson describe. El proceso de innovación es, por definición, un camino feliz en

panoramas nuevos. Sin un destino claro, algunos ejecutivos pueden volverse inseguros y frustrados. ¿Dónde debemos centrar nuestros esfuerzos de innovación? ¿Cómo podemos desarrollar innovaciones importantes que establecerán nuestros negocios para el éxito en el futuro al tiempo que entrega para el trimestre? ¿Cómo podemos cambiar nuestros esfuerzos de innovación episódicos, al azar, en procesos metódicos, productivos?

Con las tecnologías exponenciales, el desafío se vuelve más desalentadores. A diferencia de muchas de

♦ Documento original: “Exponential technology watch list. Innovation opportunities on the horizon,” **Tech Trends 2018. The symphonic enterprise.** Deloitte Insights, pp. -133-149. By Jeff Margolies, Rajeev Ronanki, David Steier, Geoff Tuff, Mark White, Ayan Bhattacharya, Nipun Gupta, and Irfan Saif. https://www2.deloitte.com/content/dam/insights/us/articles/Tech-Trends-2018/4109_TechTrends-2018_FINAL.pdf.

las herramientas y sistemas emergentes examinados en este reporte – que demuestran potencial claro para impactar los negocios en los próximos 18 a 24 meses – las exponenciales pueden parecer un poco más pequeñas en el horizonte. Esas son fuerzas de tecnología emergentes que pensamos podrían manifestarse en un “horizonte de 3 a 5” franjas de tiempo – entre 36 y 60 meses. Con algunas exponenciales, el horizonte de tiempo puede extenderse más allá de cinco años antes de manifestarse ampliamente en los negocios y en el gobierno. Por ejemplo, la inteligencia artificial general [artificial general intelligence (AGI)] y el encriptado cuántico, que examinamos adelante en este capítulo, cae en la categoría de 5+. Otras podrían manifestarse más rápidamente; si bien la AGI y el encriptado cuántico están mostrando algunas migajas de progreso que puedan llevar a innovaciones importantes en el horizonte de tiempo más cercano. Cuando usted comience a explorar las fuerzas exponenciales, tenga en mente que, si bien pueden parecer pequeñas en el horizonte, usted no debe asumir que tenga entre tres a cinco años para elaborar un plan y comenzar. Ahora es el momento para comenzar a construir un entorno de exponenciales de innovación en el cual, tal y como Johnson dice, “las ideas se puedan conectar.”

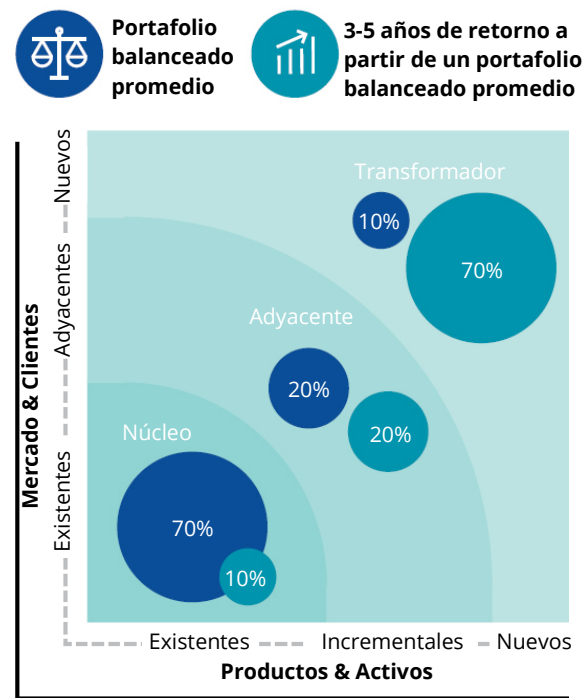
En el presente, muchas empresas carecen de las estructuras, capacidades, y procesos requeridos para innovar efectivamente de cara al cambio exponencial – una realidad que conlleva algún riesgo. Si bien las iniciativas exponenciales pueden requerir saltos de fe y compromisos de más largo plazo, potencialmente pueden entregar resultados transformadores. Por ejemplo, en nuestro reporte *Tech Trends 2014*, nosotros colaboramos con la facultad de la Singularity University, una institución de investigación líder, para explorar la robótica y la fabricación aditiva. En ese momento, esas tecnologías emergentes estaban superando la Ley de Moore: su desempeño en relación con el costo (y tamaño) se fue más que doblando cada 12 a 18 meses. Hace unos pocos años, vimos que las mismas tecnologías estaban generando disrupción en industrias, modelos de negocio, y estrategias.

Investigadores de Doblin, la práctica de investigación de Deloitte Digital, han estudiado cómo los innovadores efectivos enfocan esos desafíos y riesgos. Encontraron que las compañías con los registros más fuertes de innovación de manera clara articulan sus ambiciones de innovación y mantienen un portafolio estratégicamente relevante de iniciativas a través de los niveles de ambición. Algunos esfuerzos se centran en la *innovación central* que optimiza los productos existentes para los clientes existentes. Otros están alrededor de la

innovación adyacente que puede ayudar a ampliar los mercados existentes o desarrollar nuevos productos que trabajen a partir de su existente base de activos. Otros todavía apuntan a la *innovación transformadora* – esto es, desplegar capital para desarrollar soluciones para mercados que todavía no existen o para necesidades que los clientes pueden incluso no reconocer que tienen.

Los investigadores de Doblin examinaron compañías en los sectores industrial, de tecnología, y de bienes de consumo, y correlacionaron el patrón de las innovaciones en innovación de compañías con el desempeño del precio de sus acciones. (Vea figura 1). Surgió un patrón sorprendente: las firmas que superan típicamente asignan cerca del 70 por ciento de sus recursos de innovación a las ofertas centrales, el 20 por ciento a esfuerzos adyacentes, y el 10 por ciento a iniciativas transformadoras. En contraste, los retornos acumulados en inversiones de innovación tienen a seguir una ratio inversa, con el 70 por ciento viniendo de iniciativas transformadoras, el 20 por ciento de adyacente, y el 10 por ciento del

Figura 1. Administre un portafolio de inversiones de innovación a través de las ambiciones



Fuente: Análisis de Deloitte
Deloitte Insights | Deloitte.com/insights

núcleo.² Esos hallazgos sugieren que los innovadores más exitosos han atacado el balance ideal de iniciativas de núcleo, adyacente, y transformadoras a través de la empresa, y han puesto en funcionamiento las herramientas y capacidades para administrar esas diversas iniciativas como partes de un todo integrado. Para estar claros, la asignación 70-20-10 de inversiones de innovación no es una fórmula mágica que funciona para todas las compañías – es una asignación promedio basada en análisis a través-de-industrias y a través-de-geografías. El balance óptimo variará de compañía a compañía.³

Uno puede asumir que las innovaciones derivadas de tecnologías exponenciales surgirán solo en la zona de transformación. De hecho, la innovación exponencial puede ocurrir en todas las tres zonas de ambición. El autor y profesor Clayton Christensen observó que las tecnologías verdaderamente disruptivas a menudo son desplegadas primero para mejorar productos y procesos existentes – esto es, los que están en el núcleo y en las zonas casi adyacentes. Solo más tarde esas tecnologías encuentran nuevas aplicaciones en espacios en blanco.⁴

Buscando lo “no-cognoscible”

Las inversiones de innovación asignadas para explorar las exponenciales pueden ser ampliamente consideradas como “no-cognoscibles.” Ya sea que apunten a retornos en el núcleo, adyacentes, o transformadoras, las inversiones exponenciales se centran ampliamente en posibilidades y visión que funcionan más allá de los hábitos de éxito de hoy. Incluso si el potencial pleno de una tecnología exponencial puede no verse aparente durante varios años, las capacidades y aplicaciones relevantes probablemente están surgiendo hoy. Si usted espera tres años antes de pensar seriamente acerca de ellas, su primera curva no-accidental podría ser de tres a cinco años más allá de ello. Dado que las fuerzas exponenciales desarrollan un ritmo atípico, no lineal, a más usted espere para comenzar a explorarlas, cuánto más se retrasa su compañía.

Cuando usted comience a planear el camino de la *innovación exponencial*, considere tomar un enfoque de ciclo de vida que incluya los siguientes pasos:

- **Sensibilización e investigación.** Como primer paso, comience a construir hipótesis con base en

sensibilización e investigación. Identifique una fuerza exponencial y elabore hipótesis sobre su impacto en sus productos, sus métodos de producción, y su entorno competitivo en el surgimiento temprano y en el largo plazo. Luego realice investigación alrededor de esas hipótesis, usando umbrales o niveles de activación para con el tiempo incrementar o disminuir la actividad y la investigación. Es importante observar que la sensibilización y la investigación no son I&D – son pasos preliminares en lo que será un esfuerzo más largo para determinar el potencial que la fuerza exponencial tiene para su negocio.

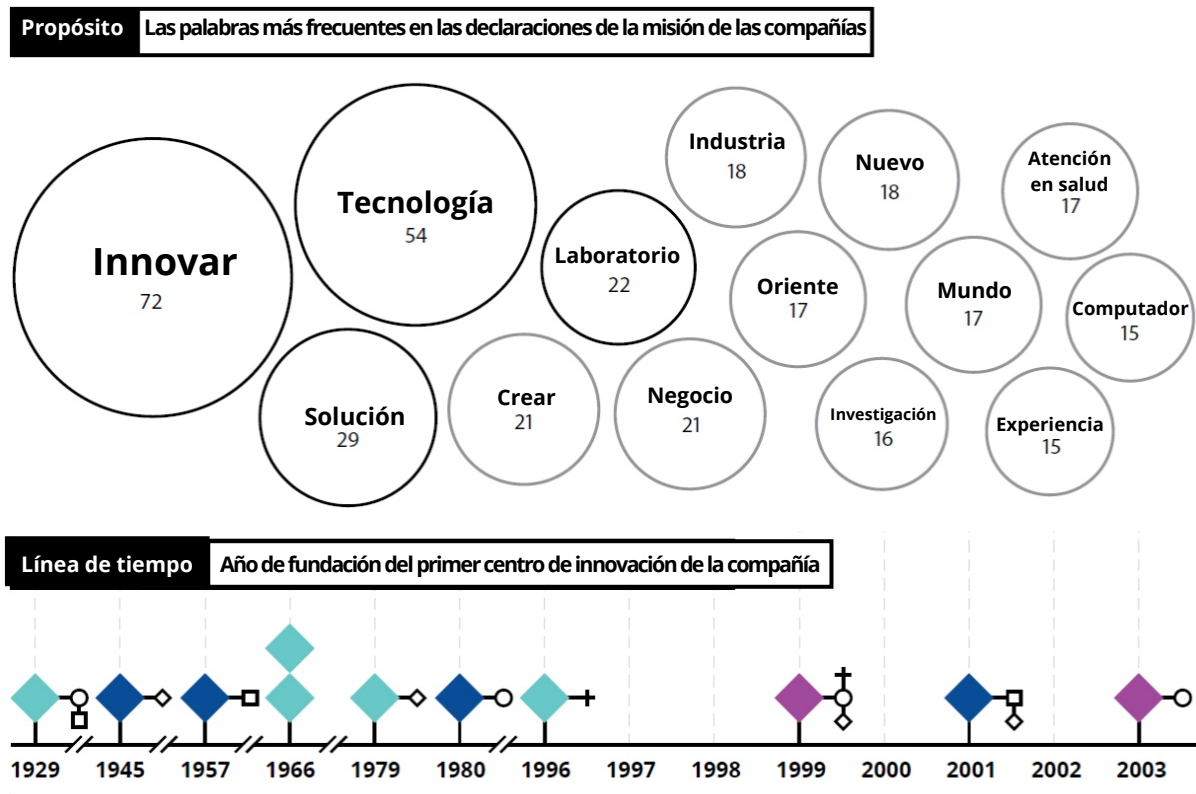
- **Exploración y experimentación.** En algún punto, su investigación alcanza un umbral en el cual usted puede comenzar a explorar el “estado de lo posible.” Mire cómo otros en su industria están enfocando o incluso explotando esas fuerzas. En este punto, *mostrar* es mejor que *decir*. Intente recolectar 10 o más ejemplares de lo que otros estén haciendo con las exponenciales. Ellos le pueden ayudar a usted y a sus colegas a entender mejor las fuerzas exponenciales y su potencial.

También examine cómo *desarrollar un ecosistema* alrededor de cada fuerza podría ayudarle a usted a comprometer socios de negocio externos, proveedores, y vendedores, así como también *stakeholders* en su propia organización. ¿Cómo tal ecosistema podría permitir intercambios de valor entre los miembros? ¿Qué tipos de gobierno y procesos se necesitarían para administrar tal ecosistema? ¿Cómo su empresa se beneficiaría del éxito del ecosistema?

En la medida en que usted y los *stakeholders* a través de la empresa gradualmente profundicen su entendimiento de las fuerzas exponenciales, usted puede comenzar a explorar el “estado de la práctica.” Específicamente, ¿cuáles elementos de una fuerza exponencial dada pueden potencialmente beneficiar al negocio? Para desarrollar un entendimiento más profundo del estado de la práctica, examine la viabilidad de la exponencial a través de los lentes de un modelo balanceado de innovación: ¿De esta oportunidad qué es deseable desde la perspectiva del cliente? ¿Esta oportunidad es viable desde la perspectiva del negocio? Y, muy importante, ¿tiene usted las capacidades críticas y los activos de tecnología que usted necesitará para capitalizar esta oportunidad?

Figura 2. Centros de innovación en compañías de Fortune 100

Investigación de Deloitte revela que 67 de las compañías de *Fortune 100* tienen al menos un centro de innovación – una iniciativa formal que aprovecha tecnologías disruptivas y asociaciones para mejorar operaciones, productos, y experiencias del tiempo. Temprano, un puñado de organizaciones prospectivas fueron pioneras del modelo del centro de innovación. En las décadas siguientes, más compañías han creado sus propios centros de innovación, lo cual evidencia una necesidad que crece constantemente para hacerle frente a la innovación más metódicamente.



Fuente: Información públicamente disponible sobre todas las compañías de Fortune 100; muestra representativa de asociaciones.

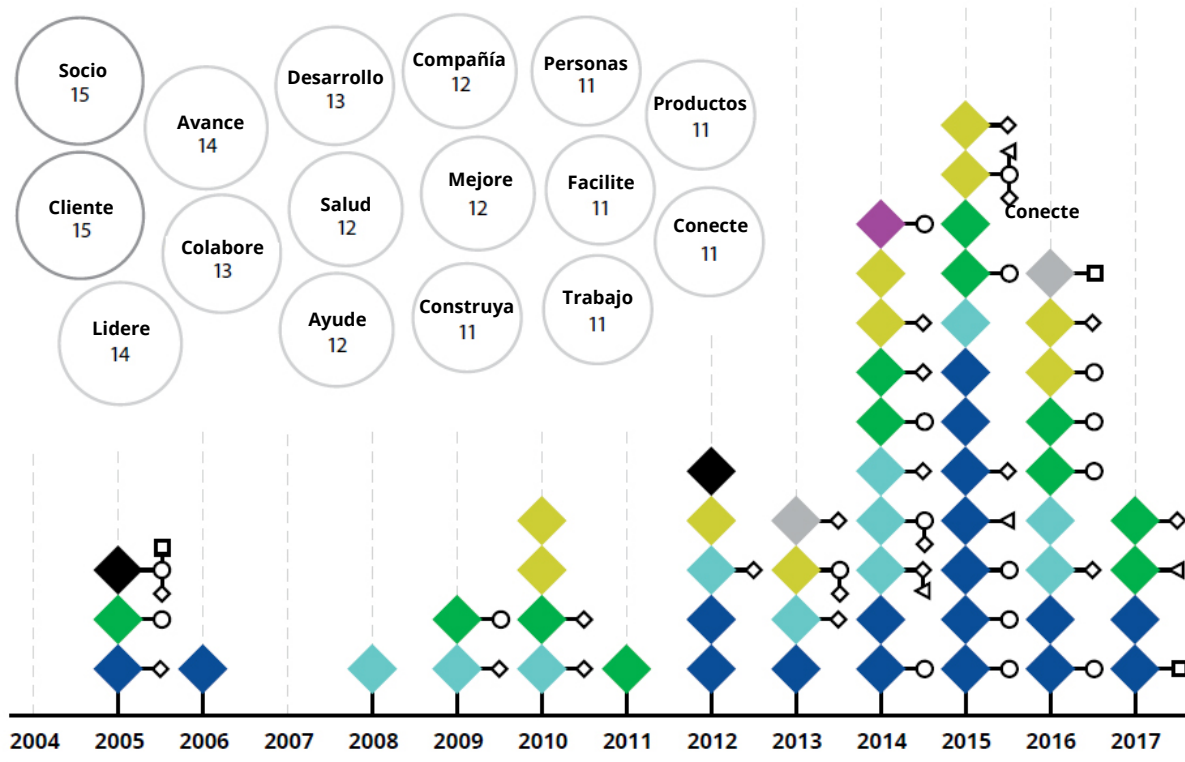
Para avanzar más allá de la exploración y llegar a la experimentación, intente priorizar casos de uso, desarrolle casos de negocio básicos, y luego construya prototipos iniciales. Si el caso de negocios rinde – quizás con algunos giros del caso – entonces usted puede haber encontrado una innovación ganadora.

- **Incubación y escalado.** Cuando la propuesta de valor del experimento satisface las expectativas expresadas en su caso de negocio, usted puede estar tentado a poner la innovación en producción plena a nivel de la empresa. Tenga cautela acerca de moverse demasiado rápidamente. Incluso con un sólido caso de negocio y experimentos alentadores, en esta etapa su innovación no está probada para

escalarla. Algunas compañías han establecido centros de innovación que están separados del negocio central y su planta de personal tiene talento dedicado. Esas iniciativas formales típicamente tienen experticia en innovación escalado. También pueden tener la capacidad para llevar a cabo el nivel de compromiso, prueba, y endurecimiento que se necesita antes de poner a su innovación en producción.

- **Sea programático.** Llevar cualquier innovación – peo particularmente una fundamentada en fuerzas exponenciales – desde sensibilización hacia producción no es un proceso de dos pasos, ni es un proceso accidental.

Industria	● Productos de consumo & industriales	● Ciencias de la vida & atención en salud	● Servicios financieros
	● Tecnología, medios de comunicación, telecomunicaciones	● Energía & recursos	● Sector público
	● Industrias cruzadas		
Asociaciones	○ Academia & Investigación	◇ Asociaciones de compañías & industrias	+ Capital de riesgo
	▣ Gobierno	◀ Start-ups	



Deloitte Insights | Deloitte.com/insights

Algunos piensan de la innovación como nada más que momentos de *jeureka!* Si bien hay un elemento de ello, la innovación es más acerca de un esfuerzo programático disciplinado, llevado a cabo en el tiempo con un enfoque bien considerado de portafolio, que se trata de serendipia* La inspiración es un ingrediente, pero también lo es la transpiración.

No olvide a los humanos

En la medida en que usted profundiza en los exponenciales y comienza a pensar más deliberadamente acerca de cómo usted enfoca la innovación, es fácil distraerse o desanimarse. “Esto es de miedo y no puede ser verdadero” o, “Esto se trata solo de tecnología.” Es

importante no perder de vista el hecho de que, para la mayoría de las compañías, los *seres humanos* son la unidad fundamental del valor económico. Por ejemplo, las personas permanecen en el centro de los procesos de inversión, y todavía toman decisiones operacionales acerca de cuáles innovaciones probar y desplegar. Explorar las posibilidades exponenciales es lo primero y principal acerca de orientar ciertos comportamientos humanos – en su operación, y en el mercado. Por otra parte, tal y como Steven Johnson lo sugiere, cuando las ideas humanas se conectan, la innovación seguramente sigue. Con los humanos en el centro de sus esfuerzos, usted será capaz de mantener a los exponenciales – y a toda su alucinante grandeza – en la perspectiva apropiada.

* Serendipia = La ocurrencia y el desarrollo de eventos por casualidad de una manera feliz o beneficiosa (N del T).

Nuestra parte

Jonathan Knowles, jefe de la facultad y compañero distinguido
Pascal Finnette, vicepresidente de soluciones de startup

SINGULARITY UNIVERSITY

Los humanos no están cableados para pensar de una manera exponencial. Nosotros pensamos linealmente porque nuestras vidas son viajes lineales: nosotros nos movemos desde la salida del sol hasta la caída del sol, de lunes a viernes. La idea de que algo pudiera estar evolucionando tan dramáticamente que su tasa de cambio tenga que ser expresada en exponentes parece, en un nivel muy básico, carente de sentido.

Aun así, el progreso exponencial está ocurriendo, especialmente en las tecnologías. En 1997, el supercomputador ASCI Red de \$46 millones tenía 1.3 teraflops de poder de procesamiento, lo cual en ese momento lo convirtió en el computador más rápido del mundo.⁵ Hoy, la consola de juegos Xbox One X de \$499 de Microsoft tiene 6 teraflops de poder.⁶ Mira, un supercomputador del Argonne National Laboratory, es una máquina de 10 petaflop.⁷ ¡Esto es punto flotante de *diez mil trillones* de operaciones por segundo!

La innovación exponencial no es nueva, y no hay indicador que se hará lenta o que se detendrá. Más importante aún, los avances exponenciales en los computadores permiten avances – y disrupciones – exponenciales en otras áreas. Ahí radica el desafío para los CIO y otros ejecutivos. ¿Cómo las compañías pueden en últimas aprovechar la innovación exponencial más que ser disruptidas por ellas? Considere la historia a menudo citada de Kodak. En los años 1970, Kodak creó una cámara de .01 megapíxeles pero decidió sentarse en la tecnología más que mercadearla.⁸ Si usted intenta hacer lo que Kodak hizo, ¿eventualmente algo llegará y generará disrupción en usted?

¿Usted debe asumir que toda tecnología tiene potencial exponencial? En el año 2011, un grupo de investigadores demostró una red neural de IA que podría reconocer un gato en un video – una innovación que alguna encontró divertida. Si hubieran sido capaces de ver cinco años hacia el futuro, ellos podrían no haberse reído. Hoy, los minoristas están proyectando el desempeño del almacén y positivamente impactando los ingresos ordinarios mediante analizar los alimentadores de video en el almacén para determinar cuántas maletas cada comprador está llevando.⁹

Puede ser desafiante reorientar hacia posibilidades lineales el pensamiento lineal de *stakeholders* y tomadores de decisiones centrados en ingresos ordinarios trimestrales. La resistencia institucional ante el cambio solo se endurece cuando el cambio en consideración tiene un horizonte de tiempo de cinco años. Pero el cambio exponencial ya está en camino, y su velocidad solo continúa incrementándose. La pregunta que los negocios y los líderes de agencia enfrentan no es si las innovaciones exponenciales transformarán el *status quo*, sino *cómo* – y cuánto, y qué tan pronto...

En el año 2013 Spike Jonze filmó *Her*, un hombre sensible que en el rebote de un matrimonio roto se enamora de “Samantha,” un nuevo sistema de operación que es intuitivo, auto consciente, y empático.¹⁰ Los vendedores del estudio publicitaron la historia de la película como ciencia ficción. ¿Pero lo era? Los avances continuos en inteligencia artificial sugieren que, en algún punto en el futuro, la tecnología puede ampliamente emparejar las capacidades intelectuales (y sociales o emocionales) humanas y, al hacerlo, borrar la frontera entre humanos y máquinas.¹¹

Conocida como inteligencia artificial general [artificial general intelligence (AGI)], esta versión avanzada de la IA de hoy tendría muchas capacidades que de manera amplia emparenten lo que los humanos denominan nuestro instinto visceral – el entendimiento intuitivo que nos conduce a situaciones no familiares que nos permiten percibir, interpretar, y deducir en el lugar.

Considere el potencial disruptivo de una solución plenamente realizada de AGI: vendedores virtuales podrían analizar depósitos masivos de datos de clientes para diseñar, mercadear, y vender productos y servicios – datos provenientes de sistemas internos plenamente informados por medios de comunicación social, noticias, y alimentadores del mercado. Algoritmos que trabajan alrededor podrían reemplazar escritores junto con la generación de contenido factual, complejo, apropiado-para-la-situación, libre de sesgo y en múltiples lenguajes. La lista continúa.

Como una fuerza exponencial, AGI puede algún día probar ser profundamente transformadora. Sin embargo, antes que llegue ese día, la IA tendrá que avanzar bastante lejos de sus capacidades actuales. Las variaciones existentes de IA pueden hacer solo las cosas que los programadores les dicen que hagan, ya sea explícitamente o mediante aprendizaje de máquina. La fortaleza actual de IA radica principalmente en “estrechar” la inteligencia – la así denominada inteligencia artificial estrecha [artificial narrow intelligence (ANI)], tal como procesamiento natural del lenguaje, reconocimiento de imagen, y aprendizaje profundo para construir sistemas expertos. Un sistema de AGI plenamente realizado destacará esas capacidades estrechas del componente, más varias otras que actualmente todavía no existen: la capacidad para razonar bajo incertidumbre, para tomar decisiones y actuar de manera deliberada en el mundo, para sentir, y para comunicar de manera natural.

Esas capacidades “generales” que algún día puedan hacer a AGI mucho más similares a las humanas

permanecen obstinadamente elusivas. Si bien ha habido innovaciones en redes neurales, visión de computador, y minería de datos, tienen que superarse importantes desafíos de investigación más allá del poder computacional, para que AGI logre su potencial.¹² Además, el desafío más formidable puede radicar en encontrar medios para que la tecnología razone bajo incertidumbre. Esto no se refiere a aprovechar el espectro de capacidades existentes de aprendizaje, lenguaje, y detección. Se refiere a crear algo completamente nuevo que permita mecanismos para explorar un entorno no-familiar, obtener sobre él conclusiones que se puedan llevar a la acción, y usar esas conclusiones para completar una tarea no-familiar. Humanos de tres años pueden hacer esto bien. En el presente, la IA no.

Hablando acerca de la evolución

Con toda probabilidad, las capacidades generales de la AGI no aparecerán durante algún momento de *jeureka!* en un laboratorio. Más aún, surgirán con el tiempo como parte de la evolución continua de la AGI. Durante los siguientes tres a cinco años, se espera ver mejoramientos en las capacidades actuales que componen la IA. De igual manera, probablemente habrá progreso hacia la integración y orquestación de esas capacidades en pares y múltiples. Lo que probablemente usted no verá en este horizonte de tiempo es el desarrollo, integración y despliegue, exitosos, de *todas* las capacidades componentes de la AGI. Nosotros consideramos que ese hito está al menos a 10+ años por delante. (Vea abajo “Mi parte” para más sobre este tema.) A medida que los casos de uso de IA progresen hacia el despliegue pleno y se acelere el ritmo de la adopción de la empresa, probablemente surgirán estándares para aprendizaje de máquina y las otras capacidades componentes de la IA, y eventualmente para los conjuntos de productos de IA.

Desde la perspectiva de la empresa, muchas compañías ya comenzaron caminos estrechos de inteligencia, a menudo mediante explorar potenciales aplicaciones para componentes de ANI, tales como reconocimiento de patrones para diagnosticar cáncer de piel, o aprendizaje de máquina para mejorar la toma de decisiones en recursos humanos, legal, y otras funciones corporativas.

En muchos casos, esos pasos iniciales ofrecen información que se vuelve parte del conocimiento interno de la base de conocimiento de ANI – una que

puede ser refinada en los próximos años en la medida en que las tecnologías avancen y surjan mejores prácticas. Por ejemplo, en una iniciativa pionera de ANI. Goldman Sachs está invirtiendo en aprendizaje de máquina que será un esfuerzo continuo para aprovechar los datos como un activo estratégico.¹³ A través del sector financiero y de otros sectores, se espera ver también aplicaciones más pequeñas – por ejemplo, aplicación del aprendizaje continuo a correos electrónicos para identificar patrones y generar conocimientos sobre mejores prácticas y amenazas internas. Algunos de esos éxitos individuales probablemente serán lanzados en iniciativas orientadas a su explotación comercial. Otros pueden ser afirmativos, pero también podrían iluminar conocimientos que les ayuden a las compañías a desarrollar y refinar su base de conocimiento de ANI.

El estado-del-arte refleja progreso en cada sub-problema e innovación en la integración por pares. Visión + empatía = computación afectiva. Procesamiento natural del lenguaje + aprendizaje = traducción entre lenguajes que usted nunca ha visto. Google Tensor Flow puede ser usado para construir análisis de sentimientos y traducción de máquina, pero no es fácil conseguir una solución para hacer todo bien. La generalidad es difícil. Avanzar de un dominio a dos es un gran negocio; agregar un tercero es exponencialmente difícil.

John Launchbury, anterior director de la Information Innovation Office de la Defense Advanced Research Projects Agency, describe una escala nominal de inteligencia artificial con cuatro categorías: aprender dentro de un entorno; razonamiento para planear y decidir; percibir información rica, compleja, y sutil; y abstraer para crear nuevos significados.¹⁴ Describe la primera ola de la IA como un conocimiento hecho a mano en el cual los humanos crean conjuntos de reglas para representar la estructura del conocimiento en dominios bien especificados, y las máquinas luego exploran lo específico. Esos sistemas expertos y esos motores de reglas son fuertes en la categoría de razonamiento y deben ser elementos importantes de su portafolio de AI. Launchbury describe la segunda ola – que actualmente está en camino – como aprendizaje estadístico. En esa ola, los humanos crean modelos estadísticos para dominios específicos de problemas y los entrenan luego en grandes datos con cantidades de

datos etiquetados, usando redes neutrales para aprendizaje profundo. Esas IA de la segunda ola son buenas en percibir y aprender, pero no lo son en razonar. Él describe la siguiente ola como adaptación contextual. En esta ola, la IA construye modelos contextuales explicativos para clases de fenómenos del mundo real; esas olas balancean la escala de la inteligencia a través de todas las cuatro categorías, incluyendo la abstracción elusiva.

Si bien muchos consideran que los computadores nunca serán capaces de reconocer exactamente o entender plenamente las emociones humanas, los avances en inteligencia de máquina sugieren otra cosa. El aprendizaje de máquina, apareado con software de reconocimiento de emociones, ha demostrado que ya está nivel humano de desempeño en discernir el estado emocional de una persona con base en el tono de voz o las expresiones faciales.¹⁵

Esos son pasos críticos en la evolución de la IA hacia la AGI. Otras migajas sugieren que la evolución puede estar ganando impulso. Por ejemplo, un súper-computador se convirtió en la primera máquina de aprobar la por largo tiempo establecida “prueba de Turing” mediante engañar a los interrogadores con pensamiento que era de un muchacho de 13 años.¹⁶ (Otros expertos ofrecen medidas más exigentes, incluyendo pruebas académicas estandarizadas).

Si bien apenas tuvo eco en la prensa, la innovación más importante de AGI apareció en enero 20, 2017, cuando los investigadores de los laboratorios experimentales de IA, de Google, Deep Mind, calladamente presentaron un documento sobre arXiv titulado “PathNet: Evolution Channels Gradient Descent in Super Neural Networks,” Si bien no exactamente una lectura de playa, este documento será recordado como uno de los primeros diseños arquitectónicos publicados para una solución de AGI completamente realizada.¹⁷

En la medida en que usted trabaje en los más cercanos horizontes de tiempo con la primera y segunda ola de ANI, usted puede explorar combinar y componer múltiples soluciones de sub problemas para lograr sistemas de empresa que balanceen las categorías de la inteligencia, incluyendo la abstracción. Quizás en horizontes más largos, el sistema empático de operación de Spike Jonze, Samantha, después de todo no sea ficción.



Mi parte

OREN ETZIONI, CEO

ALLEN INSTITUTE FOR ARTIFICIAL
INTELLIGENCE

En marzo de 2016, la American Association for Artificial Intelligence y yo les preguntamos a 193 investigadores de IA qué tanto llevaría hasta que logremos la “súper inteligencia” artificial, definida como un intelecto que sea más inteligente que el mejor humano en prácticamente cualquier campo. De los 80 miembros que respondieron, cerca del 67.5 por ciento dijo que llevaría un cuarto de siglo o más. El 25 por ciento dijo que probablemente nunca ocurriría.¹⁸

Dado el número de artículos que aparecen en los medios de comunicación respecto de que “IA viene por su trabajo,” esos hallazgos de la encuesta pueden generar sorpresa para alguien. Aun así, están fundamentados en ciertas realidades. Si bien la medida sicométrica humana del IQ es bastante confiable, las sicométricas de la IA todavía no están tan maduras. Los problemas mal formados son vagos y borrosos, y luchar contra ellos es un problema difícil.

Pocas interacciones en la vida tienen reglas, metas, y objetivos claramente definidos, y las expectativas de la inteligencia artificial general en áreas tales como las comunicaciones del lenguaje son blandas. ¿Cómo puede usted decir si yo he entendido una frase de la manera apropiada? El mejoramiento del reconocimiento de voz no necesariamente mejora el entendimiento del lenguaje, dado que incluso una comunicación sencilla puede rápidamente complicarse – considere que hay más de 2 millones de maneras para ordenar un café en una cadena popular. Crear exitosamente AGI que acople capacidades humanas intelectuales o súper inteligencia artificial [artificial superintelligence (ASI)] que las sobrepase – requerirá mejoramientos dramáticos más allá de donde estamos hoy.

Sin embargo, usted no tiene que esperar que AGI aparezca (si nunca lo hace) para comenzar a explorar las posibilidades de la IA. Algunas compañías ya están logrando resultados positivos con las denominadas aplicaciones de la inteligencia artificial estrecha (ANI) mediante emparejar y combinar múltiples capacidades de ANI para resolver problemas más complejos. Por ejemplo, el procesamiento natural del lenguaje integrado con aprendizaje de máquina puede ampliar el alcance de la traducción de lenguaje; la visión de computador emparejada con tecnologías de empatía artificial puede crear capacidades afectivas de computación. Considere los carros que se auto-condicen, que ha tomado los conjuntos de comportamientos que se necesitan para conducir – tales como leer señales y descifrar qué caminantes pueden hacer – y convertirlos en algo que IA pueda entender y actuar a partir de ello.

Usted necesita conjuntos especializados de habilidades para lograr este nivel de progreso en su compañía – y actualmente no hay suficientes expertos en aprendizaje profundo para satisfacer la demanda. Usted también necesita enormes cantidades de datos etiquetados para llevar a buen término los sistemas de aprendizaje profundo, si bien las personas pueden aprender a partir de unas pocas etiquetas. Incluso nosotros no sabemos cómo representar muchos conceptos comunes para la máquina hoy.

Tenga en mente que el camino desde ANI hasta AGI no solo tiene diferencias de escala. Requiere mejoramientos radicales y quizás tecnologías radicalmente diferentes. Tenga cuidado en distinguir qué *parece* inteligente de qué es inteligente, y no confunda una vista clara para una distancia corta. Pero independiente de ello, comience. La oportunidad muy bien puede justificar el esfuerzo. Incluso las capacidades actuales de IA pueden ofrecer soluciones útiles para problemas difíciles, no solo en organizaciones individuales sino a través de industrias enteras.

En peligro de extinción o habilitado

En algún momento en el futuro – quizás dentro de una década, los computadores cuánticos que sean exponencialmente más poderosos que los súper computadores más avanzados hoy en uso podrían ayudar a abordar desafíos del mundo real de los negocios y gubernamentales. En el campo de la medicina personalizada, por ejemplo, podrían modelar las interacciones de la droga para todas las más de 20,000 codificados en el genoma humano. En la ciencia del clima, la simulación habilitada-para-lo-cuántico puede desvelar nuevos conocimientos sobre el impacto ecológico humano.¹⁹

Otra posibilidad: los computadores cuánticos podrían hacer que las actuales técnicas de encriptado se vuelvan completamente inútiles.

¿Cómo? Muchos de los algoritmos de encriptado actualmente desplegados más comunes se basan en la factorización de enteros de números primos grandes, lo cual en la teoría de los números es la descomposición de un número compuesto en el producto de enteros más pequeños. Las pruebas matemáticas muestran que a los computadores clásicos les llevaría millones de años para descomponer las secuencias de números de más de 500 dígitos que comprenden los protocolos populares de encriptado tales como RSA-2048 o Diffie-Hellman. Los computadores cuánticos maduros probablemente serán capaces de descomponer esas secuencias en segundos.²⁰

Los líderes del pensamiento en la computación cuántica y de los campos de la seguridad cibernética ofrecen diversas teorías sobre cuándo o cómo tal evento masivo de descifrado puede comenzar, en un punto están de acuerdo: su impacto en la privacidad personal, la seguridad nacional, y la economía global probablemente sería catastrófico.²¹

Aun así, todo no está perdido. Como una fuerza exponencial, la computación cuántica podría llegar a ser tanto una maldición como una bendición para el encriptado. El mismo poder de computación que los actores malos despliegan para descifrar los algoritmos comunes de seguridad del presente para propósitos nefastos podría ser fácilmente aprovechado para crear encriptado más fuerte resistente a los cuántico. De hecho,

está en camino el trabajo para desarrollar el *encriptado pos-cuántico* alrededor de algunos principios de la mecánica cuántica.

Mientras tanto, las organizaciones privadas y públicas deben ser conscientes de la amenaza del descifrado cuántico que aparece en el horizonte, y que, en el largo plazo, necesitarán nuevas técnicas de encriptado para la información de la “prueba cuántica” – incluyendo técnicas que todavía no existen. Hay, sin embargo, varios pasos intermedios que las organizaciones pueden dar para mejorar las técnicas actuales de encriptado y sentar el fundamento para medidas adicionales resistentes-a-lo-cuántico cuando surjan.

Entendiendo la amenaza de lo cuántico

En *Tendencias de tecnología 2017*, examinamos la tecnología cuántica, la cual puede ser definida ampliamente como ingeniería que explota las propiedades de la mecánica cuántica en aplicaciones prácticas en computación, sensores, criptografía, y simulaciones. Los esfuerzos para aprovechar la tecnología cuántica en un computador cuántico de propósito general comenzaron hace años, si bien en el presente, permanecen obstáculos de ingeniería. No obstante, hay en camino una carrera activa para lograr un estado de “supremacía cuántica” en la cual un probable contador cuántico sobrepase la capacidad combinada de solución-de-problemas de los supercomputadores actuales del mundo.²²

Para entender la amenaza potencial que los computadores cuánticos presentan para el encriptado, uno también tiene que entender el algoritmo de Shor. En 1994, el profesor de matemáticas del MIT, Peter Shor, desarrolló un algoritmo cuántico que podría factorizar muy efectivamente enteros grandes. El único problema fue que, en 1994, no había suficiente poder de computación para operarlo. Aun así, el algoritmo de Shor básicamente notificó que los sistemas criptográficos “asimétricos” en la factorización de enteros, en particular, el RSA ampliamente usado – tenían sus días contados.²³

Una vista desde las trincheras cuánticas

Shihan Sajeed tiene un Ph.D. en ciencia de la información cuántica. Su investigación se centra en los campos emergentes de los sistemas cuánticos de distribución clave [quantum key distribution systems (QKD)], análisis de seguridad en QKD prácticos, y sin-localidad cuántica. Como parte de esta investigación, el Dr. Sajeed hackea sistemas durante evaluaciones de seguridad para intentar encontrar y explotar las vulnerabilidades en el encriptado cuántico práctico.

El Dr. Sajeed ve una falla en la manera como muchas personas planean responder a la amenaza de la computación cuántica. Dado que podría ocurrir una década o más antes que surja el computador cuántico de propósito general, pocos sienten urgencia alguna para actuar. “Ellos piensan, ‘Hoy mis datos están seguros, en la lucha y en el reposo. Sé que eventualmente habrá un computador cuántico, y cuando llegue ese día, cambiaré hacia un esquema de encriptado resistente-a-lo-cuántico para proteger los datos nuevos. Y *entonces*, metódicamente comenzaré a convertir los datos heredados hacia el nuevo esquema,’” dice el Dr. Sajeed. ‘Ese es un buen plan si usted piensa que usted puede, de la noche a la mañana, cambiarse al encriptado cuántico – pero yo no – y a menos que un adversario haya estado interceptando y copiando sus datos durante los últimos cinco años. En ese caso, el día en que llegue el primer computador cuántico, sus datos heredados se convierten en texto claro.”

Una variedad de las soluciones del encriptado cuántico hoy disponibles puede ayudar a abordar los desafíos futuros de los datos heredados. “Sea consciente de que la tecnología del encriptado cuántico, al igual que cualquier tecnología emergente, todavía tiene vulnerabilidades y que hay espacio para mejoramiento,” dice el Dr. Sajeed. “Pero si es implementada de la manera apropiada, esta tecnología puede hacer imposible que un hacker robe información sin alertar a las partes que se comunican de que están siendo hackeadas.”

El Dr. Sajeed advierte que el camino para lograr una implementación confiable del encriptado cuántico lleva más tiempo que lo que muchas personas piensan. “Hay matemáticas a probar y nuevas tecnologías a desplegar, lo cual no ocurrirá de la noche a la mañana,” dice. “La línea de resultados: el momento para comenzar a responder a la amenaza cuántica es ahora.”²⁴

Para descifrar información encriptada – por ejemplo, un documento o un correo electrónico – los usuarios necesitan una clave. El encriptado simétrico o compartido usa una sola clave que es compartida por el creador de la información encriptada y por cualquiera a quien el creador quiera darle acceso a la información. El encriptado asimétrico o de clave pública usa dos claves – una que es privada, y otra que es hecha pública. Cualquier persona puede encriptar un mensaje usando una clave pública. Pero solo quienes tengan la clave pública asociada pueden descifrar ese mensaje. Con

poder de computación suficiente (léase *cuántico*), el algoritmo de Shor podría romper, sin sudar, sistemas asimétricos de encriptado de dos claves. Vale la pena señalar que otro algoritmo cuántico – el algoritmo de Grover, que también exige niveles altos de poder de computación cuántica – puede ser usado para atacar cifras.²⁵

Una estrategia defensiva común pide tamaños de clave más grandes. Sin embargo, crear claves más grandes requiere más tiempo y poder de computación. Por otra parte, las claves más largas a menudo resultan en archivos encriptados más grandes y tamaños más

grandes de firmas. Otro enfoque de encriptado post-cuántico, más sencillo, usa claves simétricas más grandes. Las claves simétricas, sin embargo, requieren alguna manera de intercambiar seguramente las claves compartidas sin exponerlas a potenciales hackers. ¿Cómo puede usted obtener la clave de un recipiente de información encriptada? Los sistemas existentes de administración simétrica de claves, tales como Kerberos, ya están en uso, y algunos investigadores líderes los ven como un camino eficiente adelante. La adición de “secreto hacia adelante” – uso de múltiples claves públicas aleatorias por sesión para los propósitos de acuerdos de claves – agrega fortaleza al esquema. Con el secreto hacia adelante, hackear la clave de un mensaje no expone a otros mensajes en el intercambio.

La vulnerabilidad de la clave no puede dudar de manera indefinida. Algunas de las mismas leyes de la física cuántica que están permitiendo poder computacional masivo también están orientando el campo creciente de la *criptografía cuántica*. Con un enfoque completamente diferente para el encriptado, las claves se vuelven cifradas dentro de dos fotones entrelazados que son pasados entre dos partes que comparten información, típicamente vía un cable de fibra óptica. El “teorema de no clonación” se deriva del principio de incertidumbre de Heisenberg y señala que un hacker no puede interceptar o intentar cambiar uno de los fotones sin alterarlos. Las partes que comparten se darán cuenta de que han sido hackeadas cuando las claves de fotón-encriptado ya no se aparecen.²⁶

Otra opción mira el pasado de la criptografía al tiempo que aprovecha el futuro cuántico. Un sistema de “cojín por una sola vez” ampliamente desplegado durante la Segunda Guerra Mundial genera una clave privada aleatoriamente numerada que es usada solo para encriptar el mensaje. El receptor del mensaje usa la única otra copia del cojín que se aparee por una sola vez (el secreto compartido) para descifrar el mensaje. Históricamente, ha sido desafiante obtener la otra copia del cojín para el receptor. Hot, el canal de comunicación

cuántica de fotón perfecto que se describe arriba puede facilitar el intercambio de clave. De hecho, puede generar el cojín *en el lugar* durante un intercambio.

¿Ahora qué?

No sabemos si en cinco, 10, o 20 años computadores cuánticos eficientes y escalables caerán en las manos de un gobierno pícaro o de un hacker de sombrero negro. De hecho, es más probable que en lugar del computador cuántico de propósito general, máquinas cuánticas de propósito especial surgirán más pronto para este propósito. Tampoco sabemos que tanto le llevará a la comunidad criptográfica desarrollar – y probar – un esquema de encriptado que será imperativo para el algoritmo de Shor.

Mientras tanto, considere cambiar desde el encriptado asimétrico hacia el simétrico. Dada la vulnerabilidad del encriptado asimétrico frente al hackeo cuántico, hacer la transición hacia un esquema de encriptado simétrico con claves compartidas y secreto hacia adelante puede ayudar a mitigar algún “riesgo cuántico.” También, busque oportunidades para colaborar con otros de su industria, con proveedores de seguridad cibernética, y con start-ups para crear nuevos sistemas de encriptado que satisfagan las necesidades únicas de su compañía. Las prácticas líderes para tales colaboraciones incluyen desarrollar un nuevo algoritmo, hacerlo disponible para revisión de pares, y compartir los resultados con expertos en el campo para probar que es efectivo. Sin importar qué estrategia usted escoja, comience ahora. Podría llevar una década o más para desarrollar soluciones viables, elaborar prototipos y probarlas, y luego desplegarlas y estandarizarlas a través de la empresa. Para entonces, los ataques de computación cuántica podrían haber incapacitado permanentemente a su organización.

Algunos piensan que es paradójico hablar acerca de riesgo e innovación al mismo tiempo, pero vincular esas capacidades es crucial cuando se apliquen nuevas tecnologías para su negocio. De la misma manera que los desarrolladores típicamente no reinventan la interfaz del usuario cada vez que desarrollan una aplicación, hay reglas fundamentales de la administración del riesgo que, cuando son aplicadas a la innovación de tecnología, pueden tanto facilitar como incluso acelerar el desarrollo más que impedirlo. Por ejemplo, tener código común para servicios centrales tales como acceso a aplicaciones, registro y monitoreo, y manejo de datos puede proporcionar una manera consistente para que los desarrolladores construyan aplicaciones sin reinventar la rueda en cada momento. Para ese fin, las organizaciones pueden acelerar el camino hacia la innovación mediante desarrollar principios orientadores para el riesgo, así como también desarrollar una biblioteca común de capacidades modulares para su reúso.

Una vez que usted elimina la carga de riesgos críticos y comunes, usted puede trasladar su atención a los que son únicos para su innovación. Usted debe evaluar los nuevos vectores de ataque que la innovación podría introducir, agruparlos y cuantificarlos, y luego determinar cuáles riesgos son verdaderamente relevantes para usted y para sus clientes. Finalmente, decida cuáles usted abordará, cuáles transferirá, y cuáles pueden estar fuera de su alcance. Mediante acoger y administrar conscientemente los riesgos, usted actualmente puede moverse más rápido para escalar su proyecto e ir al mercado.

Inteligencia artificial general. La AGI es como un empleado humano virtual que puede aprender, tomar decisiones, y entender cosas. Usted debe pensar acerca de cómo usted puede proteger al trabajador ante los hackers, así como también poner en funcionamiento controles para que le ayuden a entender los conceptos de seguridad y riesgo. Usted debe programar su AGI para aprender y comprender cómo asegurar datos, hardware, y sistemas.

Las analíticas de AGI en tiempo real podrían ofrecer tremendo valor, sin embargo, cuando están incorporadas en la estrategia de administración del riesgo. Hoy, la detección del riesgo típicamente ocurre mediante analíticas que podrían llevar días o semanas para completar, dejando su sistema abierto a riesgos similares hasta que el sistema sea actualizado para prevenir que ocurran de nuevo.

Con AGI, sin embargo, puede ser posible automatizar y acelerar la detección y el análisis de la amenaza. Entonces la notificación del evento y la respuesta pueden escalar al nivel correcto de análisis para verificar la respuesta y la velocidad de la acción para desviar esa amenaza – en tiempo real.

Computación cuántica y encriptado. El actual estándar avanzado de encriptado [Advanced Encryption Standard (AES)] ha estado en funcionamiento por más de 40 años. En esa época, algunos han estimado que incluso a los dispositivos y plataformas más poderosos les llevaría décadas para violar el AES con una clave de 256 bits. Ahora, un computador cuántico permite computación de nivel más alto en una cantidad más corta de tiempo, lo cual haría posible violar los códigos que actualmente protegen a redes y datos.

Las posibles soluciones pueden incluir generar un tamaño más grande de clave o crear un algoritmo más robusto que requiera computación más intensiva para descifrarlo. Sin embargo, tales opciones podrían sobrecargar sus sistemas de computación existentes, los cuales pueden no tener el poder para completar esas funciones complejas de encriptado.

La buena noticia es que la computación cuántica también tendría el poder para crear nuevos algoritmos que sean más difíciles y de computación intensiva para descifrarlos. Por ahora, la computación cuántica principalmente todavía está en la etapa experimental, y hay tiempo para considerar diseñar algoritmos cuánticos especializados para proteger los datos que serían más vulnerables a un ataque a nivel cuántico.

Línea de resultados

Si bien la promesa – y el potencial desafío – que innovaciones exponenciales tales como AGI y encriptado cuántico tiene para el negocio todavía no está plenamente definidas, hay pasos que las compañías pueden dar en el futuro cercano para sentar el fundamento para su eventual llegada. Tal y como ocurre con otras tecnologías emergentes, las exponenciales a menudo ofrecen oportunidades competitivas en innovación adyacente y adopción temprana. Los CIO, CTO, y otros ejecutivos pueden y deben comenzar a explorar hoy las posibilidades de las exponenciales.

AUTORES



JEFF MARGOLIES

Jeff Margolies es directivo de la práctica de Cyber Risk Services, de Deloitte and Touche LLP, y tiene cerca de 20 años de experiencia en asesorar clientes sobre desafíos complejos de seguridad a través de una variedad de industria. Ha tenido una serie de roles de liderazgo de la práctica y actualmente está centrado en liderar el riesgo cibernético en la nube. En su práctica, Margolies les ayuda a consumidores y proveedores de la nube a resolver el desafío clave de mantener sus riesgos cibernéticos en la nube pública.



RAJEEV RONANKI

Rajeev Ronanki lidera las prácticas de Cognitive Computing and Health Care Innovation, de Deloitte Consulting LLP, así como también el programa de asociación de innovación de Deloitte con Singularity University. Tiene más de 20 años de experiencia en atención en salud y tecnología de la información, y principalmente se centra en la implementación de soluciones cognitivas para compromiso personalizado del consumidor, automatización inteligente, y analíticas predictivas.



DAVID STEIER

David Steier es director administrativo de Deloitte Analytics para la práctica de US Human Capital, de Deloitte Consulting LLP. También sirve como cinturón negro de tecnología, de Deloitte, para analíticas no estructuradas. Usando técnicas avanzadas analíticas y de visualización, incluyendo modelación predictiva, análisis de redes sociales, y minería de texto, Steier y su equipo de especialistas cuantitativos les ayuda a los clientes a resolver algunos de sus problemas técnicos más complejos.



GEOFF TUFF

Geoff Tuff es directivo de Deloitte Digital y líder de la práctica de Digital Transformation, de Deloitte Consulting LLP. Tiene más de 25 años de experiencia trabajando con algunas de las principales compañías del mundo para orientar crecimiento, innovación, y la adopción de modelos de negocio para administrar de manera efectiva el cambio.



MARK WHITE

Mark White es director de tecnología para la oficina de innovación en Estados Unidos de Deloitte Consulting LLP y lidera la sensibilización, el desarrollo de perspectiva, y la experimentación en tecnologías disruptivas. Anteriormente, sirvió como director de tecnología jefe de las prácticas en Estados Unidos, Global, y Federal de Consultoría. White sirve a una variedad de clientes en las industrias federal, servicios financieros, alta tecnología, y telecomunicaciones.



AYAN BHATTACHARYA

Ayan Bhattacharya es un especialista líder de Deloitte Consulting LLP, y un líder de analíticas de datos especializado en IA y transformaciones cognitivas que varían desde aceleración de la innovación hasta la primera de un tipo de soluciones analíticas avanzadas. Es responsable por el crecimiento de activos de Deloitte y servicios a clientes en sectores de industria de servicios financieros, seguros, ciencias de la vida, atención en salud, y tecnología, medios de comunicación y telecomunicaciones.



NIPUN GUPTA

Nipun Gupta es consultor senior en la práctica de Cyber Risk Advisory, de Deloitte and Touche LLP. Actualmente, está ayudando a construir el ecosistema de innovación cibernética de Deloitte – que consta de start-ups, clientes, socios, e inversionistas en seguridad cibernética – para apoyar iniciativas estratégicas con start-ups incubadas en Data Tribe, donde Deloitte es un inversionista de patrimonio.

Implicaciones para el riesgo



IRFAN SAIF

Irfan Saif es director asesor de Deloitte and Touche LLP y tiene más de 20 años de experiencia en consultoría de TI, especializado en seguridad cibernética y administración del riesgo. Sigue como el líder de industria de tecnología en Estados Unidos para los negocios de Advisory, de Deloitte, y es miembro del Programa CIO de Deloitte y sus equipos de liderazgo de la práctica de Cyber Risk.

NOTAS FINALES

- ¹ Steven Johnson, *Where Good Ideas Come From: A Natural History of Innovation* (N.Y.: Riverhead, 2010).
- ² Doblin Deloitte, research and analysis, 2011-17; Bansri Nagji and Geoff Tuff, "Managing your innovation portfolio," *Harvard Business Review*, May 2012.
- ³ Nagji and Tuff, "Managing your innovation portfolio."
- ⁴ Clayton M. Christensen, *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail* Cambridge: Harvard Business Review Press, 1997).
- ⁵ Sebastian Anthony, "The history of supercomputers," *Extreme Tech*, April 10, 2012.
- ⁶ Sam Prell, "Does Xbox One X's 6 teraflops really make it the most powerful console ever? Let's look closer," *GamesRadar*, April 3, 2017.
- ⁷ Rob Verger, "Intel's new chip puts a teraflop in your desktop; here's what the means," *Popular Science*, June 1, 2017.
- ⁸ Richard Trenholm, "Photos: The history of the digital camera," *CNet*, November 5, 2007.
- ⁹ John Markoff, "How many computers to identify a cat? 16,000," *New York Times*, June 25, 2012.
- ¹⁰ "Her: A Spike Jonze love story," accessed November 15, 2017.
- ¹¹ Charlotte Jee, "What is artificial general intelligence?," *TechWorld*, August 26, 2016.
- ¹² Eliezer Yudkowsky, "There's no fire alarm for artificial general intelligence," Machine Intelligence Research Institute, October 13, 2017.
- ¹³ Matt Turner, "Goldman Sachs: We're investing deeply in artificial intelligence," *Business Insider*, January 21, 2016.
- ¹⁴ John Launchbury, "A DARPA perspective on artificial intelligence," SARPATv, February 15, 2017.
- ¹⁵ Eric Brynjolfsson and Andrew McAfee, "The business of artificial intelligence," *Harvard Business Review*, July 20, 2017.
- ¹⁶ Press Association, "Computer simulating 13-year-old boy become first to pass the Turing test," *Guardian*, June 8, 2014. Note that not everyone was impressed – see, for example, Martin Robbins, "Sorry, Internet, a computer didn't actually 'pass' the Turing test," *Vice*, June 9, 2014.
- ¹⁷ Matthew Griffin, "Google DeepMind publishes breakthrough artificial general intelligence architecture," *Fanatical Futurist*, March 15, 2017.
- ¹⁸ Oren Etzioni, "No, the experts don't think super-intelligent AI is a threat to humanity," *MIT Technology Review*, September 20, 2016.
- ¹⁹ Peter Diamandis, "What are the implications of quantum computing?," *Tech Blog*, 2016.
- ²⁰ Matthew Green, "It's the end of the world as we know it (and I feel fine)," *A Few Thoughts on Cryptographic Engineering*, April 11, 2012.
- ²¹ Meredith Rutland Baues, "Quantum computing is coming for your data," *Wired*, July 19, 2017.

²² Deloitte Consulting LLP, Tech Trends 2017, *Exponential Watch List*, 2017.

²³ Jennifer Chu, "The beginning of the end for encryption schemes?", *MIT News*, March 3, 2016.

²⁴ Entrevista con Shihan Sajeed, octubre 30, 2017.

²⁵ Green, "It's the end of the world as we know it (and I feel fine)."

²⁶ Adam Mann, "Laws of physics say quantum cryptography is unhackable. It's not," *Wired*, June 7, 2013.