Universidad de los Andes

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

Número 8
Mayo de 2018

ISSN 2322-7370

FOROS ISIS®

forosisis.uniandes.edu.co

Ciberseguridad en la era del internet de las cosas

Internet, la nueva sangre de la tecnología

Los beneficios de *blockchain:* monitoreo, seguridad y ahorro de tiempo

Poderosa invención para estudiar la biología

El cielo capturado en 500 *petabytes*

PROGRAMAS DEL DISC EN CIFRAS 2018

PROFESORES PLANTA DISC
PRIMER SEMESTRE 2018

TITULARES
2 profesores

ASOCIADOS
17 profesores

ASISTENTES
7 profesores

INSTRUCTORES
8 profesores

ESTUDIANTES PREGRADO
PRIMER SEMESTRE 2018

SOLO PREGRADO DISC
480 estudiantes

PRIMER PROGRAMA DISC
129 estudiantes

SEGUNDO PROGRAMA DISC
143 estudiantes

ESTUDIANTES POSGRADO DISC PRIMER SEMESTRE 2018

DOCTORADO
3 %
15 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 4325 del 12 de abril de 2018 por 7 años.

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN (MISIS)
7 %
38 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 6420 del 12 de abril de 2018 por 7 años.

MAESTRÍA EN ARQUITECTURAS DE TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN (MATI)
23 %
135 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 10577 del 22 de noviembre de 2011 por 7 años.

MAESTRÍA EN SEGURIDAD DE LA INFORMACIÓN (MESI)
10 %
56 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 15241 del 24 de noviembre de 2011 por 7 años.

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍAS DE INFORMACIÓN PARA EL NEGOCIO (MBIT)
23 %
133 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 15243 del 23 de noviembre de 2012 por 7 años.

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SOFTWARE (MISO)
16 %
93 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 15242 del 23 de noviembre de 2012 por 7 años.

MAESTRÍA EN BIOLOGÍA COMPUTACIONAL (MBC)
4 %
25 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 9830 del 31 de julio de 2013 por 7 años.

MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE INFORMACIÓN (MINE)
14 %
78 estudiantes
Registro Calificado: Resolución 104364 del 7 de septiembre de 2015 por 7 años.

Escuela de Posgrado
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

Índice

Director del Departamento
Yezid Donoso Meisel

Revista del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes
Mayo-2018

http://forosisis.uniandes.edu.co/revista/

Foto de portada: Jaydeep (Rajkot), en www.pixabay.com (https://bit.ly/2FM7XBI), licencia CCO Creative Commons.

Asesor Editorial
Mario Fernando De la Rosa Rosero

Coordinadora de Relaciones Externas
María Cristina González

Coordinadora de Mercadeo y Comunicaciones
Marilyn Rodríguez

Diagramación y retoque digital
Alejandro Medina

Edición y redacción de textos
Ana Lucía Duque Salazar, Marta Lucía Moreno Carreño y Clemencia Arango Restrepo

Fotos
Angie Tatiana Silva Salamanca, Felipe Cazares, www.pixabay.com, Wikimedia Commons y Archivo Universidad de los Andes

El reto de los cambios tecnológicos como **base de las transformaciones**

Un nuevo espectro de servicios y aplicaciones para las organizaciones y para la sociedad se ha abierto con el desarrollo de las tecnologías emergentes e incipientes, todavía en su proceso inicial. De las primeras aún se desconoce su impacto potencial. Son aquellas como *Internet of Everythings*, *Social Networks of the Things*, 5G, *Network Function Virtualization*, *Softwarization*, *Cloudification*, *Machine-to-Machine Communications*. Las segundas ya han demostrado su capacidad para cambiar las bases de la competición. Algunas de las tecnologías incipientes son *Bring Your Own Device*, *Internet of Things*, *Smart Cities*, *Software Defined Networking*, *Unmanned Aerial Vehicles*, *Drones* y *Artificial Intelligence*, entre otras.

Desde la Ingeniería de Sistemas y Computación y apalancados en las TIC debemos comprender, adoptar y ser capaces de potencializar a las organizaciones hacia los cambiantes desafíos que plantean estos desarrollos para mejorar la calidad de vida de la sociedad.

Es necesario, también desde nuestra profesión, entender y asimilar el nuevo espectro de riesgos en un mundo que ha almacenado *zettabytes* de información. Este volumen es casi incontrolable y está sometido al estrés de vulnerabilidades generado por nuevos vectores de ataque y por la masificación de los delitos informáticos, entre otros aspectos. Además, enfrentamos la incertidumbre en el manejo responsable de la seguridad debido a la falencia o a la debilidad en las estrategias de ciberseguridad.

Desde la antigüedad, los problemas de seguridad de las civilizaciones se extrapolan a los asuntos de ciberseguridad de hoy. A lo largo de la historia se han desarrollado diversos vectores de ataque y, como consecuencia, nuevas estrategias de defensa. Por ejemplo, en la guerra que enfrentó a Grecia con Troya la estrategia de defensa de estos últimos se basaba en altos muros perimetrales, en la credibilidad de sus dirigentes, en un ejército comprometido, entre muchos otros elementos. Cuando los griegos vieron comprometida su propuesta inicial de asalto, crearon el famoso "Caballo de Troya". Al comparar estos sucesos se observa cómo esos esquemas empleados en un escenario físico se han llevado a internet: los muros perimetrales altos se asemejan a los robustos *firewalls* y la ofensiva griega actuó como lo hacen los actuales troyanos o cualquier *malware*.

Lo anterior muestra que las estrategias pueden permanecer en el tiempo, aunque el vector del ataque, es decir los aspectos tecnológicos, se manifiesten de diferentes formas. Justamente, los nuevos desarrollos abren un gran espectro a servicios y aplicaciones, al tiempo que aparecen nuevas vulnerabilidades, amenazas y riesgos para las organizaciones y para la sociedad digital.

En la era moderna, con la industrialización, se crearon armas de guerra masiva (tanques, barcos, submarinos, aviones). En la Segunda Guerra Mundial se implementaron nuevos desarrollos tecnológicos, pero sobre todo —y quiero hacer énfasis en esto—, se introdujeron metodologías que afinaron la estrategia: investigación de operaciones, Teoría de Juegos —aunque nació mucho antes—, Equilibrio de Nash, Máquina de Turing, entre muchas otras. Estas contribuyeron a la eficacia y eficiencia de los resultados, tanto en la ofensiva como de los mecanismos de protección. Diferentes esquemas heredados de aquellas épocas mantienen su vigencia tecnológica.

De lo anterior se advierte que hoy la situación es de mayor complejidad, pues en el funcionamiento de las organizaciones intervienen más y diferentes actores tecnológicos, lo cual incide tanto en la defensa como en el ataque. En la era digital, gracias a la interconexión, la variable tiempo y las distancias físicas se han acortado. Por ello, las decisiones y su ejecución se adoptan mucho más rápido. Esto implica que nuestros ingenieros de sistemas y computación deben prepararse para entender el entorno y ofrecer mejores soluciones en el mundo de los servicios y de las tecnologías de la información y de las comunicaciones. ■

Yezid Donoso Meisel, director del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación.

Blockchain: **posibilidades más allá** del bitcóin

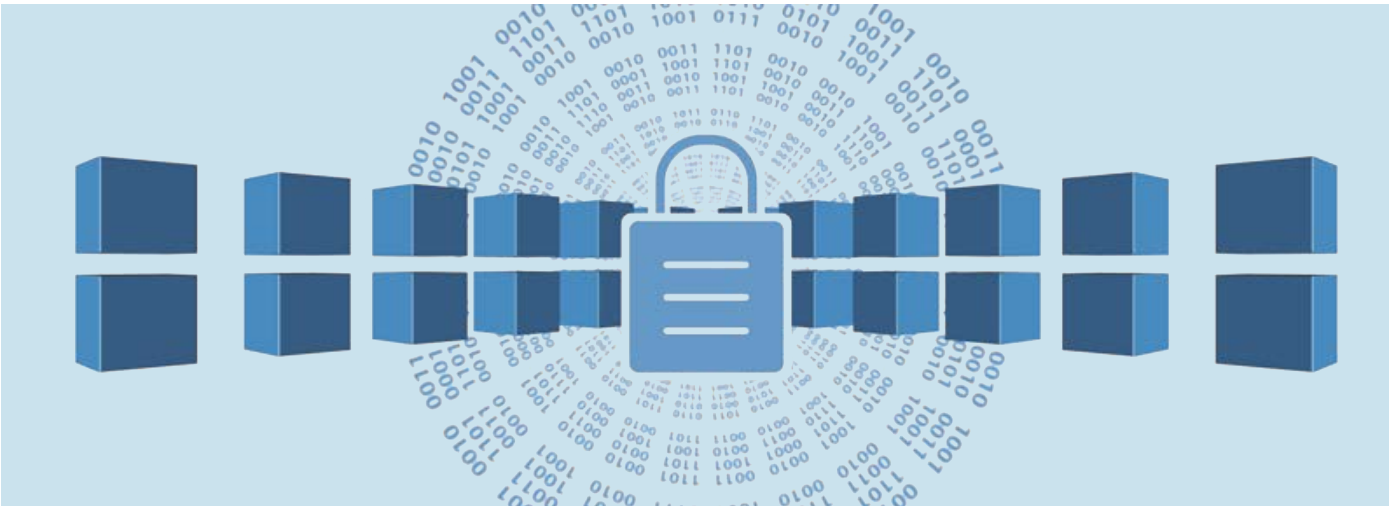


Foto: Pixabay

Aunque la aplicación más visible de *blockchain* es bitcóin, la tecnología tiene múltiples usos que favorecen la vida cotidiana de las personas.

Los usos de esta tecnología todavía en evolución pueden representar múltiples beneficios al sector público y al privado, pero no han sido suficientemente estudiados en nuestro país. Este Foro ISIS acometió la tarea de acercar a la comunidad a una materia de vanguardia.

La primera compra con bitcóin fue de 2 pizzas por 10.000 bitcoines. Una pizza mediana vale cerca de 16 dólares, lo que quiere decir que cada bitcóin, en el 2009, costaba 0,0032 dólares.

Si esas dos pizzas se hubieran adquirido en marzo del 2017, habrían pagado por ellas 14 millones de dólares, pues en esa fecha 1 bitcóin costaba 1400 dólares.

Las 2 pizzas se habrían avaluado en más de 108 millones de dólares si la transacción hubiera tenido lugar en octubre del 2017, cuando la criptomoneda se cotizó a 10.822 dólares. Con el precio que alcanzó al final de ese año (16.000 dólares cada uno) con esos 10.000 bitcoines era factible comprar una franquicia de Domino's Pizza.

No es de extrañar, entonces, que el mundo esté alerta por lo que puede pasar con esta y otras monedas digitales, que tuvieron actividades comerciales superiores a los 311 billones de dólares. Suscita nerviosismo el evidente reto al control del mercado monetario y la posibilidad de que esa escalada de precios sea una burbuja económica. Además, el poder de *blockchain* (como se denomina la tecnología que dio vida al bitcóin), también ha sido empañado por el alto consumo de energía demandado por minar bitcoines. Minería, un concepto utilizado en varios campos de la tecnología, es el término utilizado en la generación de las criptomonedas. Se refiere a los procesos automáticos o semiautomáticos de extraer enormes volúmenes de información en poco tiempo, imposibles para un humano.

Consciente de la poca información que hay al respecto en nuestro país, el profesor Harold Castro, coordinador de la Maestría de Seguridad en la Información del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC), convocó al "1.er Foro de *blockchain*, una tecnología que está transformando el mundo de los negocios". Este se celebró en noviembre del 2017 con el fin de escuchar a quienes la trabajan en Colombia, de lograr una "mayor alfabetización alrededor del tema y de que se conozca el impacto que podría proporcionar esta tecnología en costos, ahorro de tiempo y seguridad, a diversos sectores de la economía" (ver "Monitoreo, seguridad y ahorro de tiempo: los beneficios", pág. 7).

Todo ello tiene lugar de manera segura, invariable y encriptada entre los participantes de una red, pública o privada: es el beneficio que ofrece la *blockchain* o cadena de bloques. Cada bloque está compuesto por el código de cierto número de transacciones y se completa cuando, con la función de *hash* SHA256, un minero encuentra su *nonce*. Este número es una especie de candado que asegura que si algo cambia en el bloque, todos los de la cadena se modifican (ver "ABC del bitcóin", pág. 9).

¿El fin de los intermediarios?

Los invitados coincidieron en que *blockchain* revolucionará el mundo de las transacciones digitales. Posiblemente el mayor efecto se verá en el ámbito financiero, pues ofrece más visibilidad y eficiencia.

Lejos de dejarse coger la delantera, las entidades bancarias se están montando en *blockchain*. Al respecto, uno de los conferencistas, el profesor Carlos Arcila, de la Facultad de Administración de Los Andes, habló de los beneficios que aportaría una moneda digital expedida por un banco central (*digital fiat currency*), que ya se usa en Túnez y en Senegal y que es tema de estudio del Centro de Investigación de Mercados Financieros que él lidera (ver "El criptopeso, ¿para qué serviría?", pág. 8). "Solucionaría los problemas, por ejemplo, de una persona que vive en un lugar remoto de Guainía. Si puede hacer sus pagos con esta moneda, el criptopeso generaría inclusión, eficiencia e innovación, eliminaría el riesgo para la contraparte y reduciría costos, uno de ellos, el de la emisión".

Una granja minera de Genesis Mining, compañía que vende contratos de minería, ubicada en Islandia.
Foto: Marco Kron (Own work) [CC BY-SA 4.0 (http://bit.ly/2mOp5mn], vía Wikimedia Commons.

Foto: Oscar Aldair Morales

Harold Castro

La cadena de bloques también otorga agilidad a los procesos de intercambio y verificación de información. Por ejemplo, Jorge Vergara, *chief technology officer* de IBM contó que, al adoptarla, el Chicago Trust Bank redujo de un año a un mes el tiempo de cotejo de datos para sus inversionistas.

Para determinar en qué usos es adecuado *blockchain*, aclaró el directivo de IBM, debe chequearse que cumpla con ciertas reglas: ser un activo específico que se va a monitorear, que sea trazable y suministre información de una transacción.

Por otra parte, según el doctor Castro, todos aquellos intermediarios cuya presencia no agregue valor están en riesgo de desaparecer. "Esto pone nervioso a todo el mundo, pues, eventualmente —dijo—, no se necesitará la labor de verificación de las notarías, por ejemplo. El MIT ya usa esta tecnología para certificar la autenticidad de sus diplomas. Si la adoptamos acá no sería necesario que el Ministerio de Educación apostillara los que expiden nuestras universidades".

Aun así, no sirve para todo. Como explicó Jorge Vergara, no es una base de datos relacional para hacer consultas eficientes sobre características de los usuarios o sus comportamientos, aunque sí es una base de datos distribuida. Tampoco es apropiada cuando se requiere el seguimiento de un activo (tornillo) que se convierte en otro (un carro) o para un proceso de interacción múltiple con diversos elementos, o si estos cambian durante su vida útil. Del mismo modo, no es aplicable para sesiones en tiempo real.

Si bien el primer foro de *blockchain* resolvió muchas dudas y suministró amplias referencias, también quedó claro que esta es una tecnología está en evolución, por lo cual aún es difícil determinar todos sus alcances. Como bien dijo el profesor Harold Castro, para motivar a la gente se necesitan casos de éxito en Colombia que muestren su impacto. ■

Foto: Pixabay

El sector financiero es uno de los principales beneficiarios de la tecnología de *blockchain*, pues garantiza transacciones más seguras.

Monitoreo, seguridad y ahorro de tiempo: **los beneficios**

Jorge Vergara, *chief technology officer* de IBM, habló de aplicaciones de *blockchain* en negocios. Por su parte, Luis Javier Parra, director de Estrategia y Desarrollo de Negocios de Infoprojects, se refirió a las habilidades requeridas para trabajar en la cadena de bloques.

Rastrear rápidamente un enlatado de cerdo descompuesto vendido en un almacén Walmart en China hasta la granja que crio el animal pronto será posible con la información proporcionada en la etiqueta. La opción la brinda la tecnología de *blockchain* y la alianza firmada entre IBM, esa cadena de almacenes, la Universidad de Tsignhua y la plataforma JD.com.

Con los medios actuales de investigación y con los métodos de registro y reporte, asegura el ejecutivo de IBM Jorge Vergara, una acción así tarda semanas, con grandes costos para empresarios y riesgo para los consumidores.

El acuerdo, anunciado a finales del 2017, pondrá en marcha un sistema que permitirá "mejorar el rastreo, la trazabilidad y la seguridad de comestibles en China y lograr una mayor transparencia en toda la cadena de suministro de alimentos del país asiático", según el portal Criptonoticias (http://bit.ly/2AyKy55). Con una aplicación de su celular, el consumidor también podrá saber la procedencia de su compra.

Además, como en *blockchain* la información es inalterable, resultará seguro adquirir un artículo que, por ejemplo, certifica procesos que no involucran trabajo infantil o que no ha sido cultivado con químicos prohibidos. Obviamente, la información automatizada depende de la honestidad de las partes.

El caso anterior refleja solo una de las muchas posibilidades que brinda esta tecnología, que impactan la economía y la vida diaria de las personas. Van desde criptomonedas, transacciones comerciales y operaciones financieras rápidas y seguras, pasando por monitoreo de cadenas de suministro y contratos inteligentes (acuerdos automatizados que se dan durante la compra de seguros o pasajes, por ejemplo, en donde la intervención de un tercero es innecesaria), hasta aplicaciones en actividades de entretenimiento como juegos digitales y apuestas cuyas recompensas están aseguradas.

Blockchain o cadena de bloques es el primer sistema de registro, control y monitoreo con las características de trazabilidad, distribución e inmutabilidad, esencia de su seguridad. Por eso Luis Javier Parra, de Infoprojects, la considera disruptiva, a la altura de la invención del computador personal y de internet: "Su creación puede considerarse la tercera revolución tecnológica, después de esas dos".

Al monitoreo automatizado también es factible vincular tecnología de internet de las cosas, de tal manera que se registren los datos de sensores de temperatura durante el transporte de un medicamento, por ejemplo. "En algunos países de Europa —dice el *chief technology officer* de IBM— se debe comunicar cuando se superan ciertos grados. Esta información será confiable si se registra con un sistema inmutable (no se puede modificar, solo adicionar). Así, el consumidor estará completamente seguro de que siempre se mantuvo la cadena de frío".

¿Para qué sirve la tecnología *blockchain*?

Para monitorear un activo en una cadena de producción y dar seguridad a todo el proceso.
Con una aplicación, el consumidor podría saber de dónde proviene el producto que va a comprar.

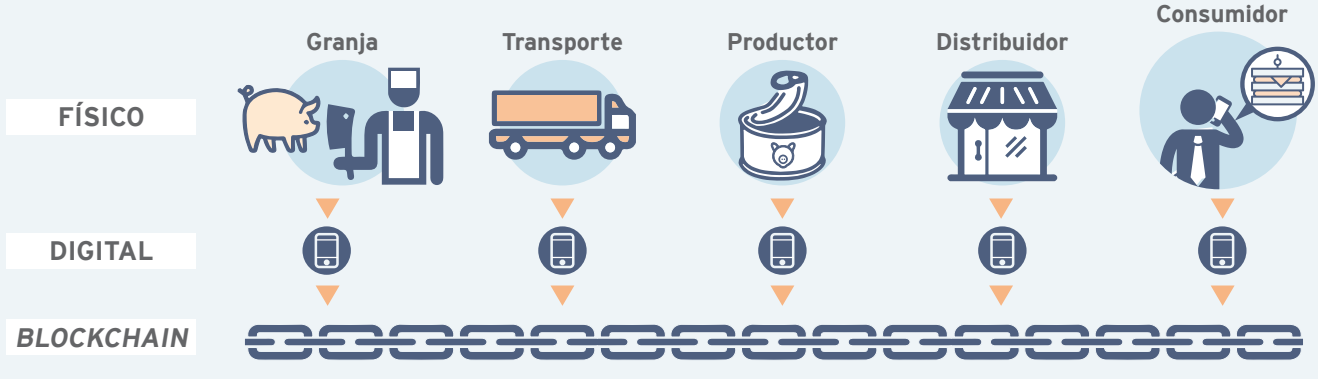


Foto: IBM

Jorge Vergara

Foto: Oscar Aldair Morales

Luis Javier Parra

Diferentes proveedores, como IBM o Microsoft, ofrecen el servicio en la modalidad *software as a service* (SaaS). Y aunque en Linux Foundation está disponible la tecnología *blockchain open source,* según el funcionario de IBM no es muy amigable y encima hay que desarrollar una aplicación para cada necesidad. El reto para los empresarios y programadores, entonces, es "identificar rápidamente las actividades que se pueden beneficiar, y desarrollar con imaginación aplicaciones apropiadas", afirmó el directivo de Infoprojects.

Entender y programar

Desarrollar aplicaciones para *blockchain* no requiere habilidades diferentes a las necesarias para programar en cualquier otra plataforma. Pero Luis Javier Parra consideró que sí es importante que el ingeniero de sistemas que trabaja en ello conozca y entienda muy bien las principales características de esta tecnología.

El criptopeso, ¿para qué serviría?

La existencia de una moneda digital nacional no está lejos de las consideraciones de muchos países que ven en la tecnología del *blockchain* una forma de aprovechar los beneficios de la *financial techology* (*fintech*) para cerrar brechas de desigualdad. Gran parte de su éxito dependería de la aceptación del público.

Un criptopeso daría inclusión a las personas que no tienen acceso al sistema bancario, pero sí a un celular.
Foto de billete: De Barto920203 - Trabajo propio, CC BY-SA 4.0, http://bit.ly/2GUIBE3

Una criptomoneda nacional, emitida y manejada por un banco central, les daría a quienes tienen dificultades de acceso a un banco facilidad para llevar a cabo transacciones con la seguridad proporcionada por la tecnología *blockchain*. En algunos países del tercer mundo donde la bancarización es baja, no así el acceso a celulares, una moneda virtual centralizada generaría inclusión.

Además de estos beneficios para los consumidores, la adopción de una moneda digital abarataría los costos y aumentaría la eficiencia y seguridad de las transacciones. Y le daría al banco central del país información, en tiempo real, del número de intercambios y el movimiento de la masa monetaria, lo cual le permitiría adoptar políticas económicas más certeras y rápidas.

"Hablo de un criptopeso", dijo Carlos Arcila, profesor de la Facultad de Administración y líder del Centro de Investigación de Mercados Financieros de Los Andes, en su conferencia "*Digital Fiat Currency*: casos y retos de una moneda digital".

De acuerdo con su exposición, países como Senegal, Túnez, Estonia y Suecia están experimentando con criptomonedas emitidas por sus bancos centrales, convencidos de las bondades de evolucionar con los avances tecnológicos.

Colombia también va en esa dirección y prueba de ello es el convenio firmado entre el Banco de la República, la Superintendencia Financiera y la empresa R3, de desarrollo de *software* empresarial, para aprovechar las ventajas del *blockchain*. Cerca de un centenar de bancos en todo el mundo se han sumado a R3.

Una *digital fiat currency* es emitida y controlada por la autoridad monetaria de

Foto: Oscar Aldair Morales

Carlos Arcila, profesor de la Facultad de Administración y líder del Centro de Investigación de Mercados Financieros de Los Andes.

> “Una *digital fiat currency* es emitida y controlada por la autoridad monetaria del país y está sometida a las políticas estatales. No es un medio de pago supranacional”.

cada país y está sometida a las políticas estatales. “No es una moneda privada emitida por una empresa, ni es un medio de pago supranacional”. En su conferencia también explicó que desde 1970 el dinero no está respaldado por oro, por lo cual “el valor de una moneda depende de la aceptación y la confianza que la gente tiene hacia ella. Estas se expresan en tres características: sirve como medio de pago —se obtienen bienes a cambio—, es una medida de valor —por cuántas unidades se entrega un bien— y representa un depósito de valor, es decir, se puede ahorrar”.

Esa confianza se vio perjudicada durante la crisis financiera del 2008 y coincidió con la publicación del documento “*Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*”, de Satoshi Nakamoto (http://bit.ly/2nyo20g), un personaje cuya existencia no se ha demostrado, que dio origen al bitcóin y le permite al consumidor no depender de un sistema por entonces profundamente cuestionado.

Aunque el mundo financiero recuperó su credibilidad de la mano de los gobiernos que acudieron a su rescate, las criptomonedas han subsistido de manera alterna, sin otra regulación que la proporcionada por millones de usuarios y, por lo tanto, expuestas al riesgo. Según Carlos Arcila, la coexistencia de las *digital fiat currency* con el papel moneda y las digitales es tema de estudio en todo el mundo: “¿Cómo converge con el bitcóin y la moneda centralizada? Es una pregunta que todavía no está resuelta”.

Tampoco es clara la función, en este escenario, de la banca comercial, si sería sustituida por empresas de tecnología que se encargarían de verificar las transacciones y de gestionar las plataformas de *blockchain* sobre las cuales se montaría el sistema de la criptomoneda nacional. ■

ABC del bitcóin

Esta es la primera tecnología abiertamente inmutable. El programador que vaya a trabajar en la cadena de bloques necesita entender cómo funciona para hacerlo bien.

“De una manera genial que nadie había intentado antes, Satoshi Nakamoto diseñó bitcóin como un sistema de pagos basado en conceptos criptográficos conocidos desde 1980, pero combinados con gran ingenio”.

Así lo afirmó Milton Quiroga, criptógrafo de formación, en la conferencia “Las tecnologías detrás de bitcóin”, en la que habló de los principios técnicos que sustentan el bitcóin. Este ingeniero de sistemas uniandino es profesor de la Maestría de Seguridad de la Información del DISC y gerente fundador de la empresa CyberTech de Colombia. Nakamoto es el nombre con que se conoce al creador de bitcóin.

El profesor Quiroga dijo en su charla que la tecnología criptográfica tras la criptomoneda no es exclusiva del dinero digital, y como es genérica se puede aprovechar para acreditar la seguridad de todo tipo de registros digitales en los que la garantía de inmutabilidad sea muy importante.

Explicó que la *blockchain* de bitcóin trabaja de una manera específica que la hace muy segura, pues es descentralizada, es decir, miles de nodos distribuidos en el mundo efectúan las operaciones y verifican las transacciones. Además, es inmutable: cualquier modificación de un dígito en un bloque cambia todos los subsiguientes de la cadena, lo que lleva a que ningún dato se pueda borrar. La *blockchain* de bitcóin se construyó con código *open source*, bajo licencia del MIT, con la contribución de más de 400 programadores en todo el mundo.

En entrevista con revista Foros ISIS Milton Quiroga definió los principales elementos tras esta tecnología:

Bloque: Los de bitcóin están compuestos por los códigos de 2400 transacciones;

71, 194, 38, 1701, 89, 76, 11, 83, 1629, 48, 94, 63, 132, 16, 111, 95, 84, 341, 975, 14, 40, 64, 27, 81, 139, 213, 63, 90, 1120, 8, 15, 3, 126, 2018, 40, 74, 758, 485, 604, 230, 436, 664, 582, 150, 251, 284, 308, 231, 124, 211, 486, 225, 401, 370, 11, 101, 305, 139, 189, 17, 33, 88, 208, 193, 145, 1, 94, 73, 416, 918, 263, 28, 500, 538, 356, 117, 136, 219, 27, 176, 130, 10, 460, 25, 485, 18, 436, 65, 84, 200, 283, 118, 320, 138, 36, 416, 280, 15, 71, 224, 961, 44, 16, 401, 39, 88, 61, 304, 12, 21, 24, 283, 134, 92, 63, 246, 486, 682, 7, 219, 184, 360, 780, 18, 64, 463, 474, 131, 160, 79, 73, 440, 95, 18, 64, 581, 34, 69, 128, 367, 460, 17, 81, 12, 103, 820, 62, 116, 97, 103, 862, 70, 60, 1317, 471, 540, 208, 121, 890, 346, 36, 150, 59, 568, 614, 13, 120, 63, 219, 812, 2160, 1780, 99, 35, 18, 21, 136, 872, 15, 28, 170, 88, 4, 30, 44, 112, 18, 147, 436, 195, 320, 37, 122, 113, 6, 140, 8, 120, 305, 42, 58, 461, 44, 106, 301, 13, 408, 680, 93, 86, 116, 530, 82, 568, 9, 102, 38, 416, 89, 71, 216, 728, 965, 818, 2, 38, 121, 195, 14, 326, 148, 234, 18, 55, 131, 234, 361, 824, 5, 81, 623, 48, 961, 19, 26, 33, 10, 1101, 365, 92, 88, 181, 275, 346, 201, 206, 86, 36, 219, 324, 829, 840, 64, 326, 19, 48, 122, 85, 216, 284, 919, 861, 326, 985, 233, 64, 68, 232, 431, 960, 50, 29, 81, 216, 321, 603, 14, 612, 81, 360, 36, 51, 62, 194, 78, 60, 200, 314, 676, 112, 4, 28, 18, 61, 136, 247, 819, 921, 1060, 464, 895, 10, 6, 66, 119, 38, 41, 49, 602, 423, 962, 302, 294, 875, 78, 14, 23, 111, 109, 62, 31, 501, 823, 216, 280, 34, 24, 150, 1000, 162, 286, 19, 21, 17, 340, 19, 242, 31, 86, 234, 140, 607, 115, 33, 191, 67, 104, 86, 52, 88, 16, 80, 121, 67, 95, 122, 216, 548, 96, 11, 201, 77, 364, 218, 65, 667, 890, 236, 154, 211, 10, 98, 34, 119, 56, 216, 119, 71, 218, 1164, 1496, 1817, 51, 39, 210, 36, 3, 19, 540, 232, 22, 141, 617, 84, 290, 80, 46, 207, 411, 150, 29, 38, 46, 172, 85, 194, 39, 261, 543, 897, 624, 18, 212, 416, 127, 931, 19, 4, 63, 96, 12, 101, 418, 16, 140, 230, 460, 538, 19, 27, 88, 612, 1431, 90, 716, 275, 74, 83, 11, 426, 89, 72, 84, 1300, 1706, 814, 221, 132, 40, 102, 34, 868, 975, 1101, 84, 16, 79, 23, 16, 81, 122, 324, 403, 912, 227, 936, 447, 55, 86, 34, 43, 212, 107, 96, 314, 264, 1065, 323, 428, 601, 203, 124, 95, 216, 814, 2906, 654, 820, 2, 301, 112, 176, 213, 71, 87, 96, 202, 35, 10, 2, 41, 17, 84, 221, 736, 820, 214, 11, 60, 760.

Imagen de un bloque de blockchain.

Imagen: No machine-readable author provided. Historicair assumed (based on copyright claims). [GFDL (http://bit.ly/1fd019p), CC-BY-SA-3.0 (http://bit.ly/K9eh9h) or CC BY-SA 2.5-2.0-1.0 (http://bit.ly/2jcrgPn)], vía Wikimedia Commons.

hasta la fecha del foro se habían generado 495.804 bloques. En una *blockchain* privada se puede establecer un protocolo específico para que se cree un bloque cuando se cumplan ciertas condiciones.

De cualquier transacción en *blockchain* —la compra de un apartamento, una hipoteca, la escritura pública— no hay varias copias, sino una única a la que tienen acceso las partes involucradas en el negocio. Se le llama *ledger* o libro mayor.

Nodo: Cada grupo que mina —distribuidos por el mundo— en la plataforma de bitcóin conforma un nodo (en noviembre del 2017 eran 10.457) y trabaja con un *software* que transforma las transacciones a códigos. En una *blockchain* privada de bancos, por ejemplo, cada entidad sería un nodo de esa cadena.

***Hash*:** Es una función matemática para verificar alteraciones de un archivo. Para ello, hoy se emplea el algoritmo SHA256 o el llamado *scrypt*. La función de *hash* garantiza que si hay un cambio en el bloque 1000 y ya se han completado 10.000, habría que modificar los siguientes 9000. Cuantos más bloques se minen, más segura se hace la cadena y genera mayor confianza.

Minero: En bitcóin, su tarea es generar la confianza de la gente, pues es el encargado de encontrar el *nonce*. Pero en una *blockchain* privada y en cada caso habría que revisar qué papel cumpliría. Si, por ejemplo, es una cadena de bloques del Banco de la República, o de una empresa comercial con sus proveedores, esas entidades crearían los bloques. No se requerirían mineros privados, porque la información estaría centralizada en las máquinas de la organización.

Nonce: Es un número que constituye un desafío para los mineros: deben hallar un *nonce* tal que los resultados de *hash* tengan cierto número de ceros a la izquierda. La complejidad radica en que solo es posible descifrarlo a "fuerza bruta", es decir, haciendo combinaciones y combinaciones, empezando en 1 hasta los millones de valores del *nonce* necesarios hasta encontrarlo.

Dificultad de minado: En bitcóin la dificultad de cálculo aumenta cada cuatro años, aproximadamente. A la fecha del foro esta había cambiado cerca de 246 veces. En enero del 2018 se midió en 14 *exahashes* por segundo: toda la red de bitcóin procesa un trillón de *hashes* en un segundo para encontrar los *nonces* adecuados. Para solventar esta dificultad, continuamente se están creando máquinas y programas dedicados únicamente a minería de bitcóin, para que el proceso sea más eficiente en términos de tiempo y de consumo de energía.

Algoritmo de consenso: Se usa en la *blockchain* de bitcóin. Si dos nodos encuentran el *nonce* al mismo tiempo, el algoritmo, de manera justa, resuelve quién se queda con la recompensa.

Foto: Oscar Aldair Morales

Milton Quiroga

Árbol de Merkle

Es una estructura binaria que permite mezclar en un solo valor los *hashes* de todas las transacciones hasta llegar a una cifra resumen. Con esta se verifica que no hay alteraciones y, por lo tanto, que el bloque de bitcóin es válido.

"Para mostrar que la transacción K está en el bloque basta con mostrar un "Merkle *path*" de solo cuatro *hashes* de 32b (128 bits en total)", dijo Milton Quiroga.

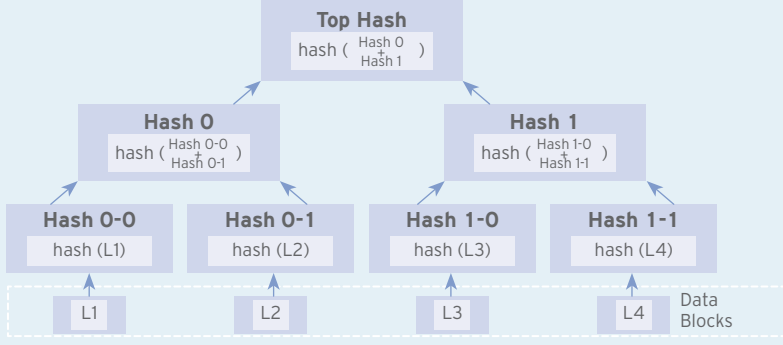


Imagen de Azaghal-Trabajo propio, CC0, https://bit.ly/2JsfBnO

Ciberseguridad para que IoT se afiance en la red

Cada momento crecen vertiginosamente las posibilidades que ofrece internet de las cosas (IoT), en casas, edificios, ciudades, redes, autos inteligentes o el IIoT (industrial). Esta perspectiva que exige mayores esquemas de seguridad fue tratada en el foro organizado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC), con el apoyo de la empresa francesa Airbus Defense and Space (DS) Cibersecurity.

Imagen: Jeferrb en www.pixabay.com. Licencia CCO Creative Commons

Un ataque cibernético a una central eléctrica para dejar a oscuras varias ciudades, asesinar a alguien a través de un dispositivo cardiaco o escuchar las conversaciones de un salón mediante de un televisor apagado eran asuntos de películas de ciencia ficción hace una década.

Sin embargo, ahora estos hechos son una realidad. Con el advenimiento, la rápida expansión y la consolidación del internet de las cosas (IoT) aumentó el confort de los usuarios al contar con nuevos dispositivos en la red, pero también crecieron las vulnerabilidades en la seguridad cibernética de la cotidianidad familiar, industrial y empresarial.

Este panorama con sus problemáticas fue tratado en el "3.er Foro en Seguridad de la Información: Seguridad en IoT, una tecnología emergente en la era de la economía digital" que se llevó a cabo el 15 de marzo del 2017, con el apoyo de Airbus, como parte de la promoción del año Francia-Colombia. Participaron representantes del Gobierno, la industria y la academia quienes recalcaron sobre la necesidad de construir dispositivos IoT seguros, educar a los usuarios y diseñar ensambles protegidos en todas sus aplicaciones. También se habló de los peligros de pérdida de privacidad.

La conferencia central en el contexto industrial "*Security challenges in Industrial Environments: the conflict between operations and security*" la pronunció Fayçal Daira, de Stormshield (AirBus Defence & Space, Estados Unidos) (ver págs. 12-14). Y sobre "Ciberseguridad en la era digital: más allá de la Información, de la To al IoT" habló Diego Zuluaga, especialista senior de Seguridad en Isagen, Colombia (ver págs. 14-15).

Generar datos como infraestructura

La visión del Gobierno fue presentada por Iván Castaño, encargado de Investigación-Desarrollo-Innovación (I + D + I) de MinTIC, quien recalcó la necesidad de generar datos como infraestructura y de ofrecerle seguridad al usuario *end-to-end*, una protección completa que incluye la red, la persona y los dispositivos.

Hoy se dice que los datos son el nuevo petróleo. Porque conoce ese valor, MinTIC está tratando de hacer que los datos se entiendan como infraestructura, es decir que se conviertan en materia prima de la producción y el conocimiento.

Foto: jeshoots.com en http://bit.ly/2hc0v9E Licencia CCO Creative Commons

Semáforo inteligente.

Foto: David Berkowitz en www.pixabay.com, IoT, Connection, Cloud. CCO Creative Commons

Nevera inteligente. Con la tecnología de internet de las cosas se interconectan artefactos de nuestro entorno para ser controlados de forma remota.

Internet of Things (IoT)

El concepto de internet de las cosas se refiere a la tecnología por medio de la cual se interconectan artefactos, así es posible controlarlos de forma remota o recibir mensaje de alerta de los mismos. Por ejemplo, una nevera puede avisar al propietario que un alimento caducará pronto. IoT puede ser usada en diferentes contextos, como el hogar y las industrias. Este último, IoT industrial, se usa en las fábricas para mejorar la eficacia en el uso de la maquinaria y tener una óptima producción.

La interconexión digital de dispositivos o los artículos conectados a la red —que se relacionan entre sí y con las personas— se ha extendido más allá de la vivienda y ha dado lugar a objetos inteligentes como *smart things* (cosas inteligentes), *smart homes* (casas inteligentes), *smart cars* (vehículos inteligentes), *smart cities* (ciudades inteligentes) o *smart grids* (redes de distribución eléctrica inteligentes), las cuales pueden ser monitoreadas en tiempo real.

Foto: Geralt, en http://bit.ly/2yTm74l. Licencia CC0 Creative Commons

La interconexión digital de dispositivos o artículos vinculados a la red se ha extendido más allá de la vivienda y ha dado lugar a objetos inteligentes.

Iván Castaño, ingeniero electrónico de la Universidad Nacional, magíster en Ingeniería de la Comunicación de la Universidad de Toronto, explicó que desde el punto de vista teórico, los datos pueden considerarse infraestructura si cumplen con tres criterios: ser un bien no rival (no excluyente), ser un bien-capital (utilizado para otro producto) y tener un propósito general.

Pero no basta con tener la tecnología para recogerlos (en este caso IoT), también hay que analizarlos como parte de un ecosistema y esta es una tarea pendiente en Colombia. En ese ecosistema no todo es tecnología: existe una correlación entre la ciencia aplicada y otros componentes del sector TIC, que se conectan con tres aspectos: la regulación (que las leyes avancen al mismo paso), habilidades (no solo conocer los programas sino, por ejemplo, hablar un segundo idioma, tener formación en gerencia o inteligencia emocional) e instituciones (lo cual va de la mano de la regulación).

Por otro lado, el representante del Ministerio señaló que si se quiere entrar a la revolución tecnológica, también hay que superar barreras como el temor de las personas a usar servicios en línea. Y es preocupante que (según cifras del 2015 del Grupo de Respuesta a Emergencias Cibernéticas-Colcert), el 42,4 % de las vulnerabilidades digitales corresponde a los ciudadanos, lo que les genera mayor desconfianza al hacer trámites por la web.

Resaltó la importancia del ciudadano dentro del proceso y dijo que la visión del Ministerio sobre internet de las cosas se identifica con la de IBM, la cual se centra en el usuario, con una protección *end-to-end* para generar confianza y que ese sea un entorno seguro. Una apreciación que compartieron los demás participantes en el foro.

Seguridad cibernética, prioridad en políticas industriales

Sobre dos grandes ciberataques, uno contra una fábrica de papel en Estados Unidos que costó más de un millón de dólares y otro contra la central eléctrica que dejó a oscuras a Ucrania, habló Fayçal Daira. Además trató sobre el conflicto entre las operaciones y la seguridad, cómo mejorar y las soluciones de protección en la industria.

Los ciberataques a procesos industriales son una realidad. Sin embargo, su prevención no está en la cultura de la mayoría de las industrias, pues conservan la idea de enfocar el manejo de riesgos en daños en máquinas o accidentes de empleados. Algunos artefactos con más de 20 años son muy vulnerables y a pesar de tener un funcionamiento planificado, el 90 % operan sin antivirus.

De ahí el conflicto entre las operaciones de una compañía y su seguridad. Así, si alguien se conecta, accede

a todo el proceso y puede causar un daño. "No hay una cultura de decir: 'Voy a controlar, voy a investigar qué pasa', porque se carece de monitoreo y de auditorías", explicó el ingeniero Fayçal Daira, con amplia experiencia en empresas de producción de cemento y de agua.

El conferencista ilustró el alcance de la problemática con el ataque a la fábrica de papel Georgia Pacific (Port Hudson, Luisiana, Estados Unidos) y el apagón en Ucrania. La primera ocurrió cuando un exgerente de sistemas, que había sido despedido, se conectó con su contraseña a la red de la empresa y causó un daño de más de un millón de dólares en la producción. "Esa entidad no contaba con auditoría, el acceso VPN (*Virtual Private Network*) no había sido revocado y faltaba monitoreo de ICS (*Integrated Computer Solutions)*", señaló y agregó que encontraron al responsable 15 días después del suceso cuando al conectarse a la VPN vieron que allí estaba.

Ciberataque a red eléctrica en Ucrania

El 23 de diciembre del 2015, la mayor parte de Ucrania quedó a oscuras. Era el resultado de un ataque que había comenzado a planearse ocho meses antes e incluyó dos ofensivas: una que comprometió algunas partes del sistema de distribución y otra que bloqueó las llamadas de aviso de los usuarios sobre la falta de luz.

Fue un hecho perfectamente manejado por los atacantes, explicó Fayçal Daira; inicialmente investigaron a la organización, el funcionamiento de la red operacional y la red interna. La ofensiva tuvo muchas etapas y los delincuentes identificaron las características de seguridad de las dos redes.

Al analizar los hechos después del ataque se encontró que no había auditorías y la información forense era limitada porque el *malware* tenía funciones de borrado, por lo cual desaparecieron las trazas. Además, la compañía no contaban con un procedimiento para seguir en caso de un siniestro de este tipo.

Fuentes de ataques

Fayçal Daira enumeró algunos de los más frecuentes en industrias:

- *Correos Spearphishing*. Mensajes que son enviados a un conjunto seleccionado de empleados de la compañía. Estos incluyen un mecanismo escondido para activar una función maliciosa y desde allí tratar de llegar al servidor central de la empresa. "Una vez el servidor está infectado, tienen acceso a este y a las claves de la compañía", explicó.
- *Watering Hole*. Los atacantes comprometen un sitio web que muchos trabajadores visiten, por ejemplo un periódico. Y esperan a que uno se conecte desde su computador en la empresa, para así ingresar al sistema.
- *USB Key*. Se infecta la memoria USB, probablemente de alguien que no es empleado directo de la compañía, pero que eventualmente tendrá acceso a los computadores y conectará la USB en el transcurso de sus labores.

Fuentes de ataques

Spearphising
Es una forma sencilla con la que todavía operan los ataques. Envían e-mail efectivos porque desencadenan una emoción de urgencia o de manejo directivo.

Watering Hole + Vulnerability
Uso de una página web común para iniciar un ataque por una vulnerabilidad.

USB Key
La herramienta perfecta para infectar varias máquinas.

Exempleados
La forma de ataque más peligrosa.

Cuadro presentado por Fayçal Daira.

Seguridad de las redes

Algunos puntos, expuestos por el conferencista, para mejorar la seguridad de una red son:

Antes de poner más capas de seguridad en el sistema, es importante mejorar lo que se tiene.

- Dispositivos y personas seguros. Se debe incluir la seguridad cibernética en

Torres de energía de Ucrania. En el 2015 la central eléctrica de este país fue objeto de un ciberataque y dejó a oscuras la mayor parte de ese territorio.

Foto: Wind-line-tower-mast-electricity-energy en www.pxhere.com. Licencia CC0 Creative Commons

la política de procesos industriales. La estrategia de alta tecnología alemana se basa en el documento Industry 4.0, que promueve el uso de tecnología para la revolución de la industria.

- Usar protocolos estándares. OPC UA (*OLE for Process Control Unified Architecture*) puede mejorar las prácticas de seguridad. Es conveniente auditar todos los accesos a la red operacional considerando cuándo, quién y qué hizo, e invertir en ciberseguridad.
- Usar autenticación de dos factores. El ataque en Ucrania se habría evitado si fuera necesario autenticarse con dos factores; un atacante necesitaría conocer los dos para lograr acceso al sistema.
- *OT Security*. Proteger y monitorear la red OT (*Operational Technology*), durante y fuera de un horario laboral. Esto incluye usar productos de seguridad en la red OT.
- Políticas de administración. Algunos ejemplos de este tipo de políticas son: Definir procesos para remover los permisos de los usuarios que ya no trabajan con una compañía y restringir el empleo de USB para evitar la ejecución automática de *scripts*/ejecutables.
- *Enable Auditing*. Programas de *software* como Windows y otras aplicaciones tienen incluidos sistemas de auditorías y estos deberían habilitarse y configurarse.

Foto: Óscar Aldair Morales

Fayçal Daira, gerente de Preventa y Operación en Stormshield, AirBus Defence & Space, Estados Unidos.

Defensas activas y pasivas para arquitecturas seguras

Con el advenimiento del IoT es necesario establecer la ciberseguridad desde el diseño de los dispositivos y las redes. Así, se reducirá el riesgo frente a los peligros y las vulnerabilidades dentro de la red, cada vez más amplia y variada.

En la era digital, los riesgos de ataques se incrementan y son más complejos: no solo hay más amenazas y espionaje, sino que han aparecido programas *malware* como Stuxnet, Duqu y Flame, al tiempo que las ofensivas pueden estar en manos de grandes mafias terroristas, gobiernos o bandidos que simplemente contratan los servicios de un *hacker* en la web.

Este es el panorama de la nueva generación de cambios que se están dando con internet descrito por Diego Zuluaga*, encargado senior de la seguridad de Isagen, quien habló de la relación de IoT con la Tecnología de Operación (TO).

El conferencista precisó que hay nuevas dimensiones en el internet de las cosas, por la interacción de las máquinas y la gran variedad de dispositivos, que implican retos de seguridad y privacidad. Con IoT las cifras de aparatos conectados hoy alcanzan billones, lo que provee una superficie más grande para los ataques. Antes se podía atentar a través del computador en la casa o la oficina, ahora es posible hacerlo desde los teléfonos móviles, es decir, desde cualquier lugar por donde nos movamos. Además la información no está solo en el disco duro de un computador local, también se replica a la nube y cualquiera de esos puntos puede ser atacado. "Estamos involucrando el cuerpo físico, hay dispositivos que pueden causar la muerte. Los que venimos del mundo de seguridad en operación sabíamos que podíamos tener dificultades importantes que podrían afectar las vidas de las personas".

Después de Stuxnet (que atacó sistemas de control en una planta nuclear en el 2010), explicó el conferencista Zuluaga, comenzaron a aparecer otros programas maliciosos cada vez más avanzados; por ejemplo, algunos permiten abrir la cámara y el micrófono de un teléfono y buscar dispositivos *bluetooth* alrededor. "Vemos que Duqu 2.0, en junio del 2015, ni siquiera debe estar en disco duro, es un *malware* que funciona en la memoria, no se va a encontrar rastro, él simplemente confía en que hay vulnerabilidades en el entorno con las cuales se va a replicar en todas las máquinas que pueda". Agregó que hay otros como *Ramsonware* que seguirán popularizándose porque son una forma fácil de obtener beneficios económicos.

El sector energético, en riesgo

En la anatomía de un ataque, este no va directo al objetivo: es planeado y coordinado con tiempo; primero pasan por la red

Foto: Óscar Aldair Morales

Diego Zuluaga, de Isagen.

corporativa, buscan la red industrial y luego van al objetivo real.

Una evidencia de lo anterior se da en el sector energético que, por interesar a muchos públicos, fue uno de los objetivos principales de las ofensivas. Havex, por ejemplo, fue un *malware* usado en Tecnología de Operación (TO). no directamente contra las empresas sino contra la cadena de suministro, pues atacó a un proveedor de los sistemas SCADA al incluir un troyano en los sitios web disponibles para actualizar el *software* de estos sistemas, de tal forma que cuando se descargaban actualizaciones se afectaban los equipos.

Zuluaga recordó que el apagón en Ucrania (ver "Seguridad cibernética, prioridad en políticas industriales", pág. 12) fue planeado contra 186 ciudades de las cuales 103 quedaron completamente oscuras y cerca de 80 fueron afectadas parcialmente. "Lo que previene un ataque de estos es una arquitectura organizada y establecida con anterioridad. Y que tenga defensas pasivas y activas, que haya inteligencia para saber qué pasa en el entorno", explicó.

El primero, en el 2015, se orientó contra la compañía de distribución de energía. En el 2016, el 6 de diciembre, el blanco fueron las empresas de trasmisión y también generó apagones en todo ese territorio. "Por eso algunos dicen que pueden estar usando al país como laboratorio de ataques a la infraestructura crítica", dijo.

Por otro lado, se refirió a las redes inteligentes de energía y a los millones de medidores que se instalarían en las casas o edificios. Y señaló que se pueden presentar diferentes peligros: de privacidad, de acceso, de borrado, de negación del servicio o de ataque desde el centro de operaciones al cortar la señal a todos y generar un apagón.

Por todos esos riesgos, agregó, hay que trabajar en un ecosistema en donde intervengan las industrias, los operadores, las fábricas, los que saben de seguridad, los consultores, para solucionar los problemas que surgen en este entorno y hacerlo de manera segura.

Y reiteró que la ciberseguridad debe establecerse desde el diseño para evitar incidentes que no solo afectan al mundo virtual, sino al real, puesto que estamos entrando a un entorno donde se tocan IoT y TO con el ámbito físico.

* Diego Zuluaga precisó que las opiniones emitidas en el foro no representan a la compañía donde trabaja.

Foto: U.S. Navy photo by Mass Communication Specialist 2nd Class J.T. Bolestridge [Public domain], via Wikimedia Commons

Un especialista en operación evalúa imágenes tácticas en un centro de combate de la US Navy.

Operational Technology (OT)

Los sistemas informáticos empleados en el manejo de las operaciones industriales, diferentes a las operaciones administrativas, se conocen como Tecnología de Operación (OT, por sus siglas en inglés). Los sistemas operacionales incluyen la gestión de la producción, control de operaciones mineras o hidroeléctricas, monitoreo de petróleo y gas, entre otros.

Industrial Control Systems (ICS) o Sistema de Control Industrial es una parte importante dentro de la OT e incluye sistemas para supervisar y controlar procesos industriales. Pueden ser el consumo de energía en las redes eléctricas o las alarmas de los sistemas de información de la construcción.

La mayoría de los ICS se ubican en un sistema de control de proceso continuo, gestionado a través de controladores lógicos programables (PLC), o sistemas discretos de control de procesos (DPC).

Los ICS suelen administrarse a través de sistemas de supervisión y adquisición de datos (SCADA) que proveen una interfaz gráfica de usuario para que los operadores puedan observar fácilmente el estado de un sistema o recibir alarmas.

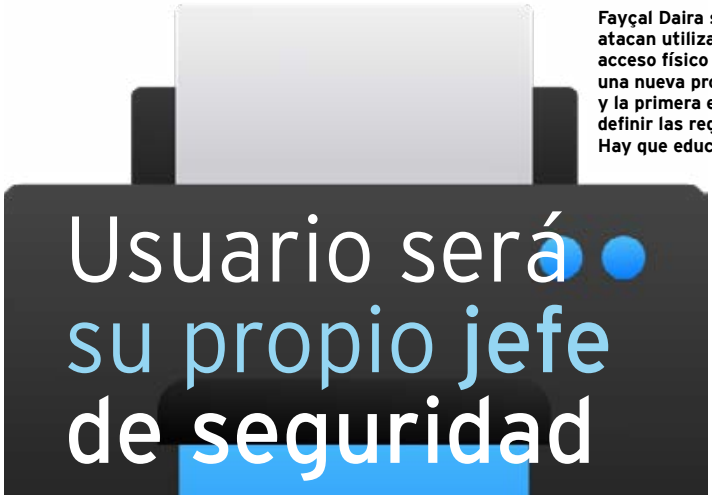


Imagen: Fabián Alexis en github.com/
Licencia Creative Commons

Fayçal Daira señaló que algunas personas atacan utilizando una impresora o por un acceso físico que está conectado a una red. Es una nueva problemática que debemos incluir y la primera etapa es tener los procesos, definir las reglas y los modelos de seguridad. Hay que educarse sobre los temas.

Usuario será su propio jefe de seguridad

Apartes del panel "Visión y elementos técnicos en la seguridad en IoT e industrial IoT".

Oportunidades y ventajas con el IoT industrial

Mayor Milena Realpe

Esta tecnología se está extendiendo y el Gobierno no es ajeno a ello. En el sector militar se trabaja en sistemas de comando y control terrestres, marítimos y aéreos. Y en defensa se componen de vehículos y medios no tripulados.

En el área corporativa ha servido para el control de activos, inventarios y sensores conectados a redes de internet, de seguimiento y control, los cuales han ayudado a tener información en tiempo real. Y a los funcionarios, en los celulares, las oficinas y las instalaciones, les ha permitido aumentar la seguridad y automatizar procesos.

Luis Javier Parra

Como cofundador de Info Projects veo en IoT la base para desarrollar requerimientos de conocimiento y consultoría. Como empresario advierto la posibilidad de generar una cantidad de servicios novedosos para que empresas, desde las más pequeñas hasta las más grandes, puedan utilizar estas tecnologías de TI con una aplicación segura y que afecte de buena manera el sistema central de sus negocios.

Sandra Rueda

La academia da la posibilidad a los estudiantes de empezar a trabajar con estas tecnologías e integrarlas, pero el gran desafío es hacerlo de forma responsable.

Retos respecto a la seguridad

Fayçal Daira

En IoT hay diseños que nunca tomaron en cuenta la seguridad. El caso Samsung, con el teléfono celular Galaxy Note 7, fue un desastre. La seguridad debe estar desde el inicio del diseño, pero cada vez hay personas que encuentran más tecnología. Es un partido entre proteger y arrancar. Hay que mejorar el proceso para que sea más ágil y para que en la industria sea posible fabricar partes que se puedan remplazar fácilmente.

Mayor Milena Realpe

Un reto importante es cómo vamos a gestionar estos dispositivos, si no hay estándares en el tema de IoT, ni protocolos que se puedan aplicar, pese a que cada vez están más conectados a nuestras redes. Otro desafío es en las infraestructuras críticas digitales o en la parte cibernética, porque cuantos más dispositivos están conectados a la red, hay más riesgos y vulnerabilidades.

Riesgos en la industria y los usuarios

Mayor Milena Realpe

Hay que mantener actualizados los sistemas de defensa, buscar alternativas; el análisis de vulnerabilidades se hizo más complejo porque tenemos un nuevo punto desde donde se pueden meter diferentes tipos de infección o de ataques.

Luis Javier Parra

Los responsables de seguridad van a requerir una cantidad de herramientas que no se han construido o que pueden ser mejor construidas.

Sandra Rueda

El usuario común y corriente tendrá que asumir los roles de administrador y jefe de seguridad en su oficina y en su hogar.

Foto: Óscar Aldair Morales

El panel moderado por Tito Neira, de Scotiabank, contó con la participación de Diego Zuluaga, de Isagen. Mayor Milena Realpe, jefe de Prospectiva del Comando Conjunto Cibernético; Fayçal Daira, de Stormshield; Sandra Rueda, profesora asistente del DISC, y Luis Javier Parra, cofundador de Info Projects.

Internet, **la nueva sangre** de la tecnología

Las tecnologías emergentes, aquellas que están conectadas a internet, traen múltiples beneficios, pero es necesario tomar precauciones para usarlas con seguridad porque los cibercriminales están al acecho.

Imagen: Thomas Breher (Tbit) en www.pixabay.com (https://goo.gl/UvuVMT). Licencia CCO Creative Commons.

Big data, blockchain, internet de las cosas (IoT), internet del valor (IoV), industria 4.0, ciudades, hogares y redes inteligentes (*smart*) y *fintech* son nombres que aparecen cada vez con más frecuencia en la vida ordinaria de las personas. Estas tecnologías emergentes, conectadas a internet, proporcionan velocidad, eficiencia y otras múltiples ventajas, pero pueden comprometer la privacidad y la seguridad.

La palabra *blockchain* se asocia con criptomonedas, ese medio para hacer transacciones virtuales que alcanza precios astronómicos y del que bitcóin es el más conocido. Pero, en realidad, esta tecnología es mucho más, pues da pie a nuevas modalidades de negocio, a partir de tres de sus características fundamentales: la información se produce en bloques y así se garantiza su integridad; es pública, lo que aumenta la transparencia y la confiabilidad, y múltiples mineros la generan de forma distribuida, con lo cual es difícil de manipular.

Gracias a esas condiciones, hoy se habla de contratos inteligentes, una variante empresarial en la que los computadores conectados a internet —si se cumplen ciertas condiciones— toman decisiones automáticas sobre las acciones que deben seguirse.

También es recurrente la palabra *smart* combinada con *cities*, *homes* y *grids,* que no son otra cosa que ciudades, hogares y redes inteligentes; o empieza a ser familiar la industria 4.0, en la que se automatiza casi por completo la producción industrial mediante computadores que controlan procesos y máquinas.

Todas ellas son tecnologías emergentes, cuya característica es la conexión a internet, y que, sin duda, están revolucionando la sociedad, de la mano del acelerado crecimiento de las posibilidades de conexión de los seres vivos entre sí y con las máquinas.

Los beneficios y riesgos que en materia de seguridad y privacidad plantean estos temas fueron el centro del "4.º Foro en seguridad de la información. La seguridad ciudadana ante el reto de las plataformas tecnológicas emergentes". Este se llevó a cabo el 20 de septiembre del 2017 en la Universidad de los Andes y fue organizado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC).

En el panel que se desarrolló dentro del evento se habló de varias de estas tecnologías, de sus beneficios y de los riesgos que representan para la sociedad.

A continuación, un resumen de lo tratado por los panelistas y algunas conclusiones recogidas por la profesora del DISC Sandra Rueda sobre las conferencias.

Blockchain y criptomonedas

Hubo consenso entre los conferencistas sobre la urgencia de estudiar el fenómeno para decidir cómo encararlo y si, eventualmente, debe ser objeto de regulación estatal, pues en Colombia es alegal.

"La banca tradicional, definitivamente, no ha venido atendiendo esas nuevas necesidades —dijo Yenny Tatiana Rodríguez, jefe de Seguridad de la Información del Banco Itaú, al responder una pregunta del público en el panel—. Colombia debe abrirse a estos temas y pensar qué sucedería si adoptáramos las monedas virtuales, que no responden a una banca centralizada. Debemos usar nuestra experiencia en temas como lavado de activos y no devolvernos en el tiempo".

Imagen: Michael Weenscht, en www.pixabay.com (https://goo.gl/cVU3T5). Licencia CC0 Creative Commons.

Bitcóin es la más popular de las criptomonedas. Estas plataformas no están reguladas por el sistema bancario.

A su vez, el coronel Fredy Bautista, director del Centro Cibernético de la Dijin, resaltó que las criptomonedas son plataformas alternativas para hacer transacciones, que le dan vida al IoV (internet del valor), pero, a diferencia de los sitios de pagos en línea, no están certificadas por una franquicia o por un sistema bancario. De ahí, recalcó, se derivan diversos riesgos: además, de lavado de activos y financiación del terrorismo, se usan para pagar extorsiones producto de ataques de *ransomware* (programa malicioso que encripta la información con el fin de pedir rescate) o de denegación del servicio; o para acceder a servicios vía *streaming* que reproducen en vivo abusos sexuales a niños.

Eddy Williems, evangelista principal de G Data, añadió que los inversionistas pueden resultar estafados cuando ponen su dinero en una especie de esquema piramidal, en el que desconocen quién está detrás.

Internet de las cosas (IoT) y *smarts*

El IoT conecta los dispositivos y aparatos que usamos en la vida diaria mediante sensores para que interactúen entre máquinas o con seres vivos mandando o recibiendo información a través de internet. Da pie, entonces, a las *smarts* (hogares, ciudades y redes inteligentes, son las principales).

"Ayuda a reducir costos y a aumentar la eficiencia; por ejemplo, si la Policía sabe cuáles son las vías más congestionadas, puede controlar los semáforos —dijo en el panel Martha Liliana Sánchez, asesora nacional de Seguridad Digital de la Presidencia de la República—. Los riesgos surgen porque estamos pasando del internet de la información, al internet de valor, en el que podemos transar monedas, acciones o cualquier otro dato para tomar decisiones y no fue diseñado para eso".

Por otro lado, los conferencistas concluyeron que se requiere compromiso serio entre la utilidad del internet de las cosas y la privacidad de las personas. Como los objetos están conectados a sensores que recopilan información, quienes la recogen deben informarle al usuario cuál es el fin que persiguen y, además, garantizar que su almacenamiento sea seguro, para evitar que sea *hackeada*.

"Si la gente quiere beneficiarse de estas tecnologías, tiene que ceder datos a cambio, pero debe saber para qué van a usarlos", afirmó la profesora Rueda y al entregar las conclusiones mencionó ejemplos poco éticos, como el de un fabricante de juguetes sexuales que recogió datos íntimos de sus clientes sin siquiera contarles que los sensores de los dispositivos enviaban detalles de cómo los usaban.

Fintech

Son *start-ups* que proveen aplicaciones que prestan servicios financieros, pero no corresponden a empresas financieras ni tecnológicas tradicionales y están por fuera del

Los expositores

Los conferencistas fueron los siguientes: Eddy Williems, evangelista principal de la compañía de seguridad alemana G Data; AJ Singh, director de Servicios Globales y Soluciones en Inteligencia de la estadounidense FireEye; Rafael Londoño, subdirector de Estándares y Arquitecturas de MinTIC; John Fabio Giraldo, contralmirante del Comandado Conjunto Cibernético, y Gina Pardo, directora de Seguridad y Operación Bancaria de Asobancaria.

También contó con la participación especial de Michael Bock, embajador de la República Federal de Alemania, y de Alexander von Bila, presidente del Consejo directivo de la Cámara de Industria y Comercio Colombo-Alemana.

De igual forma, hubo un panel, en el que, además de Eddy Williems y AJ Singh, estuvieron los siguientes expertos: Fredy Bautista, coronel de la Policía y director del Centro Cibernético de la Dijin; Martha Liliana Sánchez, asesora nacional de Seguridad Digital de la Presidencia de la República, Yenny Tatiana Rodríguez, jefe de Seguridad de la Información del Banco Itaú, y Sandra Rueda, profesora del DISC, como moderadora.

Imagen: Gerd Altmann (Geralt) en www.pixabay.com (https://goo.gl/6fMVTr). Licencia CC0 Creative Commons.

La conexión digital de objetos que usamos a diario facilita la vida de las personas, pero plantea retos en cuanto a la privacidad.

mercado regulado. Dentro de ellas, Yenny Tatiana Rodríguez, del Banco Itaú, destacó el *crowdfunding*, una modalidad de financiamiento colectivo para esas empresas, e identificó los siguientes riesgos:

1. Lavado de activos y financiación del terrorismo. Dado que no hay trazabilidad de los recursos para financiar estas empresas, no se sabe si realmente se quiere crear una *start-up* o si se pretende ingresarlos al sistema legal amparados en máscaras.
2. El impago. La iniciativa puede no llegar a feliz término y, por lo tanto, se pierde la inversión. En otros negocios, ese riesgo lo asume el sector financiero, pero aquí solo hay dos personas haciendo la transacción y la posibilidad de que se materialice es alta.
3. El operacional. En él intervienen tres actores: a) la persona que requiere la inversión, b) el dueño del capital y c) la plataforma a través de la cual se hacen las inversiones. Entre ellos pueden surgir conflictos de intereses relacionados con el número de créditos, con las ganancias esperadas, con la posibilidad de lavado de activos y acciones similares.

Industria 4.0

Eddy Williems, de G Data, destacó la industria 4.0, un protocolo que está empujando la completa automatización de los ambientes industriales mediante el uso de computadores conectados a internet. La intranquilidad surge de la vulnerabilidad de las redes usadas para controlar los procesos porque puede comprometerse no solo la parte física de la planta, sino que los productos pueden encarecerse o no estar disponibles en el mercado.

Vehículos automatizados

AJ Singh, director de Servicios Globales y Soluciones en Inteligencia de FireEye, resaltó los vehículos automatizados que, por ejemplo, podrían mitigar los problemas de tráfico y reducir las emisiones de CO_2.

"Como ciudadanos, no deberíamos confiar en que el Gobierno nos protegerá de todo en el ciberespacio, porque —enfatizó—, a diferencia de los otros escenarios, en este no sabe quién es el enemigo ni cómo va a llegar y tampoco tiene las herramientas para estar pendiente de todo el mundo. A nosotros también nos toca colaborar".

Cloud computing

Esta tecnología provee servicios computacionales en la nube que pueden usarse sin necesidad de instalar equipos en las empresas.

La profesora Sandra Rueda recogió tres conclusiones de las conferencias: 1) es importante verificar el nivel de confianza de los proveedores de las soluciones, 2) hay que encriptar los datos que se suben a la nube y 3) no deben almacenarse allí documentos que puedan comprometer la seguridad de las instituciones o de las personas.

Sobre este último punto, el coronel Fredy Bautista contó sobre un microempresario que pidió ayuda al Centro Cibernético de la Policía porque digitalizó documentos sensibles de su sociedad y los subió a la nube; le comprometieron la contraseña y, cuando se dio cuenta, la mitad de su empresa estaba en poder de un tercero. "El problema no fue de la tecnología, sino de la configuración de las contraseñas para el acceso y, sobre todo, del nivel de información que había subido", dijo el oficial.

Imagen: Gerd Altmann (Geralt) en www.pixabay.com (https://goo.gl/6fMVTr). Licencia CCO Creative Commons.

La industria automotriz avanza en la automatización de los vehículos.

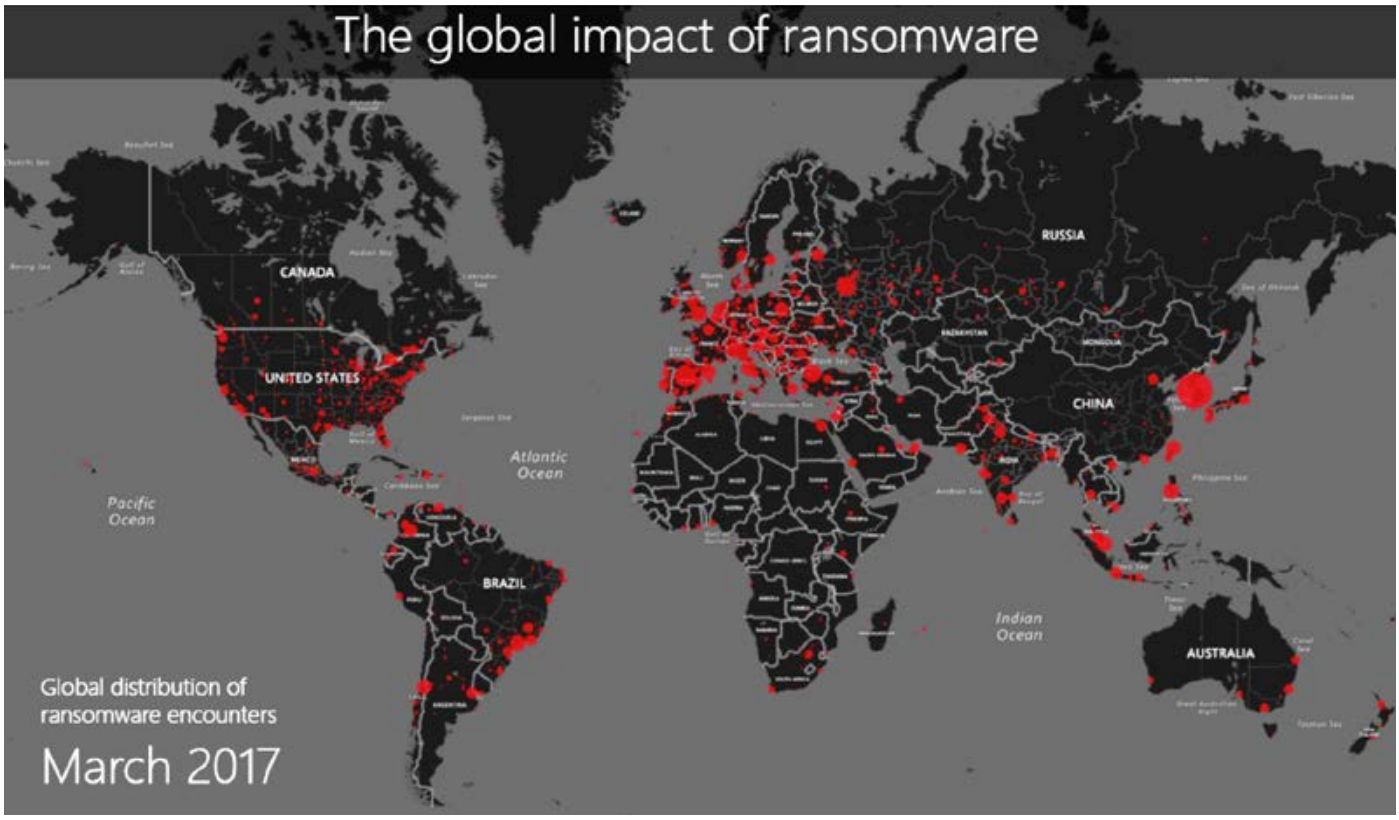
Imagen: Gerd Altmann (Geralt), en www.pixabay.com (https://goo.gl/NHKCJc). Licencia CCO Creative Commons.

Los usuarios del *cloud computing* deben tener en cuenta que es importante encriptar la información que suben ala nube.

Imagen: Gerd Altmann (Geralt), en www.pixabay.com (https://goo.gl/7Fgz3u). Licencia CCO Creative Commons.

La industria 4.0 ha sido denominada la cuarta revolución industrial o la ciberindustria del futuro.

La verdad sobre el ***ransomware***



Fuente: Microsoft Security Blog (https://goo.gl/vd88Mi)

Distribución global de encuentros de *ransomware* por mes. En el blog TechNet, de Microsoft, se puede consultar el mapa mes por mes, entre enero y junio del 2017.

La encriptación de datos para exigir rescate es un problema muy visible y que puede afectar a cualquier ciudadano, pero hay amenazas mucho más peligrosas, según Eddy Williems, evangelista principal de la firma alemana G Data, cuya función es explicar en palabras sencillas conceptos complejos de seguridad.

En la medida en que la gente se familiariza con las tecnologías conectadas a internet, ¿los riesgos para los ciudadanos son mucho mayores?

Sí, el problema con el internet de las cosas (IoT) es que los aparatos y objetos que se conectan a internet deberían ser seguros por diseño y por metodología, pero, desafortunadamente, y ese es el mayor riesgo de esos dispositivos, es que no se están desarrollando de forma segura.

¿Por qué sucede eso? ¿Porque los desarrolladores no están capacitados, porque no se invierte lo suficiente, porque el conocimiento tecnológico es insuficiente?

Es una combinación de factores. Integrar seguridad en los dispositivos podría demorar su salida al mercado o afectar sus precios. También es difícil encontrar la gente adecuada, pues el que sabe fabricarlos, probablemente no sabe asegurarlos, y cuando el fabricante busca ayuda en la industria de la ciberseguridad, se topa con que ella enfrenta sus propias limitaciones, porque faltan recursos humanos. Se requiere que la academia trabaje en la formación de ese tipo de expertos.

En su conferencia habló de contar la verdad sobre el *ransomware*, ¿a qué se refiere?

Mostré una imagen que evidencia las exageraciones de los medios de comunicación y de la industria de seguridad, porque se piensa que el *ransomware* es lo único; en realidad, en términos porcentuales es muy pequeño, pero, como es muy visible, nos olvidamos de amenazas como el *spyware* y el *adware* que espían nuestras actividades, o las que apuntan hacia nuestras cuentas bancarias o información personal. El *ransomware* está poniendo millones de dólares en los bolsillos de los cibercriminales y

no deberíamos subestimarlo, pero estas otras son más extendidas y potencialmente más peligrosas porque podrían afectar infraestructuras críticas o gobiernos y son las que realmente se constituyen en armas de guerra.

¿A quiénes van dirigidos los ataques de *ransomware*?

Son para obtener dinero fácil. Los bancos no son su objetivo real, las instituciones educativas sí, porque usualmente carecen de presupuesto suficiente para comprar defensas de calidad; es tentador atacarlas porque no pueden detenerse y son más proclives a pagar rescates costosos y sin mucha resistencia. Por otro lado, debemos separar dos tipos de *ransomware*: el indiscriminado cuyo fin es conseguir la mayor cantidad de dinero de las víctimas, y el que apunta directamente a alguna entidad. Un ataque dirigido es muchísimo más complicado y muchísimo más caro; para obtener dinero rápido es más fácil o eficiente lanzarlo al público general.

¿Qué tipo de información le encriptan al ciudadano y cuánto le piden en promedio para rescatarla?

Los costos dependen de variables como el precio del bitcóin, debido a que se exige el pago del rescate en moneda virtual, y también del poder adquisitivo de los países. Recuperar la información puede costar desde 100 dólares y el promedio es de 500 dólares. Lo que encriptan depende del *ransomware* en sí mismo; normalmente no se cifran programas, sino documentos de oficina, fotos, hojas de cálculo. También pueden

> "Los dispositivos que se conectan a internet deberían ser seguros por diseño y por metodología, pero no se están desarrollando de esa forma".
>
> Eddy Williams

tomar posesión del sistema e incluso las copias físicas de respaldo (*backups*) pueden ser cifradas. Probablemente, la mejor defensa reside en el uso de tecnologías muy nuevas como la supervisión de conducta, que consiste en analizar el comportamiento del *software* de cualquier aplicación que corra en el sistema, para, con base en criterios preestablecidos, determinar si se asemeja a un *ransomware*. También hay que contemplar productos específicamente diseñados contra esta amenaza y las tecnologías de protección contra *exploits* (fragmentos de *software* o datos que aprovechan vulnerabilidades de seguridad para que el sistema se comporte de manera errada).

¿Cómo sabe un ciudadano del común, que compra equipos y programas legales, si estos cuentan con esas protecciones?

Actualmente no existen pruebas comparativas especializadas en *ransomware*. Represento a la AMTSO (Anti-malware Testing Estándar Organization), una entidad independiente que fija los estándares para analizar los diferentes productos *antimalware* y ver cuáles funcionan bien, cuáles no y cuáles son mejores. Debido a su complejidad, es muy difícil simular el *ransomware*, estudiarlo para estandarizar pruebas, pero se está trabajando en eso.

Foto: Felipe Cazares

Eddy Williams, de G Data.

¿Qué recomendaciones puede darnos a los ciudadanos para protegernos?

El problema fundamental siempre será el factor humano. Los usuarios hacen clic irresponsablemente y una práctica sana es ser precavidos en el uso de los clics. Además, somos negligentes en la instalación de las actualizaciones en las aplicaciones; en gran medida si los sistemas operativos y las aplicaciones se mantuvieran al día, no habría que apoyar la responsabilidad en las soluciones antivirus. El aprendizaje es muy lento, pero las amenazas se hacen cada vez más sofisticadas y más rápidas.

¿Podemos vivir tranquilos conectados a internet?

Sí, podemos, pero hay tener ciertas precauciones básicas; la industria de la ciberseguridad está avanzando y cada vez es posible cubrir nuevos frentes. Es como caminar en el bosque: usted se aplica repelente porque los mosquitos pueden atacarlo; eso ayuda, pero siempre puede haber una serpiente y tenemos que ser muy cuidadosos.

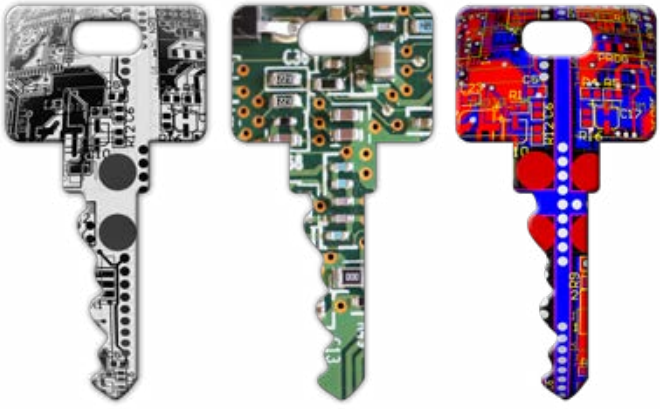


Imagen: Gerd Altmann (Geralt) en www.pixabay.com (https://goo.gl/H4Fj6P). Licencia CC0 Creative Commons.

Las llaves de la ciberseguridad están en manos de cada ciudadano. Prácticas sencillas como actualizar las aplicaciones ayudan a disminuir los riesgos.

La información, **nueva cara** de la guerra

AJ Singh, de la firma estadounidense de seguridad FireEye, conoce de cerca las actividades del grupo APT28, relacionado por algunos con el *hacking* gubernamental de élite y una de cuyas acciones más conocidas fue la infiltración de las últimas elecciones presidenciales en Estados Unidos. Revista Foros ISIS habló con él.

Hace unos años, cuando un vecino de AJ Singh supo que este pertenecía al FBI en Estados Unidos le dijo:

—Ah, entonces usted puede entrar a mi correo y leer mis mensajes.

—Sí, pero no tengo tiempo, pues ni siquiera alcanzo a leer los míos, le respondió Singh, quien trabajó 10 años para el Buró Federal de Investigaciones y ahora es director de Servicios Globales y Soluciones de Inteligencia de FireEye.

Con esta anécdota, el experto quiso mostrar cuán expuestos estamos a ser víctimas de ataques malintencionados en la web y cómo la información se ha convertido en una poderosa ciberherramienta de guerra de los Estados para alcanzar objetivos. Así ha ocurrido con los *hackers* APT28, los mismos que, en el 2016, *hackearon* los computadores del Partido Demócrata en Estados Unidos y robaron y divulgaron información, lo que pudo perjudicar a la candidata Hillary Clinton.

En su conversación con revista Foros ISIS, a propósito de su conferencia en el 4.º Foro en Seguridad de la Información, AJ Singh dio otros ejemplos de actividades maliciosas como la manipulación rusa de los resultados de las pruebas antidopaje en el Juegos Olímpicos de Sochi en el 2014, que fue denunciada por Wada (Agencia Mundial Antidopaje, por su sigla en inglés). "Encontramos el lanzamiento de documentos y correos de Wada por personas que trataban de ser activistas y vimos su relación con el APT28, pues se basaban en la infraestructura y las técnicas compartidas en comportamientos anteriores de esta amenaza", dijo.

La sigla APT se traduce como amenaza persistente avanzada, aunque el experto

Imagen: Pete Linforth (HypnoArt) en www.pixabay.com (https://goo.gl/CtQCbk). Licencia CCO Creative Commons.

Los ataques pueden provenir de activistas relacionados incluso con gobiernos, que envían mensajes propagandísticos para incidir en la geopolítica.

Foto: Felipe Cazares

AJ Singh, de FireEye.

La recomendación

Una clave para mejorar la seguridad de los ciudadanos es entender los riesgos, pues así es posible reducirlos.

"Es como en el fútbol. Si mis amigos y yo nos enfrentamos a una selección nacional, nuestro objetivo no es vencerla, sino perder por menos de 10 goles. Y cómo lo voy a hacer: debo entender cómo juegan para poder rendir mejor. Sé que voy a perder, pero por lo menos que no me ganen por tanto". dijo AJ. Singh.

aclaró que no necesariamente tiene que ser avanzada, pero la persistencia sí es una condición esencial. Añadió que en FireEye han detectado el surgimiento de activistas que envían mensajes propagandísticos, relacionados incluso con Estados como Rusia y precisó: "Aunque la información ha sido usada para fines similares desde la Guerra Fría, ahora es mucho más fácil y no cuesta tanto dinero. Lo único que se necesita es ir a un cibercafé de internet, tener conocimiento de cómo atacar un objetivo y causar algún daño. Depende de mis capacidades como autor y de tener acceso a un dispositivo".

Según él, es difícil establecer con certeza si los integrantes de APT28 son rusos o pertenecen al gobierno de ese país, pues a no ser que cada integrante cometiera un error operacional, habría que verificar la relación entre sus redes sociales y sus cuentas con algunas piezas de infraestructura que se hayan comprometido. "Lo que podemos decir es que sus actividades están alineadas con los intereses de los rusos, pero es difícil decirlo sin ver el teclado del *hacker*".

Ataques de Día Cero

Estas acciones malintencionadas contra aplicaciones o sistemas ocurren cuando las vulnerabilidades aún no han sido detectadas por los fabricantes o los usuarios y por lo tanto las fallas no han sido corregidas. Se consideran una de las principales armas de la guerra informática.

Por qué suceden. ¿Qué hace que los *hackers* malintencionados las detecten antes que las empresas o los gobiernos, que también tienen equipos de expertos avezados?

Para Aj Singh, la respuesta es financiera, en el sentido de que hay que evaluar los costos económicos, pero la buena noticia es que son ataques poco frecuentes porque requieren mucha investigación, tiempo y dedicación para poder encontrar las fallas en las aplicaciones. "Realmente, ahí es donde la ventaja radica en ser persistentes contra estas amenazas –aseguró–. Hay programas para encontrar esas vulnerabilidades y ponerles un parche, aunque otros estén trabajando para atacarnos".

Para Singh, la academia debe enseñar una programación responsable. "Es muy fácil entrar a Google, tomar un pedazo de código hecho por alguien, agregarlo a mi aplicación para que funcione y, aunque no sea a propósito, añadirle una vulnerabilidad. Así que es muy importante enseñarles a los estudiantes, a los amigos, a la familia, para que se defiendan y para que sepan cómo pueden ser unos expertos en el tema de la ciberseguridad", recalcó.

Otro problema es la escasez de talento preparado en ciberseguridad, pese a que es un trabajo muy bien pagado. "Hace un año di una conferencia en Savannah (Georgia, Estados Unidos). En ese Estado hay una comisión estudiando por qué hay 4000 plazas para seguridad, pero se gradúan menos de 15 con ese título y la mayoría regresa a sus países de origen. Hay un gran déficit no solo en tecnología, sino en personas y conocimiento".

Los antídotos de los **expertos**

Al final del foro se desarrolló un panel con los dos invitados internacionales y representantes nacionales. También hubo espacio para las preguntas del público. Revista Foros ISIS recoge parte de las intervenciones.

Cada panelista destacó una idea que quisiera que la gente recordara para mejorar su seguridad y privacidad cuando se conecta a internet. Coincidieron en que la educación de calidad y, sobre todo, innovadora es fundamental, para que no pase lo del cuento del pastorcito mentiroso: de tanto oír sus repeticiones, nadie le creyó.

Yenny Tatiana Rodríguez

La gestión del riesgo es fundamental. Todo tiene cosas buenas y malas y sea que creamos en nuevas ideas o en las tradicionales, es importante que sepamos a qué nos enfrentamos midiendo ese riesgo.

Martha Liliana Sánchez

No podemos dejarle la seguridad ciudadana solo al Estado; cada uno de nosotros es responsable y debe balancear los riesgos de seguridad y privacidad. Para obtener algo, siempre tenemos que arriesgar algo y la tecnología no es diferente.

Coronel Fredy Bautista

Cualquier dato en internet tiene un precio y eso cambia el paradigma de que solo se ataca a las grandes corporaciones y no al ciudadano de a pie. Por ejemplo, si a usted le toman una fotografía cuando está interactuando con el computador, pueden venderla para crear un falso perfil y generar una cadena de fraude y de cibercrimen.

Imagen: Gerd Altmann (Geralt) en www.pixabay.com (https://goo.gl/PSmPtP). Licencia CCO Creative Commons.

La seguridad es un asunto de todos. No podemos dejarla en manos del Estado, de unas pocas instituciones o de otras personas.

Eddy Williems

Crea en usted y en nadie más. Usted, como humano, es el factor crítico; está decidiendo y es responsable de lo que hace o de lo que va a suceder. Si hace la elección correcta, ganamos todos.

AJ Singh

Más bien le diría que sea consciente de que usted puede equivocarse, porque hay factores que no dependen de nosotros, sino de proveedores como los de servicios en la nube. Recuerdo un caso de un programa para limpiar el computador, que provenía de un proveedor confiable, era una herramienta legítima, pero la habían vulnerado.

Preguntas del público

¿Cómo podemos usar la inteligencia artificial al servicio de la ciberdefensa? ¿Ya lo estamos haciendo?

Martha Liliana Sánchez

En Colombia ya contamos con sistemas de detección temprana, proactivos, que pueden detectar indicios de un ataque cibernético y responder con ciertas reglas para prevenir ataques a infraestructuras críticas, aunque no están totalmente terminados.

También tenemos simuladores de guerra cibernética, que crean escenarios, toman decisiones y nos entrenan para actuar o para prevenir los ataques.

¿La seguridad que ofrecen las plataformas en la nube para almacenamiento de información puede ser suficiente para una pyme?

Eddy Williems

Cloud tiene muchísimas cosas buenas, pero hay aspectos para considerar como la confianza en el proveedor, pues así como uno se autentica en la nube para subir o bajar datos, también podría haber *malware* que se está haciendo pasar por uno.

En un país con tanta gente mayor, que no está familiarizada con internet, ¿cómo hacemos para hacerles llegar el mensaje de la seguridad?

Eddy Williems

Tanto en Estados Unidos como en Europa tenemos programas para niños pequeños y para adultos mayores, pero no es suficiente. Es muy difícil llegarles a las personas de 67 o 70 años y por eso he decidido ayudar a educarlos. Esta es una invitación para que todos colaboremos y no esperemos a que otros lo hagan porque esa es una posición muy cómoda, pero no siempre da buen resultado.

Martha Liliana Sánchez

La parte más débil de la cadena son las personas y la seguridad no se reduce a internet. He conocido casos de gente mayor que entrega los datos de sus tarjetas por teléfono, porque cree que si tiene el plástico en el bolsillo no podrá ser objeto de fraude. Una estrategia del Gobierno es educar a los niños desde el colegio y también a los profesores, muchos de los cuales no fueron nativos digitales. También hacemos campañas de comunicación estratégica con el Ministerio de Educación, la Presidencia de la República, Asobancaria y la Policía para sembrar en la gente la espinita de si será verdad o no lo que le están diciendo cuando la llaman por teléfono.

Coronel Fredy Bautista

Hemos trabajado el tema de la economía digital con la Cámara Colombiana de Comercio Electrónico y con Asobancaria y una de las conclusiones es que se necesita educación de calidad y concientización en todos los niveles, sobre todo para el usuario. El ciudadano común puede ser atracado cuando, por ejemplo, descarga una aplicación para ciclistas y publica la ruta que seguirá cuando salga a montar. Eso nos obliga a cambiar la conducta, a unirnos a grupos y a tomar las mismas precauciones que con las redes sociales, pues estamos vinculando algunos datos como el correo electrónico. A la par que hay nativos digitales, un grueso de población, entre la que me incluyo, se topó con la evolución y no podemos perder de vista que cada vez que damos un pestañazo encontramos una nueva modalidad de crimen.

Minería de procesos, **un monitoreo con esteroides**

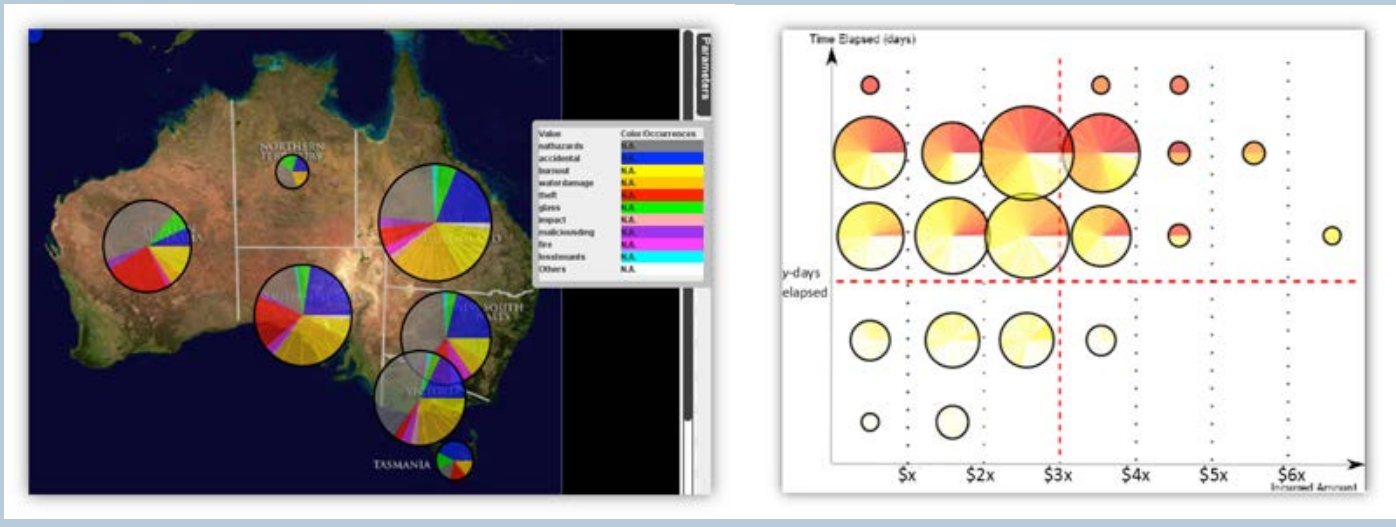


Imagen tomada de la presentación de Marlon Dumas. La herramienta usada es Prom 6.2, de código abierto (http://www.processmining.org/(ProM 6.2).

Tablero táctico usado en una compañía de seguros australiana para visualizar reclamaciones durante un período de 6 meses. Las gráficas de la izquierda representan los diferentes tipos de peticiones por zonas geográficas, mientras que a la derecha se aprecia cuándo fueron presentadas (las más oscuras son las más antiguas). Con esta herramienta los administradores del proceso identifican los problemas y trazan las acciones para corregirlos.

Esta modalidad de monitoreo tiene ventajas frente a las visualizaciones clásicas en tableros de control: permite descubrir el modelo del proceso de manera detallada, verificar la conformidad entre el modelo y la realidad (el log de ejecución), y analizar las desviaciones entre ellos. Marlon Dumas, de la Universidad de Tartu (Estonia), habló de esas características y del monitoreo predictivo que ya empieza a aplicarse.

Las empresas que no opten por la transformación digital desaparecerán. La buena noticia es que aún hay tiempo hasta el 2020 para diseñar e implementar los cambios. Si los adoptan, obtendrán ventajas como visualizar las etapas de sus procesos para conocer el detalle de quiénes intervienen, identificar los cuellos de botella o comparar los comportamientos de los empleados en casos que se resuelven a tiempo y los que se demoran más de lo previsto.

Tal es la posición de Marlon Dumas, profesor de Ingeniería de *Software* en la Universidad de Tartu, conferencista principal del 2.º Foro de *Business Process Management*: "Retos y realidades para el monitoreo y análisis de procesos de negocio", que se llevó a cabo el 22 de junio del 2017 en la Universidad de los Andes.

BPM es una metodología que provee herramientas para facilitar la administración de un proceso de negocio en sus distintas etapas: diseño, análisis, ejecución,

Los otros conferencistas

Juan Manuel Mogollón, vicepresidente para Latam, y Julián Delgado, especialista en transformación digital, de Bizagi, hablaron de "El papel del BPM frente a los retos de la transformación digital"; Carlos Robles, director de arquitectura de procesos del grupo Aval, se refirió al "Diseño de una estrategia de seguimiento y control de procesos", y Henry Pulido, de Xoftix, presentó el proyecto de BPM y justicia que adelanta su compañía en Panamá.

y monitoreo. La charla del profesor Dumas se centró en "Monitoreo predictivo de procesos de negocio y de Ingeniería de Procesos".

Para introducir el tema, explicó los dos tipos de monitoreo y control: se toman los datos grabados en diferentes sistemas (logs/registros) y se procesan para visualizarlos en tableros de control (la manera clásica. Ver al final de esta página) o extraer modelos de procesos (minería de procesos).

Tableros con esteroides

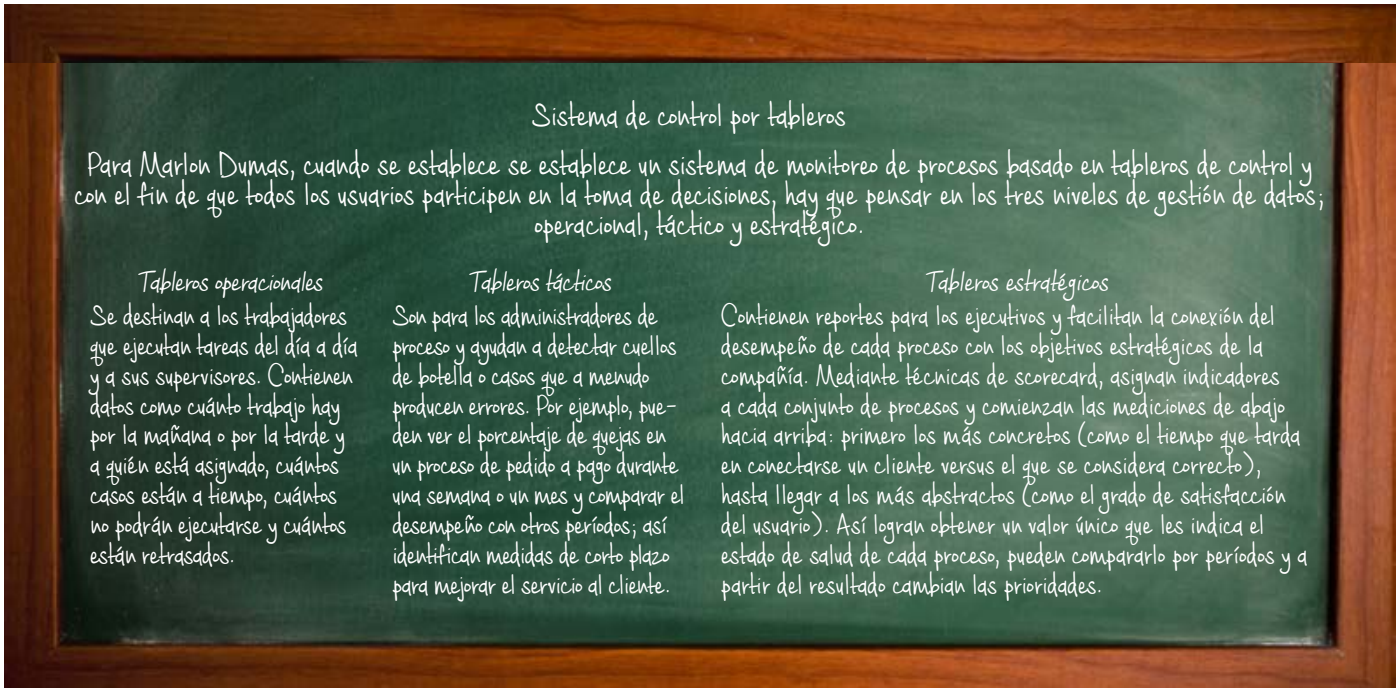
Para el profesor Dumas, la minería de procesos es un monitoreo basado en tableros de control, pero con esteroides, pues el poder se multiplica por dos. "Comenzamos sin discriminar los datos. Cada evento en que se creó, se modificó, se anuló o se pagó una factura, cada mensaje al cliente en relación con ella, muestra algo y debo ponerlo en un log que me facilitará el análisis de varios aspectos". Ellos son:

Descubrir el modelo. A partir de cada log se puede entender de manera mucho más detallada cómo se está ejecutando el proceso y si está conforme con el modelo. "En el 80 % de los casos hay desviaciones estadísticas. Por eso, debo tener un sistema que grabe en detalle las transacciones y que sea usado de manera activa por los trabajadores. De lo contrario, no podré ver excepciones". Para hacer este descubrimiento automático se toma un log que asigna un identificador a cada instancia, graba lo que observó en cada evento y registra las entradas y las salidas de cada tarea. Por ejemplo, puede mostrar el pedido de un cliente, su nombre, su entrada mensual o quién examinó la aplicación. A partir de estos datos, con una herramienta de minería de procesos como Apromore* se puede obtener un modelo de procesos, con diferentes representaciones dependiendo de la herramienta que se use.

Verificar la conformidad (*conformance checking*). Se comparan un log y un modelo de procesos de lo que se está ejecutando para ver las diferencias. "El modelo nos muestra que, por ejemplo, una tarea viene detrás de otra y las dos deben ejecutarse siempre, pero el log nos revela que a veces puedo saltármelas".

Analizar desviaciones o varianza comparando dos logs para establecer qué los distingue. Por ejemplo, en un hospital de Australia cotejaron el modelo de los pacientes con estadía corta con el de aquellos cuya permanencia se prolongó más de lo debido por errores en la hospitalización,

> "Hoy la mejora en los procesos de negocio se ve como un ciclo. No solo implementamos lo que hemos concebido, sino que establecemos una metodología de medición, monitoreo y control continuo, de manera que identifiquemos y analicemos casos especiales para rediseñarlos".
>
> Marlon Dumas



pues querían ver qué hacían las enfermeras en ambos casos.

Monitoreo predictivo de procesos

El profesor Dumas señaló que "este monitoreo es el presente que se está volviendo futuro", pues en lugar de mostrar cuántos casos están retrasados o han recibido quejas, predice cuántos van a demorarse o generarán reclamaciones. Para ello se toman los logs históricos, se codifican en tablas y, mediante herramientas de *machine learning* se construyen modelos que vaticinen cómo terminará un caso y con qué probabilidades tomará una u otra dirección.

Mencionó que las universidades de Tartu y de Tecnología de Queensland (Australia) desarrollaron Nirdizati, una plataforma de monitoreo predictivo de procesos. Y recomendó consultar dos libros para ahondar en el tema: *Fundamentals of Business Process Management* que escribió con Marcelo De la Rosa y *Process Mining* de Wil M P Van der Aalst. ■

* Apromore es una herramienta de código abierto desarrollada por investigadores de las universidades de Tartu y de Tecnología de Queensland, equipo en el que participó el profesor Marlon Dumas. Se encuentra en http://www.apromore.org

Foto: Angie Silva

Marlon Dumas es coautor de 8 patentes otorgadas en Estados Unidos y del libro *Fundamentals of Business Process Management*, texto de referencia en múltiples universidades del mundo.

Dos libros clave

Para profundizar en el diseño de un sistema de monitoreo de procesos con base en tableros de control, Marlon Dumas recomendó dos textos:

Performance Dashboards de Wayne Eckerson. Establece las diferencias entre los distintos tableros con ejemplos de cómo los utilizan las empresas.

Storytelling with Data de Nussbaumer Knaflic. Enseña cómo tomar las mediciones y transformarlas en visualizaciones efectivas y cuáles de esas visualizaciones son mejores para los distintos objetivos.

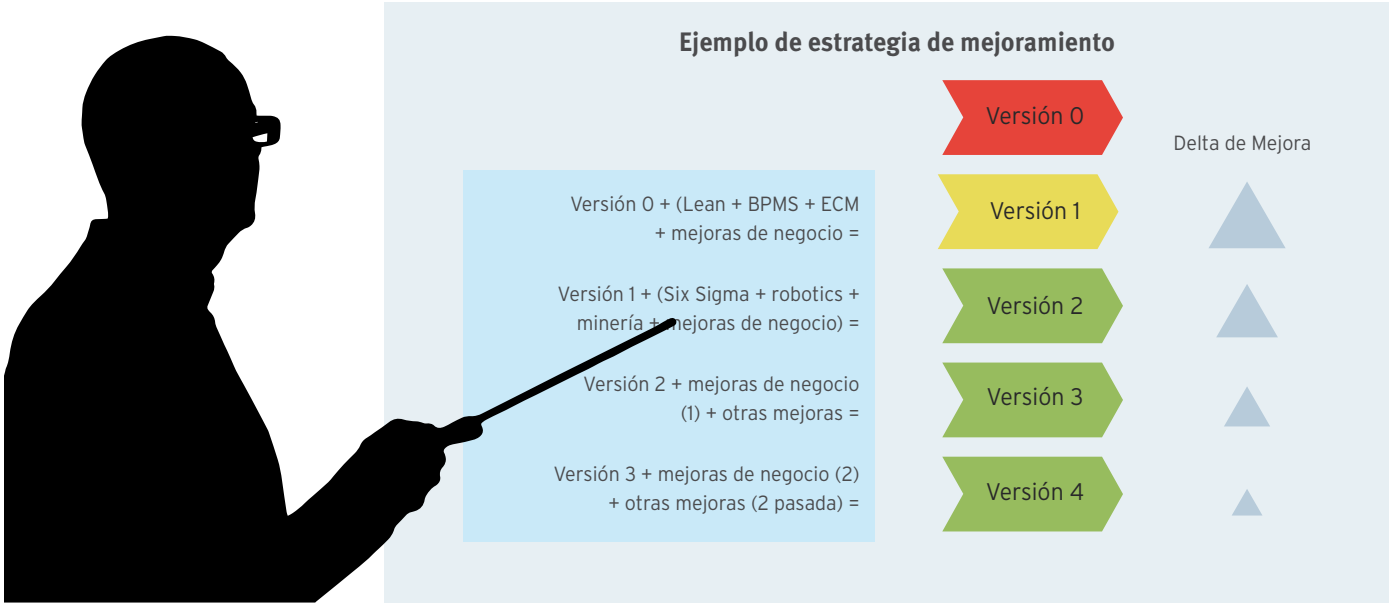
Caso Suncorp

La minería de procesos es una metodología relativamente estándar que están usando cada vez más las empresas con alto nivel de madurez en BPM en Europa, Estados Unidos y Australia.

En este último país, en el 2013, la aseguradora Suncorp –tiene 16.000 empleados y 9 millones de clientes–, encontró que muchas reclamaciones cuyo monto era inferior al equivalente a 1500 euros y que debían resolverse en una semana o menos, tardaban mucho más, mientras que las quejas de mayor envergadura sí se solucionaban dentro de lo estimado.

El análisis les mostró que no había una causa raíz, circunstancia que lo hacía apto para aplicar minería de procesos, dado que no es posible atacar los problemas con técnicas básicas como Six Sigma. "Hay muchísimas razones por las cuales la solución se retrasa y necesitamos una visualización más detallada para identificar cómo podemos mejorar el sistema –explicó Marlon Dumas–. Descubrimos un modelo para diferentes variantes (casos rápidos y casos lentos) y al filtrarlos comenzamos a establecer las diferencias, las iteraciones, los pasos. Así pudimos estandarizar y modificar el proceso para reducir a unos 5 días los tiempos de ejecución de los casos que tardaban entre 30 y 60 días".

Mejoramiento y control para proyectos exitosos



Fuente: Presentación de Carlos Robles. Montaje con imagen de Gerd Altmann (Geralt). www.pixabay.com

Engranaje basado en inventario de procesos, gobierno fuerte, indicador de cumplimiento de metas e informes de reclasificación hacen parte del diseño de esta estrategia. Carlos Robles, director de Arquitectura de Procesos del grupo Aval, explicó en qué consisten.

Una arquitectura de procesos exitosa se construye a partir de la estrategia de la compañía, los objetivos para medirla y los indicadores de desempeño. Lograr este engranaje es complejo. Por ejemplo, al aumentar el número de clientes, se afectarán los procesos de ventas y de retención y como esas áreas no funcionan solas, el impacto se extenderá al área de prospectación (entrega insumos a los vendedores), a operaciones (trata de disminuir errores operativos para que los clientes estén satisfechos) y a PQR (atiende peticiones, quejas y reclamos).

El ejemplo anterior lo utilizó Carlos Robles en su exposición sobre "Diseño de una estrategia de seguimiento y control". Algunos elementos de esa estrategia son los siguientes:

Inventario de procesos. En el ensamblaje, por ejemplo, "aparecen muchos cables pelados y muchas cajas que faltan. Parte de la arquitectura es revisar que las cajas estén completas y que todo cuadre".

Informe de inventarios. En un kárdex se registra cada actividad (saldo inicial, cantidad de entradas y de salidas y saldo final) y se asigna un indicador (el flujo, definido con entradas y salidas). "Si el flujo es mayor a 1, me están entrando más casos de los puedo atender y la bola de nieve irá creciendo. Si es igual a 1, estoy en capacidad de sacar el mismo volumen que entra, y si es menor a 1 estoy sacando más procesos. Pero no basta mirar que, por ejemplo, el indicador sea menor, sino con qué proporción estoy descargando los casos del inventario. Hay que ver si el proceso está incrementando o decreciendo instancias".

Gobierno fuerte. Cada proceso debe tener un dueño, responsable de los indicadores operativos. Estos son de resultados (se miden cuando terminó) y de desempeño (se miden cuando se está ejecutando) y dentro de ese conjunto hay unos claves, que se identifican con la K (de *key*). Además, se clasifican en las cuatro dimensiones del *Balanced Scorecard*: perspectiva financiera (dinero); del cliente (satisfacción, cobertura, disponibilidad, *marketshare*), de procesos internos (tiempo de ciclo, capacidad de errores, productividad de la gente) y de conocimiento y aprendizaje.

Medir la eficacia. Por ejemplo, ventas es eficaz cuando concreta la operación. "Si 30 % de las solicitudes son rechazadas, tengo un proceso para modificar, porque es más lo que estoy desperdiciando que lo productivo. Posiblemente el problema sea

> La estrategia de Aval se construyó de tal manera que el analista va acumulando hacia el jefe; este hacia el director, y todos van mirando el árbol de los indicadores".
>
> Carlos Robles

de prospección. Dentro de la arquitectura debo mirar dónde está el problema".

Causales de terminación. Son indicadores de la eficacia y sobre todo se deben mirar las positivas. "Si el 50 % es de créditos aprobados, la situación es aceptable. Pero si corresponde a clientes que están desistiendo de las solicitudes, tengo un problema en ventas".

Informes de reclasificación. Comparan dos cortes de un proceso cruzando dos inventarios en distintos períodos. Muestran estancamiento, cuellos de botellas y retroceso o que se avanza en la dirección correcta.

Dimensión. La estrategia de Aval se construyó de tal manera que el analista va acumulando hacia el jefe; este, hacia el director, y todos van mirando el árbol de los indicadores".

Indicador del cumplimiento de metas. Está asociado a procesos como el pago de nómina con salario variable por desempeño y es crucial porque cuando se toca el bolsillo cualquier error es grave. ■

Foto: Angie Silva

Carlos Robles enfatizó que la metodología BPM se basa en tres pilares: procesos, tecnología y personas y son estas últimas las que hacen la diferencia.

Digitalizar, actualización urgente

Juan Manuel Mogollón y Julián Delgado, de Bizagi, enfatizaron que se debe generar una capa de agilidad que conecte empleados, proveedores, socios y dispositivos, para facilitar las modificaciones con rapidez.

"El medio de comunicación más grande del mundo no produce contenido, es Facebook; la mayor transportadora no tiene vehículos, es Uber, y la compañía de cine que se impone no tiene teatros, es Netflix. Esto nos indica la urgencia de las empresas de ponerse al día digitalmente".

Lo dijo Juan Manuel Mogollón, vicepresidente para Latam de Bizagi, emprendimiento que nació cuando él estudiaba en la Universidad de los Andes y que hoy atiende clientes en varios países, como Basf, Adidas, Colpensiones y Bancolombia.

En la conferencia "El papel del BPM frente a los retos de la transformación digital", advirtió que cambiar implica mejorar la experiencia del usuario aumentando la optimización y la digitalización de los procesos. "Es como un iceberg; la punta es la experiencia del cliente a través del *contact center*, del teléfono, de la página web o de una sucursal, pero por detrás hay procesos que obligan a orquestar sistemas, aplicaciones y gente dentro y fuera de la organización".

Fuente: Presentación de Bizagi

Colaboración negocio-tecnología

Julián Delgado, especialista en transformación digital de Bizagi, señaló que una iniciativa de transformación digital debe basarse en tres pilares: agilidad para generar iniciativas con rapidez, personalización para cautivar a los clientes y a los empleados y conexión para capturar información externa como la que proveen las redes sociales.

Por eso, la conexión entre negocios y tecnología es vital. "Los problemas son diversos; hay dispositivos totalmente desconectados y sistemas legado o *core* muy difíciles y costosos de modernizar".

Con el fin de enfrentar el reto y modernizar sistemas legados como CRM (*Customer Relationship Management*), no se quedan en la automatización tradicional, sino que trabajan en generar una capa de agilidad que conecte empleados, proveedores, socios y dispositivos; así, al analizar y monitorear el desempeño se pueden hacer cambios con velocidad. Su plataforma también permite registrar nuevas situaciones de negocio, como la que se presenta cuando un cliente pide una póliza para su tractor, pero el vehículo no está dentro de los productos habituales que cubre la aseguradora. ■

Julián Delgado

Juan Manuel Mogollón

Fotografías: Angie Silva

Un BPM **particular para la justicia** en Panamá

Henry Pulido, director operativo de Xoftix, se refirió a cómo han implementado una solución tecnológica a la medida del Sistema Penal Acusatorio (SPA) en el país centroamericano.

Fuente: Presentación Henry Pulido

En un proceso penal pueden intervenir la policía, la aduana, el sistema penitenciario, Medicina Legal, el Ministerio Público, los defensores, las víctimas y los jueces, entre muchos actores, pero cada uno maneja dominios de información diferentes. Por eso lo que es interesante para unos, es irrelevante para los otros.

De ahí que un proyecto de Sistema Penal Acusatorio (SPA) como el que ejecuta el Gobierno de Panamá desde el 2011 tiene particularidades ajenas a los instrumentos habituales de *Business Process Management* (BPM).

En el 2015, Xoftix se unió al equipo para diseñar las nuevas herramientas con un *software* de BPM (BPMS) especial, pues, según explicó Henry Pulido, hasta ese momento el modelo se ajustaba a un BPM que no consideraba dominios diferentes. El sistema propuesto tiene en cuenta aspectos como la entidad a la que pertenece un participante en un proceso y logra que, por seguridad, solo pueda acceder a los datos a los que está autorizado.

El tamaño del proyecto

"Panamá es un *hub* mundial de paso y también de tráfico de personas y de drogas —dijo Pulido—. Se ubica entre Colombia (por el lado del Darién ingresa la droga) y Costa Rica (por allí sale). Eso ha generado delitos nuevos".

Para enfrentar la situación y lograr una administración de justicia ágil, transparente y confiable, se está desarrollando el proyecto SPA, en el que hay 15 instituciones con modelos de negocio y de procesos totalmente diferentes: 130 roles, 30 grandes módulos, 163 macroprocesos y 11.376 usuarios. Hasta el momento, se han procesado 119.567 casos.

Ahora se concentran en predecir ciertos tipos de delitos para mejorar la eficacia del sistema judicial. "Ya tenemos reportes geográficos con mapas de calor, en donde podemos identificar tendencias o *modus operandi*", dijo Pulido. Para ello utilizan modelos de *machine learning* y *business intelligence*, que, por ejemplo, le permiten a un fiscal buscar y cruzar información de conductas delictivas, pues los mismos criminales suelen actuar en varias ciudades, pero mantienen el patrón. ■

Henry Pulido explicó que en el SPA el dominio principal está en la persona, que puede ser víctima o acusada/ indiciada de un hecho.

Foto: Angie Silva

Una escuela para **generar comunidad** en BPM

Entre el 27 y el 30 de junio del 2017, la Universidad de los Andes fue sede de la 2.ª Escuela Latinoamericana en BPM (LASBPM, por sus siglas en inglés), iniciativa liderada por Oscar González Rojas y coorganizada con Mario Sánchez Puccini, ambos profesores del DISC. En la organización también participaron Lucineia Thom (Universidad de Rio Grande do Sul de Brasil) y Pablo Villarreal (Universidad Tecnológica Nacional de Argentina).

La idea se concretó en el 2016 durante la conferencia internacional en BPM en Brasil, donde los expertos Thom y Villarreal, organizadores de la primera Escuela en el 2015, le propusieron al profesor González darle continuidad con el objetivo de fortalecer la comunidad en *Business Process Management* (BPM). Su propósito es hacer más visible la investigación que se desarrolla en la academia y su aplicabilidad en proyectos y necesidades de la industria. El interés de fondo es fortalecer los grupos regionales a través de la colaboración para luego empezar a trabajar con aquellos cuya trayectoria está bien establecida en BPM.

El programa se desarrolló con profesores invitados en cinco cursos (tres de día completo y dos de medio día) para abordar varias preocupaciones relacionadas con BPM, una disciplina en la que las organizaciones colombianas poco a poco han ido madurando. Estos fueron:

Foto: Angie Silva

Pablo Villarreal, Mario Sánchez, Oscar González y Lucineia Thom, profesores de la Escuela Internacional en BPM. El propósito es que el evento académico se vuelva anual y se hacen gestiones para que la próxima sede sea Chile o Uruguay.

Business Process Concepts and Modeling, con Lucineia Thom, trató sobre preocupaciones de modelamiento intraorganizacional de procesos.

Inter-Organizational Business Process Management: Methods and Tools. Pablo Villarreal se encargó de cómo modelar y gestionar la colaboración entre procesos de diferentes organizaciones.

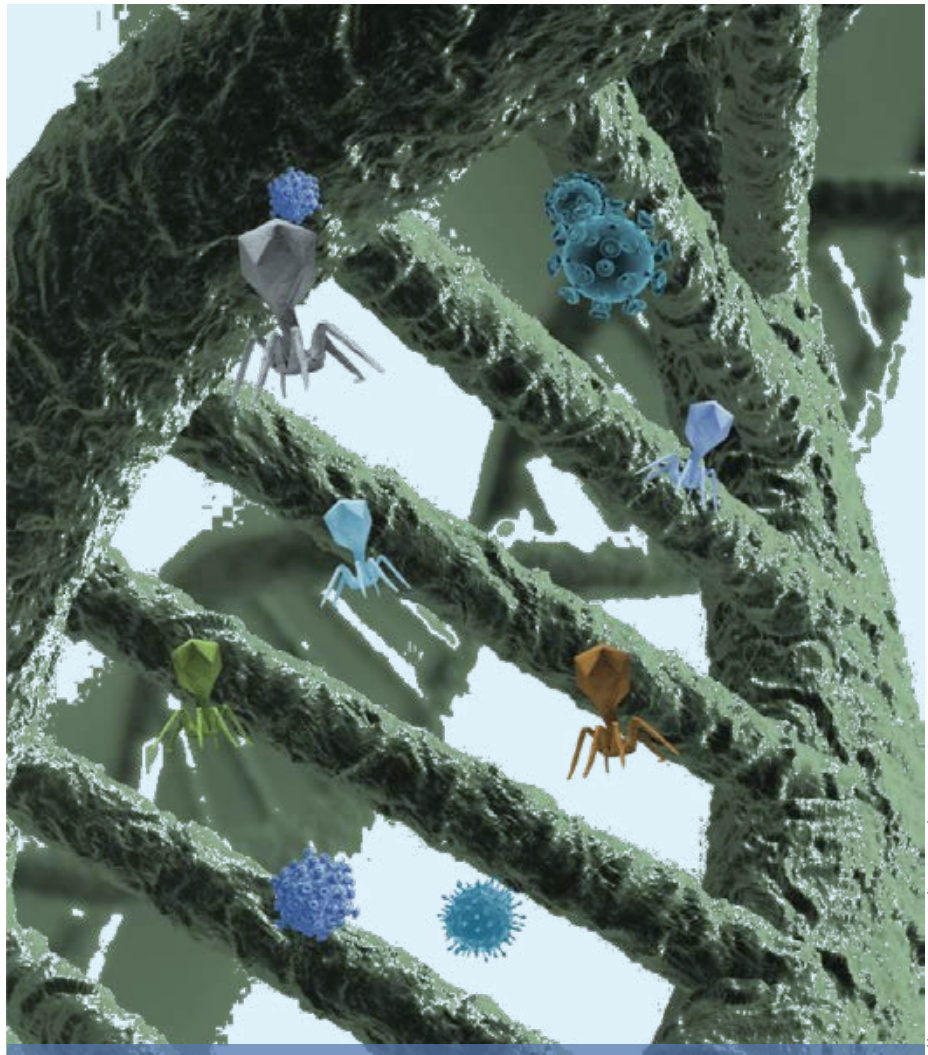
Process Simulation. Mario Sánchez presentó cómo analizar el desempeño esperado de los procesos para ejecuciones actuales y futuras.

Process Mining. Marlon Dumas mostró diferentes métodos y herramientas para hacer minería y monitoreo de procesos basado en log de datos.

Process Analysis and Governance. Oscar González abordó los desafíos que existen en las anteriores temáticas cuando no se tiene uno sino varios procesos y, por ejemplo, la asignación de recursos debe hacerse en función de todos. "Hay que mirar los riesgos que trae, cómo optimizo los costos asociados al modelamiento y la automatización y cómo estandarizo las tecnologías para las diferentes iniciativas en BPM". ■

Poderosa invención **para estudiar la biología**

La Biología Computacional permite analizar e interpretar millones de datos provenientes de organismos vivos que antes no podían estudiarse de manera interdisciplinaria y a tan gran escala. Sus resultados abren nuevas perspectivas para el desarrollo de áreas como la medicina y la agricultura o para la conservación de los ecosistemas, entre otros.



ADN y virus. Imagen diseñada por Catalina Ramírez Portilla de la Universidad de los Andes.

https://bcem.uniandes.edu.co/wordpress/?page_id=42

En el estudio de los secretos del comportamiento de la vida se aliaron la biología y la computación. Con su trabajo interdisciplinario y a través del análisis de datos, modelamientos matemáticos o simulaciones en equipos de alto desempeño, biólogos, genetistas, ecólogos, ingenieros de sistemas y matemáticos han logrado progresos importantes en el conocimiento del genoma (estudio de genes) en individuos y especies. Además, los resultados han sido revolucionarios en investigaciones en áreas como la secuenciación del ADN de genomas virales, análisis de proteínas y biodiversidad.

Esto se evidenció en el 2.º Foro Internacional de Biología Computacional que se celebró en la Universidad de los Andes el primero de diciembre de 2017, con el fin de presentar los avances en campos como la prevención de enfermedades, la agricultura y la conservación del medio ambiente.

Una prueba de lo anterior la entregó Marco Vignuzzi, del Instituto Pasteur en París, en la charla central titulada "Monitoreo, predicción y alteración de la evolución de las poblaciones de virus ARN en el espacio de secuencia". En ella mostró que, por ejemplo, la evolución de un tipo de virus a otro puede tardar 50 años en la vida normal, pero en el laboratorio este tiempo se acorta y se puede usar para predecir mutaciones de mosquitos portadores del chikunguña, entre otros (ver entrevista, págs. 34-35).

De ahí que en el foro se resaltó la importancia de impulsar la Biología Computacional en América Latina, mediante proyectos como los desarrollados por Cabana Project, una iniciativa creada para fortalecer

> En este espacio se vieron los avances alcanzados por los estudiantes de la Maestría en Biología Computacional al exponer sus trabajos y defender sus tesis de grado. Ese programa se abrió hace un poco más de tres años y ya cuenta con más de 10 egresados".
>
> **Marcela Hernández**

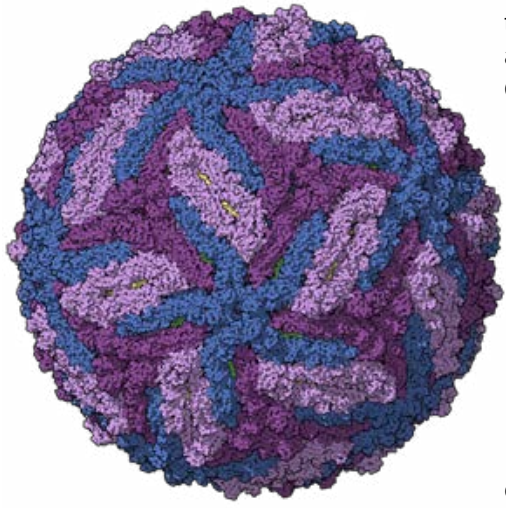
las capacidades de esta disciplina en la región. Esta recibe cerca de 6 millones de libras esterlinas de financiación del Research Councils del Reino Unido, reúne investigadores de seis países (Brasil, Argentina, México, Perú, Costa Rica y Colombia) y apoya a los estudiantes de esa temática.

Y justamente para avanzar en ese camino en Colombia, el investigador Marco Cristancho, representante de Cabana Project (ver "Bioinformática, una apuesta para entender la biodiversidad", págs. 36-37), recalcó la necesidad de conocer la biodiversidad nacional, pues acá la estudiamos muy poco, mientras que otros países adelantan muchos proyectos a partir de nuestros datos. Lo anterior llevó a la profesora Marcela Hernández, coordinadora de la Maestría en Biología Computacional (MBC), a concluir que existen las condiciones para que se lleven a cabo las investigaciones. Y así se ha comenzado a hacer.

Análisis bioinformáticos para el desarrollo

Ejemplo de algunos avances que compensan ese problema son los trabajos de grado y las investigaciones expuestas en el foro y en el *workshop* —que se realizó durante tres días (ver recuadro)—. Allí se mostró la aplicabilidad que está teniendo la Biología Computacional en el país. Alejandro Reyes, profesor asociado de Los Andes, destacó la presentación de algunos análisis bioinformáticos que se están traduciendo en productos útiles, como mostraron las exposiciones de estudiantes acerca del modelamiento de redes de sistemas biológicos y de regulación genética, pasando por el análisis de imágenes hasta el análisis de datos genómicos.

Estos trabajos —resaltó el profesor Reyes, quien dirige el Grupo de Investigación en Biología Computacional y Ecología Microbiana (BCEM)—, permiten entender el potencial metabólico de genomas y de bacterias que están en los páramos. "Mostraron cómo las bacterias que se



Cadenas de zika coloreadas.
Ilustración: Manuel Almagro Rivas (Own work) [Licencia CCO Creative commons, vía Wikimedia Commons.

Foro internacional + workshop

El foro fue organizado por los departamentos de Biología y de Ingeniería de Sistemas y Computación, conjuntamente con la Maestría en Biología Computacional (MBC) de Los Andes. Los conferencistas fueron Marco Vignuzzi y Claudia Chica, del Instituto Pasteur en Francia, y Marco Cristancho, de la promotora de estudios de biodiversidad Cabana Project. Además, se presentaron para sustentación las tesis de maestría de María Camila Martínez y de Manuela Vargas.

El 2.º Foro Internacional de Biología Computacional estuvo precedido por un *workshop* de tres días sobre análisis de datos de secuenciación de alto rendimiento de Genómica, Transcriptómica y Epigenómica, organizado por Los Andes y el Hub de Bioinformática y Bioestadística del C3BI (Centro de Bioinformática Bioestadística y Biología Integrativa) en el Instituto Pasteur de París. Los instructores fueron Alejandro Reyes Muñoz, profesor asociado de Los Andes, Claudia Chica, senior *bioinformatician*, y Rachel Legendre, *research engineer*, del Instituto Pasteur.

En este espacio, se vieron los avances alcanzados por los estudiantes de la Maestría en Biología Computacional al exponer sus trabajos y defender sus tesis de grado. Ese programa se abrió hace un poco más de tres años y ya cuenta con más de 10 egresados.

Meses antes de su creación, el 10 de abril de 2014, se llevó a cabo "1.er Foro Internacional de Bioinformática. Ciencia y tecnología para el futuro del país", (ver revista Foros Isis n.º 4) cuya finalidad era concientizar sobre la importancia de impulsar este tema para conocimiento de nuestra biodiversidad y para el avance de la medicina y la agronomía, así como impulsar la nueva maestría. "Lo más importante –señaló la profesora Marcela Hernández–, es que en esta ocasión hicimos una apuesta para la formación de profesionales. Era un reto porque la naturaleza misma de la temática exige que el programa sea interdisciplinario. En este momento, para los biólogos es impensable trabajar sin computación y la computación, a su vez, está al servicio de las ciencias biológicas en ese dominio que es la Biología Computacional".

encuentran en nuestro suelo, que son completamente desconocidas, tienen la capacidad de ser codificadas para generar posibles nuevos medicamentos o productos".

También —agregó— se está estudiando la diversidad genética generada en la fermentación del cacao, para determinar si es posible darle más sabor y optimizar la producción. "Los de Colombia están entre los mejores cacaos del mundo, pero mientras los cacaocultores no puedan garantizar siempre el mismo proceso y la misma calidad, es difícil que les den los más altos grados de certificación. Esa investigación pretende establecer cuáles son las características más importantes para tener en cuenta cuando se vaya a mejorar". ■

Matemáticas para modelar la **evolución de los genomas virales**

Marco Vignuzzi tiene su laboratorio y es investigador principal de la Unidad de Patogénesis y Poblaciones Virales en el Instituto Pasteur de París (Francia). Allí buscan recrear en el computador algunos sucesos de la naturaleza como la evolución y mutación de virus como chikunguña. Esta revista lo entrevistó.

En el Vignuzzi Lab, del Instituto Pasteur, Marco Vignuzzi investiga la evolución de los virus.

¿En palabras sencillas, podría explicar en qué consisten sus investigaciones con virus en el Instituto Pasteur?

El instituto se enfoca en el estudio de todas las enfermedades infecciosas producidas por parásitos, bacterias, hongos o virus. Mi laboratorio está en la Unidad del Departamento de Virología, que es el más grande de los diez departamentos, y se enfoca en todos los aspectos de virus que afectan al ser humano o en la interfaz entre humanos y agricultura.

Usted investiga en virus ARN. ¿Podría explicarnos qué son?

La mayor parte de los organismos en el mundo, personas, animales o plantas, están hechos de ADN. La mitad de los virus tiene ADN y la otra mitad ARN, otra forma de material genético menos estable que el ADN. El hecho de que sea más inestable está relacionado con que los antivirus cambien constantemente. Por eso son diferentes.

¿En qué radica la importancia de conocer el comportamiento de las poblaciones de virus ARN?

Los virus de ARN son la mayor causa de epidemias, pues generan más del 80 % de las afecciones humanas. Un problema fundamental de estos virus es que evolucionan más rápidamente que otros organismos, razón por la cual se hace muy difícil desarrollar vacunas sostenibles que sirvan un año tras otro.

¿Cuál es la tecnología de punta que emplea en sus investigaciones? ¿Qué tanto dependen de ella?

Lo más importante que estamos desarrollando es el uso de la nueva versión de secuenciación de ADN de nueva generación. Adicionalmente utilizamos herramientas de matemáticas aplicadas para tratar de modelar la infección por los virus y en nuestro laboratorio creamos métodos de alta precisión para medir y rastrear el cambio en los virus en células o en animales infectados como mosquitos.

Marco Vignuzzi

Vignuzzi nació en Italia y a los cinco años se trasladó a Canadá, donde cursó su *Bachelor of Science* en Microbiología e Inmunología en la Universidad McGill (Montreal). Obtuvo el máster en Virología Fundamental en la Universidad de París-Denis Diderot y el doctorado (2001) en Virología, bajo la supervisión de Sylvie van der Werf en el Instituto Pasteur. Después de adelantar el postdoctorado en la Universidad de California (San Francisco), en el laboratorio de Raúl Andino, regresó al Instituto Pasteur para dirigir su laboratorio, Vignuzzi Lab.

La matemática es esencial. Hace diez años era imposible usar modelos matemáticos porque los datos biológicos que se obtenían no eran cuantitativos y toda la modelación en matemática se quedaba en teoría. Pero hoy en día, gracias a la alta cuantificación, la podemos usar y es la única manera de modelar todo y reducir la dimensión de los datos que se obtienen con la secuenciación. Actualmente, con métodos simples no podríamos entender los datos.

Vale la pena destacar que, en los últimos años, en mi laboratorio, por primera vez los resultados que se obtienen matemáticamente indican hacia dónde deben ir los experimentos biológicos.

¿Podría darnos un ejemplo concreto de la aplicación de esas investigaciones?

Uno de los mejores ejemplos es poder mostrar en el laboratorio el surgimiento de una nueva variante de virus de chikunguña. En dos semanas recreamos lo que los epidemiólogos necesitaron años para poder estudiar. Y fue gracias al análisis matemático de los resultados que se identificaron los eventos claves en la aparición de esa variante para así estudiarlos con prioridad.

¿Qué tan lejos están ustedes de poder proponer soluciones aplicables?

La herramienta que desarrollamos es muy útil porque nos permite conocer el siguiente paso en la evolución de un virus, pero el problema es que esto depende de cada una de las cepas. Entonces, poder plantear verdaderamente programas de cuidado, de vacunación y demás es complicado porque ni siquiera hay que estudiar virus por virus, sino cepa por cepa.

Sin embargo, un resultado muy importante es conocer la dimensión del número de cambios posibles. En un principio se pensaba que podían ser miles y con nuestro estudio vimos que apenas son docenas de variaciones. Posiblemente esto modifica la escala y tenemos la esperanza de, eventualmente, conocer toda la evolución.

¿A mediano plazo, hacia dónde va a evolucionar su campo de investigación? ¿Cuáles son las preguntas que se estarán contestando?

Hasta hoy la virología estaba un poco desligada de la biología celular, de la microbiología y de otras ciencias médicas e incluso de las matemáticas y de la ingeniería. A mediano plazo, veo a la virología entrando en contacto y colaboración con estas otras ciencias médicas y con la matemática aplicada y pura, pues justamente es a la virología a lo que el público en general le tiene más susto, porque piensa que se va a morir de una enfermedad viral.

Foto: Graham Snodgrass, Army Medicine. Licencia CCO Creative commons, vía Wikimedia Commons.

El Aedes *aegypti* es una de las especies de mosquitos que puede propagar el virus del chikunguña.

Otro cambio importante en este campo es que en el Louis Pasteur se estudian virus malos, bacterias malas, cosas que matan. Pero nos dimos cuenta que el 10 % de los virus son malos y el 90 % son buenos para el ser humano.

Estudiar la biodiversidad, tanto de los virus como de las bacterias, va a ser importante; conocer los que viven con nosotros y nos traen beneficios nos enseña cómo ser saludables, más que enfocarnos en qué nos va a enfermar.

Los virus buenos posiblemente pueden bloquear a otros virus o son parte de nuestra propia genética. Tenemos elementos como la placenta que ha sido producto de intercambio genético con virus. Esa muy pequeña proporción de virus que son malos para nosotros, pero también hace parte de todo este ecosistema donde se intercambia información y, en ese aspecto, son un elemento interesante.

¿Qué tan relevantes son las tecnologías de la información en la investigación en Ciencias Biológicas y en particular en su área de investigación?

A pesar de que la biología ha llegado tarde a la unión con la bioinformática y con la matemática, porque existía esa dificultad de cuantificación, en este momento y en el futuro son fundamentales. Una

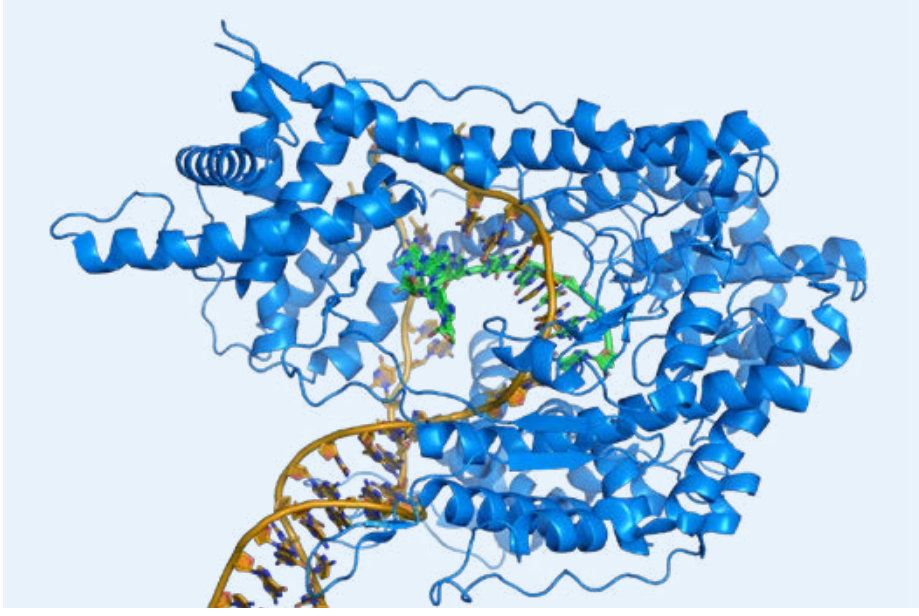


Foto: Thomas Splettstoesser, en www.gnu.org/copyleft/fdl.html. Licencia CCO Creative commons, vía Wikimedia Commons.

Representación de la T7 ARN polimerasa.

El Instituto Pasteur es un referente mundial en sus adelantados y destacados estudios e investigaciones para combatir las enfermedades. Sus aportes al avance de la medicina son reconocidos y una decena de sus investigadores han obtenido el Premio Nobel. Actualmente, más de 3000 personas trabajan en el Pasteur de París. Hay más de 120 grupos de investigación, 130 laboratorios, 4 centros de investigación transversal; 13 plataformas tecnológicas y 11 departamentos de investigación.

Una gran parte de su población corresponde a investigadores posdoctorales y a estudiantes. Es un organismo internacional que cuenta con 33 institutos de diversos tamaños en diversos países.

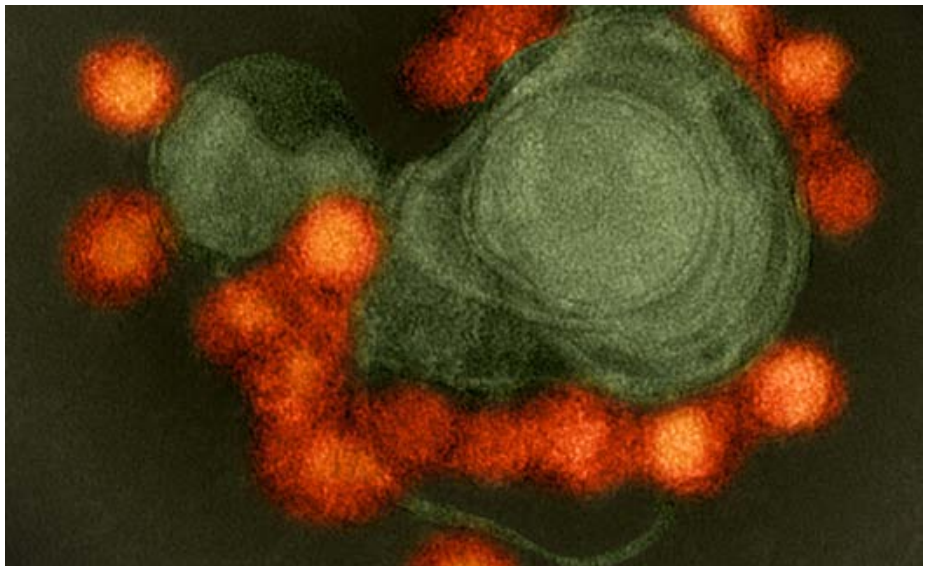


Imagen: NIAID (Zika Virus) Licencia CCO Creative commons, vía Wikimedia Commons.

Virus del zica

cuestión básica es que los estudiantes de doctorado del instituto Pasteur obligatoriamente tienen que tomar cursos de bioinformática porque se ha vuelto una herramienta indispensable en la producción de conocimiento.

¿Cree que se debe priorizar en la investigación aplicada sobre la investigación básica?

En realidad, deberían existir fondos para ambas; no es conveniente formular esta pregunta porque no se debe generar una oposición, pero si hay que elegir, mejor escoger la básica porque es la que da origen a los resultados aplicados.

También hay que dar libertad a los investigadores para desarrollar su personalidad, porque hay quienes necesitamos hacer investigación básica, pues es la que nos apasiona, nos parece más útil. Y hay quienes optan por la aplicada porque necesitan saber que va a tener una finalidad. En la ciencia se requieren estos dos tipos de personalidades. ■

Bioinformática, una apuesta para **entender la biodiversidad**

En representación de Cabana Project, el investigador Marco Cristancho habló sobre esta iniciativa del European Bioinformatic Institute (EMBL-EBI) del Reino Unido, que apoya instituciones de investigación de seis países de América Latina para impulsar la biología basada en datos.

En América Latina se encuentra el 30 % de la biodiversidad del planeta. Y Colombia es el segundo país más diverso del mundo, después de Brasil. Sin embargo, no se ha explorado adecuadamente para saber cómo se compone, cuál es su potencial, qué se puede usar sosteniblemente. Y está muy poco representada en las bases de datos mundiales de genómica.

Para ayudar a acelerar este conocimiento y alcanzar su máximo potencial, el EMBL- EBI del Reino Unido en colaboración con nueve instituciones de investigación de seis países (Brasil, Argentina, México, Perú, Costa Rica y Colombia) ideó Cabana Project. Este cuenta con la financiación del Research Councils UK.

El punto de partida fue la creación de un programa de capacitación que permita el desarrollo sostenible de la bioinformática en la región y pueda mantenerse a largo plazo. Esta es un área de investigación reciente en el mundo, empleada para analizar los datos de la genómica de humanos, plantas o animales, explicó Marco Cristancho.

El EMBL- EBI es conocido por su apoyo a científicos para que aprovechen el potencial de *big data* en biología, empleando la información compleja que conduce a los avances benéficos para la humanidad. Con ellos Cabana Project busca robustecer la bioinformática que es una forma muy eficiente, rápida y cada vez más económica de hacer estudios masivos de biodiversidad, en cuyo aprovechamiento se encuentra una ruta importante para el futuro del ser humano.

En Colombia una de las pocas iniciativas en este tema es Colombia Bio, de Colciencias, que busca articular esfuerzos con el Instituto Humboldt con el fin de recolectar recursos para conocer la biodiversidad a nivel nacional y mundial. Ellos organizan expediciones a lugares a donde no se podía ir durante el conflicto armado; allí hacen recuento de nuevas colecciones de especies y complementan estudios principalmente de las plantas.

Sin embargo, explicó el profesor Cristancho, el trabajo que falta por hacer es gigantesco. Colombia tiene más de 50.000 especies, de las cuales a un nivel detallado se conocen menos de 1000. "Los estudios de biodiversidad han estado enfocados en reconocer qué tenemos, pero no han avanzado mucho más, de tal manera que sea posible determinar cómo se están comportando nuestras especies animales y vegetales en nuevos escenarios, por ejemplo, de cambio climático. Cómo están apareciendo y desapareciendo y cómo las podemos usar", agregó.

Cadena de AND

Imagen: Qimono, Pixabay, vía Creative Commons.

La bioingeniería busca estudiar la biodiversidad. Para ello hay que recoger, clasificar y analizar gran volumen de información.

Foto: Marcelino Dias. Wikimedia.org/w/index.php?curid=49099339. Vía Creative Commons.

El aporte de la bioinformática en la recolección, clasificación, análisis y uso de ese gran volumen de información es determinante para su pronto aprovechamiento. En este sentido, en Cabana están concentrados en desarrollos para la industria cosmética y la de alimentos, campos de estudios menos complejos y de resultados más rápidos, con respecto a la industria farmacéutica, dijo Marco Cristancho.

Educación

El plan de formación de Cabana es amplio y a todos los niveles. Con cursos breves, talleres, 'Capacitación para capacitadores' y recursos de aprendizaje electrónico, los investigadores pueden utilizar mejor las herramientas y aportar para fortalecer las bases de datos de investigación en bioinformática existentes en el área.

En principio, en el país buscan llegar a personas con experiencia y conocimiento en bioinformática para reforzar su saber y pasar a un nivel más avanzado. "Queremos cubrir todo el espectro, incluso abordar a los líderes en el Gobierno, las universidades, los centros de investigación y, eventualmente, tratar ofrecer los cursos avanzados en colegios para mostrar la trascendencia de la investigación en informática y en biología computacional".

Cabana Project también apoya a estudiantes de maestrías y de doctorados. En el inicio, los más adelantados tendrán oportunidad de permanecer seis meses en el Reino Unido, en un grupo investigación de interés realizando investigaciones y entrenamientos en el área de bioinformática.

En total hay 28 cursos planeados para los próximos 4 años. Al comienzo, se impartirán en Los Andes, y, posteriormente, en otras universidades de Bogotá. Luego se abrirán en otras partes del país.

Miembros de Cabana Project

- Instituto Europeo de Bioinformática (EMBL- EBI).
- Centro de Investigación y Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional de México
- Universidad de Costa Rica
- Universidad San Martín de Porres (Perú)
- Centro Internacional de la Papa (Perú)
- Vale Technology Institute (Brasil)
- Universidad de Campinas (Brasil)
- Universidad de Buenos Aires (Argentina)
- Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (Argentina)
- Universidad de los Andes (Colombia)

¿Cómo gestionar servicios de alto valor en la **economía digital**?

La adopción de nuevos modelos de abastecimiento y gestión como *cloud-sourcing* y *service brokering* les ayudaría a las áreas de TI a satisfacer de manera ágil, eficiente y oportuna las necesidades del negocio, cada vez más difíciles de predecir. Sin embargo, el camino no es sencillo, pues se requeriría transformar sus roles y capacidades. Tal fue la conclusión de un foro sobre el tema organizado por el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC).

En la década de los ochenta y comienzos de los noventa, en Colombia pagar en un supermercado con una tarjeta de crédito exigía paciencia y varios trámites. El cliente debía calcular el monto de su compra, hacer fila en una oficina especial donde consultaban en boletines semanales impresos en papel y cada vez más gruesos si ese plástico había sido reportado como robado, extraviado o con mal historial de pago. Además, era necesario llamar a una central telefónica para averiguar el cupo disponible del comprador. Si pasaba estas pruebas, le llenaban y sellaban un *voucher* que entregaba en la caja registradora. En pocas palabras: le autorizaban la transacción.

"Cómo han cambiado las cosas. En esa época los servicios de TI eran muy diferentes", dijo Víctor Toro, profesor del DISC, al recordar esta anécdota en la instalación del "2.º Foro en Gestión de Servicios de TI: ¿Cómo gestionar servicios de alto valor en la nueva economía digital?", el 30 de noviembre del 2017, en la Universidad de los Andes. Añadió que "es en esta capacidad de cambio y de innovación donde está la clave de la competitividad y del crecimiento".

Imagen: Gerd Altmann (Geralt), en www.pixabay.com (https://goo.gl/rzT912). Licencia CCO Creative Commons.

"El área de tecnología ayuda a las organizaciones a ser más eficientes y se potencia con las posibilidades que ofrecen los proveedores externos", destacó el profesor Óscar Ávila.

El conferencista principal fue el entonces viceministro de Economía Digital, Daniel Quintero Calle (ver pág. 40). También participaron Sandra Camacho, directora de Servicios de Tecnología del Banco de la República (ver pág. 42); Mariano Volpedo, director de Consultoría de Oracle; Félix Cortés, profesor asociado e investigador de la Universidad Nacional de Colombia; Juan Pablo Herrera, *service line manager* de IBM Colombia; Óscar Ávila, profesor, investigador y consultor del DISC, y Álvaro Carmona, director de Desarrollo de Aranda Software.

En la introducción, el profesor Ávila recordó que este segundo foro surgió hace

año y medio de una reunión con los *chief information officers* (CIO) de varias empresas que discutían acerca de cómo las grandes inversiones en buenas prácticas y marcos de gestión de servicios de TI les habían proporcionado robustez y estabilidad en los que proveían a los clientes. Se referían a algunos como ITIL (*Technology Infrastructure Library*), Cobit (*Control Objectives for Information and Related Technology*) y el estándar de calidad ISO/IEC 20000. Sin embargo, se preguntaban cómo satisfacer las necesidades evolutivas del negocio (cada vez más difíciles de predecir), razón por la cual era necesario adoptar nuevos modelos de desarrollo y aprovisionamiento ágil como *DevOps, Agile* y *service brokering*. Adicionalmente, se quería determinar si había un punto de contacto entre los marcos tradicionales y estos nuevos métodos de aprovisionamiento.

Foto: Archivo Uniandes

Óscar Ávila

> "El área de TI genera valor al satisfacer las necesidades de los clientes, entendidos como las diferentes divisiones de una organización"

A partir de esas inquietudes se diseñó la agenda con tres bloques temáticos: transformación digital y generación de valor, aprovisionamiento ágil y *service brokering* o intermediación de servicios. El profesor Ávila, organizador del foro, recogió las ideas expuestas por los participantes acerca de las nuevas exigencias para las áreas de tecnologías de información en cualquier compañía.

Transformación digital

Una compañía inmersa en la economía digital va mucho más allá de usar el correo electrónico o una red social: utiliza las enormes posibilidades que le ofrecen los nuevos enfoques de desarrollo y aprovisionamiento de servicios para agilizar su puesta en operación o la llegada oportuna al mercado (*time to market*); también emplea enfoques tecnológicos y organizacionales como el *service brokering* para abastecerse de la gran cantidad de servicios externos disponibles en el mercado. En este contexto, su área de TI genera valor al satisfacer de manera oportuna las necesidades de sus clientes, que en el lenguaje del sector no son otros que las distintas divisiones de la empresa (finanzas, producción, recursos humanos, atención a los usuarios, etc.).

En tal economía, cobra relevancia el *service brokering*, un modelo organizacional en el cual el área de tecnología es un intermediador entre el negocio y los proveedores externos de servicios en *outsourcing* (tercerización), *offshoring* (deslocalización) y la nube.

Sacarle provecho a ese modelo exige una transformación de las áreas de TI, pues son necesarios nuevos roles y capacidades. Por ejemplo, antes un departamento de tecnología tenía varios cargos muy técnicos (administradores de bases de datos, de red o de servidores), así como capacidades en seguridad o en almacenamiento. La estructura era jerárquica y el director controlaba los recursos tecnológicos y la gestión de las personas y decidía cómo se ejecutaban los procesos. Hoy esas funciones pasan a proveedores externos (a los que ahora se trata como aliados) y surgen nuevos roles en el departamento de tecnología acordes con la intermediación, como los gestores jurídicos, del portafolio, del portal de servicios, del catálogo, de los niveles de servicio y de las relaciones con el negocio.

Cuidados al externalizar

Una vez TI cambia sus capacidades y roles, es factible que las fallas de un servicio sean imputables al proveedor externo que lo suministra. También es probable que este último haya delegado en terceros parte de su operación, lo cual hace más complejo el escenario.

Pero, según el profesor y consultor Óscar Ávila, externalizar los servicios no exime al área de tecnología de responder ante el negocio por su correcta operación. La clave está en adquirir capacidades y desarrollar roles para gestionarlos y en utilizar nuevos recursos. "Antes estos recursos eran técnicos: la base de datos, la red, la aplicación; hoy hablamos de recursos de gestión: los contratos y los acuerdos de nivel de servicio, documentos en los que deben especificarse los compromisos del proveedor-aliado".

El ingeniero Ávila precisó que, por ejemplo, en esos acuerdos puede haber un aparte de "disponibilidad", que hace referencia a la capacidad de un servicio de responder con la funcionalidad acordada cuando es requerido. Por ejemplo, si se va a liquidar la nómina y a pagarles a los empleados, se necesita que la aplicación no se caiga, y en el contrato puede establecerse que va a estar disponible en el 98,5 % del tiempo. "Tiene un margen de error de 1,5 % y tecnología es responsable de saber qué tan crítico es para el negocio, para decidir si ese porcentaje de indisponibilidad mensual es aceptable o no, y así mismo debe velar por que el proveedor cumpla con dicho porcentaje".

Imagen: Bruno Glätsch (WerbeFrabrik) en www.pixabay.com(https://goo.gl/EofRh7). Licencia CC0 Creative Commons.

El negocio y los servicios de TI que lo soportan son casi indistinguibles. Así ocurre, por ejemplo, con las tarjetas de crédito, según el profesor Víctor Toro.

"Las empresas los han ido adoptando de manera natural por las exigencias de las fuerzas externas e internas de la organización —destacó el doctor Ávila—. No hay una metodología de cómo hacer esa transición del modelo tradicional de constructor y operador de servicios al nuevo papel de intermediador. Ahora el departamento de TI ayuda a priorizar las necesidades del negocio con el fin de invertir solo en servicios que le generen el mayor impacto, así como a determinar, por ejemplo, si conviene contratar alguno en la nube o si es más apropiado mantenerlo dentro de la empresa; adicionalmente debe poder presentarles a los clientes un catálogo unificado que satisfaga sus necesidades a través de las ofertas de los catálogos de los diferentes proveedores y, por último, necesita el conocimiento para firmar y manejar los contratos y los acuerdos de nivel de servicio".

Su responsabilidad es, entonces, enorme. De ella depende impedir el *shadow IT*, un fenómeno que consiste en que las áreas de negocio se brincan al departamento de tecnología y adquieren directamente los servicios con los proveedores. "Eso no lo debe permitir; requiere establecer un gobierno sobre cualquier uso de tecnología para proteger la información y evitar inconvenientes, por ejemplo, de seguridad". ■

Refinar la información, nueva fuente de riqueza

Daniel Quintero Calle, viceministro de Economía Digital en el momento del foro, dijo que la información es el actual petróleo de la sociedad, tanto así que, igual que una refinería, Google, Apple, Amazon, Microsoft y Facebook, las cinco empresas más ricas del mundo, extraen información, la procesan y la entregan. Pero de los 2,5 quintillones de *bytes* que se generan a diario, solo el 0,5 % está siendo procesado y analizado por alguien, lo que indica que hay millones de oportunidades de crear riqueza. Revista Foros ISIS resume su presentación por bloques temáticos.

Economía digital

Klaus Schwab, fundador del Foro Económico Mundial, la define como una fusión del mundo físico, el mundo digital y el mundo biológico, que está cambiando las industrias, las disciplinas y los sectores. Incluso está cuestionando el significado de lo que somos como seres humanos.

La cuarta revolución industrial y la Patria Boba

Los diez países que son potencia mundial fueron los que con mayor entusiasmo absorbieron la nueva tecnología de

El expositor

Daniel Quintero Calle es ingeniero electrónico de la Universidad de Antioquia, especialista en Finanzas de la Universidad de los Andes, con estudios de Administración en Finanzas Públicas en Harvard Kennedy School y un MBA de Boston University. Fue fundador de Intrasoft Colombia, compañía de desarrollo de *software*.

Foto: Juan Pablo Cadavid, MinTIC.

la revolución industrial que llegó de Inglaterra en el siglo XVIII con la máquina de vapor. Esta pasó a Europa y Estados Unidos, pero no a Latinoamérica, porque la región no estaba en paz. La pregunta, entonces, es qué hacer para que Colombia no se quede en la Patria Boba y extraiga la mayor riqueza de la nueva tecnología.

La inteligencia artificial y el empleo

Durante años se habló del invierno de la inteligencia artificial para significar que prometía mucho, pero, al final, no hacía tanto. Eso cambió desde hace unos cuatro años y está impactando los trabajos y las industrias. La neurona es el bloque fundamental de lo que conocemos y aunque todavía no se sabe mucho sobre ella, hoy se pueden crear algoritmos o redes neuronales artificiales con una característica fundamental: son capaces de aprender.

El Foro Económico Mundial ha estimado que entre 2010 y 2020 se habrán perdido 7 millones de empleos. En ese mismo tiempo se habrán creado 2 millones de puestos de trabajo en tecnologías de la información. En Colombia, en el 2018 se necesitarán entre 45.000 y 50.000 profesionales en TI, sin contar los que deberían estar en organizaciones que ni siquiera saben que necesitan un científico de datos. Por esa demanda insatisfecha fracasó un intento del Gobierno para que el fabricante de *hardware* y *software* Hewlett Packard montara una planta en Medellín.

> "Aunque hay intentos de interoperabilidad entre las distintas entidades del Estado, estamos tratando de pegar con cinta lo que necesita una transformación estructural".
>
> Daniel Quintero Calle

Imagen: Pete Linforth (TheDigitalArtist), en www.pixabay.com (https://goo.gl/Toa9hC). Licencia CCO Creative Commons.

El viceministro Daniel Quintero Calle resaltó que, en la actualidad, la economía duplica su tamaño cada 15 o 20 años. El crecimiento es exponencial y en ello intervienen dos factores: 1). El costo de los sensores está cayendo en forma drástica y nada indica que dejará de caer. 2). Almacenar información en la nube es cada vez más barato y entre el 2010 y el 2017 el costo ha bajado mil veces.

Y ¿qué pasa con los 5 millones de empleos que se pierden? Por ejemplo, en la próxima década en Colombia, con la automatización de los vehículos estarán amenazados los trabajos de los 800.000 taxistas y los conductores de los 409.000 camiones (cada uno tiene entre 1 y 3 choferes). El país debe pensar en cómo transformar los empleos y en cómo adaptarse a esos retos.

Los cambios y la desigualdad

La actual es la generación que ha vivido más cambios. Muchos en este auditorio utilizaron máquina de escribir o rebobinaron un casete con la ayuda de un lápiz. Pero, son los mismos que usan *smartphones* y les tocarán muchas otras innovaciones.

Si la educación falla en seguirle los pasos a la tecnología, el resultado va a ser más desigualdad y lo que vamos a tener es a unos cuantos aprovechando el poder que esta tiene a costa de quienes no lo hacen. La tecnología tiene el poder de eliminar literalmente la pobreza; de llevar agua potable y energía adonde no las hay; de conectar a la gente; de proveerle educación, salud, justicia, gobierno y democracia.

Algunas acciones gubernamentales en servicios de TI

- Las entidades del Estado operan sus servicios de tecnología a su manera. Aunque hay intentos de interoperabilidad, estamos tratando de pegar con cinta lo que necesita una transformación estructural. Como parte de la solución estamos creando la Agencia Nacional de Gobierno Digital.
- A finales del 2017, MinTIC publicó para comentarios un borrador del decreto Sistema de Información Clínica y Laboral (SICLA), cuyo propósito es implementar un servicio de tecnología nacional para el manejo de la historia clínica electrónica y el servicio de seguimiento del mercado laboral con datos centralizados. Se ha propuesto manejarlo con tecnología *blockchain* para garantizar la seguridad y abaratar los costos. ■

Transformación digital en el Banco Emisor

Sandra Camacho, directora de Servicios de Tecnología del Banco de la República, relata en esta entrevista algunas de las estrategias de la entidad para adaptarse al nuevo entorno tecnológico.

A menudo se habla de la necesidad imperiosa de transformación digital de las empresas como herramienta de supervivencia. ¿En qué ha consistido esta transformación en el Banco de la República? ¿Qué áreas ha incluido y cómo las ha tocado?

Hemos generado valor a través del aprovechamiento de la tecnología en todos los servicios y productos, a partir de la comprensión de las necesidades de los clientes. En particular, hemos proveído herramientas de análisis de información para la toma de decisiones estratégicas del negocio y apoyado la definición y aplicación de directrices para gestionar la información corporativa velando por la efectividad de los procesos. También hemos respaldado el desarrollo de una arquitectura empresarial que identifica, estandariza e integra soluciones tecnológicas. Para ello ha sido importante definir e implementar lineamientos y herramientas, y así gestionar de forma efectiva la seguridad de los activos físicos y de información, de manera que ofrezcamos a los usuarios finales alternativas de acceso a la plataforma que favorezcan la movilidad y la flexibilidad de dispositivos.

En este sentido, hemos mantenido disponible y actualizada la infraestructura y las soluciones tecnológicas, con acciones como gestionar la configuración y administración del *software*, el *hardware* y demás dispositivos tecnológicos; mejorar los esquemas de continuidad de los servicios en conjunto con la gestión del riesgo y la optimización de los procesos de contingencia, y desarrollar estrategias de intercambio de información e integración automática con clientes y entes externos y entre las aplicaciones de la entidad.

¿Qué tipo de habilidades se requieren para la transformación digital en una institución como el Banco de la República?

En el frente de tecnología hemos buscado fortalecer la propuesta del marco IT4++, que, mediante una adecuada gobernabilidad y estrategia, permite focalizar los esfuerzos y capacidades para generarle valor al Banco. Por otro lado, ha sido fundamental el enfoque en una gestión de información que propicie la innovación y el crecimiento de los medios digitales. Al ofrecer disponibilidad y operación de los servicios tecnológicos y promover una cultura organizacional que facilite la adopción de tecnologías, podemos crear una base sólida para la transformación digital.

¿Qué marcos tradicionales o buenas prácticas de gestión de servicios han implementado en el Banco de la República? ¿Qué procesos y funciones?

En primera instancia, las mejores prácticas que se han implementado en tecnología han sido las propuestas por la ISO, dentro de las cuales se encuentran ISO 9001, ISO/IEC 27001, ISO 20000, ISO 22301, ISO/IEC 27031 e ISO/IEC 38500; todas dentro del marco general propuesto por COBIT 5, ITIL y IT4++, COTEC e ITGI Governance Institute.

Por otro lado, contamos con modelos como PMP para la gestión de proyectos, los modelos de gobierno en línea (GEL) y TOGAF para la arquitectura empresarial. En cuanto a modelos ágiles hemos trabajado particularmente en *Scrum* para desarrollo y con *DevOps* para la gestión más amplia de agilidad en desarrollo y operación.

¿Cuáles de los nuevos enfoques expuestos en el foro han sido adoptados o están siendo adoptados por el Banco de la República?

En general, los nuevos enfoques presentados en el foro, como *service brokering*, *DevOps*, metodologías ágiles y *cloud-sourcing,* han sido analizados y abordados en distintos escenarios como apoyo a los requerimientos y solución de algunas de las necesidades que han surgido en el Banco. Sin embargo, no en todos es aplicable, dado que, en primera instancia, es importante el control del riesgo generado por estas tendencias. Por eso, hemos sido muy cuidadosos antes comenzar a adoptarlos.

¿Cómo se podrían articular los marcos y buenas prácticas tradicionales y los nuevos enfoques? Es decir, ¿cuándo utilizar unos y otros?

Para una estrategia que busque cubrir todas las necesidades y ser eficiente y efectiva se requiere la aplicación asertiva de los distintos enfoques de acuerdo con las necesidades y el entorno de cada proyecto. Las metodologías tradicionales se continúan utilizando en la mayoría de los casos y los nuevos modelos ágiles se han venido incorporando en la medida en que son viables, teniendo en cuenta que el riesgo haya sido gestionado adecuadamente. ■

Repositorios, **memoria dinámica** del desarrollo

Tres expertos extranjeros estuvieron el 30 de agosto del 2017 en la Universidad de los Andes presentado una técnica útil en ingeniería de *software*, poco conocida en el país. Aquí el resumen de sus intervenciones.

Cuando se diseña e implementa una aplicación de *software* siempre quedan rastros del proceso de los desarrolladores, de los requerimientos del cliente, de la creación del código y de lo sucedido hasta llegar a la versión liberada a los usuarios. Si se aprovecha esta información histórica, extrayéndola mediante minería de repositorios de *software*, se ahorra mucho tiempo en la producción de nuevas aplicaciones.

La minería de repositorios de *software* es minería de datos aplicada a tareas de ingeniería de *software*, en la que se emplean técnicas de diferentes áreas y disciplinas de la informática. Se ha estudiado desde hace 15 años, pero en Colombia es poco conocida y en nuestra academia solo la trabajan el profesor Jairo Hernán Aponte, de la Universidad Nacional, y el profesor Mario Linares, del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC), en Los Andes.

Para difundir sus usos y posibilidades entre ingenieros de sistemas, en empresas y academia, el profesor Linares organizó el 3.er Foro en Ingeniería de *Software*: "Minería de repositorios al servicio del desarrollo de *software*" y participó con una conferencia sobre el uso de minería de repositorios en el desarrollo de aplicaciones Android (ver pág. 45). Massimiliano Di Penta, de la Universidad de Sannio (Italia), Sonia Haiduc, de la Florida State University, y Christopher Vendome, de College of William and Mary (Estados Unidos), mostraron un panorama general y hablaron de los problemas que esta técnica resuelve.

Fuente: presentación de Massimiliano Di Penta.

Mario Linares explicó a la revista Foros ISIS cómo funciona esta minería y resumió el contenido de las conferencias de los invitados. Dijo que todo el historial del proceso de desarrollo se puede alojar en una suerte de memoria. La información (es decir, código, documentos, texto, archivos) se registra de manera explícita en los repositorios, si se siguen buenas prácticas. Pero como no siempre es así, queda embebida o implícita en los artefactos y es factible obtenerla con minería de repositorios de *software*.

Consideraciones de uso

Massimiliano Di Penta mostró una perspectiva general sobre cómo minar repositorios. Habló de los beneficios de las técnicas disponibles diseñadas para llevar a cabo tareas particulares, qué extraen y qué se utiliza. Por ejemplo, si se quiere encontrar al mejor desarrollador de la empresa para detectar un error en una aplicación, un algoritmo de minería asigna al experto que en otras ocasiones ha tenido éxito en esa labor.

También se pueden predecir defectos en un *software* en proceso: es posible determinar el porcentaje de probabilidades de fallas de una porción del código o detectar errores por acciones del desarrollador. En este caso, el algoritmo de minería, es capaz de revelar los problemas que se presentaron en el pasado por una acción concreta y genera los reportes del caso.

Sonia Haiduc, de la Florida State University, Mario Linares, del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, Massimiliano Di Penta, de la Universidad de Sannio (Italia), y Christopher Vendome, de College of William and Mary (Estados Unidos).

El profesor Di Penta recomendó trabajar con cuidado para no tomar decisiones equivocadas: hay que ser precavido en el análisis de las dificultades, en la escogencia del algoritmo, en su uso bajo un dominio y con unos datos en particular y en el estudio de los resultados. Por ello, es necesario confrontar el proceso automático para verificar la precisión de los resultados generados.

Cuándo usarla

Mario Linares explicó que hay repositorios para diferentes actividades. Con los históricos se es posible analizar la evolución de los artefactos; los hay que rastrean problemas (*issue tracker*), registran *bugs* (errores) o solicitudes de cambio. Hay otros que guardan el código fuente, de donde se puede sacar el lenguaje de las aplicaciones y la información de usuario de un programa.

Para decidirse a emplear las técnicas o herramientas de minería es importante constatar que, efectivamente, con un algoritmo, los datos resultantes sí ayudarán a identificar una necesidad o una tarea que se deba implementar; también verificar que la información sí se puede extraer y que el volumen de datos lo amerita, pues no tiene sentido minar diez documentos. Además, es necesario determinar el retorno de la inversión e identificar si la compañía tiene los recursos y el tiempo para entrenar un equipo, implementar el proceso, continuarlo y mantenerlo.

Recuperación de texto

A veces se debe buscar en repositorios históricos de comunicaciones, pues la información sobre las decisiones de diseño se encuentra en las conversaciones entre los desarrolladores, en sus correos o chats. Estos datos pueden ser útiles para redocumentación, modernización de sistemas existentes o en la creación de nuevos productos de *software*.

Cuando se quiere revisar ese historial, se emplea la minería de repositorios con técnicas generadas en otras disciplinas, conocidas como procesamiento de lenguaje natural y recuperación de la información. A estas se refirió Sonia Haiduc en su conferencia "El uso de recuperación de texto y procesamiento de lenguaje natural en ingeniería de *software*", pues no solo los documentos del desarrollo son texto: como el código es un subconjunto del lenguaje natural se puede tratar como texto. El propósito es emplear esos insumos de forma automática en las tareas del desarrollo de *software*.

La profesora Haiduc mostró los modelos más utilizados: Vector Space Model (VSM), Latent Semantic Indexing (LSI), Latent Dirichlet Allocation (LDA), Okapi BM25 and BM25F, Language Models.

Atención a las licencias libres

Las herramientas disponibles para minería de repositorios de *software* también se utilizan para evitar problemas de propiedad intelectual cuando se usa código *open source*. A pesar de que ciertos programas y librerías son de acceso libre, su uso, distribución y modificación están protegidos por una gran variedad de licencias que pueden ser de dos tipos: restrictivas y permisivas. Conocer y respetar sus especificaciones en el momento de descargarlos y aprovecharlos evita demandas. Este fue el tema de la conferencia de Christopher Vendome, experto en licenciamiento y más concretamente en el del uso de técnicas de minería de repositorios aplicadas a prevenir inconvenientes con los permisos de programas gratuitos.

Los algoritmos diseñados para tal fin ubican y caracterizan las licencias del *software open source* con que se planea trabajar, y establecen si estas son compatibles con las de otras librerías o si alguna de las de un código seleccionado viola las exigencias de otra. ■

Beneficios: Reducción de los tiempos de trabajo. Algo que tomaba 10 horas, se puede demorar 15 minutos, cuando el algoritmo ya está implementado. El provecho económico depende de cada contexto, pero también lo hay.

En el mercado: Hay herramientas comerciales y *open source*, *frameworks* y librerías en diferentes lenguajes de programación, con *suites* y algoritmos implementados. Algunos de los libres son: Weka, de la Universidad de Waikato (Nueva Zelandia); Rapid Minner, SciPy y Panda. Repositorios como Github y Stack Overflow también proveen APIs para acceso a los datos alojados en el repositorio. Estas herramientas en general son para minería de datos, pero pueden ser personalizadas para construir sistemas de minería de repositorios de *software*.

Automatización, clave para ***apps* competitivas**

La minería de repositorios de *software* proporciona un apoyo a las tareas que dan eficiencia al proceso de ciclo de vida de aplicaciones móviles.

Fuente: presentación de Mario Linares.

Ciclo de desarrollo continuo de una aplicación móvil: desarrolladores crean la aplicación, la suben a la tienda, los consumidores la descargan, la usan, reportan experiencias y requerimientos en *reviews* y *rankings*. Cuando esas peticiones se incorporan, la aplicación vuelve al mercado rápidamente.

La diversidad de fuentes que recopilan información sobre el uso de millones de *apps*, la competencia constante y las exigencias del mercado hacen imperativo el desarrollo automático (o soporte automatizado) de sus etapas de producción.

La ingeniería de *software* emplea técnicas de minería sobre varios tipos de repositorios para solucionar tareas particulares de desarrollo y de las actualizaciones de las *apps,* explicó Mario Linares en su conferencia "Minería de repositorios: aplicaciones Android". También se apoya en otras disciplinas y métodos como aprendizaje de máquina, ingeniería de datos, recuperación de la información, procesamiento de lenguaje natural y análisis estático/dinámico, para extraer grandes volúmenes de datos acerca del proceso de desarrollo. Bien examinados, proporcionan elementos que facilitan decisiones sobre las nuevas versiones de un producto de *software*.

También la interacción con las aplicaciones móviles genera información aprovechable, compuesta por los requerimientos de usuarios enviados a las tiendas en línea; *rankings* de calificación, reportes de percepción, comportamiento de aplicaciones en las diferentes versiones del sistema operativo Android o iOS, o de videos que graban el manejo de una aplicación en un dispositivo. Esto constituye conocimiento clave que se archiva en distintos tipos de repositorios sobre los cuales se pueden aplicar métodos de recolección y análisis de datos.

> "El mercado de las aplicaciones móviles está constituido por casi 5 millones de artefactos: Google Play ofrece cerca de 2,7 millones de *apps,* descargadas alrededor de 82.000 millones de veces. Apple Store tiene 2 millones de aplicaciones y 130.000 millones de descargas".

También se emplea para procesar, de forma automática, millones de *review*s. Estudios empíricos efectuados por el equipo del profesor Mario Linares y por otros investigadores demuestran que alrededor del 30 % de los reportes disponibles son útiles. Procesarlos solo es posible con un trabajo automático, pues resulta muy fácil quitar ese 70 % inconsistente y priorizar y categorizar lo demás.

Por eso, para obtener datos más precisos sobre las aplicaciones móviles, una tendencia es analizar su comportamiento y el de los usuarios, en tiempo de ejecución, a través de grabaciones que, de forma remota, recopilan esa interacción. Con minería y con aprendizaje de máquina, el profesor Mario Linares y su equipo obtienen información sobre el escenario del consumidor, las ventanas que abre, los componentes gráficos de su dispositivo, los lugares de uso, etc. Esto se logra con *video retrieval*, una evolución del *text retrieval*.

El cielo capturado en **500 *petabytes***

Un ingeniero de sistemas y computación uniandino participa como coordinador de informática de la contribución de Francia al procesamiento de datos del *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST). El 5 de abril del 2017 estuvo en Los Andes y explicó la magnitud del proyecto.

Foto: NASA/ESA/Hubble

Durante 10 años, una cámara de 1,65 metros de diámetro instalada en el Gran Telescopio para Rastreo Sinóptico (LSST, por su nombre en inglés) tomará 2000 imágenes por noche del cielo visible desde el hemisferio sur. Cada 40 segundos, el aparato de 350 toneladas cambiará de posición para capturar nuevas imágenes. Al cabo de 4 noches, el telescopio habrá barrido la totalidad del universo observable en el norte de Chile.

Allí se construyen las instalaciones del LSST, que comenzará las operaciones en el 2022. Al finalizar el 2032, será posible apreciar la evolución de cerca de 37.000 millones de cuerpos siderales como galaxias, estrellas, planetas, nebulosas; de objetos transitorios como supernovas, cometas o asteroides y cuanto sea visible. Algunos son de luminosidad muy débil y no solo del espectro visible, sino también de luz cercana a la infrarroja.

Dos egresados del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC) de Los Andes trabajan en este proyecto y participaron en el Coloquio Franco-colombiano de Astrofísica que tuvo lugar el 5 de abril del 2017, en el marco del año Francia-Colombia. Son Fabio Hernández, ingeniero de investigación del Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (In2p3) que pertenece al Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS), en Lyon (Francia), y coordina la computación de la contribución francesa al procesamiento de datos para el LSST; y Juan Pablo Reyes, quien cursa un doctorado en la Université d'Aix Marseille. Revista Foros ISIS publica un registro de la conferencia del primero y una entrevista con el segundo (ver página 8).

Fabio Hernández, quien ha trabajado durante 25 años en investigación, impartió una conferencia sobre el proyecto del telescopio LSST que captará las fotografías del

Para qué el Large Synoptic Survey Telescope

El objetivo del proyecto *Large Synoptic Survey Telescope* (LSST) es realizar un reconocimiento del cielo durante diez años. Las imágenes y datos capturados servirán para que, posteriormente, los científicos tengan a su disposición los más grandes catálogos astronómicos jamás compilados. Con ellos podrán estudiar la estructura y evolución del universo y lo que hay en él, en cuatro áreas de ciencia:

- Comprender la materia y la energía oscuras.
- Detectar asteroides peligrosos para la tierra y estudiar el sistema solar remoto.
- Registrar el cielo óptico transitorio.
- Estudiar la formación y estructura de la Vía Láctea.

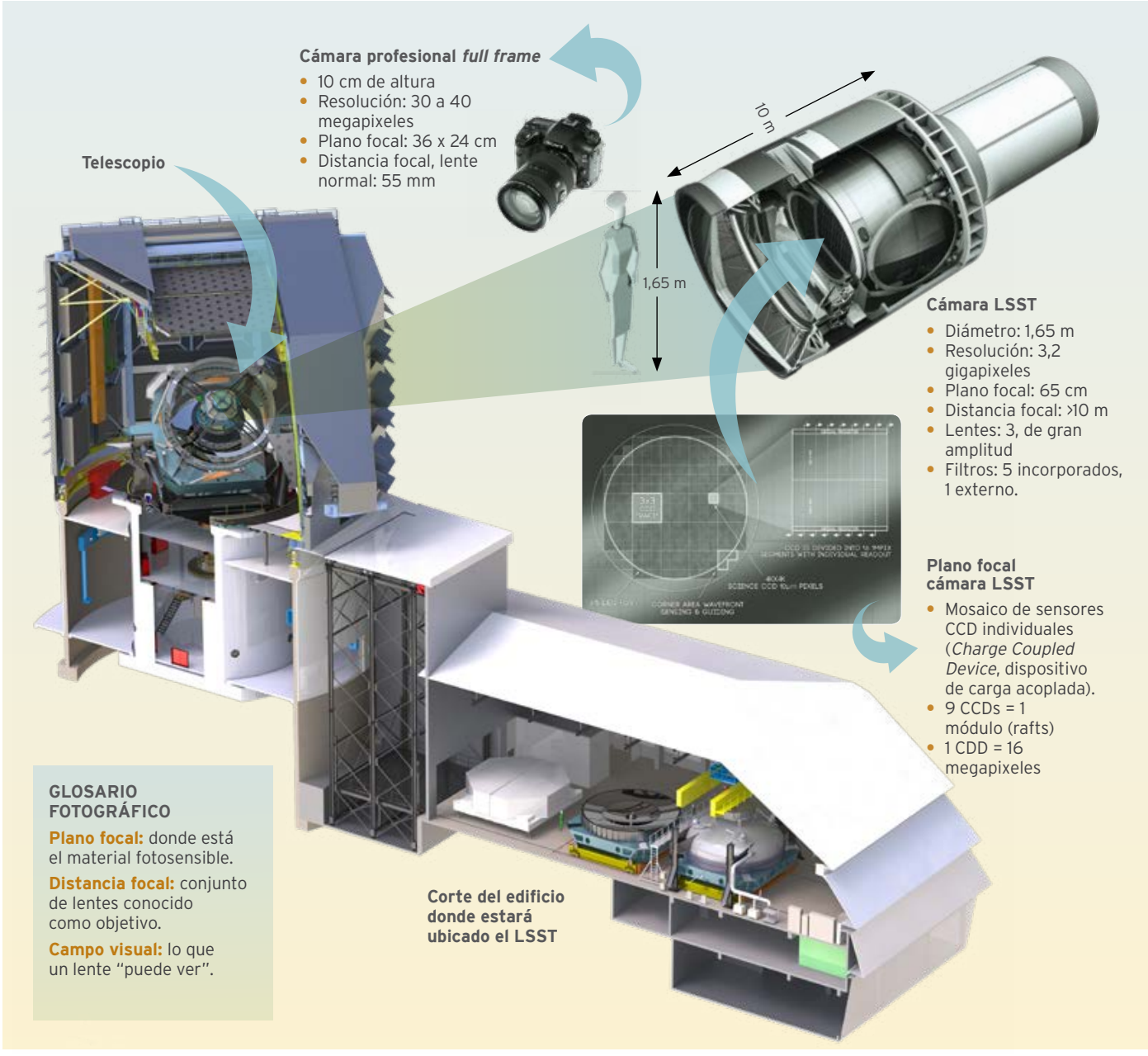
En dólares

El costo de construcción del proyecto (que comenzó en el 2014, aunque su concepción y diseño se inició hace 10 años) es de 600 millones de dólares, aproximadamente. El 20 % de esa cifra está dedicada al manejo de los datos. La cámara vale cerca de 117 millones de dólares y se calcula la operación del proyecto más o menos en 55 millones por año; 11 millones de dólares del presupuesto se han destinado a educación.

Los principales socios son Estados Unidos, Chile y Francia y la financiación proviene del National Science Foundation, del Ministerio de Energía de Estados Unidos, y de fondos conseguidos por la Corporación LSST, integrada por cerca de 40 miembros institucionales y 34 contribuyentes internacionales que representan a 23 países.

universo y sobre el trabajo de manejo de datos obtenidos en las imágenes, su procesamiento y almacenamiento para el posterior uso por los científicos.

Según Fabio Hernández, el propósito del LSST es componer el más ambicioso catálogo que se haya intentado, con las propiedades físicas de los objetos astronómicos. La cámara es un elemento clave para lograrlo y su instituto participó en el diseño del mecanismo de movimiento de los filtros, que se pueden intercambiar antes de tomar una imagen.



Ilustraciones de esta infografía: Proyecto LSST/NSF/AURA

Imagen: Proyecto LSST/NSF/AURA

El manejo de datos, un asunto enorme

Noche tras noche, el proyecto requerirá una capacidad de almacenamiento de 15 *terabytes* para presevar 2000 imágenes brutas y, cada año, 4,5 *petabytes*. Un pixel será representado en 18 bits y una imagen ocupará cerca de 7 *gigabytes*. Al cabo de 10 años, se habrán producido cerca de 500 *petabytes* en imágenes brutas y derivadas y todos los catálogos de los objetos astronómicos ocuparán un poco más de 80 *petabytes*.

En el momento de su conferencia, Fabio Hernández estaba involucrado en el diseño de procesamiento de datos. "El manejo de este volumen, desde el punto de vista computacional, es uno de los asuntos más interesantes, pero todavía tenemos más preguntas que respuestas", asegura. El *data management* tiene tres objetivos: Primero, obtener las imágenes brutas y registrarlas, transportarlas, almacenarlas y crear un archivo con todo el material recolectado durante 10 años. Este se transmitirá por fibra óptica desde el telescopio al sitio de base de La Serena y luego al centro de computación de la NCSA (Illinois). De ahí se enviará a Lyon (Francia).

El segundo objetivo se trabaja en tiempo real: consiste en tratar aquellas imágenes que revelan eventos transitorios, es decir, detectar los cambios del cielo al comparar las imágenes del mismo objeto con el fin de localizar acontecimientos como supernovas; 60 segundos después, se transmitirán alertas sobre estos hechos para que otros telescopios del mundo los estudien. Se calcula que se encontrarán cerca de 10 millones de eventos transitorios por noche.

El tercer objetivo es producir anualmente un conjunto de archivos fijos e inmutables que constituyen un *data release*: durante cuatro meses se reprocesan todas las imágenes capturadas desde el inicio del sondeo hasta el año en curso, con los algoritmos afinados y puestos al día. Las imágenes tratadas y el catálogo producidos serán el material de trabajo de los científicos.

Para esto es necesario desarrollar *software*: para el tratamiento de imágenes, para transportarlas, para la detección de los objetos celestes, para el manejo del catálogo, para producir el *data release* y, finalmente, para publicarlos, de tal manera que los científicos los puedan usar.

Universo por demanda

Una pieza central del *data management* será el catálogo, el punto de entrada probable para el estudio a partir de los datos. El investigador podrá preguntarle, por ejemplo, por las galaxias en una región del cielo. O por todos los objetos similares en términos de color, de longitud de onda, o por todos los cuásares con un desplazamiento hacia el rojo; o por todas las galaxias azules.

Cada año se espera obtener información sobre las observaciones y medidas de propiedades físicas de 37.000 millones de objetos, que estará disponible en computación por demanda, de tal manera que los científicos usuarios procesen los datos, los exploren y extraigan lo necesario para sus investigaciones.

Los desarrolladores del catálogo

El Stanford National Accelerator Laboratory (SLAC) está a cargo del desarrollo del *software* para el manejo del catálogo de los objetos celestes; el National Center of Supercomputing Applications (NCSA), en la Universidad de Illinois en Urbana-Champaign, se encarga del procesamiento y la producción anual del *data release*. La Universidad de Princeton y la de Washington desarrollan los algoritmos de ciencia y del tratamiento de las imágenes; el Infrared Processing and Analysis Center (IPAC), de la Universidad de Caltech, diseña el *software* de visualización y exploración de las fotografías; en Lyon, el Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) trabajará en el tratamiento masivo y el almacenamiento a largo plazo.

Fabio Hernández es ingeniero de investigación del Institut National de Physique Nucléaire et de Physique des Particules (In2p3).

En **busca del algoritmo** que detecte objetos transitorios

Juan Pablo Reyes trabaja en darle vida a uno de los proyectos más importantes de la próxima década: el Gran Telescopio para Rastreo Sinóptico (LSST, por su nombre en inglés). La Ingeniería de Sistemas y Computación ha sido la llave para meterse de lleno con sus dos pasiones: Astronomía y Astrofísica.

Desarrollar la arquitectura de *software* que permita medir el flujo lumínico de los objetos presentes en las imágenes capturadas por un telescopio y proponer una metodología para detectar en ellas los objetos transitorios es el propósito del trabajo doctoral del ingeniero uniandino Juan Pablo Reyes, quien habló en teleconferencia en el Coloquio Franco-colombiano de Astrofísica (ver artículo anterior).

Los objetos y eventos transitorios del universo hablan de su evolución. En esta entrevista el investigador explica que la ciencia encuentra en cada uno un interés particular. Por ejemplo, los fenómenos de lente gravitacional (la desviación de la luz ocasionada por la gravedad de objetos de gran masa) son un apoyo para la detección de estrellas masivas o agujeros negros que producen perturbaciones de la luz. Las supernovas, por su parte, han ayudado a medir la velocidad de expansión del universo y a verificar su aceleración. Otros objetos (las estrellas variables, los pulsares y cuásares) contribuyen a mejorar el mapeo el universo, ya que funcionan como puntos de referencia cósmicos.

Su investigación, denominada *Astronomical image processing from large all-sky photometric surveys for the detection and measurement of transients* en la Université d'Aix Marseille, hace parte del proyecto del Gran Telescopio para Rastreo Sinóptico (LSST) y es dirigida por Marcela Hernández, profesora del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación de Uniandes, y por Dominique Fouchez, investigador del Centro de Física de Partículas de Marsella (Francia).

Juan Pablo Reyes estudió Ingeniería de Sistemas y Computación en Los Andes, donde también cursó Física con el ánimo de adentrarse en la Astrofísica. "Siempre me han atraído la Astronomía y la Astrofísica, pero no me había podido dedicar a ellas por mis ocupaciones académicas. Con el doctorado surgió la oportunidad de trabajar en el proyecto del LSST".

¿Cuál es el tema de su investigación?

Estoy proponiendo una metodología que nos permita estudiar las imágenes del LSST para detectar los objetos transitorios como supernovas o meteoritos, comparándolas y analizando los históricos para reconstruir la curva de luz, que corresponde al tiempo de vida de ese cuerpo celeste en la observación.

¿Cuáles han sido los principales desafíos?

No fue fácil sumergirse en este enorme laberinto de información. Me refiero al *framework* y a las herramientas de los desarrollos, al código, a las arquitecturas que incluyen procesos comenzados hace 10 años. El manejo en la instalación y la documentación son complejos, requieren muchísimo tiempo para leer y analizar el código y así entender qué pretendían quienes lo escribieron. Es una de las grandes dificultades técnicas. La otra es de formación: tengo que estudiar, preguntar y complementar mis conocimientos.

¿Qué espera encontrar en su investigación?

Espero tener un algoritmo capaz de operar sobre imágenes reales que permita detectar e identificar los objetos transitorios; que genere curvas de luz dicientes para los estudios posteriores. Adicionalmente, confío en entender las falencias del *pipeline* (secuencia), qué debemos iterar para ajustarlo más y prepararlo para simulación y pruebas con otro tipo de imágenes. La idea es mejorar la eficiencia de la detección y aplicarla en clasificaciones, con *machine learning,* o en los estudios de supernovas a partir de los datos encontrados.

Equipo en el que trabaja Juan Pablo Reyes. Él es el segundo, de derecha a izquierda, en la primera fila.

Supercomputación, el camino hacia la **independencia tecnológica**

Titan, con 17 petaFlops, es la cuarta máquina más grande del mundo, según el *Ranking* 500. Está en el Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Estados Unidos).

Foto: An employee of the Oak Ridge National Laboratory. http://www.olcf.ornl.gov/titan/

Aprovechando la coyuntura del año Colombia-Francia y la muy estrecha relación de la Universidad de Los Andes y la Universidad Industrial de Santander (UIS) con el país europeo, el 31 de mayo del 2017 se firmó la alianza que dio vida al Centro Colombiano de Computación Avanzada. La entidad le otorgará al país autonomía en procesamiento y soberanía sobre la información.

Infraestructura de computación de alto rendimiento apoyará investigaciones de impacto nacional que requieran la capacidad de cómputo del orden de los petaFlops; posibilitará el manejo de datos relacionados con la seguridad y con la exploración de recursos naturales; el procesamiento de la información del clima y la salud y el avance de estudios biológicos.

Con un centro de supercomputación el país avanzará hacia la independencia tecnológica, pues al entrar en el mundo de los petaFlops se podrán soportar los procesos requeridos para manejar grandes volúmenes de información. 1 petaFlops son 10^{15} flops, acrónimo de *floating point operations per second*, y se refiere a la cantidad de operaciones que un computador realiza por segundo, en este caso 1000 billones.

De acuerdo con Harold Castro, director del grupo Comit (Comunicaciones y Tecnologías de Información) del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC), el Centro Colombiano de Computación Avanzada nos dará la capacidad de resolver nuestros propios problemas y abordar otros que no se están enfrentando. En asuntos de seguridad nacional servirá, por ejemplo para combatir ciberataques y prepararse para prevenirlos; en temas meteorológicos, soportará una veintena de modelos y predecirá de manera acertada y oportuna el clima en las distintas regiones naturales del país; se estimarán los riesgos de inundaciones con suficiente antelación para tomar medidas y evitar tragedias como la sucedida en Mocoa el 31 de marzo del 2017. Se utilizará con rapidez y oportunidad la información arrojada por el *big data* de organizaciones empresariales y de diferentes campos del conocimiento. "Nadie hará por nosotros ese trabajo que requiere de una buena infraestructura y de gente que sepa abordar estos temas", asegura el director del grupo Comit.

Los profesores Castro y José Tiberio Hernández lideraron durante cerca de dos años la construcción de la alianza Uniandes-UIS, a nombre de la cual actuó Carlos Jaime Barrios Hernández, director de Supercomputación y Cálculo Científico de la universidad santandereana. La alianza se formalizó en Los Andes mediante la firma de una carta de intención entre el entonces viceministro de TIC, Daniel Quintero Calle; el rector de la Universidad Industrial de Santander, Hernán Porras Díaz, y el de Los Andes, Pablo

Navas. "En lugar de competir, nos unimos agregando las capacidades de las dos universidades para abordar problemáticas de interés nacional", afirma Harold Castro.

La máquina, o una agregación de varios computadores, estará en el Parque Tecnológico de Guatiguará, en Piedecuesta (Santander), donde ha funcionado el laboratorio de Supercomputación y Cálculo Científico que, en adelante, será la sede del Centro Colombiano de Computación Avanzada.

El costo del centro se estima en US$15.000.000, monto del que hace parte la infraestructura física —con un valor calculado en US$5.000.000—, que ya está. El presupuesto previsto para 3 años es de US$10.000.000, que incluyen el precio de la máquina y la financiación de los proyectos. La institución ya se ha dado a la tarea de buscar recursos a los que no podía acceder como universidad.

Foto: Andrés Felipe Valenzuela, Archivo Universidad de los Andes.

Hernán Porras Díaz, rector de la Universidad Industrial de Santander; Daniel Quintero Calle, entonces viceministro de TIC, y Pablo Navas, rector de Los Andes, el día de la firma de la carta de intención que dio vida al Centro Colombiano de Computación Avanzada.

> "1 petaFlops son 10^{15} flops, acrónimo *de floating point operations per second*, y se refiere a la cantidad de operaciones que un computador realiza por segundo, en este caso 1000 billones".
>
> **Harold Castro**

Una de las puertas que han tocado es la de la Embajada de Francia de la que eperan recursos para la aceleración del ecosistema de cómputo avanzado, principalmente para transferencia de tecnología de supercómputo: "Una máquina de las características requeridas costaría como mínimo US$5.000.000, pero puede ser mucho más. Esperamos que el gobierno francés y la Unión Europea puedan ayudarnos —dice Harold Castro—. Aunque los centros de supercómputo tienen uno solo de estos aparatos, también podemos construir el nuestro sumando nuestras capacidades: la de la UIS y la de Los Andes son robustas, pero si logramos que más instituciones participen y con la eventual donación de Francia, tendremos muy alto rendimiento en una red avanzada". Además de otros actores nacionales y regionales, la Gobernación de Santander ha manifestado estar dispuesta a asumir costos importantes, como la energía y las adecuaciones necesarias de la infraestructura del Parque Tecnológico de Guatiguará.

Sin embargo, el doctor Castro asegura que eso sirve de poco si no hay proyectos: para ello se necesitan otros US$5.000.000. MinTIC se ha comprometido a aportar un capital semilla de US$750.000 en tres años.

También recalca la necesidad de formar a los profesionales para manejar los computadores de alto rendimiento. Esto es, por ejemplo, "entender qué hacen y cuáles son las herramientas disponibles, conocer un tipo de programación más sofisticada. La UIS, Los Andes y otras instituciones han avanzado en esa capacitación y ahora ese conocimiento puede aplicarse en problemas de interés nacional, tanto industriales como sociales. Lo que hicimos fue romper el círculo vicioso de no aprender hasta tener la máquina y viceversa. Pero si se olvida el componente de la formación tendremos un supercomputador subutilizado", concluye el director del grupo Comit.

Supercómputo

El *Ranking 500* cataloga los computadores de mayor capacidad de procesamiento en el mundo. Los más grandes son:

1. Sunway TaihuLight, 93 petaFlops, Centro Nacional de Supercomputación en Wuxi (China).
2. Tianhe-2, 33 petaFlops, Centro Nacional de Supercomputación de Guangzhou (China).
3. Piz Daint, 19 petaFlops, Centro Nacional Suizo de Supercomputación (Suiza).
4. Titan, 17 petaFlops, Laboratorio Nacional de Oak Ridge (Estados Unidos).
5. Secoya, 17 petaFlops, Laboratorio Nacional Lawrence Livermore (Estados Unidos).

"Aunque no me parece importante ingresar a esa lista, con US$5.000.000, estaríamos entre los puestos 200 a 300. Si logramos 1 petaFlops ocuparíamos un lugar entre los 50 primeros, pero no hay que ser tan ambiciosos porque también hay que desarrollar la cultura para saber usar ese recurso", señala Harold Castro.

Industria será más competitiva con **computación visual**

La computación visual aprovecha las imágenes de fotos y videos para identificar patrones de movimiento, por ejemplo. Con esta información y la aportada por otras herramientas como las de inteligencia artificial, es posible diseñar soluciones a problemas de circulación similares a los que se presentan en Transmilenio, en Bogotá.

Con el fin de mejorar el potencial impacto de la academia en la industria se llevó a cabo el *Workshop on Visual Computing: Image & Video Analytics* el 29 y 30 de junio del 2017. Lo organizó el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC) con el apoyo del Servicio Alemán de Intercambio Académico (DAAD, por sus siglas en alemán).

Con herramientas de computación visual, Recaudo Bogotá podría establecer los niveles de ocupación de las estaciones de Transmilenio, determinar el tipo de movimiento de las personas y su acomodación en los buses. Analizar las imágenes provistas por los videos de seguridad le permitiría identificar patrones y proponer una redistribución interna de cada estación para facilitar el ingreso y salida de los usuarios de los buses. Recaudo Bogotá es la empresa encargada del cobro de pasajes del Sistema Integrado de Transporte Público (SITP) de la capital del país.

Ideas como esta se presentaron en el *workshop* de computación visual. El propósito del evento fue propiciar un encuentro de muy alto nivel entre la comunidad académica y empresas nacionales e identificar potenciales aportes a la competitividad con base en las investigaciones académicas en curso.

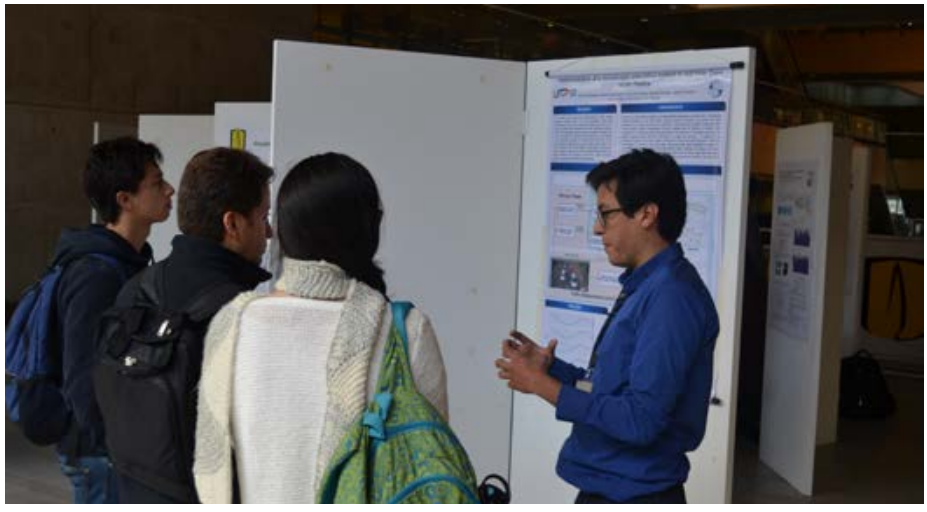
Por eso, el primer día hubo exhibición de afiches del trabajo de estudiantes y profesores, quienes oyeron comentarios de los asistentes. También se pronunciaron conferencias sobre *image and video analytics*, "un tópico que, pensamos, puede tener impacto en las empresas en los próximos años", según el profesor José Tiberio Hernández, experto en computación visual y organizador del evento. El tema fue abordado por los invitados Frederic Merienne, de l'École des Arts et Metiers, ParisTech (Francia); Charles Guttmann, del Center of Neurological Imaging del Harvard Medical School (Estados Unidos); Pablo Arbeláez, de Biomedical Computer Vision,

Algunos de los conferencistas que asistieron al evento. De izquierda a derecha Frédéric Merienne (Francia), John Alexis Guerra (Uniandes), Carlos Barrios (UIS), Fabio González (Universidad Nacional), José Tiberio Hernández (Uniandes), Charles Guttmann (Estados Unidos) y Pablo Arbeláez (Uniandes).

de la Universidad de los Andes; Fabio González, de MindLab, de la Universidad Nacional; John Alexis Guerra, del grupo de investigación Imagine, de Los Andes; y Carlos Barrios, del Centro Nacional de Computación Avanzada, de la Universidad Industrial de Santander.

El segundo día, luego de la intervención de Damian Borth, del Deep Center Media (Alemania), empresarios y academia se propusieron identificar los aportes de los investigadores para aumentar la competitividad de las empresas asistentes. Estas fueron: ImexHS, de imágenes médicas; Recaudo Bogotá, Info Projects y GaussSoft, compañías que trabajan con análisis de datos para generar valor. El uso de computación visual es una de sus ventajas comparativas. "Es muy importante que nuestros proyectos sean pertinentes para organizaciones que pretenden ser innovadoras y destacadas en el campo internacional. Ese es el espíritu del *workshop*", dice el profesor Jose Tiberio Hernández.

> "Es muy importante que nuestros proyectos sean pertinentes para organizaciones que pretenden ser innovadoras y destacadas en el campo internacional. Ese es el espíritu del *workshop*".
>
> José Tiberio Hernández



Los asistentes al *workshop* escucharon las explicaciones de las investigaciones en curso presentadas en la exhibición de afiches.

Luego de las sesiones de trabajo, se reconoció la presencia y uso cada vez mayor de técnicas de inteligencia artificial como *machine learning,* que aumentan la capacidad de análisis provista por la computación visual, tanto en imágenes como en video. Con la información que proporcionan se modelan propuestas para que los expertos tengan más elementos de juicio y adopten decisiones más fundamentadas.

De las discusiones también se concluyó la necesidad de reforzar la incorporación de datos de otras fuentes al análisis de imágenes. De esta forma será más efectivo el estudio de problemas complejos, en particular los urbanos y de salud.

El *workshop* contribuyó a acelerar el vínculo de los grupos de investigación con las empresas. "En este proceso también son determinantes los estudiantes, pues se requiere su proximidad a estas discusiones y problemáticas, lo cual facilitará la orientación de los trabajos que desarrollen", asegura José Tiberio Hernández.

Tecnología semántica, **un lenguaje universal para la web**

Semantic Knowledge Engineering and Applications fue uno de los cursos de la Escuela de Verano del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC) en el 2017. Salvatore Flavio Pileggi (profesor invitado) y María del Pilar Villamil (profesora del DISC), explican las ventajas de la tecnología semántica y advierten que el verdadero reto es aplicarla en el mundo real.

Para un humano es fácil deducir que si María del Pilar es la madre de Alejo, este es el hijo de María del Pilar. Pero para una máquina establecer esa relación en un contexto general como la web no es tan sencillo: son dos afirmaciones separadas que requieren razonar en un contexto de interoperabilidad para llegar a la misma deducción. Es decir, se necesita un estándar capaz de definir unívocamente los conceptos (María del Pilar y Alejo, en este caso) y las relaciones existentes entre ellos (madre-hijo); de conectar los datos, la información y el conocimiento alojados en la torre de Babel que es la web; de definir reglas de inferencia para soportar un razonamiento estándar que pueda otorgar un significado preciso e independiente de interpretaciones individuales.

Al usar tecnología semántica, cada quien podría expresar el mismo concepto de formas distintas —digamos, doctor y médico— y aun así las diferentes partes podrían entenderse, teniendo a la web semántica como una especie de lenguaje universal.

Si dicha tecnología se aplicara en ámbitos que requieren integrar información heterogénea como la salud o los impuestos, una nueva generación de sistemas podría permitir a un médico revisar la historia clínica completa de un paciente con datos de diferentes fuentes; el Ministerio de Salud tomaría decisiones basadas en el todo y no en reportes individuales, o la Dian conocería los bienes y los movimientos financieros de un ciudadano y los cruzaría con otras oficinas de impuestos en el exterior.

Con esa explicación los profesores Salvatore Flavio Pileggi y María del Pilar Villamil introducen el tema del conocimiento semántico que abordaron en el curso *Semantic Knowledge Engineering and Applications,* organizado por el DISC, dentro de la Escuela de Verano 2017. Este se desarrolló entre el 27 de junio y el 14 de julio y su propósito era ir más allá de lo meramente técnico, proporcionando las herramientas y una metodología basada en la conceptualización que soporta el proceso de Ingeniería del Conocimiento, desde cero hasta su implementación en entornos complejos.

Ambos explican que la tecnología semántica va más allá de estructurar los datos. Al contrario de la web social (o web 2.0) que proporciona soportes tangibles como la posibilidad de acceder a contenidos multimediales o interactuar a través de redes sociales a gran escala, la tecnología semántica, a través de metadatos, actúa de forma totalmente imperceptible para el usuario final en múltiples aplicaciones que usamos a diario (motores de búsqueda por ejemplo).

Foto: Aldair Morales, DISC.

Salvatore Flavio Pileggi es Ph.D. en Comunicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia e investigador de la School of Information Technology and Electrical Engineering (ITEE) en University of Queensland (Brisbane, Australia). María del Pilar Villamil es doctora en Informática del Institut National Polytechnique de Grenoble (Francia) y profesora del DISC.

Los retos

Cuando comenzó el curso de Escuela de Verano, Salvatore Flavio Pileggi y María del Pilar Villamil les preguntaron a los participantes qué sabían del tema. Eran ingenieros que trabajan en empresas colombianas, muchos de ellos con maestría, y lo desconocían por completo o casi.

Ese resultado reafirma el reto de lograr que los ingenieros actuales y los que están formándose vean el potencial de la tecnología semántica y la utilicen en su día a día para que siga madurando.

El primer paso es construir ese significado de los datos y el siguiente será cómo descubrir patrones sobre esa semántica. Es decir, una vez se tengan los significados y se logre la interacción, se debe poner una capa encima y analizarla para hallar elementos comunes o detectar qué falta.

Imágenes: www.pixabay.com

¿Tecnología en consolidación o con impacto limitado?

Los profesores Pileggi y Villamil destacan que la web semántica se puede considerar un entorno relativamente maduro, teóricamente listo para su aplicación en el mundo real e incluso ya hay evidencias claras de que se está evaluando la adopción de modelos semánticos complejos (ontologías) en casos reales. Así sucede, por ejemplo, con muchos gobiernos interesados en datos abiertos, en facilitar la integración y la posibilidad de compartir información entre las agencias y en el análisis de datos heterogéneos. O también estudios recientes demuestran una presencia masiva de metadatos semánticos en páginas web comunes, aunque el uso de la tecnología semántica es bastante básico y no incluye técnicas de razonamiento avanzadas.

No sucede igual con las empresas, especialmente las multinacionales, que parecen poco entusiasmadas en adoptarla. Según el profesor Pileggi, aunque es difícil proporcionar un análisis exhaustivo, todo indicaría que muchas asocian el uso de una tecnología abierta con un peligro para su negocio y no evidencian en ella nuevas oportunidades.

A ese desinterés contribuye el hecho de que a menudo los investigadores se mueven en un círculo: plantean problemas que no siempre están alineados con los de las organizaciones y luego los resuelven; esto dificulta la transferencia de soluciones al sector productivo.

Por lo anterior, el profesor Flavio Pileggi señala que la tecnología semántica parece enfrentarse a un momento crucial, pues otras podrían superarla e incluso necesita nuevas energías en términos de investigación porque tiene limitaciones. Y concluye: “Los datos abiertos y la integración de datos heterogéneos son muy populares entre los gobiernos y por eso la investigación sobre semántica se mantiene con vida; pero sin un esfuerzo para transferir soluciones al sector productivo, la tecnología semántica, en lugar de implementar la tercera versión de la web con impacto masivo y global, podría reducirse a un paréntesis, a algo que ha sido muy popular en términos de investigación durante un período relativamente largo y luego ha reconsiderado drásticamente sus aspiraciones reales”.

> “A menudo los investigadores se mueven en un círculo: plantean problemas que no siempre están alineados con los problemas de las organizaciones y luego los resuelven; esto dificulta la transferencia de soluciones al sector productivo”.
>
> **Salvatore Flavio Pileggi**

Explorando el futuro en las TI

Juan Esteban Cortés, con su compañero Juan David García, diseñó un sistema de seguridad para el hogar en el 4.° Campamento de Verano del DISC.

Mostrarle a un joven que puede hacer aportes a la sociedad desde las tecnologías de la información es el mensaje de los campamentos de verano que organiza el DISC. Entre el 20 de junio y el 7 de julio del 2017, 15 jovencitos y 2 jovencitas tuvieron una experiencia universitaria.

Los estudiantes de bachillerato que se graduarán en los años que restan de esta década o al comienzo de la siguiente son nativos digitales, no conciben su vida sin un dispositivo electrónico y el código permite el funcionamiento de buena parte de su entorno. Pero ¿están preparados para ofrecer soluciones reales a la sociedad?

Momentos inspiradores vivieron los adolescentes de 8.° a 12.° grado de diferentes colegios de Bogotá de la mano de profesores expertos en programación, internet de las cosas, videojuegos y diseño en el 4.° Campamento de Verano. Allí, los jóvenes respondieron al reto planteado en la temática “Las TIC como base tecnológica para la ciudad del futuro”, y crearon diversas aplicaciones, tales como una estación de clima, un colector inteligente de basura o un medidor de potabilidad de agua.

El campamento de verano se creó hace cinco años para combatir el desinterés y/o la desinformación sobre la Ingeniería de Sistemas entre los jóvenes, causante del descenso de estudiantes matriculados en esta carrera. De acuerdo con Yezid Donoso, director del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC), no ha sido muy claro qué es la Ingeniería de Sistemas, además de que la tecnología y los métodos para asumir los problemas cambian a diario. Profesores con maestría y doctorado fueron los encargados de despertar en los jovenes el interés por los temas de TI y de mostrarles cómo aplicarlos a la vida cotidiana.

Los cursos también están dirigidos a quien quiera estudiar, por ejemplo, Administración de Empresas, pues le permitirá hallar oportunidades de negocio; mientras que un diseñador encontrará cómo desarrollar su creatividad y capacidad innova-

Santiago Abella le explica a un grupo de padres cómo trabaja el dispositivo de basuras inteligentes que diseñó con sus compañeros.

El desarrollo permanente de la tecnología supone un entorno laboral lleno de posibilidades. Sin embargo, de acuerdo con el Estudio de Infosys-Eafit del 2013, en Colombia el déficit de profesionales en este sector podría ser de más de 35.000 universitarios en el 2018, en un escenario de bajo crecimiento de las TIC. Este déficit podría llegar a los 94.000 si la demanda es alta y no es un fenómeno exclusivo de este país. Según cálculos del National Center for Women & Information Technology, en el 2024 se crearán 1.100.000 puestos de trabajo en Estados Unidos y solo se podrá abastecer el 60 % en Ingeniería de Sistemas y el 29 % en *Computer Science.*

El campamento "Las TIC como base tecnológica para la ciudad del futuro" se enfocó hacia el desarrollo de soluciones en ciudades inteligentes, específicamente en temas de internet de las cosas (IoT). Las clases fueron teóricas y prácticas. Las teóricas se dividieron en cuatro módulos: Diviértete Programando, Creatividad, Diseño y Desarrollo de Videojuegos e Internet de las Cosas, impartidas por docentes de formación avanzada, todos con maestría y dos con doctorado del DISC y del Departamento de Diseño de Los Andes. Estas se complementaron con construcción de prototipos reales.

En su trabajo práctico, Elena Gallo, de 8.º grado, creó un videojuego de aventuras y una estación climática.

> "El curso nos lo dieron profesores expertos. Eso también me motivó porque estaba con personas que sí sabían del tema. Ellos no nos mandaban como en el colegio, sino que nos motivaban".
>
> Santiago Abella

dora con las TI como una base tecnológica. Aunque son más provechosos para los que quieran cursar Ingeniería, por ejemplo de Sistemas y Computación, Industrial o Mecánica.

Es el caso de Juan Esteban Cortés, que cursa el grado 11.º en el Agustiniano Ciudad Salitre. Aunque ha pensado inscribirse en Ingeniería Mecatrónica porque le gustan las máquinas, en el campamento vio nuevas posibilidades, por lo que también está considerando estudiar Ingeniería de Sistemas. "Aprendí de todo. Sabía muy poco de programar y aquí me enseñaron con herramientas versátiles, fáciles de manejar. Mi conclusión es que la tecnología está en todo, funciona muy bien, hace parte de la vida y hay que aprender a manejarla".

El día del cierre del curso los participantes exhibieron los proyectos desarrollados a sus familiares. Santiago Abella tiene 13 años, es estudiante de 9.º grado del colegio Gimnasio Campestre de Bogotá y resumió así su experiencia: "El campamento nos da la posibilidad de programar desde chiquitos sin tener que esperar a tener 20 años o a ejercer esta profesión. Nos da la oportunidad de entrar en ese mundo divertido de la programación y de saber más cómo va a ser nuestro futuro". ■

Sistemas y Computación: una ingeniería **que tiende puentes**

Tres ingenieros de sistemas uniandinos son miembros del Consejo Académico de Los Andes porque ocupan destacados cargos directivos en la Universidad. La Ingeniería de Sistemas y Computación los vinculó con otras profesiones en las que trabajan con el sello del pregrado: el pensamiento sistémico. En esta entrevista Alfonso Reyes, Eric Rodríguez y Teresa Gómez hablan de esa exploración personal que les mostró el camino en su vida profesional.

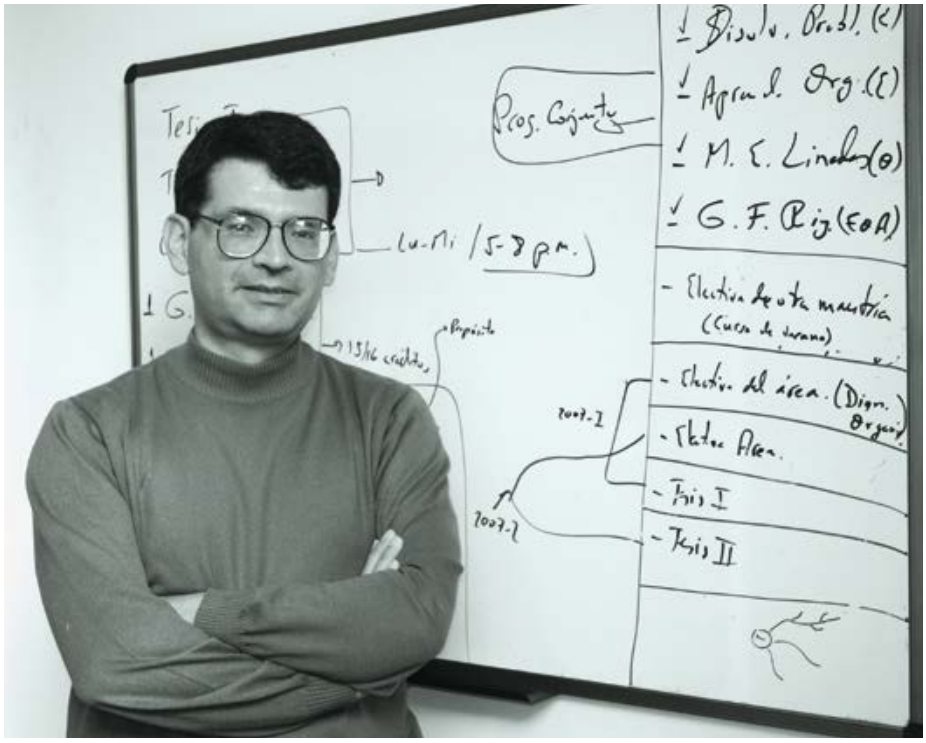


Foto: Roger Triana, Archivo Universidad de los Andes.

Alfonso Reyes Alvarado, decano de la Facultad de Ingeniería, es físico e ingeniero de sistemas y computación de la Universidad de los Andes y doctor en Cibernética de la Gestión, de la Universidad de Humberside (Hull, Reino Unido).

Capacidad de moverse en otras disciplinas y entender sus contextos, lidiar con la incertidumbre y un pensamiento que, desde la tecnología, provea valor a las organizaciones son tres habilidades indispensables en la formación de los futuros ingenieros de sistemas y computación.

Así lo piensan Alfonso Reyes, decano de Ingeniería; Eric Rodríguez, decano de Administración, y Teresa Gómez, vicerrectora Administrativa y Financiera de la Universidad de Los Andes. Su reflexión es producto de una experiencia profesional que se formó en la búsqueda de darle sentido a la carrera que escogieron.

A comienzos de la década de los 80, cuando estudiaron Ingeniería de Sistemas, el programa llevaba un poco más de 10 años en la Universidad y su enfoque era muy técnico. Se podría decir que la eligieron sin saber muy bien a qué se metían, pues en ese entonces tenían poco conocimiento de esta carrera. Al finalizar el pregrado, buscaron cómo complementarla y le encontraron utilidad más allá del *hardware* y del *software*.

Tecnología, innovación y contexto

La Ingeniería de Sistemas le ha proporcionado a Alfonso Reyes, doctor en Cibernética Organizacional, una forma de relacionarse con problemas concretos. Sin embargo, estudió esta profesión porque era la Ingeniería que más matemáticas tenía, disciplina que le fascinaba. Por esa predilección, durante los primeros seis semestres en Los Andes estuvo más involu-

crado en la Facultad de Ciencias, pues al tiempo que estudiaba Sistemas también cursaba Matemáticas y Física.

Sin embargo, en tres cursos de séptimo semestre encontró la motivación que le dio sentido a su carrera. El primero fue Bases de Datos. "Descubrí que había formas de organizar la información para manipularla, en una relación inversa con los procedimientos. Es decir, que cuanto más sencillas las estructuras de datos, más complejos los algoritmos para procesarlos. Pero mientras más complejas sean las estructuras de datos, es mucho más sencillo hacer un programa de computador".

El segundo fue Principios de Inteligencia Artificial, enfocado en los sistemas expertos. En este se familiarizó con la capacidad que tiene una máquina provista con un algoritmo para simular el comportamiento de un ser humano interactuando con otro. Lo impactó reconocer la manipulación inferencial de los datos, es decir, un computador no solo sigue instrucciones sino también reglas de inferencia, y por lo tanto es factible que la persona con la que interactúa sepa por qué el algoritmo tomó ciertas decisiones.

El tercer curso que lo marcó fue Cibernética. En este vio la opción de usar la información y las reglas de inferencia y, además, de asociar el procesamiento de información con mecanismos de comunicación y control. "Para el examen final debía diseñar un modelo de una organización empleando estas ideas. Le conté a mi papá mi intención de modelar los procesos que operaban en la Corte Suprema, donde él trabajaba. Me contactó con los demás magistrados y durante un mes estuve conversando con ellos. Comprendí que era posible darles sentido a los mecanismos de estructuración de la información utilizada en la toma de decisiones en las sentencias proferidas, al relacionarlos con los procesos organizacionales necesarios para el manejo de expedientes judiciales. También me di cuenta de que a través del lenguaje de la Ingeniería de Sistemas era relativamente fácil tender puentes entre disciplinas, en este caso, entre el derecho y la tecnología. Fue revelador para mí y para ellos". El magistrado Alfonso Reyes Echandía, padre del decano, era en ese momento el presidente de la Corte Suprema de Justicia. Un año después perdió la vida en la toma que hizo el M-19 del Palacio de Justicia.

Sin embargo, no bastaba el aspecto técnico para mejorar la efectividad del aparato judicial. Se necesitaba intervenir en las relaciones de los componentes que constituyen su totalidad.

Así que buscó una concepción de sistemas organizacionales y se postuló a un doctorado sobre Cibernética Organizacional que abordaba esa temática, en la Universidad de Aston (Birmingham, Inglaterra), a donde llegó becado por el Gobierno Británico, por un convenio con el Icetex. Cuando su asesor de tesis se trasladó a la Universidad de Humberside, el actual decano lo siguió y terminó allí su Ph.D.

El factor humano empezó a revelarse como clave en esta investigación y por eso su tesis doctoral se centró en la articulación de los aspectos emocionales, lingüísticos y conversacionales de la comunicación, aplicados a la administración de justicia, un asunto en el que ha trabajado durante 25 años.

Su experiencia profesional le ha mostrado que, desde la perspectiva de la formación de Sistemas y Computación, es relativamente sencillo moverse a otros campos, algo que al ingeniero de sistemas se le facilita porque en otras disciplinas se necesita estructurar información para facilitar la toma de decisiones. Además, el aprendizaje de técnicas de programación ayuda a desarrollar habilidades para estructurar problemáticas complejas.

El camino seguido en su vida profesional le permite ver cómo debe ser el ingeniero de sistemas de hoy. "Debe tener la capacidad de articular una tríada: la tecnología, el contexto organizacional y el desarrollo innovador de esos sistemas con una visión prospectiva. Esto conforma un perfil que hoy es muy demandado por las empresas colombianas", concluye.

Integrarse en un contexto interdisciplinario

Cuando Teresa Gómez estudió Ingeniería de Sistemas sentía que esta profesión es-

Teresa Gómez Torres es ingeniera de sistemas y computación de Los Andes y cursó un MBA de la Universidad de Ginebra (Suiza). Es la vicerrectora administrativa y financiera de la Universidad.

Foto: Roger Triana, Archivo Universidad de los Andes.

taba aislada de una estrategia, pues no sabía cómo se insertaba en una empresa, para qué servía, qué impulsaba. Esa perspectiva se la dio un MBA que cursó en la Universidad de Ginebra al terminar el pregrado. Luego se enganchó en finanzas, trabajó en banca de inversión y le encantó. El cargo de vicerrectora Financiera que ocupa desde noviembre del 2016 es novedoso para ella, pues en su vida profesional lo corporativo ha sido su fuerte.

Por su experiencia profesional y por su formación, hoy sabe que no hay cambio posible si no se apalanca en tecnología y en plataformas para apoyar los procesos misionales, "pues inducen muchos componentes en eficiencia, en posicionamiento. Por ejemplo, el nuevo plan de tecnología de la Universidad busca habilitar la estrategia global de Los Andes".

Esa visión que provea valor a las organizaciones es la que necesita hoy el ingeniero de sistemas y computación. Es lo que cree la vicerrectora: si está aislado de ellas no será competitivo. Además de ser muy buen técnico, de resolver una necesidad, debe acompañar y dar luces sobre cómo alcanzar un posicionamiento estratégico en el mercado. También es vital "la mentalidad ágil, innovadora: desarrollar prototipos que se prueban rápidamente y se escalan, en soluciones integradoras. En la universidad debe aprender a acoplarse fácilmente a un contexto interdiciplinario", señala Teresa Gómez.

Foto: Andrés Felipe Valenzuela, Archivo Universidad de los Andes.

Eric Rodríguez, decano de Administración, es ingeniero de sistemas y computación uniandino y doctor en Finanzas de la Universidad de Tulane.

Manejo de la incertidumbre, habilidad necesaria

Aunque ha ejercido poco como ingeniero de sistemas, la estructura de pensamiento sistémico adquirida en el pregrado de Los Andes le permitió a Eric Rodríguez, decano de Administración, entender que podía aportar a una visión más completa de los negocios. Complementó su formación con un MBA en la misma universidad y descubrió un campo de desarrollo profesional: el buen manejo de la información financiera y contable dentro de la organización con un enfoque de sistemas. "La carrera nos dio la habilidad de ver los problemas en su complejidad y darles solución descomponiéndolos en un abanico de opciones. Cada uno se somete a un modelo de *inputs-outputs*, lo cual ofrece varios criterios para establecer sus riesgos. Fue un sello particular uniandino".

El estudio del mundo empresarial le dio una perspectiva desde la cual se ha desarrollado profesionalmente: le develó que la estructura de estados financieros permite entender un modelo de negocio. A partir de esta visión diseñó una metodología para enseñar Contabilidad en la Facultad de Administración de Los Andes y, en el 2015, se creó el programa de Contaduría en la Universidad a partir su propuesta.

Al preguntarle sobre las habilidades que requiere el ingeniero de sistemas hoy recuerda lo que dijo el director de McKinsey Academy, encargada del desarrollo de los 25.000 empleados de McKinsey, una de las grandes firmas de consultoría del mundo: en cinco años, el 70 % de las profesiones y cargos actuales en esa compañía puede desaparecer, como cargo y como función, con mayor probabilidad los de alta predictibilidad en decisiones. Serán remplazados por algoritmos expertos en procesos complejos de decisión. Necesitamos profesiones y formaciones con habilidad para gestionar la incertidumbre, los cambios rápidos y lo desconocido. Estaban en un evento mundial sobre inteligencia artificial de la Asociación Norteamericana de Escuelas de Administración. "Tomo eso como verdad. Por lo tanto, el ingeniero de sistemas necesita formación en el manejo de un entorno incierto para uso de tecnología. Para ello se requiere tolerancia al riesgo, al error y a la incertidumbre. El mercado ya no valorará la predicción de los modelos a la que está acostumbrado el ingeniero", concluye el decano de Administración. ■

> "El ingeniero de sistemas necesita formación en el manejo de un entorno incierto para el uso de tecnología. Requiere tolerancia al riesgo, al error y a la incertidumbre".
>
> Eric Rodríguez

Sebastián Caldas Rivera, egresado 2017 *summa cum laude*

Este egresado de Ingeniería de Sistemas y Computación obtuvo un promedio de 4,88 en su pregrado y está comenzando sus estudios de doctorado en Estados Unidos. Quiere combinar el ejercicio profesional con la docencia.

Sebastián no se considera "el más inteligente del planeta", pero los libros y el estudio son lo suyo: obtuvo uno de los mejores 50 puntajes en las pruebas del Icfes, fue finalista en las Olimpiadas del Conocimiento en Medellín y en su pregrado en la Universidad de los Andes recibió la beca Alberto Magno y fue reconocido con 6 excelencias semestrales y 3 distinciones Ramón de Zubiría. Por eso, el grado *summa cum laude* en Ingeniería de Sistemas y Computación que obtuvo en marzo del 2017 no lo tomó por sorpresa.

Actualmente, sus esfuerzos se centran en el comienzo de su doctorado en la Universidad de Carnegie Mellon (en Pittsburg, Pensilvania, Estados Unidos) en agosto del 2017. Investigará en *machine learning,* rama de la inteligencia artificial consistente en entrenar modelos estadísticos para encontrar parámetros que se van ajustando para predecir situaciones. Aún no tiene claro en qué área enfatizará durante el doctorado, pero por lo pronto quiere trabajar con computación visual, particularmente aplicada a proyectos interdisciplinarios.

Otra de sus pasiones es la docencia y desde niño tuvo la idea de que para ejercerla hay que obtener un doctorado. La primera experiencia enseñando fue como monitor del laboratorio de Desarrollo de *Software* en equipo con Rubby Casallas, a quien considera su mejor mentora en la Universidad y una de las profesoras más destacadas que ha tenido. Y también, dice, siempre procuró tomar materias con docentes reputados para mirar qué hacían y aprender de sus metodologías.

Hoy Sebastián se siente orgulloso de que su hoja de vida incluya la mención *summa cum laude*, pues no solo le abrió las puertas para ser aceptado como estudiante de doctorado, sino que le ayudará en la vida académica, a la que se quiere dedicar. ■

Las pasantías

En el 2016, Sebastián Caldas Rivera obtuvo una pasantía de investigación en la Universidad de Cornell en Estados Unidos, financiada por la Vicerrectoría de Investigaciones de Los Andes. En el pregrado también hizo dos pasantías en Google, una en Mountain View (California) centrada en desarrollo de *software* y otra en Nueva York con énfasis en visualización de datos.

Foto: Alejandro Gómez Niño, Archivo Universidad de los Andes

El día del grado, Sebastián Caldas Rivera decidió ponerse corbatín, pero asegura que él no es una persona formal. "Lo discutí con una amiga y nos gustó la idea. Curiosamente, la mitad de los ingenieros de sistemas lo estábamos usando".

Los recuerdos de Los Andes

- Como estudiante, Sebastián tomó cursos electivos de Artes y Humanidades (Borges, Arte y Cine, Apreciación Cinematográfica y Filosofía y Guerra...) y de ellos aprendió a interpretar un texto y a abstraer ideas, lo cual fue crucial en sus cursos de Sistemas.
- Siente especial afecto por profesores del DISC como Marcela Hernández, Claudia Jiménez, Alexánder Cardona y John Casallas. Y recalca que tiene mucho que agradecerles a Carlos Rozo y Doris Bolívar, del área administrativa del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación, pues sin ellos dos este no sería lo mismo.
- También destaca las salas de computadores Waira y Turing porque, además de los equipos de alta tecnología y *software* avanzado, son espacios imprescindibles para socializar con otros estudiantes de Sistemas y Computación.
- Lo que quisiera es que el DISC tuviera profesores expertos en *machine learning* y que fortaleciera el componente estadístico del estudiante. Todo esto para que pueda investigar seriamente en el área de la inteligencia artificial, en vez de limitarse a usarla.

Nombramientos

Yezid Donoso, nuevo director del DISC

En agosto del 2017, el profesor asociado Yezid Donoso se posesionó como director del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC). Es ingeniero de sistemas de la Universidad del Norte, en Barranquilla, magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación de la Universidad de los Andes, D. E. A. (Diploma de Estudios Avanzados) y doctor en Tecnologías de la Información de la Universidad de Girona (España), donde, por unanimidad, el jurado de su tesis le otorgó *cum laude*.

Luego de trabajar durante nueve años en la Universidad del Norte, en el 2008 ingresó a la Universidad de los Andes. Allí coordinó la Especialización en Seguridad de la Información (2009-2016) y la Maestría de Seguridad de la Información (2013-2017) y se desempeñó como subdirector académico del Departamento desde enero del 2016 hasta su nombramiento como director. Sus líneas de investigación están encaminadas a la optimización de redes, la convergencia de servicio en redes, la calidad del servicio en redes y la seguridad de la información.

En diciembre del 2016 fue condecorado con la medalla al Mérito Tecnológico de la Escuela de Telemática y Electrónica de la Policía Nacional, un reconocimiento a su colaboración eficiente para el mejor desempeño de esa institución; desde el 2005 es *Senior Member* de la asociación mundial IEEE (Instituto de Ingenieros Electrónicos y Eléctricos) y entre 2005-2009 fue DVP (*Distinguished Visitor Professor*) para IEEE Computer Society. Además, en el 2004 recibió el Premio Nacional de Investigación de Operaciones de la Sociedad Colombiana de Investigación de Operaciones, entre otros.

Foto: Archivo Uniandes

Yezid Donoso

Nuevo profesor titular del DISC

El Comité de Ordenamiento Profesoral de Los Andes nombró a Jorge Villalobos profesor titular del Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación. Es egresado de Ingeniería de Sistemas y Computación de Los Andes, magíster en Informática del Institut National Polytechnique de Grenoble (Francia) y Ph.D. en Informática de la Universidad Joseph Fourier (Grenoble, Francia). Dirigió el DISC en dos períodos (1996-1999 y 2009-2013). Actualmente coordina la Maestría en Arquitecturas de Tecnologías de Información (MATI) y es investigador senior en temas de arquitectura empresarial y arquitectura de TI.

Jorge Villalobos

Nombran coordinadora de Relaciones Externas

María Cristina González Beltrán asumió el cargo de coordinadora de Relaciones Externas del DISC. Es egresada de Ingeniería de Sistemas, con énfasis en Telecomunicaciones, de la Universidad Cooperativa de Colombia, y tiene experiencia en Implantación de ERP (*Enterprise Resource Planning*, Planificación de Recursos Empresariales) y en gerencia de proyectos de consultoría y manejo de recursos.

María Cristina González

Coordinador académino del Departamento

Julián David Moreno Díaz, nuevo coordinador académico del DISC, estudió Ingeniería de Sistemas y Computación y es magíster en Ingeniería de Sistemas y Computación de Los Andes. Tiene experiencia en gestión de TI, así como conocimientos en infraestructura tecnológica tanto física como virtual, en gestión de *datacenter*, en *middleware*, en sistemas operativos y en redes y servicios de TI.

Fotos: Archivo Uniandes

Julián David Moreno

Reconocimientos

Los 50 años del pregrado

El próximo 17 de mayo de 2018, a las seis de la tarde, el Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación (DISC), de la Universidad de los Andes, celebrará con sus egresados los 50 años de su pregrado en Ingeniería de Sistemas y Computación en la sede nacional de la Asociación de Egresados de la Universidad. En el evento se rendirá homenaje a algunos exalumnos, destacados porque su trayectoria profesional le ha aportado gran valor a la carrera. También será una oportunidad para que amigos y colegas se reencuentren, celebren juntos y para que compartan experiencias.

Talk2Me gana el concurso Innovación con TIC

Talk2Me es un proyecto para facilitar la comunicación entre las personas que manejan el lenguaje de señas y las que no, desarrollado con tecnología informática, en particular reconocimiento de voz y de imagen. Estos fueron el grupo y el proyecto ganadores del concurso Innovación con TIC, enmarcado en la materia Diseño de Producto e Innovación con TI, de la Universidad de los Andes. El equipo está integrado por Ana María Espinosa Chaparro, Sebastián González Osorno, Juan Pablo Pérez Gil y Joan David Torres Pinzón.

El concurso se llevó a cabo en noviembre del 2017 y el jurado estuvo conformado por empresarios-mentores y los fundadores de Datatraffic, empresa patrocinadora de la competencia; como secretario actuó el profesor José Tiberio Hernández.

Talk2Me recibió de Datatraffic tres millones de pesos para el desarrollo de su emprendimiento, mientras que la Universidad le permite usar por dos semestres un cubículo en la Plaza de Trabajo Activo de la Facultad de Ingeniería.

Cum laude y otros reconocimientos para Nelson Andrés Sánchez

Desde el 2012 cuando Nelson Andrés Sánchez Otálora (Bogotá, 1995) comenzó a disfrutar la beca del programa Quiero Estudiar, se ha destacado por el buen desempeño académico. En octubre del 2017 se graduó de Ingeniero de Sistemas y Computación con *cum laude* en la Universidad de los Andes y recibió la Distinción Excelencia Académica del semestre 2017-10. Además, está finalizando el pregrado en Matemáticas como segunda carrera y es asistente graduado y estudiante de Maestría de Ingeniería de Sistemas y Computación.

En julio del 2017 presentó el trabajo *Path Planning and Following using Genetic Algorithms to Solve the Multi-Travel Salesman Problem in Dynamic Scenarios* basado en su proyecto de grado en la 18th International Conference on Advanced Robotics (ICAR) en Hong Kong (China).

El proyecto consistió en resolver, a través de algoritmos genéticos, el problema de MTSP, del cual no se conoce una solución eficiente.

Por otro lado, en el segundo semestre del 2016, la Oficina de Internacionalización y Estudios en el Exterior de la Universidad lo escogió para un intercambio en la sede de Puebla del TEC de Monterrey (México) como parte del convenio Líderes del Mañana. Allí ocupó el primer puesto.

Foto: Cortesía Nelson Andrés Sánchez

Nelson Andrés Sánchez en su visita a Hong Kong.

Foto: Archivo Uniandes

***Talk2Me*, proyecto y grupo ganador del concurso Innovación con TIC.**

Paper de Mario Linares gana el "ACM Distinguished Paper Award" en ASE 2017

El profesor Mario Linares Vásquez es uno de los autores (junto con Simone Scalabrino, Gabriele Bavota, Christopher Vendome, Denys Poshyvanyk y Rocco Oliveto) del *paper Automatically Assessing Code Understandability: How Far Are We?*, ganador del premio ACM Distinguished Paper Award, escogido entre 65 documentos aceptados.

Entre el 30 de octubre y el 3 de noviembre tuvo lugar el ASE 2017 - The 32nd IEEE/ACM International Conference on Automated Software Engineering, en Illinois (Estados Unidos) donde fue entregado el galardón.

Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación

El **Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación**, creado en 1968, se caracteriza por ser una escuela de informática de alto nivel, con una amplia red de colaboración construida con los principales actores del sector: Gobierno, industria y academia.

NUESTROS **PROGRAMAS**

ISIS

Pregrado en Ingeniería de Sistemas y Computación
SNIES 1540
Resolución 7774 del 21 de abril de 2016 por 7 años | 8 semestres | Bogotá D.C. | Presencial

Programas de maestría

MISIS

Maestría en Ingeniería de Sistemas y Computación
SNIES 1579
Resolución 6420 del 12 de abril de 2018
por 7 años | 4 semestres | Bogotá D. C. | Presencial

MBIT

Maestría en Tecnologías de Información para el Negocio
SNIES 102269
Resolución 15243 del 23 de noviembre de 2012
por 7 años | 4 semestres | Bogotá D. C. | Presencial

MATI

Maestría en Arquitecturas de Tecnologías de Información
SNIES 101531
Resolución 10577 del 22 de noviembre de 2011
por 7 años | 4 semestres | Bogotá D. C. | Presencial

MESI

Maestría en Seguridad de la Información
SNIES 102074
Resolución 15241 del 24 de noviembre de 2012
por 7 años | 4 semestres | Bogotá D. C. | Presencial

MINE

Maestría en Ingeniería de Información
SNIES 104986
Resolución 10464 del 7 de septiembre de 2015
por 7 años | 4 semestres | Bogotá D. C. | Presencial

MISO

Maestría en Ingeniería de Software
SNIES 102073
Resolución 15242 del 23 de noviembre de 2012
por 7 años | 4 semestres | Bogotá D. C. | Presencial

Maestría en conjunto con el Departamento de Ciencias Biológicas

MBC

Maestría en Biología Computacional
SNIES 102711
Resolución 9830 del 31 de julio de 2013
por 7 años | 4 semestres | Bogotá D. C. | Presencial

Programa de doctorado

IDOC

Doctorado en Ingeniería
SNIES 16071
Resolución 4325 del 12 de abril de 2018
por 7 años | Bogotá D. C. | Presencial

"Nuestros programas han desarrollado una dinámica enfocada a resolver problemas complejos y avanzados de disciplinas particulares de las TIC, marcando nuevamente una senda de proyección a nivel nacional a través de nuestros egresados".
Yezid Donoso, director del DISC

CONTACTO

Universidad de los Andes
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería de Sistemas y Computación
Edificio Mario Laserna - Cra 1 este n.° 19A - 40
Tel: [571] 3394949 Ext: 2860, 2861, 2862
Bogotá (Colombia)

@DISCUniandes
https://www.facebook.com/DISCUniandes
http://sistemas.uniandes.edu.co/
DISCUniandes
/Departamentodeingenieriadesistemasycomputacion