



# Inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G

Conclusiones del Concurso de la UIT



# Manténgase al día// // Manténgase informado

Actualidades de la UIT se **ha trasladado**  
a una nueva plataforma.

## Descubra My**ITU**

Su puerta de entrada a los contenidos  
pertinentes de la **UIT**, sobre la base  
de sus intereses

Manténgase informado con las últimas  
Actualidades de la UIT

Para recibir el nuevo boletín semanal de la UIT,



Artículos de  
Actualidades de  
la UIT



Suscríbase



Revista  
Actualidades  
de la UIT



Únase a las comunidades en línea de la UIT en su canal favorito

# La inteligencia artificial y el aprendizaje automático en el marco de la 5G - Concurso de la UIT, 2020

By Houlin Zhao, [Secretario General de la UIT](#)

■ La UIT puso en marcha en febrero de este año su primer [Concurso sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G](#), competición a escala mundial que concluirá con una ceremonia de entrega de premios en línea del 15 al 17 de diciembre de 2020.

Dicho Concurso tiene por objeto alentar y respaldar la labor de la comunidad, cada vez mayor, que propicia la integración de la inteligencia artificial (IA) y del aprendizaje automático (ML) en las redes, al tiempo que promueve la actividad de normalización de la UIT en materia de IA/ML.

El Concurso de la UIT fomenta la cultura de colaboración necesaria para mejorar el funcionamiento de redes nuevas o futuras, en particular las redes 5G, y brinda nuevas oportunidades a los sectores industrial y académico para contribuir a la evolución de las normas de la UIT.

En calidad de organismo especializado de las Naciones Unidas en materia de TIC, la UIT desempeña un papel primordial para facilitar el despliegue de esas redes, de conformidad con las normas de calidad pertinentes. Recientemente, [anunciamos](#) que nuestros 193 Estados Miembros habían aprobado

la Recomendación del Sector de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R) "Especificaciones detalladas de las interfaces radioeléctricas de las IMT-2020".

Las especificaciones de las IMT-2020 relativas a la quinta generación de comunicaciones móviles (5G) constituirán el elemento fundamental de la economía digital del futuro, y contribuirán a fomentar la automatización y la inteligencia automatizada en el sector industrial y en la sociedad, con objeto de mejorar la vida de las personas de un modo que no tiene precedentes.

En el presente número de la Revista de la UIT se proporciona información exhaustiva en relación con el Concurso de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G, y se presentan amplios artículos de opinión de representantes de los sectores industrial y académico.

La Gran Final del Concurso contará con alocuciones del Profesor Vincent Poor, de la Universidad de Princeton (Estados Unidos), Chih-Lin I, del Instituto de Estudios sobre Comunicaciones Móviles de China, y Wojciech Samek, de Fraunhofer HHI (Alemania). Por otro lado, se presentará la edición del Concurso de 2021. Esperamos que sea de su interés! ■



*El Concurso de la UIT tiene por objeto facilitar el desarrollo de la comunidad que propicia la integración de la inteligencia artificial y del aprendizaje automático en las redes.*



Houlin Zhao

# Inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G

## Conclusiones del Concurso de la UIT

### Editorial

#### 1 La inteligencia artificial y el aprendizaje automático en el marco de la 5G - Concurso de la UIT, 2020

By Houlin Zhao, Secretario General de la UIT

#### 5 La UIT agradece la colaboración de los patrocinadores de la edición de 2020 del Concurso sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G

### Concurso de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G

#### 6 Fomento del trabajo en comunidad y de la confianza a través de la plataforma de la UIT

La revista Actualidades de la UIT News abordó con Chaesub Lee, Director de la Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT, el contexto del Concurso de la UIT sobre inteligencia artificial (AI) y aprendizaje automático (ML) en el marco de la 5G, así como su relación con las prioridades estratégicas de la UIT.

#### 9 Mensaje de los organizadores

Thomas Basikolo, AI/ML Consultor especializado en IA/ML

#### 12 Sigue el Desafío de la ITU AI/ML en 5G

#### 13 Exposiciones de problemas

#### 14 La Gran Final del Desafío - Martes, 15 de diciembre de 2020

#### 15 Gran Final del Desafío - Miércoles, 16 de diciembre de 2020

#### 16 La Gran Final del Desafío - Jueves, 17 de diciembre de 2020

#### 17 Premios y certificados para los ganadores

#### 18 Guía sobre los retos a la IA/ML para los CTx de la próxima generación

Por Vishnu Ram OV, Consultor investigador independiente

#### 23 Una ronda de normas sobre redes autónomas

Xiaojia SONG, Investigador, Xi CAO, Investigador senior, Lingli DENG, Director técnico, Li YU, Investigador jefe, y Junlan FENG, Jefe científico, China Mobile Research Institute



Foto de cubierta: Shutterstock

ISSN 1020-4148  
itunews.itu.int \\  
6 números al año  
Copyright: © UIT 2020

Coordinadora editorial y redactora:  
Nicole Harper  
Diseñadora artística: Christine Vanoli  
Auxiliar de edición: Angela Smith

Traducción y maquetación:  
Departamento de Conferencias y Publicaciones

Departamento editorial/Publicidad:  
Tel.: +41 22 730 5723/5683  
E-mail: itunews@itu.int

Dirección postal:  
Unión Internacional de Telecomunicaciones  
Place des Nations  
CH-1211 Ginebra 20 (Suiza)

Cláusula liberatoria:  
la UIT declina toda responsabilidad por las opiniones vertidas que reflejan exclusivamente los puntos de vista personales de los autores. Las designaciones empleadas en la presente publicación y la forma en que aparezcan presentados los datos que contiene, incluidos los mapas, no implican, por parte de la UIT, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites. La mención de determinadas empresas o productos no implica en modo alguno que la UIT los apoye o recomiende en lugar de otros de carácter similar que no se mencionen.

Todas las fotos por la UIT, salvo indicación en contrario.

## 30 Webinarios del Desafío de IA/Aprendizaje automático en 5G de la UIT

Perspectiva del sector privado**32 Evaluación de capacidades y acumulación de inteligencia artificial en las redes futuras**

Por Jun Liao, Director del Sector de inteligencia artificial, Tengfei Liu, Yameng Li, Jiaxin Wei, Ingenieros especializados en inteligencia artificial, Instituto de Investigación de China Unicom

**35 Acelerar la inferencia del aprendizaje profundo gracias al conjunto de herramientas de código abierto Adlik**

Por Liya Yuan, Ingeniero especializado en soluciones de código abierto y normalización, ZTE

**38 Desafíos y oportunidades inherentes a la aplicación de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para los proveedores de servicios de comunicación**

Por Salih Ergüt, Experto principal en I+D 5G, Turkcell

**42 Redes autónomas: adaptación a lo desconocido**

Por Paul Harvey, Jefe de investigación, Estudio de Innovación, Rakuten Mobile y Prakaiwan Vajrabhaya, Jefe de promoción y divulgación de la investigación, Estudio de Innovación, Rakuten Mobile

**46 Pruebas de calidad percibida en redes móviles**

Por Arnd Sibila, Technology Marketing Manager, Mobile Network Testing, Rohde & Schwarz

**50 Perspectiva de un operador de red sobre el papel de la inteligencia artificial en las futuras redes de acceso radioeléctrico**

Por Chih-Lin I, Científica Jefe, y Qi Sun, Investigadora principal, Servicio de tecnologías inalámbricas, Instituto de investigación de China Mobile

**55 IA e interfaces abiertas: habilitadores clave para las redes de campus**

Por Günther Bräutigam, Director Gerente, Airpuls; Renato L.G. Cavalcante, becario de investigación, Fraunhofer HHI; Martin Kasparick, investigador asociado, Fraunhofer HHI; Alexander Keller, Director de investigación, NVIDIA; y Slawomir Stanczak, Jefe del departamento de redes y comunicaciones inalámbricas, Fraunhofer HHI, Alemania.



- 58 Citas de los anfitriones de las declaraciones de problemas del Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G
- 61 Citas de participantes en el Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G

### Perspectivas de las Instituciones Académicas

#### **62 AI/Aprendizaje automático para una comunicación de baja latencia ultrafiable**

Por Andrey Koucheryavy, Profesor titular, Departamento de Redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, SPbSUT, Investigador jefe, NIIR y Presidente de la CE11 del UIT-T; Ammar Muthanna, Jefe adjunto, Ciencias, Departamento de Redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, SPbSUT y Jefe del laboratorio SDN; Artem Volkov, Investigador y estudiante de doctorado, Departamento de Redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, SPbSUT, Rusia

#### **66 Inteligencia artificial y aprendizaje automático para la creación de redes autónomas - Una nueva dirección para las telecomunicaciones de próxima generación**

Por Akihiro Nakao, profesor, Universidad de Tokio

#### **70 Realistic simulations in Raymobtime to design the physical layer of AI-based wireless systems**

Por Aldebaro Klautau, Profesor, Universidad Federal de Pará, Brasil, y Nuria González-Prelcic, Profesora asociada, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Estados Unidos

#### **74 Afianzar la fiabilidad y la confianza con simuladores de red y normas**

Por Francesc Wilhelmi, Investigador postdoctoral, Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC), España

#### **78 Proyectos de investigación en favor de la educación y el reconocimiento vocal en Nigeria**

Por James Agajo, Profesor asociado y Jefe del Grupo de Investigación WINEST, Departamento de Ingeniería Informática, Abdullahi Sani Shuaibu y Blessed Guda, Estudiantes, Universidad Federal de Tecnología de Minna, Nigeria

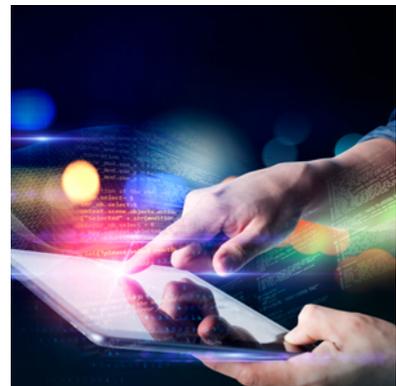
#### **82 Por qué necesitamos nuevas asociaciones para obtener nuevos datos**

Por Ignacio Rodríguez Larrad, Postdoctorando, Redes de comunicación inalámbrica, Universidad de Aalborg, Dinamarca

#### **86 Orquestación de funciones de aprendizaje automático para la futura generación de redes de comunicación**

Por Shagufta Henna, Conferenciante especializada en informática, Instituto de Tecnología de Letterkenny, Irlanda

- 88 Oportunidades de patrocinio para 2021



# La UIT agradece la colaboración de los patrocinadores de la edición de 2020 del Concurso sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G

Patrocinador de la categoría "oro"

Autoridad Reguladora de las Telecomunicaciones (TRA),  
Emiratos Árabes Unidos

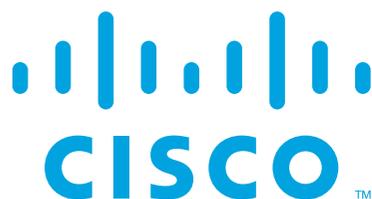
TRA



Patrocinadores de la categoría "bronce"

Cisco Systems y ZTE

CISCO



ZTE



## Fomento del trabajo en comunidad y de la confianza a través de la plataforma de la UIT

La revista Actualidades de la UIT News abordó con [Chaesub Lee](#), Director de la Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT, el contexto del [Concurso de la UIT sobre inteligencia artificial \(AI\) y aprendizaje automático \(ML\) en el marco de la 5G](#), así como su relación con las prioridades estratégicas de la UIT.

*En este número de la revista se evoca la experiencia relativa a la celebración del Concurso de la UIT. ¿Qué objetivos tiene dicho Concurso?*

El Concurso de la UIT puso a disposición de los participantes una plataforma para utilizar el conjunto de instrumentos de aprendizaje automático de la UIT con miras a resolver problemas de índole práctica. También facilitó el contacto de los participantes con nuevos asociados de la comunidad de la UIT y brindó nuevos instrumentos y recursos de datos para dar respuesta a dificultades que se pusieron de relieve en el marco de los sectores industrial y académico en Brasil, China, España, Estados Unidos, India, Irlanda, Japón, Rusia y Turquía. Por otro lado, el Concurso ofreció a los participantes la posibilidad de demostrar su talento, poner a prueba sus conocimientos en materia de datos y problemas de índole práctica, y competir en aras de su reconocimiento a escala mundial.

*¿En qué medida se ajusta el Concurso de la UIT a las prioridades estratégicas de la UIT?*

El fomento del trabajo en comunidad y de la confianza constituye el elemento primordial de nuestra labor en la UIT. Esta se compone de 193 Estados Miembros, y alrededor de 900 empresas, universidades y organizaciones internacionales o regionales. Las normas de la UIT se elaboran en el marco de una comunidad, y propician el entendimiento mutuo que permite a la misma lograr avances de forma conjunta. Dichas normas han marcado hitos significativos en la colaboración internacional. Representan el compromiso voluntario de aplicar enfoques conjuntos para facilitar el desarrollo y la utilización de la tecnología y promover las relaciones comerciales. La utilidad de la labor normativa de la UIT, al igual que la del Concurso de la UIT, viene dada por la comunidad que contribuye a establecer.



“El Concurso de la UIT puso a disposición de los participantes una plataforma para utilizar el conjunto de instrumentos de aprendizaje automático de la UIT.”

Chaesub Lee

Director de la Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT

**¿Qué relación guarda la labor normativa de la Unión con el Concurso de la UIT y cómo cabe esperar que evolucione esa relación?**

Las nuevas normas de la UIT sobre AI/ML proporcionan conjuntos de herramientas para facilitar la integración de la inteligencia artificial y del aprendizaje automático en las redes 5G y las redes futuras, a tenor de la evolución de las mismas. La arquitectura UIT-T Y.3172, basada en el estudio de los casos de utilización publicados en el [Suplemento 55 de la serie Y de la UIT](#), facilitó los conjuntos de instrumentos fundamentales relativos a la red subyacente, en particular, el conducto ML para la mejora y aplicación de modelos; el entorno ML destinado a modelos de prueba antes de la fase de implantación y el coordinador funcional ML (MLFO) de control de la integración AI/ML. Las normas UIT-T Y.3173 (evaluación de la inteligencia de red), UIT-T Y.3174 (procesamiento de datos) y UIT-T Y.3176 (integración comercial) se rigen íntegramente por la arquitectura UIT-T Y.3172. El Concurso de la UIT tuvo por objeto demostrar y validar esas normas de la UIT y facilitar su evolución a través de nuevas oportunidades de colaboración con los sectores industrial y académico.

“

*Las redes 5G constituyen un avance fundamental para satisfacer las necesidades de un amplio conjunto de aplicaciones en todos los sectores industriales en materia de redes de comunicaciones.*

”

Chaesub Lee

**¿Por qué la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, incluidas las normas subyacentes, revisten importancia para las redes 5G y las redes futuras?**

La labor de innovación de las empresas que prestan servicios de red comprende la inteligencia artificial y el aprendizaje automático, con el fin de mejorar el funcionamiento de las redes y aumentar su eficiencia energética y rentabilidad. Las redes 5G constituyen un avance fundamental para satisfacer las necesidades de un amplio conjunto de aplicaciones en todos los sectores industriales en materia de redes de comunicaciones. El grado de sofisticación y complejidad de las redes es cada vez mayor. La inteligencia artificial (AI) y el aprendizaje automático (ML) serán primordiales para gestionar esa complejidad. Las normas UIT-T Y.317x proporcionan conjuntos de herramientas

muy útiles para facilitar la integración AI/ML en consonancia con la evolución de las redes. Las normas de la UIT abarcan asimismo varios “conjuntos de instrumentos” normalizados, diseñados para adaptarse a la evolución de las necesidades de los usuarios y a una gran variedad de casos de utilización, en particular, en las esferas de los multimedia, la seguridad, las cadenas de bloques y la tecnología de información cuántica.

**El sector de las TIC evoluciona a un ritmo muy rápido. ¿En qué medida han repercutido sus avances de los últimos años en la labor normativa de la UIT?**

IA lo largo de los últimos cuatro años ha aumentado sustancialmente la cantidad de nuevos miembros que participan en la labor normativa de la UIT (UIT-T), y el año pasado rebasó los cincuenta miembros. Si bien abordamos nuevos temas de gran interés, la principal función de la UIT, a saber, fomentar el trabajo en comunidad y la confianza para propiciar avances en las TIC a escala mundial, no ha variado desde hace más de 150 años. La plataforma de normalización de la UIT, cuya labor fue primordial durante muchos años para fomentar el entendimiento mutuo en el sector de las TIC, contribuye actualmente a que el sector de las TIC facilite el entendimiento mutuo con una gran cantidad de nuevos asociados. Estos contribuyen a la labor normativa de la UIT para lograr avances de forma conjunta

en diversas esferas, en particular, las ciudades inteligentes, la energía, la atención sanitaria, la economía, las finanzas, el sector automovilístico, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático.

**¿Qué enfoque ha adoptado la UIT con respecto a la necesidad de promover un conjunto de aplicaciones de TIC más amplio?**

■ Pese a que la función de la UIT para fomentar el trabajo en comunidad y la confianza no se ha visto alterada, hemos comenzado una nueva etapa normativa que requiere nuevos enfoques para seguir llevando a cabo esa función. Durante muchos años, hemos facilitado la colaboración de los encargados de la adopción de decisiones en materia de TIC con sus homólogos en otros sectores. Ese diálogo inclusivo nos ha permitido establecer las condiciones necesarias para elaborar normas eficaces en diversas esferas de la innovación que han dado lugar a nuevas asociaciones, en particular la sanidad y economía digitales, los sistemas de transporte inteligentes, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático. A tal efecto, cabe destacar la utilidad de plataformas abiertas como los Grupos Temáticos de la UIT o la Cumbre Mundial “IA para el bien”. Esas plataformas abiertas contribuyen a fomentar el trabajo en comunidad y la confianza. También proporcionan información sobre las contribuciones que cabe esperar de las partes interesadas, en particular en relación con la labor normativa de la UIT.

**¿En qué esferas de la labor normativa de la UIT se hace más hincapié en la inteligencia artificial y el aprendizaje automático y qué posibilidades de colaboración existen en ellas?**

■ La inteligencia artificial y el aprendizaje automático desempeñan un papel fundamental en la labor normativa de la UIT, en particular respecto de la organización y gestión de redes, la codificación de multimedios, la evaluación de la calidad de servicio, la sanidad digital, la eficacia medioambiental y la conducción autónoma. El concepto de red plenamente autónoma con arreglo al nivel 5 de inteligencia establecido en el marco de la norma UIT-T Y.3173 ha suscitado un gran debate en la UIT. Alentamos la colaboración en esa esfera. La ITU es cada vez más inclusiva.

Este año ha comenzado a ofrecerse a empresas de nueva creación y a PYMES una menor cuota de adhesión en calidad de miembro. La Academia se beneficia de una menor cuota de participación desde 2011. Las empresas, con independencia de su tamaño, de países en desarrollo de “bajos ingresos” pueden beneficiarse asimismo de una cuota de adhesión reducida. ■

“

El concepto de red plenamente autónoma con arreglo al nivel 5 de inteligencia establecido en el marco de la norma UIT-T Y.3173 ha suscitado un gran debate en la UIT.

”

Chaesub Lee

## Concurso de la UIT sobre IA/ML en el marco de la 5G

*Utilización del aprendizaje automático en las redes de comunicaciones*

ai5gchallenge@itu.int



## Mensaje de los organizadores

**Thomas Basikolo, AI/ML** Consultor especializado en IA/ML

■ El [Concurso de la UIT sobre IA/ML en el marco de la 5G](#) reunió a alumnos y profesionales de todo el mundo con intereses afines para estudiar la utilización de la inteligencia artificial (AI) y del aprendizaje automático en redes incipientes, así como en las futuras. Dicho Concurso fue el primero de esas características que organiza la UIT, y habida cuenta de sus útiles resultados, cabe esperar que sea el primero de una larga serie.

El Concurso contó con más de 1 300 participantes de 62 países, constituidos en 911 equipos, y se espera con interés la Gran Final, que tendrá lugar del 15 al 17 de diciembre en línea, en la que destacados equipos competirán por una cuota del fondo para premios, cuya cuantía es 20 000 francos suizos (CHF), entre otros galardones de reconocimiento mundial.

Las asociaciones facilitaron la organización del Concurso de la UIT y contribuyeron al nombre de la competición.

“

*El Concurso de la UIT sobre IA/ML en el marco de la 5G reunió a alumnos y profesionales de todo el mundo con intereses afines.*

”

Thomas Basikolo

“

*El Concurso contó con más de 1 300 participantes de 62 países, constituidos en 911 equipos.*

”

Thomas Basikolo

El Concurso de la UIT permitió a los participantes relacionarse con nuevos asociados en los sectores industrial y académico con objeto de abordar problemas reales mediante IA/ML, sobre la base de la utilización de nuevas herramientas y recursos de datos, así como poner de manifiesto su talento y adquirir experiencia. Representantes de dichos sectores industrial y académico de Brasil, China, España, Estados Unidos, India, Irlanda, Japón, Rusia y Turquía expusieron veintitrés retos, y los “anfitriones regionales” facilitaron recursos y orientación especializada para ayudar a los participantes a afrontar sus respectivos retos..

Deseamos dar las gracias a la comunidad que facilitó la puesta en marcha del Concurso, a nuestros participantes y a los anfitriones regionales, así como a nuestros asociados para las actividades de promoción [LF AI & Data](#), [NGMN](#) y [SGInnovate](#), a nuestro patrocinador de la categoría “Oro”, a la

Autoridad de Reglamentación de las Telecomunicaciones (TRA) de Emiratos Árabes Unidos, y a los patrocinadores de la categoría “Bronce”, [Cisco](#) y [ZTE](#)..

### Conformidad de las soluciones con las normas de la UIT

Las nuevas normas de la UIT sobre IA/ML proporcionan conjuntos de herramientas cuya integración permite establecer un canal de comunicación de extremo a extremo que facilita la utilización de IA/ML en las redes. El objetivo del Concurso de la UIT fue demostrar y validar esas normas de la UIT. La conformidad de las soluciones del Concurso de la UIT con dichas normas contribuye al desarrollo de la comunidad para facilitar la evolución ininterrumpida de las normas de la UIT.

La arquitectura [UIT-T Y.3172](#), basada en el estudio de los casos de utilización que figuran en el [Suplemento 55 de la Serie Y de la UIT](#), facilitó conjuntos de instrumentos fundamentales relativos a la red subyacente, en particular, el canal ML, para la mejora y aplicación de modelos; el entorno ML, destinado a modelos de prueba antes de la fase de implantación; y el coordinador funcional ML (MLFO), para el control de la integración AI/ML. Las normas [UIT-T Y.3173](#) (evaluación de la inteligencia de red), [UIT-T Y.3174](#) (procesamiento de datos) y [UIT-T Y.3176](#) (integración comercial) se rigen íntegramente por la arquitectura [UIT-T Y.3172](#).

La exposición de los retos en este primer Concurso de la UIT brindó la posibilidad de aplicar las tecnologías Y.317x de la UIT, y en relación con un reto específico se demostró la funcionalidad MLFO mediante implantaciones de referencia.

Para próximas ediciones del Concurso de la UIT se ha previsto establecer un canal ML de referencia de extremo a extremo, de conformidad con la norma Y.3172 de la UIT. Ello podría incluir asimismo la utilización de computadoras a los efectos de codificación e integración ML, herramientas de procesamiento y gestión de datos, e instrumentos de selección, formación, mejora y verificación de modelos ML.

Por otro lado, se ha previsto ofrecer acceso a conjuntos de herramientas con arreglo a las normas de la UIT para facilitar la organización de eventos de interoperabilidad técnica y maratones informáticos, entre otras iniciativas, y fomentar la colaboración en proyectos de código abierto y los trabajos de normalización.

### Experiencia útil para todos

La disponibilidad de datos es un aspecto clave que ha de abordarse para facilitar la colaboración de la comunidad mundial en actividades de innovación basadas en IA/ML.

Se formularon quince retos a todos los participantes. Con respecto a ocho de esos retos fue necesario

observar las condiciones establecidas por sus organizadores. Catorce se encuentran aún “en fase de desarrollo”, por falta de herramientas o recursos de datos necesarios relativos para primer Concurso de la UIT. Se espera contar con la colaboración de nuevos asociados para abordar esos catorce retos en futuras ediciones del Concurso de la UIT.

Las directrices sobre intercambio de datos en el marco del Concurso de la UIT se basan en aportaciones muy diversas de representantes de los sectores industrial y académico sobre acceso a datos de red reales, sintéticos o abiertos. Dichas directrices abarcan medidas para facilitar el intercambio de datos con miras a formular varias clasificaciones de conjuntos de datos, etapas de procesamiento previo (incluido el establecimiento de anonimato) y almacenamiento seguro de datos.

También se puso de manifiesto que una estrecha colaboración permite obtener mejores resultados. El Concurso demostró que la formulación de retos es más eficaz si se basa no solo en los instrumentos y los recursos de datos necesarios, sino también en una estrecha colaboración entre los participantes y los organizadores regionales.

Nuestra prioridad fue crear valor para la comunidad en la esfera de la IA/ML.

En el marco de nuestra labor para ofrecer a los participantes condiciones en pie de igualdad, la UIT y nuestros asociados establecieron flujos de trabajo adecuados para brindar a los participantes del Concurso una experiencia exclusiva y personalizada.

La UIT propició la colaboración de los participantes en mesas redondas técnicas y en seminarios web para proporcionar orientación especializada en relación con los retos planteados y la utilidad de las nuevas normas de la UIT a tal efecto. En colaboración con nuestros anfitriones regionales, se fomentó la colaboración en idiomas locales de participantes y mentores, así como la organización de debates interactivos en nuestro canal Slack.

### ¿Hasta la edición 2021 del Concurso?

Los preparativos para el Concurso 2.0 de la UIT están en marcha, sobre la base de un equipo constituido principalmente por miembros de la junta directiva, integrantes del jurado, asociados para las actividades de promoción y patrocinadores.

Seguiremos alentando el establecimiento de nuevas asociaciones de IA/ML y formularemos los principios rectores para el intercambio de las herramientas y los recursos de datos necesarios a tal efecto.

“

*Los preparativos para el Concurso 2.0 de la UIT están en marcha, sobre la base de un equipo constituido principalmente por miembros de la junta directiva, integrantes del jurado, asociados para las actividades de promoción y patrocinadores.*

”

Thomas Basikolo

Esperamos contar con nuevos asociados y exposiciones de retos, así como con nuevas herramientas y recursos de datos. Brindaremos nuevas oportunidades para que los sectores industrial y académico trabajen de consuno, así como para colaborar en la elaboración y aplicación de normas de la UIT. Póngase en contacto con nosotros para tomar parte en el proceso de identificación de soluciones, evaluar propuestas de interés, promover el Concurso, patrocinar un premio o asesorar a alumnos.

Les agradecemos su apoyo y esperamos verles en el Concurso 2.0 en breve. ■

# Sigue el Desafío de la ITU AI/ML en 5G

**26** socios  
(operadores de telecomunicaciones, vendedores e instituciones académicas) Se recibieron **23** exposiciones de problemas

Más de **1300+** participantes de  
Más de **60+** países de **6** regiones

**45%** industria – **55%** instituciones académicas

**26** seminarios web

**4** líneas técnicas: Redes, Factores habilitadores, Verticales, Bienestar social

**20 000 CHF** en premios en efectivo

Certificados – **5** categorías

Ver el [sitio web del Desafío](#)

No te pierdas los anuncios de los ganadores de la Gran Final del Desafío **15-17 de diciembre de 2020** [en línea aquí](#)

## Cronología



# Exposiciones de problemas

Título	Host entity
Selección de haces ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas	Universidad Federal de Pará (UFPA), Brasil
Mejorar la capacidad de las WLAN IEEE 802.11 mediante el aprendizaje automático	Universidad Pompeu Fabra (UPF), España
Desafío de constitución de redes neuronales gráficas 2020	Centro de Redes Neuronales de Barcelona (BNN-UPC), España
Compresión de modelos de aprendizaje profundo	ZTE
5G+IA (transporte inteligente)	Universidad Jawaharlal Nehru (JNU), India
Mejorar la experiencia y aumentar la inmersividad de la videoconferencia y la colaboración	Dview
5G+ML/IA (acceso al espectro dinámico)	Instituto Indio de Tecnología de Delhi (IITD)
Preservación de la privacidad de la IA/ML en las redes 5G para aplicaciones de atención de la salud	Centro para el Desarrollo de la Telemática (C-DOT)
Experiencia compartida usando 5G+IA (3D aumentado + realidad virtual)	Caminata, India
Demostración de las capacidades de MLFO mediante implementaciones de referencia	Instituto de Tecnología de Letterkenny (LYIT), Irlanda
Estimación del canal ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas en la Universidad Estatal de Carolina del Norte	Universidad Estatal de Carolina del Norte, Estados Unidos
Estimación del estado de la red mediante el análisis de los datos de vídeo en bruto	NEC, RISING Committee, Comité de Tecnología de las Telecomunicaciones (TTC)
Análisis del fallo de información en ruta en las redes centrales de IP por medio de un entorno de prueba basado en NFV	KDDI, RISING Committee, Comité de Tecnología de las Telecomunicaciones (TTC)
Usando la información meteorológica para la predicción de fallos en los radioenlaces (RLF)	Turkcell
Reconocimiento del tráfico y previsión del tráfico a largo plazo basada en algoritmos y metadatos de la IA para 5G/IMT-2020 y más allá	Universidad Estatal de Telecomunicaciones de San Petersburgo (SPbSUT)
5G+IA+AR	China Unicom (División de Zhejiang)
Localización de fallos de dispositivos de red de bucle basados en la plataforma MEC	China Unicom, (División de Guangdong)
Construcción del conocimiento de la configuración gráfica de los dispositivos de red de bucle basados en la arquitectura MEC	China Unicom, (División de Guangdong)
Alarma y prevención para emergencias de salud pública basadas en datos de telecomunicaciones	China Unicom, (División de Beijing)
Predicción de ahorro de energía de las células de la estación base en la red de comunicaciones móviles	China Unicom, (División de Shanghai)
Detección de anomalías en el índice IFR de la red central	China Unicom, (División de Shanghai)
Optimización de la topología de red	China Mobile
Predicción de alarma de fuera de servicio (OoS) de la estación base de la red 4/5G	China Mobile

# La Gran Final del Desafío - Martes, 15 de diciembre de 2020

Tiempo CET	Título del desafío	Miembros del equipo	Afiliación
12:15	5G+AI+AR	Jiawang Liu - Jiaping Jiang	CITC y China Unicom
12:30	Análisis del fallo de información en ruta en las redes centrales de IP por medio de un entorno de prueba basado en NFV	Fei Xia - Aerman Tuerxun - Jiaying Lu - Ping Du	Universidad de Tokio
12:45	Análisis del fallo de información en ruta en las redes centrales de IP por medio de un entorno de prueba basado en NFV	Takanori Hara - Kentaro Fujita	Instituto de Ciencia y Tecnología de Nara, Japón
13:00	Análisis del fallo de información en ruta en las redes centrales de IP por medio de un entorno de prueba basado en NFV	Ryoma Kondo - Takashi Ubukata - Kentaro Matsuura - Hirofumi Ohzeki	Universidad de Tokio
13:15	Localización de fallos de dispositivos de red basados en la plataforma MEC	Zhang Qi - Lin Xueqin	Guochuang Software Co. Ltd
13:30	Optimización de la topología de red	Han Zengfu - Wang Zhiguo - Zhang Yiwei - Wu Desheng - Li Sicong	China Mobile Shandong
13:45	Optimización de la topología de red	Gang Zhouwei - Rao Qianyin - Feng Zezhong - Xi Lin - Guo Lin	China Mobile Guizhou
14:00	Pausa	Pausa	Pausa
14:15	Predicción de ahorro de energía de las células de la estación base en la red de comunicaciones móviles	Wei Jiang - Shiyi Zhu - Xu Xu	AsialInfo Technologies Ltd
14:30	Predicción de alarma de fuera de servicio (OoS) de la estación base de la red 4/5G	Zhou Chao - Zheng Tianyu - Jiang Meijun	Universidad de Nankai
14:45	Demostración de las capacidades de MLFO mediante implementaciones de referencia	Abhishek Dandekar	Universidad Técnica de Berlín
15:00	Selección de haces ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas.	Mahdi Boloursaz Mashhadi - Tze-Yang Tung - Mikolaj Jankowski - Szymon Kobus	Colegio Imperial de Londres
15:15	Selección de haces ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas	Batool Salehikouei - Debashri Roy - Guillem Reus Muns - Zifeng Wang - Tong Jian	Universidad del Noreste, Brasil
15:30	Selección de haces ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas	Zecchin Matteo	Eurecom, Brasil
15:45	Mejorar la capacidad de las WLAN IEEE 802.11 mediante el aprendizaje automático	Ramon Vallès	Universidad Pompeu Fabra, España
16:00	Mejorar la capacidad de las WLAN IEEE 802.11 mediante el aprendizaje automático	Paola Soto - David Goez - Miguel Camelo - Natalia Gaviria	Universidad de Amberes, Bélgica
16:15	Mejorar la capacidad de las WLAN IEEE 802.11 mediante el aprendizaje automático	Mohammad Abid - Ayman M. Alosha - Faisal Alomar - Mohammad Alfaifi - Abdulrahman Algunayyah - Khaled M. Sahari	Saudi Telecom

Nota: Los equipos arriba mencionados han sido seleccionados para hacer presentaciones en la Gran Final del Desafío (Conferencia Final).

(Cada equipo tiene 8 minutos para su presentación, seguido de 7 minutos de preguntas y respuestas con los jueces y el público).

Echa un vistazo a la lista de **los mejores equipos**

¡No te pierdas la Conferencia Final!  
Regístrate **aquí**.

# Gran Final del Desafío - Miércoles, 16 de diciembre de 2020

Tiempo CET	Título del desafío	Miembros del equipo	Afiliación
12:00	Estimación del estado de la red mediante el análisis de los datos de vídeo en bruto	Yuusuke Hashimoto - Yuya Seki - Daishi Kondo	Universidad de la Prefectura de Osaka, Japón
12:15	Estimación del estado de la red mediante el análisis de los datos de vídeo en bruto	Yimeng Sun - Badr Mochizuki	Escuela de Estudios Superiores de Informática de Kyoto, Japón
12:30	Estimación del estado de la red mediante el análisis de los datos de vídeo en bruto	Fuyuki Higa - Gen Utidomari - Ryuma Kinjyo - Nao Uehara	Instituto Nacional de Tecnología, Colegio de Okinawa, Japón
12:45	Compresión de modelos de aprendizaje profundo	Yuwei Wang - Sheng Sun	Instituto de Tecnología Informática Academia de Ciencias de China
13:00	Compresión de modelos de aprendizaje profundo	Satheesh Kumar Perepu - Saravanan Mohan - Vidya G Thirvikram - G L Sethuraman TV	Ericsson Research India
13:15	5G+IA (transporte inteligente)	Atheer K. Alsaif - Nora M. Almuhanha - Abdulrahman Alromaih - Abdullah O. Alwashmi	Empresa de Telecomunicaciones de Arabia Saudita
13:30	Preservación de la privacidad de la IA/ML en las redes 5G para aplicaciones de atención de la salud	Mohammad Malekzadeh - Mehmet Emre Ozfatura - Kunal Katarya - Mital Nitish	Colegio Imperial de Londres
13:45	Experiencia compartida usando 5G+IA (3D aumentado + realidad virtual)	Nitish Kumar Singh	Servicios de software Easyrewardz
14:00	Pausa	Pausa	Pausa
14:15	Desafío de redes neuronales gráficas 2020	Loïck Bonniot - Christoph Neumann - François Schnitzler - François Taiani	InterDigital; Inria/Irisa
14:30	Desafío de redes neuronales gráficas 2020	Nick Vincent Hainke - Stefan Venz - Johannes Wegener - Henrike Wissing	Fraunhofer HHI, Alemania
14:45	Desafío de redes neuronales gráficas 2020	Martin Happ - Christian Maier - Jia Lei Du - Matthias Herlich	Salzburg Research Forschungsgesellschaft
15:00	Usando la información meteorológica para la predicción de fallos en los radioenlaces (RLF)	Dheeraj Kotagiri - Anan Sawabe - Takanora Iwai	Corporación NEC
15:15	Usando la información meteorológica para la predicción de fallos en los radioenlaces (RLF)	Juan Samuel Pérez - Amín Deschamps - Willmer Quiñones - Yobany Díaz	Instituto Tecnológico de Santo Domingo (INTEC)
15:30	Reconocimiento del tráfico y previsión del tráfico a largo plazo basada en algoritmos y metadatos de la IA para 5G/IMT-2020 y más allá	Ainaz Hamidulin - Viktor Adadurov - Denis Garaev - Artem Andrievsky	Universidad Técnica Estatal de Aviación de Ufa (USATU) Universidad, Rusia
15:45	Selección de haces ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas en la Universidad Estatal de Carolina del Norte	Dolores Garcia - Joan Palacios - Joerg Widmer	Redes IMDEA
16:00	Selección de haces ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas en la Universidad Estatal de Carolina del Norte	Emil Björnson - Pontus Giselsson - Mustafa Cenk Yetis - Özlem Tugfe Demir	Universidad de Linköping y Universidad de Lund, Suecia
16:15	Selección de haces ML5G-PHY: Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas en la Universidad Estatal de Carolina del Norte	Chandra Murthy - Christo Kurisummoottil Thomas - Marios Kountouris - Rakesh Mundlamuri - Sai Subramanyam Thoota - Sameera Bharadwaja H	Eurecom, Francia, Instituto Indio de Ciencia, Comunicaciones de la India, Canadá

**Nota:** Los equipos arriba mencionados han sido seleccionados para hacer presentaciones en la Gran Final del Desafío (Conferencia Final).

(Cada equipo tiene 8 minutos para su presentación, seguido de 7 minutos de preguntas y respuestas con los jueces y el público).

Echa un vistazo a la lista de  
[los mejores equipos](#)

¡No te pierdas la Conferencia Final!  
[Regístrate aquí.](#)

# La Gran Final del Desafío - Jueves, 17 de diciembre de 2020

Tiempo CET	Programa
11:30-12:00	Únete a la sesión para probar la conexión
12:00-12:30	<p><b>Ceremonia de apertura</b></p> <p><b>Comentarios de bienvenida</b> Houlin Zhao, Secretario General de la UIT Chaesub Lee, Director de la Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT Organismo de Reglamentación de las Telecomunicaciones de los Emiratos Árabes Unidos</p> <p><b>Visión general del Desafío 2020</b> Thomas Basikolo, UIT</p>
12:30-12:55	<p><b>Ponencia - Recientes avances en el aprendizaje federado para las comunicaciones</b> Wojciech Samek, Jefe del Grupo de Aprendizaje de Máquinas, Fraunhofer HHI</p>
12:55-13:40	<p><b>Sesión Especial: Visión para el futuro - AI/ML en la hoja de ruta 5G</b></p> <p><b>Perspectiva del regulador</b> Organismo de Reglamentación de las Telecomunicaciones, Emiratos Árabes Unidos</p> <p><b>Perspectiva de la industria</b> Cisco</p> <p><b>Perspectiva de la industria</b> Wei Meng, Director de Planificación de Estándares y Código Abierto, ZTE Corporation</p>
13:40-14:05	<p><b>Ponencia - El viaje inacabado de la red de la IA</b> Chih-Lin I, Jefe Científico, Tecnologías Inalámbricas, Instituto de Investigación Móvil de China</p>
14:05-14:30	<p><b>Ponencia - Aprendiendo en la periferia inalámbrica</b> H. Vincent Poor - Profesor de Ingeniería Eléctrica, Universidad de Princeton, Estados Unidos</p>
14:30-15:15	<b>Presentaciones de los ganadores</b>
15:15-15:30	<p><b>Anuncios de premios:</b> Premios y certificados</p>
15:30-15:35	<p>Convocatoria de ponencias para el número especial de la <a href="#">Gaceta de la UIT</a> sobre Tecnologías Futuras y en Evolución (UIT J-FET): "Soluciones de IA/ML en 5G y Redes Futuras" Ian Akyildiz, Editor-in-Chief, Instituto Tecnológico de Georgia, Estados Unidos</p>
15:35-15:45	<p><b>Perspectivas para el desafío 2.0 2021</b> Vishnu Ram, investigador independiente</p>
15:45-16:00	<p><b>Ceremonia de clausura</b></p> <p><b>Observaciones finales:</b> Hosts of the ITU AI/ML in 5G Challenge 2020 Chaesub Lee, Director, ITU Telecommunication Standardization Bureau</p>

¡No te pierdas la Conferencia Final!  
Registrarse [aquí](#).

# Premios y certificados para los ganadores

Equipos de varias exposiciones de problemas competirán por el título de **Campeón del Desafío IA/ML en 5G 2020 de la UIT**, y se entregarán varios premios a las soluciones ganadoras en la gran final del Desafío que tendrá lugar del 15 al 17 de diciembre de 2020.

*Certificado de ganadores: Se otorga a los equipos ganadores en las siguientes categorías:*

Equipo ganador del primer premio:

**"Campeón de oro del Desafío IA/ML en 5G 2020 de la UIT"**

Premio en efectivo:  
5.000 francos suizos

Equipo ganador del 2º premio:

**"Campeón de plata del Desafío IA/ML en 5G 2020 de la UIT"**

Premio en efectivo:  
3.000 francos suizos

Equipo ganador del 3er premio:

**"Campeón de Bronce del Desafío IA/ML en 5G 2020 de la UIT"**

Premio en efectivo:  
2.000 francos suizos

Tres *Finalistas* recibirán 1.000 francos suizos cada uno

*Certificados de los premios de los jueces: Se otorga a los ganadores de cada exposición de problemas según lo recomendado por el anfitrión (excluyendo los que figuran en Certificado de ganadores) Cada ganador recibe 300 francos suizos.*

*Certificado de Mención de Honor.*

*Certificado de estímulo/premio de la comunidad: Otorgado a equipos que se mostraron activos durante el programa de tutoría y presentaron con éxito una solución.*

*Certificado de finalización: Se otorga a los equipos que completaron el desafío presentando una solución.*

## Guía sobre los retos a la IA/ML para los CTx de la próxima generación

Por Vishnu Ram OV, Consultor investigador independiente

■ El nuevo CTx\* en FutureXG analizó los informes en la pantalla.

(especificación x+1)G retardada. Aún no se justifican los despliegues xG. La investigación y el desarrollo se pierden en un laberinto de acrónimos, antiguos y nuevos. Cada pocas semanas se generan nuevos diagramas de arquitectura. Se han de soportar nuevos casos de uso en todos los mercados. La aplicación e integración de la IA/aprendizaje automático (ML) en la red no es nada uniforme. El repositorio

de código abierto con el que contaba el CTx se dispersaba en millones de direcciones. La expectativa creada en torno a las redes autónomas implica que cada parte de la red está trabajando autónomamente por su cuenta.

¿Logrará el CTx superar este reto?

Las nuevas normas de la UIT describen conceptos que permiten la integración de la IA/ML en las redes 5G y futuras a medida que evolucionan esas redes.

“

*La expectativa creada en torno a las redes autónomas implica que cada parte de la red está trabajando autónomamente por su cuenta.*

”



\* Las semejanzas o similitudes con los CTO reales son puramente futuristas.

Descargo de responsabilidad: Este artículo contiene **información ficcional** que puede denominarse **declaraciones prospectivas**.

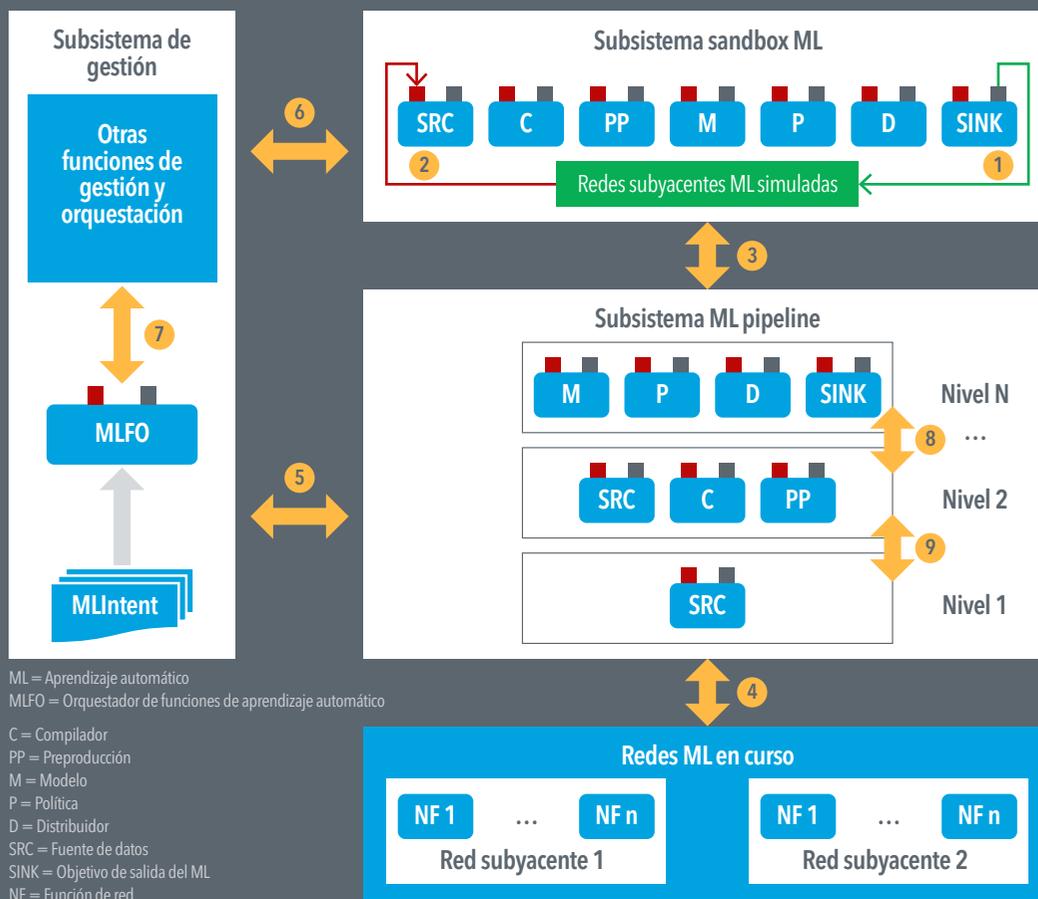
La arquitectura [UIT-T.Y.3172](#) arquitectura, derivada del estudio de casos de uso publicados in [UIT-T.Y. Suplemento55](#), presenta conjuntos de herramientas básicas tales como ML Pipeline, ML Sandbox y ML Function Orchestrator (MLFO) en relación con la red subyacente. [UIT-T.Y.3173](#) (evaluación de la inteligencia), [UIT-T.Y.3174](#) (tratamiento

de datos) y [UIT-T.Y.3176](#) (integración en el mercado) se basan todas ellas en la arquitectura UIT-T.Y.3172.

En conjunto, estas normas de la UIT proporcionan herramientas potentes y normalizadas que permiten a los operadores supervisar los cambios en la red subyacente y adaptarse a ellos. Utilizando los

conceptos descritos en las normas UIT-T.Y.317x, aun cuando la arquitectura de red subyacente cambie de una generación a otra, seguirá siendo posible especificar la integración de la IA/ML utilizando la terminología común proporcionada por la UIT.

### Arquitectura de alto nivel para la integración de IA/ML en las redes (UIT-T.Y.3172)



“

*Nuevas alertas surgen en la pantalla del monitor MLFO. ¿Cómo? ¡Una alerta de actualización de la red!*

”

Los detalles de un nuevo caso de uso llegan a la message-box. El CTx la ejecuta a través de la herramienta Intent-parser. Interesante, pero, ¿cómo implementarla?. El CTx encuentra un seminario web de la UIT sobre orquestación MLFO para la integración gestionada de AI/ML. Un par de llamadas API más tarde, CTx está listo para intentar utilizar ML pipeline.

El CTx inicia las simulaciones en ML sandbox mientras espera la aprobación para acceder a los datos de la red real. El “gemelo” digital se pone en marcha, se generan los datos a partir de los patrones y modelos de entrenamiento de ML Sandbox, mientras que la autoridad de aprobación se toma su tiempo. El CTx envía los resultados de los modelos de prueba de ML Sandbox. Se logra el efecto deseado. La aprobación llega a la message-box. Los datos

de la red real añaden la precisión de los modelos. El CTx introduce “[ML-usecase-1xx::status::ready]” en la message-box

El MLFO descrito en la UIT-T Y.3172 es un nodo lógico que gestiona y orquesta los nodos en un conducto ML. En UIT-T Y.3173 (evaluación de la inteligencia) describe una hipótesis arquitectónica clave para la evaluación de los niveles de inteligencia de la red por el MLFO. En UIT-T Y.3174 (tratamiento de datos) se describen los diagramas secuenciales correspondientes a la instanciación de diversos componentes de las herramientas UIT-T Y.317x, sobre la base del ML Intent entrante del operador.

En combinación con MLFO, ML Sandbox proporciona un entorno gestionado donde los operadores pueden entrenar, probar y validar los modelos ME antes de desplegarlos en la red real. El mecanismo de tratamiento de datos definido en UIT-T Y.3174 permite además añadir nuevas fuentes de datos y otras hipótesis.

Nuevas alertas surgen en la pantalla del supervisor MLFO. ¿Cómo? ¡Una alerta de actualización de la red! Como de costumbre, una actualización de la función de red virtualizada no programada del fabricante. ¿Hay que reconfigurar todo el conducto ML?

El concepto UIT-T Y.317x de ML Pipeline y ML Sandbox gestionados por MLFO permite a los operadores desacoplar la red subyacente de la integración AI/ML.

En el punto de referencia 7, la arquitectura UIT-T Y.3172 permite el seguimiento de cambios en la red subyacente y la aplicación de optimizaciones y configuraciones en el conducto ML por el MLFO. La hipótesis arquitectónica descrita en UIT-T Y.3173 (evaluación de la inteligencia) también incluye la supervisión del nivel de inteligencia de cada nodo de un conducto ML por el MLFO.

El proyecto de Recomendación UIT-T Y.ML-IMT2020-MODEL-SERV tiene por objeto proporcionar un marco arquitectónico que soporte la optimización eficaz de modelos ML en entornos de hardware heterogéneos, el despliegue flexible de modelos ML para diferentes casos de uso e interfaces efectivas en el conducto ML se despliega un modelo de servicio.

El CTx analiza un nuevo mensaje en la message-box: “[ML-usecase-1xx::Evaluate::partner.edu::-model.url]”. El trabajo de vanguardia sobre algoritmos realizado por una universidad asociada ha dado lugar a un modelo de integración adecuado para el caso de uso. Pero la autoridad de aprobación necesita una evaluación del modelo. Por suerte el

mercado externo de aprendizaje automático cumple lo estipulado en UIT-T Y.3176. El CTx extrae el modelo del mercado.

La integración de ML en el mercado puede ayudar a los operadores de red a seguir la curva de innovación de ML.

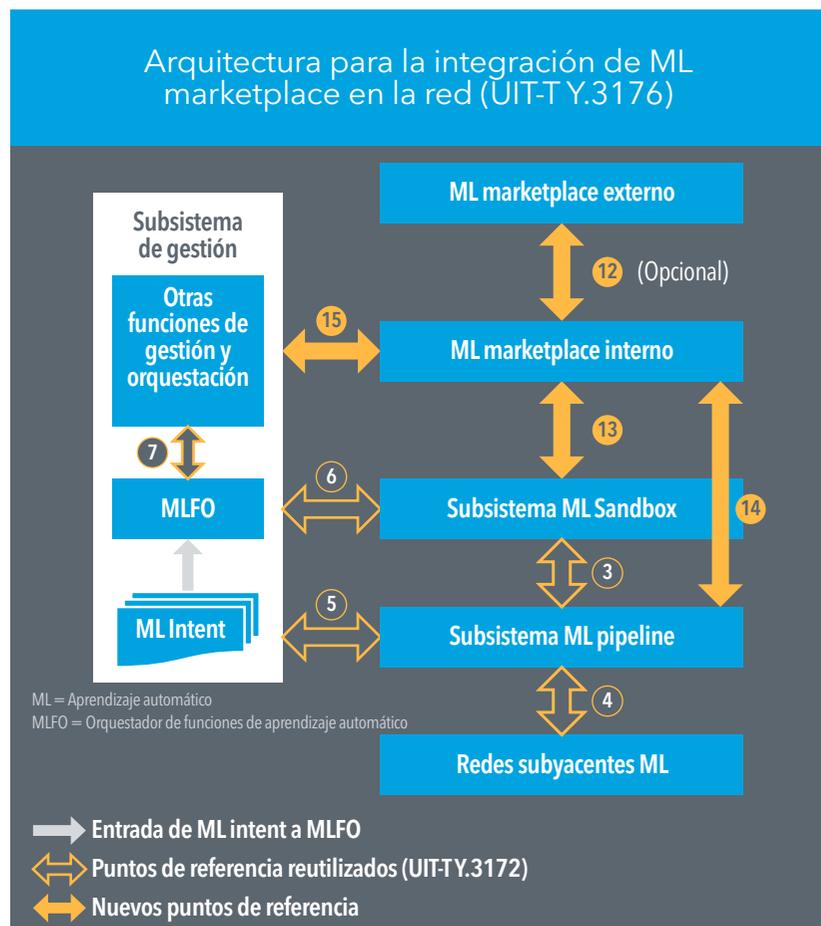
Los metadatos del modelo de ML, los requisitos del mercado de ML y los puntos de referencia de la arquitectura definidos en UIT-T Y.3176 (integración en el mercado) permiten el intercambio y la implantación eficientes de modelos ML utilizando interfaces normalizadas. Este método no sólo puede ayudar a resolver problemas de interconexión de redes utilizando técnicas de aprendizaje automático, sino que también ofrece la posibilidad de compartir y monetizar técnicas de aprendizaje automático..

UIT-T Y.3176 facilita la administración de diferentes tipos de mercados de ML, internos o externos, y la federación de mercados de aprendizaje automático. Las API definidas en UIT-T Y.3176 permiten a los mercados encontrar y seleccionar modelos de ML en otros mercados y aprovechar la federación de los mercados. Además, permiten a los mercados intercambiar modelos ML actualizados e interactuar con ML Sandbox.

¡Hecho! Se trata de un nuevo conducto ML en ML Sandbox,

probado y verificado para el nuevo caso de uso. El CTx introduce «[status::ready]» en la message-box. La autoridad de aprobación responde “[status::approved]”. El CTx planifica una actualización de la red.

Mientras tanto, sin que lo sepa el CTx, ha llegado un lote de actualización del software CTx a la message-box. Ha llegado el momento de la evolución y de que un nuevo agente CTx tome las riendas.



“

*Además de la capacidad de adaptar y mejorar la gestión y el control de las redes, una red autónoma podría evolucionar por sí sola mediante experimentos en línea, lo que permitiría mejorar la composición de los controladores y sus jerarquías.*

”

Vishnu Ram OV

## Sobre el Concurso de la UIT sobre AI/ML en la 5G

El Concurso de la UIT sobre AI/ML en la 5G proporcionó una plataforma para que los participantes aplicaran las técnicas de UIT-T Y.317x para resolver problemas prácticos. En el concurso se ofreció una selección variada de temas tales como la selección del haz, el análisis de capacidad de la WLAN, el análisis del estado de la red, la segmentación de la red y la previsión del tráfico, la predicción de fallos del enlace radioeléctrico, la optimización de los modelos de aprendizaje profundo y las implementaciones de referencia del MLFO. Para encontrar soluciones a estos problemas, en algunos casos se proporcionaron diferentes tipos de datos, incluso de redes reales.

El concepto de una red verdaderamente autónoma - dotada de la inteligencia de nivel 5 descrita en la Recomendación UIT-T Y.3173 - ha suscitado considerables debates en el marco del [Grupo Temático del UIT-T sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluida la 5G](#), y este debate continúa en el Grupo de Expertos en normalización de la UIT sobre "redes futuras y la nube", la [Comisión de Estudio 13 del UIT-T](#).

Las redes autónomas mostrarán las propiedades "autónomas", a saber, la capacidad de supervisarse, operarse, recuperarse, repararse, protegerse, optimizarse y reconfigurarse por sí mismas. Además de la capacidad para adaptar y mejorar

la gestión y el control de la red, una red autónoma podría evolucionar por sí sola mediante experimentos en línea, lo que permitiría mejorar la composición de los controladores y sus jerarquías.

El CTx.v2 escaneó el entorno.

ML pipeline, ML Sandbox y ML marketplace están instalados y los informes MLFO son verdes, pero hay algunos problemas pendientes. Hay formatos de datos divergentes que repercuten en la latencia entre los conductos ML en la red. Hay numerosas herramientas de código abierto que deben integrarse. Más retos en la

correspondencia de la demanda con la inteligencia de nivel 5. La desagregación de los componentes de red, una DevOps rápida y modelos de IA/ML cada vez mejores implican más trabajo para la integración de AI/ML.

El CTx.v2 busca el contexto para las soluciones.

¿Ha llegado quizá la hora de otro Concurso de la UIT sobre IA/ML en la 5G?. El CTx.v2 se registra en la Sandbox de Ginebra de la UIT y activa "[AI-ML-Challenge::v2::init]", pero eso será otro día y otra historia (para CTx.v3). ■



## Una ronda de normas sobre redes autónomas

**Xiaojia SONG**, Investigador, **Xi CAO**, Investigador senior, **Lingli DENG**, Director técnico, **Li YU**, Investigador jefe, y **Junlan FENG**, Jefe científico, [China Mobile Research Institute](#)

■ Las redes móviles están evolucionando hacia la era de la inteligencia con múltiples escenarios de aplicación, características, servicios y requisitos de funcionamiento. Se espera que las tecnologías, incluida la inteligencia artificial (IA), hagan posible la existencia de redes autónomas en esferas como la planificación, el despliegue, el funcionamiento, la optimización, el despliegue de servicios y la garantía de calidad de las redes..

La mayoría de las organizaciones de elaboración de normas, por ejemplo, el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT ([UIT-T](#)), [3GPP](#), [ETSI](#), y [CCSA](#), están elaborando activamente normas para las redes autónomas..

Organizaciones industriales como [GSMA](#), [TM Forum](#), y la Iniciativa Mundial TD-LTE ([GTI](#)) están trabajando para promover redes autónomas. El GSMA declaró que la capacidad de funcionamiento automático de las redes se convertirá en la cuarta dimensión indispensable de la era 5G, junto con la banda ancha móvil mejorada (eMBB), las comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC) y las comunicaciones ultraconfiables de baja latencia (URLLC), y se convertirá en una de las fuerzas motrices más importantes para la innovación y el desarrollo de los servicios 5G.

“

*Las redes móviles están evolucionando hacia la era de la inteligencia con múltiples escenarios de aplicación.*

”

Hay debate entre las organizaciones de normalización acerca del nivel de las capacidades autónomas en las redes (véase el enfoque marco del Cuadro 1).

El estudio de los niveles de red autónoma (ANL) puede proporcionar referencia y orientación a los operadores, vendedores y otros participantes de la industria de telecomunicaciones para redes autónomas, trabajos de normalización y planificación de hojas de ruta.

Dado que la convergencia industrial es la clave para reducir el costo de cualquier proveedor u operador de red único, la creación de una plataforma de colaboración abierta (véase la Figura 1), para desarrollar de manera coherente tanto una implementación de referencia para la arquitectura funcional independiente de casos concretos como interfaces externas o internas normalizadas, sería la manera fácil de que los proveedores de servicios de comunicación se pongan en marcha y permanezcan en la dirección convergente hacia la autonomía de la red.

Por ejemplo, un motor de políticas basado en reglas podría ser uno de los módulos funcionales comunes para apoyar tanto las tareas de control cronometrado en el Nivel 1, los bucles cerrados imperativos en el Nivel 2, y la adición de módulos de traducción de intención de regulación en los Niveles 3 y 4.

En la Figura 2 se presentan las principales actividades de las redes autónomas de los organismos de normalización y los órganos de la industria, que se exponen brevemente a continuación.

Cuadro 1 - Enfoque marco para la clasificación del nivel de inteligencia de la red autónoma (fuente: UIT-T Y.3173)

Nivel de inteligencia de la red		Dimensiones				
		Aplicación de medidas	Recopilación de datos	Análisis	Decisión	Cartografía de la demanda
L0	Operación manual de la red	Humano	Humano	Humano	Humano	Humano
L1	Operación asistida de la red	Humano y sistema	Humano y sistema	Humano	Humano	Humano
L2	Inteligencia preliminar	Sistema	Humano y sistema	Humano y sistema	Humano	Humano
L3	Inteligencia intermedia	Sistema	Sistema	Humano y sistema	Humano y sistema	Humano
L4	Inteligencia avanzada	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema	Humano y sistema
L5	Inteligencia completa	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema	Sistema

NOTA 1 -Para cada nivel de inteligencia de la red, el proceso de decisión tiene que apoyar la intervención del ser humano, es decir, las decisiones e instrucciones de ejecución proporcionadas por un ser humano tienen la máxima autoridad.

NOTA 2 - Este cuadro sólo puede utilizarse para determinar el nivel de inteligencia de la red para cada dimensión (y no el nivel de inteligencia de la red en general).

Figura 1 – Colaboración industrial abierta hacia redes autónomas

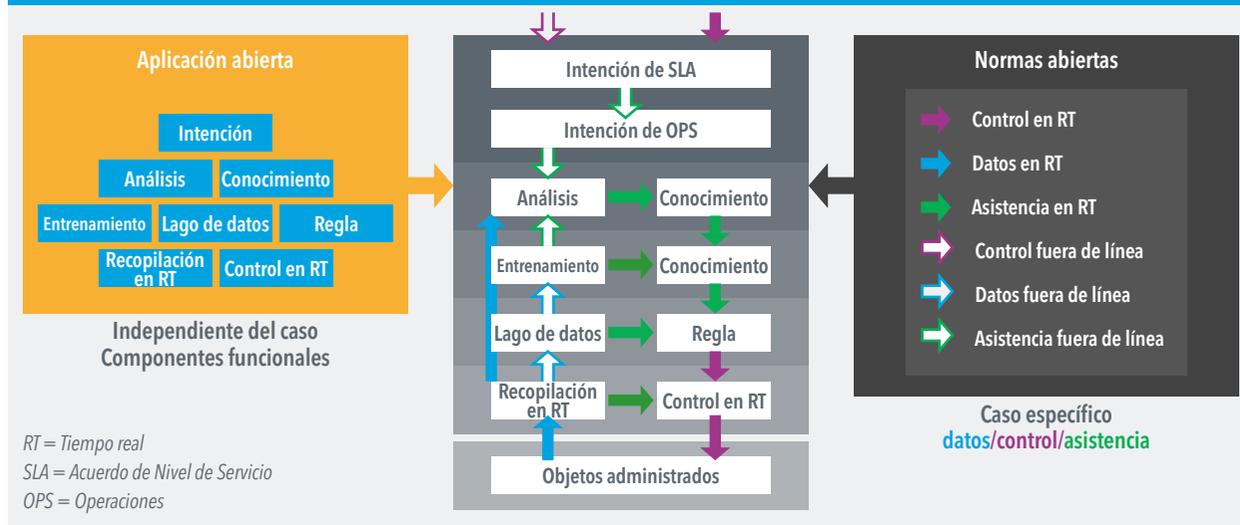
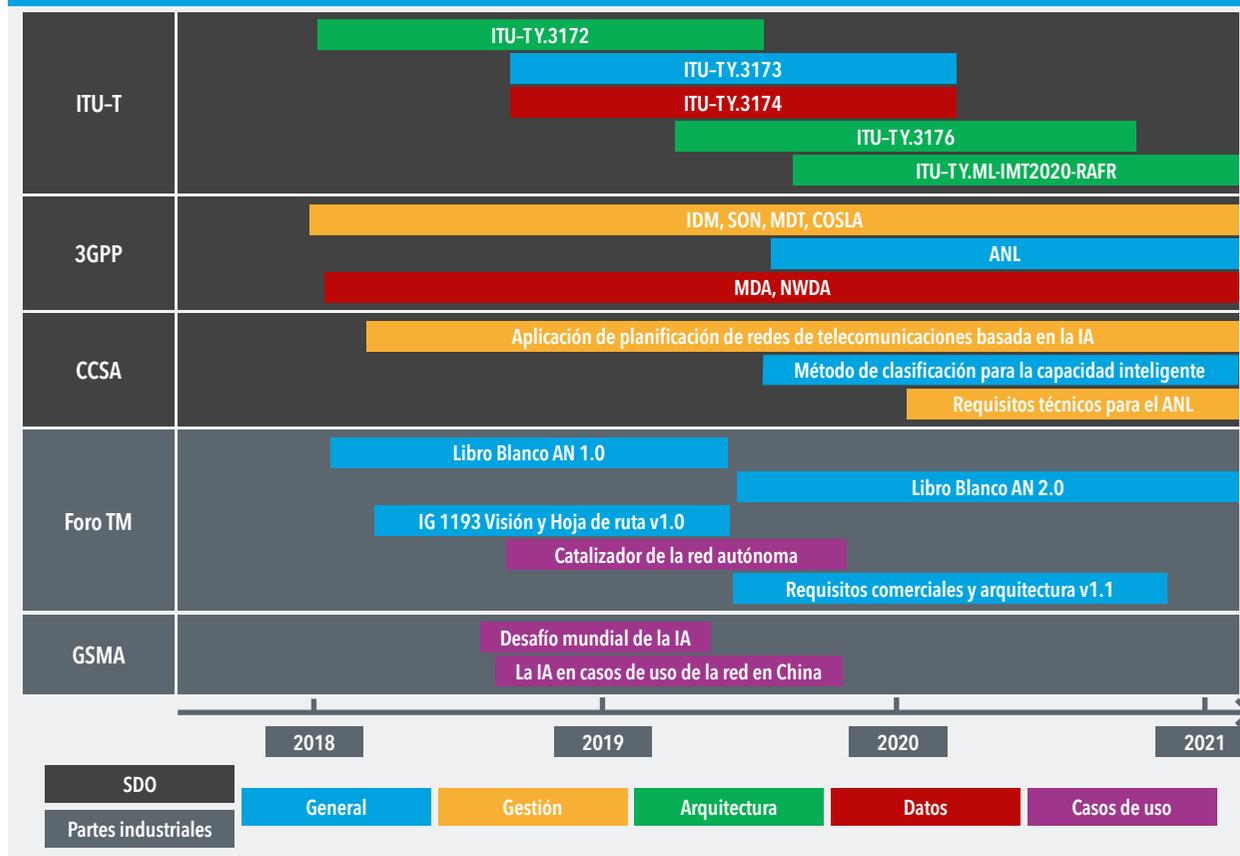


Figura 2 – Principales actividades de las organizaciones de normalización y de los organismos de la industria



## Actividades en la UIT

En el UIT-T, la Comisión de Estudio 13 se centra en los aspectos de las futuras redes y redes de telecomunicaciones móviles. El Grupo Temático sobre aprendizaje automático para redes futuras incluido 5G (FG-ML5G), activo desde enero de 2018 hasta julio de 2020, se había creado para estudiar interfaces, arquitecturas de red, protocolos, algoritmos y formatos de datos. De las diez especificaciones técnicas del FG-ML5G, cuatro ya se han convertido en Recomendaciones (normas) de la UIT, una en un Suplemento y las otras cinco están en proceso de convertirse en normas de la UIT. Las Recomendaciones relativas a la red autónoma basada en la IA, por ejemplo, UIT-T Y.ML-IMT2020-RAFR, se encuentran actualmente en fase de redacción. (Ver Cuadro 2).

## Actividades en 3GPP

Las redes autónomas se situaron en el campo de visión del 3GPP en la era 4G. Los temas se centraron principalmente en las redes autoorganizadas (SON) y en la minimización de los ensayos en vehículo (MDT). En la era 5G, 3GPP emprende esfuerzos de normalización para hacer posibles las redes autónomas:

- 3GPP RAN: Recolección de datos RAN (TR 37.816), SON/MDT (TS 38.314, TS 38.300, TS 37.320, TS 38.306, TS 38.331, etc.) (véase el Cuadro 3).

Cuadro 2 – Actividades de normalización del UIT-T sobre la IA/ML y las redes autónomas basadas en la IA

Número de referencia	Título
Suplemento 55 de la serie Y.3170	Aprendizaje automático en redes futuras, incluidas las IMT-2020: casos de uso
UIT-T Y.3172	Marco de arquitectura para el aprendizaje automático en las redes futuras, incluidas las IMT-2020
UIT-T Y.3173	Marco para la evaluación del nivel de inteligencia de las redes futuras, incluidas las IMT-2020
UIT-T Y.3174	Marco para el manejo de datos para permitir el aprendizaje automático en redes futuras, incluidas las IMT-2020
UIT-T Y.3176	Integración del mercado de aprendizaje automático en las redes futuras, incluidas las IMT-2020
FG-ML5G spec	Requisitos, arquitectura y diseño para la orquestación de la función de aprendizaje automático
FG-ML5G spec	Espacio acotado (sandbox) de aprendizaje automático para las redes futuras, incluidos los requisitos de las IMT-2020 y el marco de arquitectura
FG-ML5G spec	Gestión y orquestación de la segmentación de la red de extremo a extremo basadas en el aprendizaje automático
FG-ML5G spec	Segmentación de red asistida verticalmente sobre la base de un marco cognitivo
Proyecto UIT-T Y.ML-IMT2020-RAFR	Marco de arquitectura para la automatización de la red basada en la inteligencia artificial de la adaptación de los recursos y la recuperación de fallos para las redes futuras, incluidas las IMT-2020

Cuadro 3 – Actividades de normalización en la RAN de 3GPP

TS/TR	Título
3GPP TR 37.816	Estudio sobre la recopilación y utilización de datos centrados en la RAN para LTE y NR
3GPP TS 38.314	Nueva Radio (NR); mediciones de la Capa 2
3GPP TS 38.300	NR; Descripción general; Etapa 2
3GPP TS 37.320	Minimización de los ensayos en vehículo (MDT); Descripción general; Fase 2
3GPP TS 38.306	NR; Capacidades de acceso radioeléctrico del equipo de usuario (UE)
3GPP TS 38.331	NR; Control de Recursos Radioeléctricos (RRC); Especificación del protocolo

Especificación Técnica (TS), Informe Técnico (TR)

- 3GPP SA2: Análisis de datos de red (NWDA) (TR 23.791, TR 23.288, TR 23.700-91) (véase el Cuadro 4).
- 3GPP SA5: Análisis de datos de gestión (MDA) (TR 28.809), niveles de redes autónomas (TR 28.810, TS 28.100, gestión por intención (TR 28.812, TS 28.312), seguridad SLS de bucle cerrado (TR 28.805, TR 28.535, TR 28.536, etc.), SON (TR 28.861, TS 28.313) y MDT (TS 28.313, TS 32.42X serie) (véase el Cuadro 5).

### Activities in ETSI

El ETSI está estudiando activamente las redes autónomas y tiene varios grupos que trabajan en lo siguiente temas relevantes:

- ENI (Inteligencia en red experimental)
- NFV (Virtualización de las funciones de red).
- OSM (Open Source MANO (gestión y orquestación).
- MEC (Computación periférica de acceso múltiple).
- F5G (Red fija de quinta generación).

### Cuadro 4 – Actividades de normalización en el 3GPP SA2

TS/TR	Título
3GPP TR 23.791	Estudio de los habilitadores para la automatización de la red para 5G
3GPP TS 23.288	Mejoras en la arquitectura del sistema 5G para apoyar los servicios de análisis de datos de la red
3GPP TR 23.700-91	Estudio sobre habilitadores para la automatización de redes para 5G - Fase 2
Especificación Técnica (TS), Informe Técnico (TR).	

### Cuadro 5 – Actividades de normalización en el 3GPP SA5

TS/TR	Title
3GPP TR 28.809	Study on enhancement of Management Data Analytics (MDA)
3GPP TR 28.810	Study on concept, requirements and solutions for levels of autonomous network
3GPP TS 28.100	Management and orchestration; Levels of autonomous network
3GPP TR 28.812	Telecommunication management; Study on scenarios for Intent driven management services for mobile networks
3GPP TS 28.312	Intent driven management services for mobile networks
3GPP TR 28.805	Telecommunication management; Study on management aspects of communication services
3GPP TS 28.535	Management and orchestration; Management services for communication service assurance; Requirements
3GPP TS 28.536	Management and orchestration; Management services for communication service assurance; Stage 2 and Stage 3
3GPP TR 28.861	Study on the Self-Organizing Networks (SON) for 5G networks
3GPP TS 28.313	Self-Organizing Networks (SON) for 5G networks
<b>3GPP TS 32.42X series</b>	
3GPP TS 32.421	3GPP TS 32.421: Gestión de las telecomunicaciones; Rastreo de abonados y equipos; Conceptos y requisitos de rastreo.
3GPP TS 32.422	3GPP TS 32.422: Gestión de las telecomunicaciones; Rastreo de abonados y equipos; Control de rastreo y gestión de la configuración.
3GPP TS 32.423	3GPP TS 32.423: Gestión de las telecomunicaciones; Rastreo de abonados y equipos; Definición y gestión de datos de rastreo.
3GPP TS 32.425	3GPP TS 32.425: Gestión de las telecomunicaciones; Gestión del rendimiento (PM); Mediciones del rendimiento de la red de acceso radioeléctrico terrenal universal evolucionado (E-UTRAN).
3GPP TS 32.426	3GPP TS 32.426: Gestión de las telecomunicaciones; Gestión del rendimiento (PM); Mediciones del rendimiento de la red del núcleo de paquetes evolucionado (EPC).
Especificación Técnica (TS), Informe Técnico (TR).	

“

*Los organizaciones de normalización deben continuar su labor de normalización pertinente y desempeñar un papel de liderazgo en la habilitación de las redes autónomas.*

”

- TC INT AFI (Grupo de Trabajo del Comité técnico de ensayo de redes e interoperabilidad (INT) sobre gestión autónoma e inteligencia de control para redes integradas fijas y móviles autogestionadas).
- ZSM (Red de toque cero y gestión de servicios).

TC INT AFI está estudiando la Arquitectura genérica de redes autónomas (GANA), y ZSM está discutiendo la automatización de bucle cerrado en el marco de ZSM, optimizado para el aprendizaje automático basado en datos y algoritmos de IA. En noviembre de 2019, ETSI publicó el

informe “Experiential Networked Intelligence (ENI): ENI Definition of Categories for AI Application to Networks”( ETSI GR ENI 007), en el que se definen varias categorías para el nivel de aplicación de las técnicas de IA a la gestión de la red, que van desde aspectos básicos limitados hasta el pleno uso de las técnicas de IA para realizar la gestión de la red. La ENI está desarrollando una arquitectura de propósito general para mejorar la inteligencia de la red, y se está discutiendo una cartografía de la gestión de políticas de NFV, ya que NFV comenzó el trabajo de modelización de políticas para automatizar la gestión de NFV y VNF CI/CD.

### Actividades en CCSA

Como una de las organizaciones de normalización más influyentes en el ámbito de las comunicaciones en China, la Asociación de Normas de Comunicaciones de China (CCSA) comenzó a trabajar en normas sobre redes autónomas a partir de 2010, y los temas se establecen principalmente en los Comités Técnicos TC 1, TC 5 y TC 7, incluidos los casos de uso, la arquitectura, la gestión de datos, los niveles de red autónoma, los requisitos de gestión, etc..

### Actividades en la industria

Órganos de la industria, como GSMA, el TM Forum y GTI están explorando y promoviendo la colaboración en temas relativos a las redes autónomas entre los organismos de normalización, los operadores, los vendedores y otras partes interesadas de la industria.

En GSMA, la IA y la Automatización es uno de los temas de la “Red del Futuro”. En junio de 2019 se celebró el primer GSMA Global AI Challenge, en el que se investigaron tres ámbitos específicos: la conectividad en las zonas rurales, la eficiencia energética móvil y la mejora de los servicios en las zonas urbanas. Durante su taller del mes de junio, en el Seminario sobre la IA en la red del Mobile World Congress Shanghai 2019, GSMA pidió a toda la industria que se centrara en las aplicaciones clave de la IA en las redes móviles y contribuyera a ellas, y que juntos construyeran la era de 5G para las redes autónomas inteligentes. En octubre de 2019, GSMA publicó “AI in Network Use Cases in China” ...

Foro TM ha impartido varios talleres sobre redes autónomas desde 2019, y el creó el Proyecto de Redes Autónomas (ANP) en agosto de 2019.

Se han publicado tres libros blancos: el Libro Blanco de Redes Autónomas 1.0, IG1193 Visión y Hoja de Ruta v1.0, e IG1218 Requerimientos y arquitectura de negocios v1.0. En 2020, se puso en marcha el Libro Blanco de las Redes Autónomas 2.0, requisitos comerciales y arquitectura v1.1, arquitectura técnica, demostración de los proyectos Catalyst, relatos de usuarios y casos de uso, etc.

La Iniciativa Mundial TD-LTE ha establecido un proyecto dedicado a las redes inteligentes. En el marco del programa 5G eMBB, especificará los casos de uso y los requisitos para las redes inteligentes en los ámbitos de los niveles, la arquitectura, los elementos de red y la gestión de la red.

### **Actividades en las comunidades de código abierto**

El Grupo Asesor de usuarios finales (EUAG) de Linux Foundation Networking (LFN) está redactando una encuesta para solicitar el estado de despliegue de los CSP, los requisitos y estrategias de autonomía de la red, con la esperanza de extraer una visión convergente y servir como aporte a los grupos técnicos correspondientes.

Desde sus primeras versiones, la Plataforma de automatización de redes abiertas (ONAP) ha estado construyendo y mejorando casos de uso para la automatización radioeléctrica, del núcleo y del transporte, además de su marco de trabajo relativo bucle cerrado impulsado por políticas. La automatización de la segmentación E2E basada en la intención está en marcha. Una demostración oficial del ETSI muestra que la ONAP proporcionaría la base para construir un cúmulo de referencias para las redes autónomas.

### **La importancia de las normas para las redes autónomas**

En el futuro, a medida que vayan evolucionando las tecnologías y las redes, las redes autónomas serán un importante factor habilitador. A fin de implementar la autonomía de la red, se prevé un camino por etapas, en el que el diferenciador clave para garantizar la convergencia en etapas posteriores sea construir una arquitectura común a través de las distintas capas, normalizar las interfaces entre capas e impulsar la coordinación de las organizaciones de normalización en las etapas previas.

Las organizaciones de normalización deberían proseguir con su labor de normalización pertinente y desempeñar una función rectora en la habilitación de redes autónomas. ■

# Webinarios del Desafío de IA/Aprendizaje automático en 5G de la UIT

<p>19/06/2020</p> <p><b>Desafío de constitución de redes neuronales gráficas 2020</b></p> <p><b>José Suárez-Varela</b> Investigador, Centro de Redes Neuronales de Barcelona, Universitat Politècnica de Catalunya (BNNUPC), España</p>	<p>26/06/2020</p> <p><b>Selección de haces - Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas</b></p> <p><b>Aldebaro Klautau</b> Profesor de la Universidad Federal de Pará (UFPA), Brasil</p>	<p>03/07/2020</p> <p><b>Estimación del canal - Aprendizaje automático aplicado a la capa física de los sistemas MIMO en ondas milimétricas</b></p> <p><b>Nuria González Prelcic</b> Profesor asociado, Universidad Estatal de Carolina del Norte, Estados Unidos</p>
<p>10/07/2020</p> <p><b>Desafío de IA/ML en 5G de la UIT: Mejorar la capacidad de las WLAN IEEE 802.11 mediante el aprendizaje automático</b></p> <p><b>Francesc Wilhelmi</b> Investigador, Universidad Pompeu Fabra, España</p>	<p>17/07/2020</p> <p><b>Desafío de IA/ML en 5G de la UIT: Desafío de optimización de inferencia DNN</b></p> <p><b>Liya Yua</b> Ingeniero de Código abierto y normalización, ZTE</p>	<p>22/07/2020</p> <p><b>El desafío de la predicción del fracaso del enlace de radio</b></p> <p><b>Salih Ergüt</b> Experto superior en I+D de 5G, Turkcell</p>
<p>24/07/2020</p> <p><b>5G + AI + Inmersión + Servicios de Asistencia en Telecomunicaciones</b></p> <p><b>Brejesh Lall</b> Profesor del Instituto de Tecnología de la India, Delhi</p>	<p>27/07/2020</p> <p><b>Técnicas de IA para preservar la privacidad - Diagnóstico médico a distancia + Compartir el espectro y los recursos de red en las redes 5G</b></p> <p><b>Brejesh Lall</b> Profesor del Instituto de Tecnología de la India, Delhi</p>	<p>29/07/2020</p> <p><b>Aprendizaje automático para redes LAN inalámbricas + Presentación del desafío de Japón</b></p> <p><b>Akihiro Nakao</b> Profesor de la Universidad de Tokio <b>Koji Yamamoto</b> Profesor asociado de la Universidad de Kyoto <b>Tomohiro Otani</b> Director Ejecutivo de KDDI Research, Inc. <b>Takanori Iwai</b> Research Manager, NEC Corporation</p>
<p>31/07/2020</p> <p><b>Desafío de IA/ML en 5G de la UIT - Demostración del orquestador de funciones de aprendizaje automático (MLFO) a través de implementaciones de referencia</b></p> <p><b>Shagufta Henna</b> Conferenciante, Instituto de Tecnología de Letterkenny (LYIT), Irlanda</p>	<p>07/08/2020</p> <p><b>Desafío de IA/ML en 5G de la UIT: Conferencia sobre aprendizaje automático y participación en el desafío de Japón</b></p> <p><b>Akihiro Nakao</b> Profesor de la Universidad de Tokio <b>Koji Yamamoto</b> Profesor asociado de la Universidad de Kyoto <b>Tomohiro Otani</b> EDirector Ejecutivo de KDDI Research, Inc. <b>Takanori Iwai</b> Director de Investigación, NEC Corporation</p>	<p>07/08/2020</p> <p><b>Una visión general de ITU-ML5G-PS-012 "ML5G-PHY [Selección de haces]"</b></p> <p><b>Aldebaro Klautau</b> Universidad Federal de Pará (UFPA), Brasil</p>

17/08/2020

### Aplicar tecnologías de gráficos de conocimiento y gemelos digitales a la red óptica inteligente

**Anran Xu**

Investigador de la Corporación del Grupo de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de China (CICT)

19/08/2020

### Desafío de IA/ML en 5G de la UIT - Exhibición abierta y Mesa redonda núm. 2

**Prerana Mukherjee**

Dr. Prerana Mukherjee  
Profesor adjunto de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Jawaharal Nehru, Delhi (India)

21/08/2020

### Un algoritmo de compresión universal para redes neuronales profundas

**Wojciech Samek**

Jefe del Grupo de Aprendizaje de máquinas, Instituto Fraunhofer Heinrich Hertz, Alemania

26/08/2020

### Desafío de IA/ML en 5G de la UIT: Análisis de la cuestión del concurso de optimización de la topología de la red móvil de China

**Wang Xing**

Investigador, Instituto de Investigación Móvil de China

31/08/2020

### Reconocimiento del tráfico y previsión del tráfico a largo plazo basado en algoritmos y metadatos de la IA para 5G/IMT-2020 y más allá

**Artem Volkov**

Investigador  
**Ammar Muthanna**  
Profesor Asociado, Universidad Estatal de Telecomunicaciones de San Petersburgo, Rusia

01/09/2020

### Milvus: Un motor de búsqueda de código abierto de similitud de vectores

**Jun Gu**

Socio, Zilliz

04/09/2020

### Cómo llevar la IA a la Red de acceso radioeléctrico 5G

**Qi Sun**

Investigador superior del Instituto de Investigación Móvil de China

28/09/2020

### Wireless 2.0: Hacia un entorno radioeléctrico inteligente potenciado por las metasuperficies inteligentes reconfigurables y la inteligencia artificial

**Marco Di Renzo**

Profesor del CNRS y de la Universidad de París-Saclay, Francia

16/11/20

### Aprovechar el aprendizaje profundo para la descomposición del tráfico de servicios móviles para facilitar la segmentación de la red

**Alexis Duque**

Asociado de investigación, Net AI

18/11/2020

### El camino hacia una interfaz aérea nativa de IA para 6G

**Jakob Hoydis**

Jefe del Departamento de Investigación de sistemas de radio e inteligencia artificial, Nokia Bell Labs

27/11/2020

### Aprovechar la IA y el aprendizaje automático para optimizar los actuales sistemas de red de acceso radioeléctrico 5G y construir la base de los sistemas inalámbricos 6G del mañana

**Tim O'Shea**

Cofundador/CTO, DeepSig

02/12/2020

### Hacia un análisis efectivo del tráfico de red de las aplicaciones móviles mediante el aprendizaje en profundidad

**Domenico Ciuonzo**

Profesor asistente de DIETI, Universidad de Nápoles, Federico II, Italia

04/12/2020

### Escalando la inferencia de redes neuronales convolucionales (RNC) para un caudal extremo

**Michaela Blott**

Ingeniera Distinguida, Xilinx

08/12/2020

### Hacia redes 5G abiertas, programables y virtualizadas

**Michele Polese**

Científico investigador asociado, Universidad Northeastern, Estados Unidos



## Evaluación de capacidades y acumulación de inteligencia artificial en las redes futuras

Por Jun Liao, Director del Sector de inteligencia artificial, Tengfei Liu, Yameng Li, Jiaxin Wei, Ingenieros especializados en inteligencia artificial, Instituto de Investigación de [China Unicom](#)

El rápido desarrollo de las redes 5G ha traído consigo numerosos desafíos: la interconexión de redes ha ganado en complejidad, los servicios se han diversificado y el número de conexiones ha aumentado a gran escala.

Los nuevos requisitos inherentes al desarrollo de redes no podrán satisfacerse simplemente utilizando los métodos tradicionales de explotación y mantenimiento de redes. La inteligencia de las redes constituye una herramienta importante para la solución de problemas, que ha cobrado un

protagonismo absoluto en el sector de las tecnologías de la información y la comunicación y representa una tendencia predominante en el desarrollo de redes futuras.

China Unicom considera que, en el futuro, el desarrollo de redes inteligentes permitirá prestar servicios de red seguros y fiables y proporcionar a los clientes una experiencia rápida y única. En lo que atañe a la explotación y el mantenimiento de las redes, la inteligencia brindará capacidades de autoconfiguración, autocontrol, autorreparación y automejora.

“

*La inteligencia de las redes ha cobrado un protagonismo absoluto en el sector de las tecnologías de la información y la comunicación y representa una tendencia predominante en el desarrollo de redes futuras.*

”

Jun Liao, Tengfei Liu, Yameng Li, y Jiaxin Wei

“

*El banco de pruebas permitirá evaluar el nivel de inteligencia de las redes en términos cuantitativos y contribuirá al rápido despliegue de la inteligencia en las redes.*

”

Jun Liao, Tengfei Liu,  
Yameng Li, y Jiaxin Wei

La aplicación de técnicas de automatización avanzada y tecnologías inteligentes de forma global nos permitirá tanto reconstruir la arquitectura de la red existente y el método de explotación y el mantenimiento, como fomentar la innovación en el ámbito de los servicios y brindar a los usuarios una experiencia excepcional.

### **Banco de pruebas para evaluar las capacidades de inteligencia de las redes**

La evaluación y el intercambio de las capacidades de inteligencia son fundamentales para garantizar la eficacia de la inteligencia de la red. A fin de acelerar la innovación en el futuro, hemos de construir una plataforma que permita acumular capacidades y utilice datos

abiertos. A medida que la demanda evolucione, cabrá la posibilidad de integrar los servicios y recursos existentes de manera flexible para reaccionar con rapidez, mejorando así la eficacia y la capacidad de funcionamiento en general.

China Unicom está construyendo un banco de pruebas para evaluar las capacidades de inteligencia de las redes. Con arreglo a la [Recomendación Y.3173](#) del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T), que versa sobre el marco para la evaluación de los niveles de inteligencia de redes futuras, incluidas las IMT-2020, dicho banco incluirá métodos y servicios profesionales de evaluación de la potencia de cálculo, el modelo de aprendizaje automático (ML) y las capacidades de inteligencia de datos y redes.

El banco de pruebas permitirá evaluar el nivel de inteligencia de las redes en términos cuantitativos y contribuirá al rápido despliegue de la inteligencia en las redes. Las pruebas se articularán especialmente en torno a los siguientes elementos::

■ **Evaluación de la potencia de cálculo:** Los distintos tipos de chips aceleradores de la inteligencia artificial, entre ellos los chips de conformación o de servicio de diferentes empresas, se evalúan en función de factores tales como la capacidad de caudal, el retardo y el consumo de energía. El banco de pruebas proporcionará un informe objetivo y preciso.

### ■ **Evaluación del modelo de ML:**

Su objetivo es resolver el problema que supone la estimación del rendimiento de los modelos de ML, véase en especial el modelo de ML utilizado en las redes de telecomunicaciones, en términos de precisión, seguridad, robustez, etc. La evaluación se centrará en la aplicabilidad de diferentes marcos y algoritmos en distintos contextos. En este contexto, se pueden llevar a cabo pruebas relativas a la eficiencia y la flexibilidad operativas de diversos marcos de aprendizaje profundo (como Tensorflow y PaddlePaddle) y se proporcionan resultados de análisis comparativos. En concreto, se comparan la eficiencia y la precisión de diferentes algoritmos de inteligencia artificial en un mismo contexto de aplicación.

■ **Gestión de datos:** Los datos de la red se recopilan y procesan previamente, a fin de crear un conjunto de datos de red que puede utilizarse para conformar modelos de ML. El conjunto de datos se compone principalmente de datos de red y datos de imagen. Los datos de red son en su mayoría datos de texto, que comprenden cinco aspectos: red inalámbrica, red central, red de transmisión, red portadora y red de acceso. Los datos de imagen se basan especialmente en la detección de objetivos y en la segmentación y anotación semánticas.



## Sobre CubeAI ★

**CubeAI** es una plataforma de código abierto basada en tecnología de inteligencia artificial y desarrollada de forma completamente independiente por el Instituto de Investigación de China Unicom. Actualmente, esta plataforma incluye una serie de subplataformas y módulos funcionales, entre los que cabe destacar los de formación en línea en inteligencia artificial, publicación y despliegue automatizados de modelos y visualización de capacidades de inteligencia artificial.

Su objetivo principal es acabar con las barreras existentes entre el desarrollo de modelos de inteligencia artificial y las aplicaciones de producción reales, acelerar el proceso de innovación y aplicación de la inteligencia artificial y promover la rápida iteración y evolución del ciclo de vida de las aplicaciones de inteligencia artificial, incluidos desde su diseño, desarrollo y despliegue hasta su funcionamiento.

■ **Evaluación de la capacidad de inteligencia de las redes:** El banco de pruebas permite evaluar la capacidad de inteligencia de las redes desde una perspectiva multidimensional, que abarca la cartografía de la demanda, la recopilación de datos, la ejecución de análisis,

la toma de decisiones y la aplicación de medidas. Cada aplicación se evalúa de conformidad con la norma ITU-T Y.3173 y se subdivide en distintos niveles, de L0 a L5. El proceso de prueba comprende cinco pasos: 1) determinación del objeto de evaluación; 2) división de la dimensión de evaluación; 3) análisis del objeto de evaluación; 4) calificación de la dimensión de evaluación; y 5) obtención del resultado de la evaluación. Al mismo tiempo, se ponen a disposición los resultados de las pruebas de estabilidad, facilidad de uso, precisión y rendimiento de cada aplicación.

## Integración del mercado del aprendizaje automático en las redes futuras

Entre otros ámbitos de estudio importantes, cabe citar la integración del mercado del ML en las redes futuras, incluidas las IMT-2020 (comúnmente conocidas como redes 5G), lo que remite a la acumulación de capacidades de ML en las redes. Hoy en día, los modelos de ML pueden estar alojados en diversos tipos de mercados de ML, véase la plataforma [Acumos AI](#) de la Fundación Linux, la plataforma [CubeAI](#) de China Unicom, el sitio [AWS Marketplace](#) y el [Motor de Inteligencia Artificial de Huawei](#).

Ciertos avances recientes en los ámbitos del análisis predictivo o de los algoritmos no se han debido a la evolución de la arquitectura

de las redes de ML subyacentes. Los mercados de ML alojados en la nube pueden resultar atractivos para los desarrolladores de mecanismos y algoritmos innovadores de ML que buscan un espacio en el que alojar sus soluciones. Los operadores de telecomunicaciones integran su propio mercado de ML o el de terceros en la red futura, impulsan la aplicación de la inteligencia artificial en la red de telecomunicaciones y fomentan el nivel de inteligencia de la red.

Al diseñar aplicaciones de ML, los operadores de redes necesitan mecanismos interoperables con miras a la identificación del mercado de ML que pueden utilizar como fuente de modelos de ML. La falta de mecanismos normalizados para intercambiar modelos de ML y metadatos conexos entre los mercados de ML y los entornos de despliegue del ML de los operadores de red limita la interoperabilidad.

La Recomendación UIT-T [Y.3176](#), sobre Integración del mercado de aprendizaje automático en las redes futuras, incluidas las IMT-2020, en cuya edición participaron China Unicom, China Mobile y ZTE, describe la arquitectura y los puntos de referencia para la integración de los mercados de ML en las redes futuras. En esta Recomendación se describe asimismo el proceso de interacción vinculado a la búsqueda, la selección, la distribución, el descubrimiento, la conformación y el despliegue de modelos. ■



## Acelerar la inferencia del aprendizaje profundo gracias al conjunto de herramientas de código abierto Adlik

Por **Liya Yuan**, Ingeniero especializado en soluciones de código abierto y normalización, [ZTE](#)

■ El aprendizaje automático en general, y el aprendizaje profundo (ML/DL) en particular, han ganado un protagonismo notable en numerosas esferas, entre ellas la traducción automática, la visión artificial y el procesamiento del lenguaje natural.

Con marcos de ML/DL tales como los de [Tensorflow](#), [Pytorch](#) y [Caffe](#), podemos construir y conformar modelos de ML/DL capaces de obtener conocimientos a partir de ciertos datos y, en última instancia, utilizar su capacidad de inferencia para generar valor comercial en un entorno de producción.

Los modelos pueden dar buenos resultados durante su conformación, pero los modelos ya conformados han de afrontar obstáculos nuevos en el entorno de producción.

“

*Los modelos pueden dar buenos resultados durante su conformación, pero los modelos ya conformados han de afrontar obstáculos nuevos en el entorno de producción.*

”

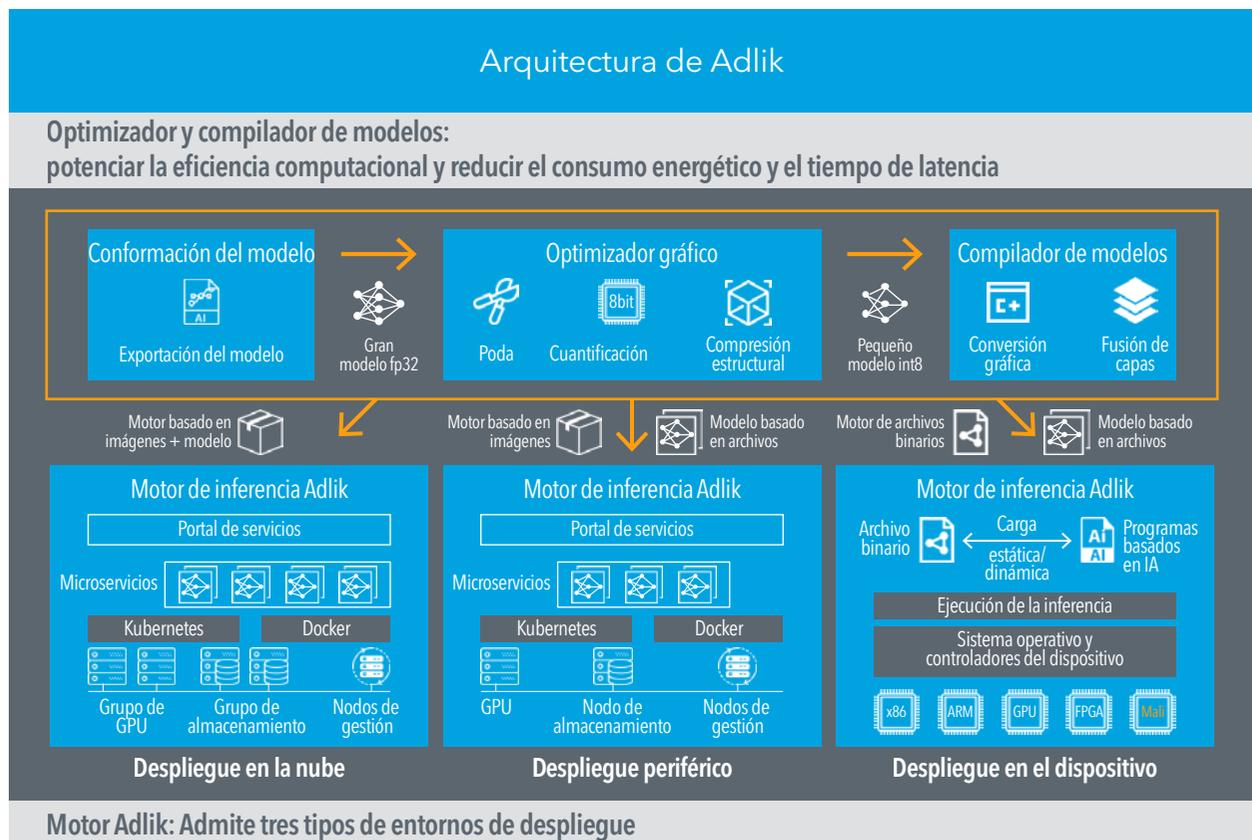
Liya Yuan

En los entornos de producción, los modelos pueden desplegarse en diversas plataformas de hardware (véanse unidades centrales de procesamiento (CPU), unidades de procesamiento gráfico (GPU) o matrices de puertas lógicas programables por el usuario (FPGA)) con diferentes requisitos de calidad de funcionamiento en términos de coste computacional, huella de memoria y tiempo de latencia de la inferencia en distintos contextos.

### Desafíos inherentes al despliegue de modelos de ML/DL

En consecuencia, siguen existiendo obstáculos al despliegue de modelos de ML/DL en entornos de producción, dado que incluso en los casos en que los modelos convergen eficazmente durante las etapas de conformación:

- los usuarios han de afrontar un arduo proceso de aprendizaje para decidir qué marco de inferencia es el más adecuado para un hardware específico.
- los usuarios requieren sus propias soluciones para desplegar los modelos de ML/DL, por ejemplo, para desplegar modelos en calidad de contenedores o integrar modelos en aplicaciones incluidas en hardware integrado; y.
- los modelos deben optimizarse a fin de responder a distintos requisitos de calidad de funcionamiento en diferentes contextos.



## Proyecto de código abierto Adlik

Estos desafíos revisten una importancia crucial en el marco de Adlik, un proyecto de código abierto iniciado por ZTE y desarrollado actualmente por la Fundación consagrada a la inteligencia artificial de la Fundación Linux.

Adlik es un marco de optimización de extremo a extremo para modelos de aprendizaje profundo, cuyo objetivo es acelerar el proceso de inferencia del aprendizaje profundo tanto en la nube, como en entornos periféricos e integrados. Dicho marco se compone de un optimizador de modelos, un compilador de modelos y un motor de inferencia.

El optimizador de modelos optimiza los modelos de aprendizaje profundo conformados con diferentes marcos, a fin de mejorar el rendimiento de la inferencia. A continuación, el compilador de modelos compila los modelos en un formato compatible con el motor de inferencia. Acto seguido, el motor de inferencia carga los modelos compilados para facilitar capacidades de inferencia en la nube, o en entornos periféricos o integrados.

El optimizador de modelos desempeña un papel fundamental en Adlik, especialmente en los casos en que los modelos de ML/DL deben desplegarse en entornos caracterizados por limitaciones estrictas en materia de coste computacional, huella de memoria o tiempo de latencia de la inferencia,

como los de computación periférica en redes 5G.

Adlik es un proyecto de código abierto que pretende integrar el mayor número posible de soluciones eficaces en el optimizador de modelos Adlik

## Abordar la optimización de la inferencia en las redes neuronales de aprendizaje profundo - Concurso de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G

En este contexto, invitamos a los participantes en el [Concurso de la UIT sobre Inteligencia artificial y aprendizaje automático en el marco de la 5G](#) a resolver el problema que planteamos en relación con la optimización de la inferencia en las redes neuronales de aprendizaje profundo (DNN). Nuestro reto consistía en crear un algoritmo general de optimización de modelos, que pudiera favorecer la aceleración de modelos.

Son muchas las tecnologías que pueden estudiarse a efectos de la optimización de los modelos de ML/DL, en especial para mejorar su ejecución, en ámbitos tales como los de optimización centrada en los modelos, optimización de la comunicación entre sistemas y optimización específica del hardware.

Actualmente, el optimizador de modelos Adlik admite una serie de métodos de optimización centrados en los modelos, incluida los de poda y cuantificación, y nuestro

“

*Son muchas las tecnologías que pueden estudiarse a efectos de la optimización de los modelos de ML/DL, en especial para mejorar su ejecución*

”

Liya Yuan

equipo ha centrado sus trabajos más recientes en la extracción de conocimientos. Los métodos de optimización centrados en los modelos se basan principalmente en la compresión de modelos de ML/DL, con otros métodos prometedores como la dispersión de núcleos y la descomposición de baja gama.

Los métodos de optimización de la comunicación entre sistemas, como la partición de redes neuronales profundas, pueden acelerar la capacidad de inferencia de los modelos optimizando la comunicación entre los diferentes nodos o capas de computación. Por último, la optimización específica del hardware, mediante conjuntos de herramientas de la índole de TensorRT, permite optimizar las operaciones de inferencia basadas en las características del hardware utilizado.

La segunda versión de Adlik verá la luz próximamente. Le invitamos a probarla y contribuir a su desarrollo a través del sitio [Github](#). ■



## Desafíos y oportunidades inherentes a la aplicación de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para los proveedores de servicios de comunicación

Por Salih Ergüt, Experto principal en I+D 5G, [Turkcell](#)

■ La inteligencia artificial (IA) ha transformado numerosos sectores de actividad. Habida cuenta de los avances técnicos logrados recientemente no solo en el ámbito de la visión artificial, en el que la IA enseña a los ordenadores a interpretar y comprender el mundo visual, sino también en las esferas del procesamiento del lenguaje natural (PNL), que comprende la interacción entre la ciencia de los datos y el lenguaje humano, y de las previsiones basadas en series

cronológicas, entre otras, es difícil seguir el ritmo al que evoluciona este campo.

Lo que ayer era ciencia ficción, hoy se está convirtiendo rápidamente en realidad.

Sin embargo, las aplicaciones de IA no han dado rienda suelta a todo su potencial en las redes de comunicación, dadas la ingente cantidad de datos disponibles y la dificultad que reviste la gestión de

la infraestructura, que está ganando en complejidad. El número de instalaciones 5G crece lentamente a escala mundial y muchas organizaciones de normalización ya han empezado a trabajar en la 6G, entre ellas el Grupo Temático del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) sobre tecnologías de red 2030 ([FG NET-2030](#)) y el Grupo de Tareas dedicado a la 6G de la alianza [NGMN](#).

“

*Es difícil imaginar formas de desplegar y explotar las redes futuras sin ayuda de la inteligencia artificial.*

”

Salih Ergüt

Es difícil imaginar formas de desplegar y explotar las redes futuras sin ayuda de la inteligencia artificial.

### Trabajos de investigación y experimentación de los proveedores de servicios

Los proveedores de servicios de comunicación (PSC) utilizan con frecuencia la IA para poner en práctica casos de uso que no guardan relación con las redes. La predicción de la pérdida de clientela, la segmentación de los clientes, la creación de mapas de calor comunitarios, la venta cruzada y/o de productos de calidad superior, y la predicción del fraude figuran entre los ejemplos más populares. Muchos operadores han empezado a aplicar técnicas de IA en la interconexión de redes y a experimentar con ellas, a pesar de las dificultades que ocasiona la falta de recursos en este campo. Además, es necesario desarrollar modelos basados en

la imparcialidad y la rendición de cuentas. Al igual que muchos PSC, Turkcell se ha comprometido a utilizar la inteligencia artificial de manera responsable y ética, compromiso que ha anunciado públicamente en el marco de sus “[AI Intelligence Principles](#)” (Principios aplicables a la inteligencia artificial).

La arquitectura basada en servicios está cobrando impulso y la segmentación de red de extremo a extremo es una tecnología esencial para aquellos PSC que deseen prestar servicios con distintos requisitos de calidad de servicio (QoS) en su infraestructura 5G. Los miembros del proyecto [RELIANCE](#), entre los que figura Turkcell, no solo están evaluando los beneficios y los costes de la segmentación en varios contextos de uso, incluidos desde las videoconferencias hasta los trenes y los edificios inteligentes, sino que también están investigando futuros parámetros de rendimiento que faciliten la definición de una estrategia de asignación de recursos óptima.

Para los servicios de importancia crítica, las previsiones en materia de calidad de servicio empiezan a revestir más valor que los informes periódicos de QoS y las distribuciones estadísticas conexas. Por ejemplo, para un vehículo autónomo, ya no basta con prometer un índice de fiabilidad elevado del 99,9999...%; también es necesario enviar avisos en caso de problemas de cobertura con antelación, para que puedan tomarse las debidas precauciones.

En su especificación TR 22.886, el 3GPP define una serie de casos de uso relacionados con el intercambio de información en contextos de conducción de vehículos o pelotones de vehículos parcial o plenamente automatizados.

A fin de garantizar la disponibilidad y la calidad de los servicios, la gestión de red centrada en la experiencia del cliente desempeña un papel cada vez más importante para los PSC. En el marco del proyecto 5G-PERFECTA, estamos desarrollando modelos basados en los indicadores fundamentales de rendimiento (IFR) de las radiocomunicaciones, que permiten predecir la calidad percibida (QoE) de los servicios de emisión en continuo de televisión.

Estos modelos permiten realizar mediciones atinentes a la experiencia de los clientes de dichos servicios en tiempo casi real, y los resultados pueden extrapolarse para modelizar otros servicios internos y externos gracias al aprendizaje por transferencia.

### Desafíos relativos a la creación de aplicaciones de inteligencia artificial

El Grupo Temático del UIT-T sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las redes 5G ([FG-ML5G](#)), elaboró una [contribución](#), en la que expuso los desafíos que planteaba la creación de aplicaciones de IA en una red de

## Acerca del FG-ML5G de la UIT

El Grupo Temático del Sector de Normalización de la UIT (UIT-T) sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las redes 5G, fue creado en 2017 por la [Comisión de Estudio 13 del UIT-T](#). Este Grupo Temático redactó diez especificaciones técnicas en materia de aprendizaje automático (ML) para redes futuras, incluidos protocolos, interfaces, arquitecturas de red, algoritmos y formatos de datos. El FG-ML5G ejerció sus funciones entre enero de 2018 y julio de 2020.



*En este enlace encontrará más información al respecto.*

operador en un entorno integrado por múltiples proveedores y tecnologías.

La implantación de una aplicación en tiempo real en una arquitectura de base de datos centralizada es una tarea compleja, ya que requiere mucha potencia de cálculo y conlleva retardos.

A fin de establecer un módulo de gestión de eventos especiales en tiempo real, tuvimos que utilizar puertas traseras no normalizadas a ciertos equipos de red, que nos permitieran acceder a estadísticas en tiempo real y controlar los nodos mediante comandos a distancia. Las interfaces no normalizadas exigen una estrecha colaboración con el proveedor a efectos de la manipulación de las interfaces patentadas, lo que en algunos casos puede generar brechas de seguridad.

Dado que estas interfaces difieren de un proveedor a otro, las aplicaciones de IA deben personalizarse y a veces incluso redefinirse para cada uno de ellos. El problema de



*El Grupo Temático del UIT-T sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las redes 5G, aportó una contribución significativa.*



Salih Ergüt

los IFR guarda relación no solo con las dificultades inherentes al acceso en tiempo real, sino también con el hecho de que algunos proveedores han definido sus propios indicadores, o no han previsto utilizar indicador alguno, lo que dificulta el desarrollo de aplicaciones de inteligencia artificial para las redes. Por ejemplo, el avance de temporización (TA) puede señalarse directamente como IFR en el equipo de un proveedor, mientras que, en el de otro, puede que sea necesario examinar los registros de seguimiento para extraerlo.

## Valor de un diseño arquitectónico preparado para la IA

Un diseño arquitectónico preparado para la IA que admita propiedades de interoperabilidad, mecanismos de gestión de datos y herramientas de evaluación del nivel de madurez de la red en ese sentido resulta sumamente útil para los PSC que se dispongan a transformar su red en una red inteligente. El Grupo Temático del UIT-T sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las redes 5G, aportó una contribución significativa en la materia, gracias a las especificaciones que elaboró en el ejercicio de sus funciones.

A título de ejemplo, cabe citar las Recomendaciones relativas al marco arquitectónico para el aprendizaje automático en las redes futuras, incluidas las IMT-2020 (UIT-T.Y.3172), al marco para la gestión de datos destinados a permitir el aprendizaje automático en las redes futuras, incluidas las IMT-2020 (UIT-T.Y.3174) y al marco para la evaluación de los niveles de inteligencia de las redes futuras, incluidas las IMT-2020: casos de uso (UIT-T.Y.3173).

## Modelos más simples para los sectores de importancia crítica

Siguen existiendo lagunas entre los trabajos de investigación relacionados con la IA y la experimentación conexas en redes de operadores en funcionamiento. En el artículo titulado *Deep learning in mobile and wireless networking: A survey* (Aprendizaje profundo en redes móviles e inalámbricas: una encuesta), IEEE Communications Surveys & Tutorials, vol. 21, núm. 3, págs. 22242287 (2019), C. Zhang, P. Patras y H. Hamed presentan un excelente estudio sobre una serie de técnicas de aprendizaje profundo en redes móviles e inalámbricas. Para los sectores que revisten una importancia crítica y se hallan estrictamente reglamentados, como son las telecomunicaciones y la atención sanitaria, la confianza y la validación de las decisiones autónomas son sumamente importantes. No basta con que esos sistemas sean capaces de efectuar previsiones altamente precisas; los resultados deben obtenerse a partir de una representación adecuada de los problemas y no de datos de entrada defectuosos.

Por tanto, en estos sectores se prefieren modelos más sencillos – como las regresiones lineales o los árboles de decisión – a los modelos complejos, por ser más fáciles de interpretar. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que ciertos modelos complejos también pueden diseñarse de tal manera que sean más comprensibles.

## Proporcionar la mejor predicción

La mayoría de los algoritmos de IA adolecen de otro defecto, a saber, proporcionan la mejor predicción basándose en datos observados con anterioridad. Cuando se encuentran ante una nueva situación, o los datos estadísticos subyacentes cambian, los algoritmos siguen proporcionando su mejor predicción en lugar de señalar una minoración de la confianza en su decisión. En las redes de telecomunicaciones, es esencial adoptar mecanismos de IA que permitan a los seres humanos participar en el proceso para mejorar la solidez y la resiliencia del funcionamiento.

El aprendizaje por transferencia, que permite aprender partiendo de un número menor de ejemplos y utilizando los conocimientos vinculados a otro problema afín que ya haya sido resuelto, integra un ámbito de investigación activo que incide positivamente en el de las redes. De esta forma, un agente de IA podrá adaptarse a la evolución de su entorno y el modelo de un servicio bien conocido podrá extrapolarse a un servicio análogo, cuyos mecanismos de funcionamiento interno se desconozcan.

## Aprendizaje federado: aliviar la carga que supone el procesamiento de macrodatos

Por último, el aprendizaje federado, que permite crear conjuntamente un modelo con arreglo a múltiples conjuntos de datos, constituye otro eje de investigación futura, que permitirá aliviar la carga de trabajo vinculada a la recopilación y el procesamiento de los ingentes volúmenes de datos procedentes de todos los nodos de un almacén central de datos. Además de aumentar la carga del sistema, los métodos centralizados entrañan retardos importantes y deben gestionarse con sumo cuidado para evitar problemas relacionados con la privacidad. El aprendizaje federado también permite a múltiples partes desarrollar un modelo mejor, sin poner en riesgo la privacidad de los datos.

Por último, es difícil imaginar el funcionamiento de las redes 5G y de generaciones posteriores sin la ayuda de la inteligencia artificial. La integración de la IA en las redes conlleva un cierto número de desafíos, pero también alberga grandes oportunidades para los PSC interesados. ■



## Redes autónomas: adaptación a lo desconocido

Por Paul Harvey, Jefe de investigación, Estudio de Innovación, [Rakuten Mobile](#) y Prakaiwan Vajrabhaya, Jefe de promoción y divulgación de la investigación, Estudio de Innovación, [Rakuten Mobile](#)

■ La pedagogía de la educación moderna se ha alejado del aprendizaje tradicional basado en la memoria y se ha acercado al pensamiento crítico. Este giro pendular de la mentalidad crea personas que pueden resolver problemas de manera autónoma cuando se encuentran en una situación desconocida, lo cual es esencial para el lugar de trabajo del mañana. Al igual que estos lugares de trabajo, las redes de telecomunicaciones son entornos difíciles y siempre cambiantes, que consisten en nuevas tecnologías y servicios, así como en patrones

de tráfico complejos. Esto plantea la siguiente pregunta: si estamos formando talentos para que sean autónomos; entonces, ¿es quizás hora de que formemos a las redes para que también sean autónomas?

### ¿Qué es la virtualización?

Antes de sumergirnos en la autonomía, es importante que nos basemos en su factor habilitador: la virtualización. La virtualización es el proceso por el cual el hardware de la red es abstraído por el software, desacoplando una aplicación del

hardware sobre el que opera. Esta nueva abstracción permite a los operadores de telecomunicaciones unificar y simplificar sus infraestructuras, presentando un mecanismo para gestionar su red. El tema aquí es el control de este mecanismo, que todavía llevan a cabo principalmente humanos o procesos automatizados bien definidos. Las redes futuras, sin embargo, están llenas de desafíos, muchos de los cuales nunca se han visto antes. Por lo tanto, para que las redes futuras funcionen adecuadamente, debemos adoptar una mentalidad de autonomía, de la misma manera

“

*Para que las futuras redes funcionen correctamente, debemos adoptar una mentalidad autónoma.*

”

Paul Harvey,  
Prakaiwan Vajrabhaya

que los profesores ahora forman a los estudiantes para pensar críticamente y resolver problemas novedosos en el momento.

### Automatización no es autonomía

Lo primero y más importante: la automatización no es autonomía.

- **La automatización** está operando dentro de parámetros bien definidos o con restricciones predefinidas.
- **La autonomía** es la independencia para reflexionar y adaptar el comportamiento – para ir más allá de los parámetros bien definidos o las restricciones predefinidas.

La automatización es un instrumento poderoso. Se dirige a un problema o conjunto de problemas concretos; por ejemplo: la

aplicación de técnicas de aprendizaje en profundidad para encontrar anomalías, la identificación de aplicaciones o tráfico web específicos, o incluso la detección de intrusos. De hecho, diversas tecnologías de aprendizaje automático han demostrado ser medios eficaces para abordar automáticamente muchos casos de uso dentro de la red, como los identificados por el Grupo Temático de la UIT sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las 5G (FG-ML5G) del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T), serie UIT-T Y.3170 – Aprendizaje automático en redes futuras, incluyendo IMT-2020: Casos de uso.

Aunque la automatización aporta grandes beneficios, también presenta un desafío inherente debido a su naturaleza predefinida. Hay que tener en cuenta que, cuando hay un cambio imprevisto, por ejemplo, en el ámbito del problema, de la tecnología, o de una nueva clase de aplicación, los ingenieros humanos deben intervenir y hacer modificaciones. La autonomía, por otra parte, requiere poca o ninguna intervención humana, dado que pretende – por diseño – ser autoadaptable e ir más allá de sus parámetros bien definidos o de sus restricciones predefinidas.

### Explorando nuevas tecnologías de forma autónoma

Imagina que le das a un niño un marcador y luego te vas. Es probable que cuando regreses lo haya usado en todas las superficies que pueda ver: papel, cara, pared, o incluso el perro. Mirándonos a nosotros mismos, nosotros, como humanos, experimentamos instintivamente con el mundo que nos rodea, recibiendo una retroalimentación que guía pero no dicta acciones futuras, como son el elogio o la regañina. De esta manera, aprendemos a utilizar nuevas herramientas y conocemos sus efectos en el mundo.

Lo mismo ocurre con las tecnologías futuras. Las redes autónomas deben aprender a incorporar nuevas tecnologías sin que se les indique explícitamente su propósito y/o aprender a aplicar las tecnologías existentes para abordar los cambiantes ámbitos problemáticos. De esta manera, aprendemos a utilizar nuevas herramientas y sus efectos sobre el mundo.

### Cómo escribir la creatividad

¿Cómo funciona realmente la experimentación de prueba y error? Dado el gran número de combinaciones y configuraciones tecnológicas potenciales, esto requiere un mecanismo eficiente de búsqueda en el espacio para encontrar selecciones potencialmente útiles. Una vez más, nos miramos a nosotros mismos para inspirarnos.

La evolución depende de la recombinación y modificación semiarbitraria de pequeños bloques de construcción (genomas) y de la aplicación de recompensas “por la supervivencia del más apto” o del aumento de las posibilidades de apareamiento para lograr una descendencia más fuerte. Los enfoques basados en la evolución han demostrado ser mecanismos eficaces para buscar en grandes espacios y encontrar soluciones (óptimas) a los problemas. Algunos ejemplos de la aplicación del concepto son Antenna design in NASA (Hornby, G., Globus, A., Linden, D. y Lohn, J. (2006). “Automated antenna design with evolutionary algorithms” en Space 2006 (pág. 7242)), y autonomous “rediscovery” of machine learning technologies at Google (Real, E., Liang, C., So, D.R. y Le, Q.V. (2020). “AutoML-Zero: Evolving Machine Learning Algorithms From Scratch” arXiv preprint arXiv:2003.03384).

Las redes autónomas no serán diferentes, en ellas los genomas biológicos son sustituidos por los bloques modulares de software que ahora son una práctica normalizada en todas las disciplinas de software. Como tal, la evolución es un mecanismo codificable para impulsar la creatividad que se requiere para hacer frente a los desafíos desconocidos de las redes futuras.

## El conocimiento es poder

A pesar de los resultados prometedores, no todo será (o debería ser) una exploración semiarbitraria de las posibles combinaciones de tecnologías. Los seres humanos acumulan diacrónicamente los conocimientos adquiridos y los aplican para configurar el proceso de toma de decisiones. Las redes autónomas deberían ser capaces de beneficiarse de estos conocimientos colectivos, así como de obtener los suyos propios.

Para ello, incorporamos la ontología y la taxonomía para representar las relaciones que existen entre las entidades relevantes que se encuentran dentro de la red. Esta representación del conocimiento humano, combinada con la información recogida en la red y el conocimiento continuo obtenido a través de la experimentación de prueba y error, permite una forma codificable de guía de la autonomía. Con esto, disminuye la probabilidad de que se escojan ciertas combinaciones evolutivas, se reduce el espacio de búsqueda y se hace que todo el proceso sea más rápido. Los esfuerzos existentes, como el Mapa de Aplicación de Telecomunicaciones (TAM) del [Foro TM](#), sirven como punto de partida para este proceso.

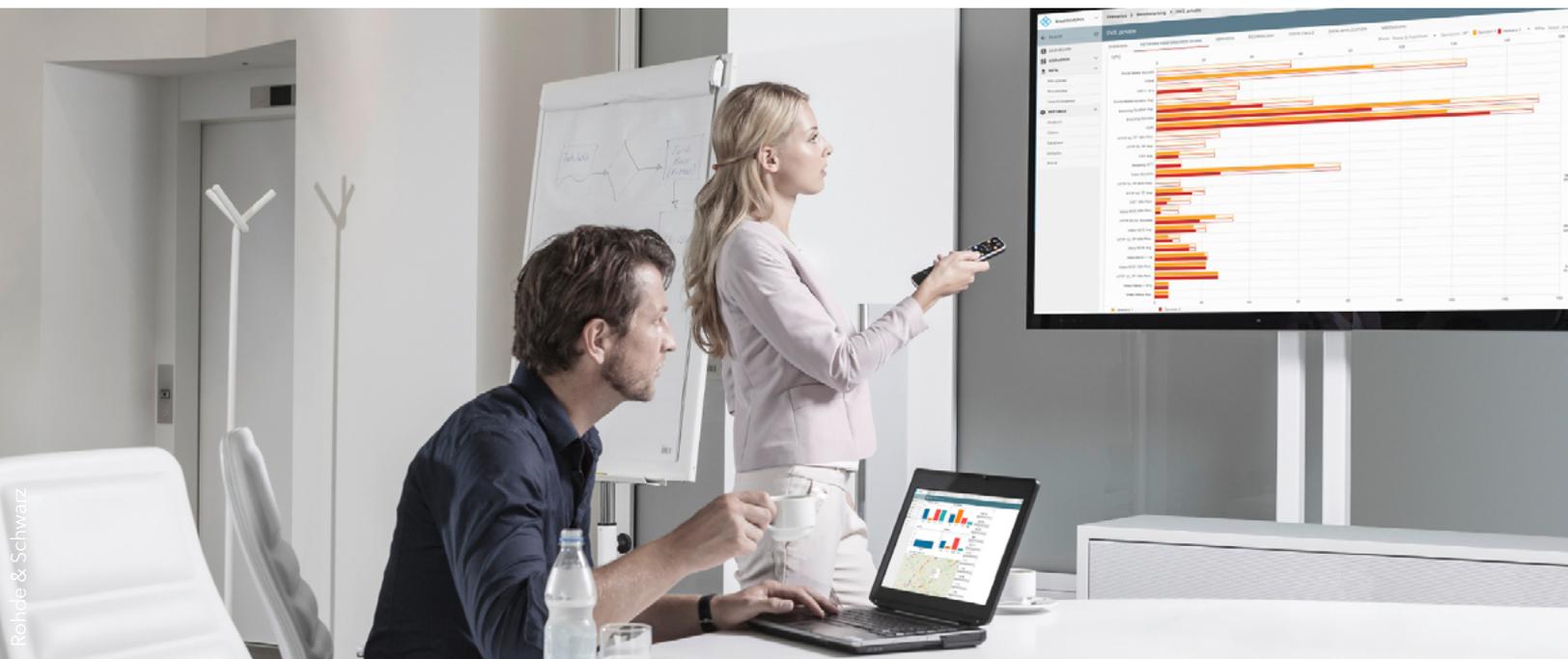
## ¿Eso es todo?

Esto no es, sin duda, una tarea sencilla. Así como las decisiones sin acciones no resuelven los problemas, la capacidad de adaptarse autónomamente a lo desconocido requiere muchas consideraciones diferentes, incluyendo la creación de pequeños bloques de construcción, la construcción de diferentes ontologías y taxonomías de casos de uso, los lenguajes de especificaciones para describir estos elementos, o la construcción de entornos de simulación y pruebas. Y la lista sigue y sigue.

El reto de lograr una red autónoma sólo puede afrontarse mediante un esfuerzo concertado. No sólo para abordar lo anterior, sino también para garantizar que la autonomía pueda realizarse como una plataforma interoperable entre operadores, para beneficio práctico de todos. Este enfoque ya se está aplicando en las organizaciones de normalización para la nueva ola de plataformas informáticas periféricas que llega con la era de las telecomunicaciones 5G.

En este sentido, la [UIT](#) y sus miembros tienen la oportunidad de convertirse en protagonistas para reunir a la comunidad necesaria y colmar la brecha.





## Pruebas de calidad percibida en redes móviles

Por **Arnd Sibila**, Director de Mercadotecnia Tecnológica, Realización de pruebas de red móvil, **Rohde & Schwarz**

Los operadores de redes móviles deben probar la estabilidad y calidad de funcionamiento de sus redes para asegurar un buen servicio. Debido a las ingentes cantidades de datos que intervienen, esto no es posible con métodos manuales. Aquí es donde la inteligencia artificial (AI) llega al rescate.

### Pruebas de red en la era 5G

Con el advenimiento de la quinta generación de comunicaciones móviles, los probadores de redes se enfrentan a una nueva situación. Muchos aspectos de la 5G - diversas bandas de frecuencias, diferentes programas de despliegue de los operadores de red, la amplitud de aplicaciones tales como la Internet de las cosas (IoT), las comunicaciones móviles convencionales, la interconexión de redes de tráfico, etc. - generan datos de pruebas y de redes muy distintos.

“

*Los operadores de redes móviles deben probar la estabilidad y la calidad de funcionamiento de sus redes para garantizar un buen servicio.*

”

Arnd Sibila

Analizando estos datos de la forma global habitual se obtienen rápidamente resultados distorsionados e interpretaciones incorrectas. La IA ofrece una buena solución a este dilema. Aunque los métodos basados en algoritmos reflejan teorías específicas, los métodos de IA, tales como el reconocimiento de patrones, son capaces de evaluar conjuntos de datos sin prejuicios y de descubrir relaciones que permanecerían ocultas para los analistas humanos.

### Los macrodatos necesitan el aprendizaje automático

El término "aprendizaje automático" es algo más específico que el término «inteligencia artificial». Con el aprendizaje automático (ML) el objetivo es obtener automáticamente reglas generales a partir de un gran volumen de datos. En nuestras aplicaciones de aprendizaje automático sobre datos de prueba, un conducto típico de aprendizaje profundo abarca dos etapas, a saber, la formación y la inferencia.

En la **etapa de formación** se recopilan los datos de entrenamiento de numerosas pruebas realizadas con diferentes configuraciones y entornos. Estos datos se someten a un proceso de formación intensivo en términos de computación, generalmente utilizando unidades de procesamiento de gráficos (GPU), debido a su capacidad para realizar numerosas operaciones simples en paralelo. El resultado de la etapa

de formación es un modelo que contiene el conocimiento de todos los datos de formación necesarios para lograr nuestra función objetiva específica.

En la **etapa de inferencia** sólo tomamos el modelo aprendido y lo aplicamos a los nuevos datos para generar una predicción o una visión de la estructura de los datos que no podría conocerse de otra manera. Esta etapa requiere menos potencia de cálculo que la etapa de formación, lo que lo hace adecuado para las unidades de procesamiento central (CPU) de servidor normalizadas o incluso para la computación periférica, lo que evita el envío de datos sensibles a un servidor.

Tras la fase intensiva de formación, el modelo puede interpretar correctamente nuevas mediciones de manera casi espontánea.

### Optar por métodos de aprendizaje automático

Se utilizan métodos de aprendizaje automático para aplicaciones tales como la simplificación de la optimización de las redes móviles o la mejora de la evaluación de las diferencias cualitativas entre proveedores. El Laboratorio de Inteligencia de Datos creado en 2018 aborda estas cuestiones y apoya a los departamentos de investigación y desarrollo (I+D) de Rohde & Schwarz con métodos de análisis basados en datos. Estos enfoques son especialmente prometedores



## Smart - Una plataforma de nueva generación para las pruebas de redes móviles

Vea este vídeo para conocer el nuevo paradigma en las pruebas de redes móviles que permite reducir la complejidad de las mejoras de la calidad de la red centradas en la calidad percibida (QoE) y la calidad de funcionamiento..



para probar redes móviles, donde se generan grandes cantidades de datos, de modo que el análisis manual y la formulación de reglas ya no son prácticos. El aprendizaje automático permite utilizar la información oculta en grandes conjuntos de datos, por ejemplo para obtener nuevas métricas de evaluación. Un ejemplo es la nota de estabilidad de la llamada (CSS).

## Rohde & Schwarz y las normas de la UIT

Rohde & Schwarz es un Miembro de Sector de la UIT que participa activamente en la labor de la Comisión de Estudio 12 (CE 12: Calidad de funcionamiento, calidad de servicio y calidad percibida) del Sector de Normalización de la UIT (UIT-T) en pro de la IA y el aprendizaje automático.

La IA y el aprendizaje automático se utilizan ampliamente en el desarrollo de modelos para evaluar la calidad de la voz, el audio y el vídeo, por ejemplo en las normas de la UIT para la evaluación de la calidad de la transmisión continua audiovisual, en particular las Recomendaciones UIT-T P.1203 (Descarga progresiva y velocidad binaria adaptativa AV) y la UIT-T P.1204 (Servicios de flujo continuo de vídeo hasta 4K).

Nuevas normas de evaluación de la calidad de la UIT abordan el análisis y diagnóstico de redes inteligentes (UITT E.475) y la creación y validación de modelos basados en el aprendizaje automático para evaluar la calidad de los medios (UIT-T P.565).

Sobre la base de la experiencia adquirida en la elaboración de estas normas de la UIT, la Comisión de Estudio 12 ofrece nuevas directrices sobre cómo aplicar la IA y el aprendizaje automático en la normalización de la UIT en un Informe y un Suplemento Técnico de la UIT que se publicarán próximamente.

Rohde & Schwarz espera un aumento considerable de los estudios y Recomendaciones que utilizan técnicas de aprendizaje automático y IA, y apoya muy activamente estas actividades en la UIT..

### Nota de estabilidad de llamada - Una nueva métrica de evaluación para comunicaciones fiables

Una llamada telefónica súbitamente abandonada es una experiencia molesta, por lo que los operadores de redes móviles llevan años probando la calidad vocal y la estabilidad de la conexión. La estadística más popular es la tasa de abandono de llamadas (CDR). Sin embargo, dado que el número de llamadas abandonadas es muy bajo en las redes maduras, es

necesario hacer un gran número de llamadas para obtener un valor estadísticamente significativo. Por consiguiente, las campañas de prueba son largas y costosas. Por ese motivo se utiliza un método para sustituir el estado binario de la llamada (se completa con éxito o se abandona) por un valor analógico con graduación fina. Esto se realiza creando un modelo estadístico generado por la IA que vincula las condiciones de transmisión con el estado de la llamada.

“

*Una llamada telefónica eliminada repentinamente es una experiencia molesta.*

”

Arnd Sibila

La CSS derivada del modelo permite medir la fiabilidad de la conexión móvil a lo largo de toda la duración de la llamada y clasificarla en función de la calidad. El diagnóstico también incluye llamadas inestables que se completaron con éxito pero cuyos datos prueban que no estaban lejos de ser abandonadas. En las estadísticas de CDR convencionales, esas llamadas inestables se evaluarían positivamente como llamadas fructuosas, distorsionando la evaluación de la calidad de la red.

El valor CSS se basa en información recopilada de millones de llamadas de prueba e incorporada al modelo durante el proceso de aprendizaje. La evaluación es correcta desde la primera llamada. La calidad de la llamada en la red se registra con mayor exactitud y con menor esfuerzo de prueba. El modelo evalúa los datos sobre la base de las reglas aprendidas y genera un número entre 0 y 1. Cuanto mayor es el número, menor es la probabilidad de que se produzca un abandono en el intervalo observado.

La medición de la CSS forma parte de la plataforma de análisis SmartAnalytics de Rohde & Schwarz (véase la Imagen 1).

### Detección de anomalías en el tiempo

Otra función de IA de este conjunto de programas es la detección de anomalías utilizando aprendizaje sin supervisión: se forma a la red neuronal para aprender información oculta en los datos sin etiquetas.

La detección de anomalías es un instrumento muy apreciado por los científicos en materia de datos. Su objetivo es encontrar muestras

de datos que no se ajustan a la distribución regular del conjunto de datos al que pertenecen. Encontrar muestras anómalas, también conocidas como salidas de distribución, proporciona una información valiosa que a menudo se correlaciona con defectos o errores en el proceso de recopilación de datos (por ejemplo: equipo averiado o mal configurado).

La detección de anomalías en las transferencias de datos basadas en series temporales de longitud variable beneficia a los operadores de redes móviles al detectar desviaciones e identificar instantáneamente áreas problemáticas que de otro modo quedan enmascaradas por

las medias de los indicadores fundamentales de rendimiento (IFR).

La visualización de la característica en SmartAnalytics de Rohde & Schwarz permite a los usuarios ver rápidamente qué fases de una prueba se desvían del modelo. El efecto global de la detección de anomalías en el tiempo es una metodología más eficaz para las pruebas de activación y la optimización.

La detección de anomalías, en particular la detección de anomalías en el tiempo, es aplicable a diversos casos de prueba. ■

Imagen 1: Visualización de la nota de estabilidad de llamada en SmartAnalytics de Rohde & Schwarz (sólo en inglés)

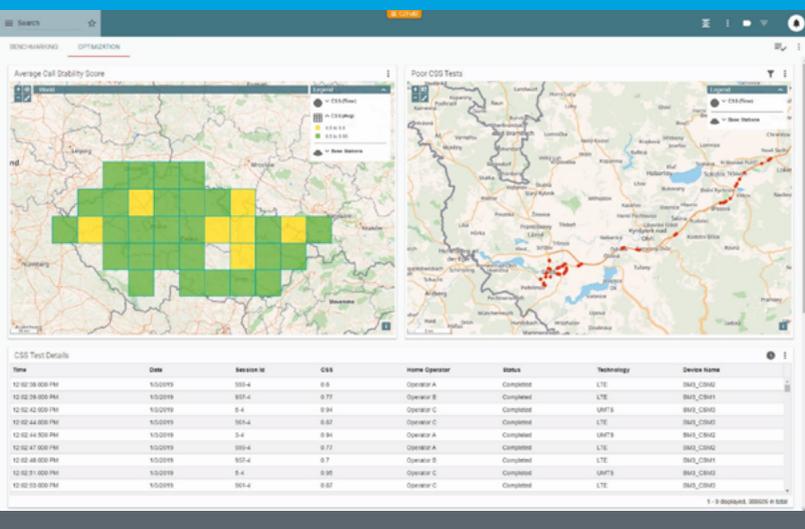
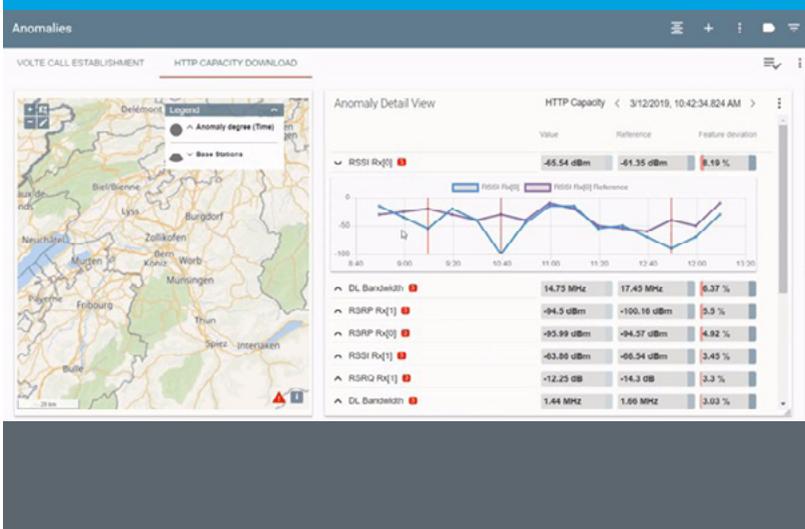


Imagen 2: Visualización de la detección de anomalías en el tiempo en SmartAnalytics de Rohde & Schwarz (sólo en inglés)





## Perspectiva de un operador de red sobre el papel de la inteligencia artificial en las futuras redes de acceso radioeléctrico

Por **Chih-Lin I**, Científica Jefe, y **Qi Sun**, Investigadora principal, Servicio de tecnologías inalámbricas, [Instituto de investigación de China Mobile](#)

■ La 5G se halla en fase de comercialización a escala mundial y se está desarrollando a una velocidad asombrosa. China, por ejemplo, debería disponer de más de 600 000 estaciones base 5G de aquí a finales de este año.

No obstante, el ecosistema 5G es extremadamente complejo y no puede construirse mediante la simple instalación de cientos de miles de estaciones base. Para alcanzar el éxito comercial, sigue siendo necesario superar numerosos desafíos. Por ejemplo, el consumo energético, el elevado coste y la gran flexibilidad de la 5G entrañan una serie de obstáculos a la optimización de su explotación y su mantenimiento. Tampoco resulta fácil encontrar la forma de atender rápida y eficazmente a las demandas de las distintas aplicaciones de las industriales verticales.

“

*Hemos de replantearnos el paradigma tradicional de las telecomunicaciones y adoptar nuevas tecnologías.*

”

Chih-Lin I, Qi Sun

A fin abordar estas cuestiones, hemos de replantearnos el paradigma tradicional de las telecomunicaciones y adoptar nuevas tecnologías, como la computación en la nube, el análisis de macrodatos y el aprendizaje automático. En ese sentido, cabe prever una profunda integración de las tecnologías de la información, las tecnologías de datos y las tecnologías de la comunicación en el marco de la 5G y de otras generaciones posteriores.

La inteligencia debería integrarse en todos los dominios y todos los niveles de las redes inalámbricas, ya sean locales, periféricas o en la nube. El análisis de datos, el aprendizaje automático y la inteligencia artificial se consideran motores clave de la evolución y la revolución de la inteligencia en las redes inalámbricas.

### Capacidades de red dimanantes del análisis de datos y el aprendizaje automático

Gracias al análisis de datos y el aprendizaje automático, las redes podrán ofrecer las siguientes capacidades:

- **Predicciones fiables:** La gran cantidad de datos multidimensionales recogida a partir de las redes permite efectuar predicciones sobre el tráfico de las propias redes, sus anomalías, los patrones/tipos de servicios, las trayectorias/posiciones de los usuarios, la calidad de servicio percibida, las huellas radioeléctricas y las interferencias, entre otros

factores. No cabe duda de que estas predicciones favorecerán una gestión y un control proactivos de las redes, lo que a su vez permitirá mejorar considerablemente la eficiencia de sus recursos y su energía, y brindar a los usuarios una experiencia personalizada.

- **Métodos avanzados de optimización y decisión en las redes:** Partiendo de los datos recopilados en el seno de las redes reales, el análisis de datos y el aprendizaje automático pueden facilitar la resolución eficaz de los problemas de mayor envergadura en las redes 5G. Con frecuencia, estos problemas son difíciles de modelizar o requieren cálculos sumamente complejos, debido a su ingente número de dimensiones o a la complejidad del tiempo polinomial no determinista (NP) conexas.

Si nos centramos en la red de acceso radioeléctrico (RAN), los casos de uso pueden clasificarse a grandes rasgos en cuatro categorías: 1) Gestión y orquestación inteligentes de la red; 2) Computación periférica móvil inteligente; 3) Gestión inteligente de recursos radioeléctricos; y 4) Tecnología de transmisión radioeléctrica inteligente. Esta problemática también puede extenderse a la optimización del dominio de las radiofrecuencias, es decir, a la predistorsión digital asistida por inteligencia artificial.

### Cuatro estudios de casos de uso desde la perspectiva del operador

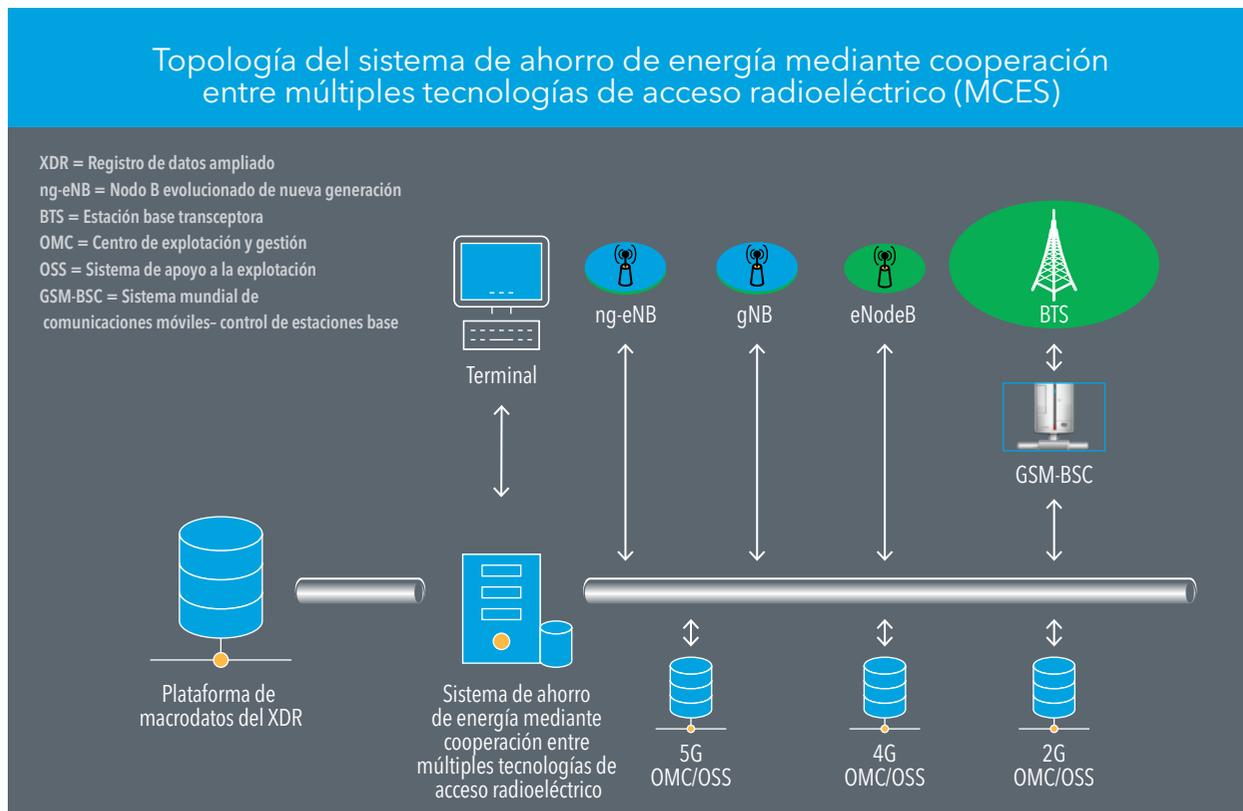
A continuación, se detallan cuatro casos de uso característicos, desde la perspectiva del operador, habida cuenta de la experiencia adquirida en la comercialización y la realización de pruebas prácticas de sistemas..

## 1 Ahorro de energía

Para resolver los problemas causados por la expansión de las redes de telefonía móvil en el ámbito energético, China Mobile desarrolló un sistema de ahorro de energía mediante cooperación entre múltiples tecnologías de acceso radioeléctrico (multi-RAT cooperation energy-saving system, MCES) a fin de mejorar la eficiencia energética de dichas redes. El sistema MCES interactúa con la red de acceso radioeléctrico en tiempo real y admite equipos RAN 2G/3G/4G de múltiples proveedores. Concretamente, el sistema MCES ofrece tres funcionalidades técnicas principales:

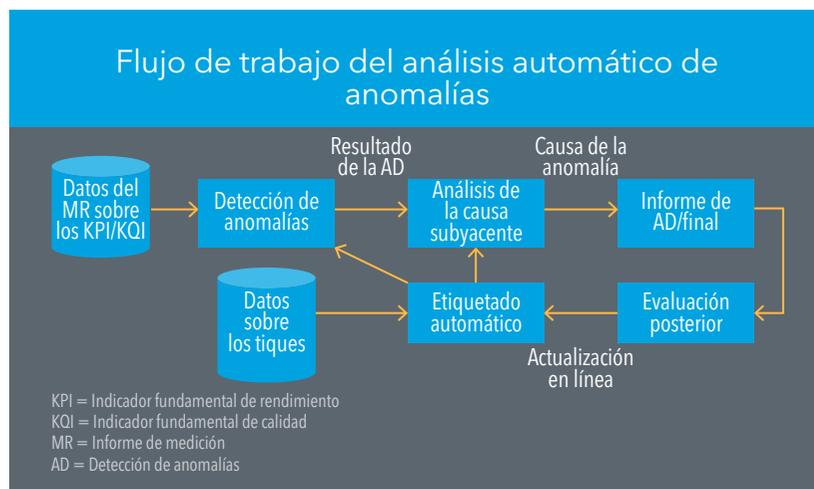
- ahorro de energía a nivel de red;
- función de descubrimiento de células de ahorro de energía a través de macrodatos; y
- activación/desactivación de células con una menor granularidad temporal.

El sistema MCES se ha desplegado en 18 provincias y comprende 970 000 células. En 2019, el ahorro energético total superó los 40 millones de kWh. Actualmente, el sistema se halla en fase transformación con miras a la integración de un sistema 5G, para poder coordinar el ahorro de energía de las redes 4G y 5G.



## 2 Análisis automático de anomalías

La detección y el análisis de anomalías siempre han desempeñado un papel importante en los sistemas de explotación y gestión. Al incluir un algoritmo dinámico de detección de anomalías, basado en el aprendizaje automático, es posible reducir el número de reglas manuales y obtener información más precisa sobre las causas subyacentes. Al mismo tiempo, el algoritmo de análisis de las causas subyacentes, basado en la inteligencia artificial, reemplaza directamente parte de la intervención humana en el proceso de análisis de anomalías.



### 3 Optimización de la calidad percibida

El modelo comercial de la 5G está abandonando el énfasis en el "volumen" para centrarse en el "valor". Habida cuenta de que la calidad percibida (QoE) por el usuario está desempeñando un papel fundamental en la comercialización de la 5G, los objetivos de optimización de la red ya no se basan tanto en los indicadores fundamentales de rendimiento (KPI), como en los de calidad (KQI) vinculados a la QoE.

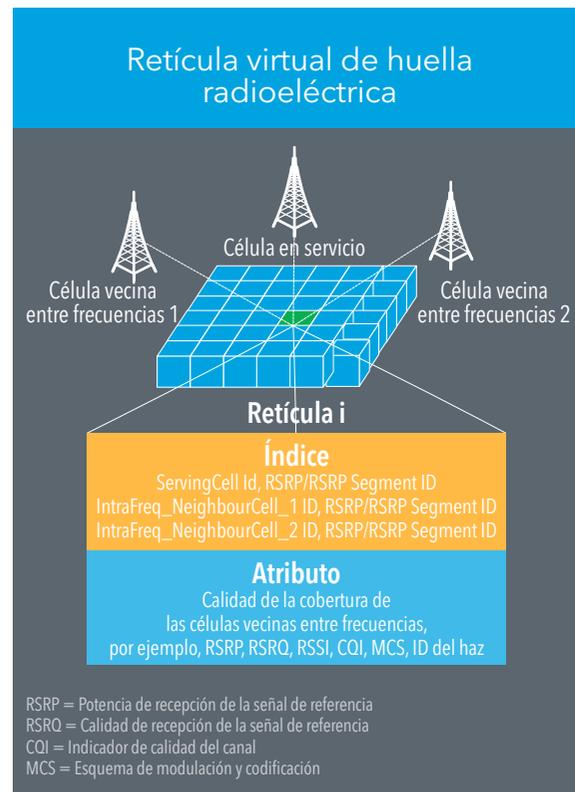
Un controlador radioeléctrico inteligente ejerce las veces de plataforma impulsada por datos con miras a ofrecer a las redes de acceso radioeléctrico funcionalidades personalizadas, incluida su exposición, en especial para industrias verticales y proveedores OTT. Se espera que la reproducción directa de vídeo en alta definición, la realidad virtual en la nube y los juegos en la nube figuren entre los primeros servicios de mayor popularidad en la era de la 5G.

En 2019, China Mobile llevó a cabo una serie de pruebas en la red 5G de Shanghái, con objeto de verificar las siguientes funcionalidades: 1) predicción y garantía de QoE utilizando la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en el ámbito de la realidad virtual en la nube; y 2) estimación del ancho de banda radioeléctrico a efectos de la selección de la codificación adaptativa de la realidad virtual en la nube.

### 4 Optimización de la calidad percibida

La orientación del tráfico, también conocida como reparto de la carga móvil, es una solución de red ampliamente utilizada para distribuir la carga de tráfico entre las células, o para transferir el tráfico de tal manera que se logre una mejor calidad de funcionamiento. Esta solución consiste en mejorar la eficiencia de la orientación del tráfico mediante la definición de una huella radioeléctrica que organiza las células en retículas en función de los niveles de señal radioeléctrica de las células en servicio y de las células vecinas, con el objetivo de localizar la retícula del equipo de usuario y obtener información sobre su cobertura. Este método permite reducir en gran medida el número de mediciones de equipos de usuario entre frecuencias y acelerar la orientación del tráfico.

China Mobile y sus asociados también llevaron a cabo pruebas prácticas relacionadas con la orientación del tráfico a partir de la huella radioeléctrica en la red comercial. Habida cuenta de las medidas de optimización adoptadas en este contexto, los resultados de las pruebas demostraron que, en comparación con el método tradicional de reparto de la carga, la duración de la carga elevada se reducía en un 13%. Además, las reconfiguraciones de las mediciones desde las estaciones base y los informes de medición de taras de equipos de usuario se reducían



en un 54% y un 83%, respectivamente. Por otra parte, el método de reparto de la carga basado en la huella radioeléctrica permitió reducir en un 20% el retraso medio del protocolo Internet (IP) en las células objeto de ensayo.

## Evolución normativa

Organizaciones de normalización de la índole del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (ITU-T), el grupo 3GPP, la alianza O-RAN y el ETSI han llevado a cabo diversos estudios sobre la normalización de la inteligencia en las redes, que comprenden desde el plano de gestión hasta el de control, incluidos tanto casos de uso y requisitos, como marcos funcionales, procedimientos y arquitecturas de inteligencia artificial.

El 3GPP ya ha integrado el análisis de datos y otras funciones relacionadas con la inteligencia artificial y el aprendizaje automático de la red central y del plano de gestión tanto en la arquitectura de las redes centrales basadas en servicios, como en su gestión. En cambio, la integración de la inteligencia artificial en las redes de acceso radioeléctrico resulta más compleja, debido a su arquitectura distribuida y sus limitaciones cada vez más estrictas en materia de sincronización y fiabilidad.

El sector trabaja activamente en la creación de redes de acceso radioeléctrico abiertas e inteligentes, con el fin de garantizar el pleno éxito comercial de la 5G.

## Trabajos futuros

Aunque se han logrado avances considerables, las especificaciones de 5G apenas ofrecen

orientaciones a los operadores móviles sobre cómo lograr que sus redes 5G incorporen funciones de inteligencia artificial y/o aprendizaje automático. Aún queda mucho trabajo por hacer para conseguir ese objetivo e integrar los conceptos fundamentales de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la estructura básica de las redes, lo que incluye:

- recopilar datos con una granularidad fina y personalizada;
- exponer las capacidades de las redes de acceso radioeléctrico para facilitar la optimización personalizada de la red y el servicio;
- dotar a estas redes de un carácter programable y de una arquitectura basada en servicios, para que puedan incorporar funciones de inteligencia artificial y/o aprendizaje automático;
- desvincular la comunicación y el análisis de datos, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para favorecer la eficacia de la innovación; y
- crear conjuntos de datos abiertos en redes inalámbricas para acelerar la innovación en materia de algoritmos y aplicaciones de inteligencia artificial destinados a esas redes. ■

“

*El sector trabaja activamente en la creación de redes de acceso radioeléctrico abiertas e inteligentes, con el fin de garantizar el pleno éxito comercial de la 5G.*

”

Chih-Lin I, Qi Sun



## IA e interfaces abiertas: habilitadores clave para las redes de campus

Por **Günther Bräutigam**, Director Gerente, [Airpuls](#); **Renato L.G. Cavalcante**, becario de investigación, [Fraunhofer HHI](#); **Martin Kasparick**, investigador asociado, [Fraunhofer HHI](#); **Alexander Keller**, Director de investigación, [NVIDIA](#); y **Slawomir Stanczak**, Jefe del departamento de redes y comunicaciones inalámbricas, [Fraunhofer HHI](#), Alemania.

■ La comunicación moderna es la base de una digitalización exitosa. Gracias a la norma 5G, están surgiendo aplicaciones completamente nuevas en la industria vertical y existe una fuerte demanda de nuevas tecnologías inalámbricas que aborden los problemas específicos de la industria en las redes de campus, también conocidas como redes privadas.

Para atender a esta demanda, por ejemplo, el Gobierno Federal de Alemania ha sentado las bases para el desarrollo de las redes de campus al permitir su funcionamiento en la banda 3,7-3,8 GHz, que resulta especialmente adecuada para cubrir grandes áreas y soportar escenarios de alta movilidad.

“

*La comunicación moderna es la base de una digitalización exitosa.*

”

Günther Bräutigam,  
Renato L.G. Cavalcante,  
Martin Kasparick,  
Alexander Keller, y  
Slawomir Stanczak

Se espera que esta banda de frecuencia se complemente con la banda de ondas milimétricas, que ofrece muchas ventajas en términos de ancho de banda de transmisión, seguridad frente a la desviación de recursos y robustez frente a interferencias, por nombrar algunas.

De forma similar a las redes móviles convencionales, las redes de campus tienen una red medular que contiene los elementos centrales para el control de la red y una red de acceso radioeléctrico (RAN) que gestiona las conexiones inalámbricas desde las estaciones de base a los terminales móviles.

Muchos proveedores ofrecen software para la red medular. Solo unos pocos proveedores han estado suministrando tecnologías RAN. Las soluciones integradas verticalmente apenas permiten la interoperabilidad. Debido a la alta barrera de entrada, no se están desarrollando tecnologías específicas de la industria dirigidas a nichos de mercado. Esta falta de competencia impide la innovación en la tecnología RAN.

### **Fomento de la innovación en las redes de campus**

Para fomentar la innovación en las redes de campus, se ha abogado por un nuevo modelo de negocio. Este incluye el diseño, la optimización y la integración del sistema de tecnologías inalámbricas abiertas y seguras. Las tecnologías se basan

en la desagregación, la virtualización, la apertura y la inteligencia artificial. En este nuevo enfoque, la RAN se puede desagregar en módulos que realizan funciones de red en software. Las interfaces abiertas entre dichos módulos RAN virtualizados serán cruciales para permitir la interoperabilidad entre proveedores.

Si bien las interfaces están normalizadas, las normas no tratan de la implementación de las funciones de red, lo que permite a los proveedores diferenciarse para su propio beneficio y el de sus clientes. Este alto grado de softwarización de las funciones de RAN, en combinación con el uso de software y hardware comerciales disponibles en el mercado conduce a economías de escala positivas y costos reducidos.

La citada evolución desde sistemas cerrados a sistemas abiertos y programables tiene dos consecuencias importantes.

Reduce la inversión necesaria para desarrollar tecnologías para redes de acceso radioeléctrico, lo que permite a las pequeñas y medianas empresas desarrollar soluciones industriales específicas para redes de campus.

Esta barrera de entrada más baja también expande el mercado al crear las condiciones para que tecnologías de nicho de otros mercados accedan a las redes del campus. Por ejemplo, los algoritmos de minería de datos existentes

pueden personalizarse para sistemas inalámbricos, por ejemplo con el análisis de flujos de datos RAN para detectar ataques en interfaces radioeléctricas.

Si se basaran en soluciones flexibles de proveedores múltiples, las redes de campus cubrirían las necesidades de entornos industriales específicos complejos.

### **Más allá de las redes 5G con IA**

A medida que avanzamos más allá de las redes 5G, es indispensable integrar la IA en el diseño general del sistema para lograr un enfoque holístico capaz de gestionar esta complejidad.

Al integrar nuevos componentes de hardware y software en una red, la integración se puede probar en un entorno de "gemelo digital" en el que la IA acelera la simulación.

Se necesitan nuevas herramientas de inteligencia artificial para apoyar funciones de red como la programación, la gestión de haces, la coordinación de interferencias, la localización, la detección de símbolos y la estimación de canales, por nombrar solo algunos ejemplos principales.

Estas herramientas pueden ser fundamentalmente diferentes de las herramientas existentes aplicadas en campos como el reconocimiento de voz y la visión por computadora.

Sin embargo, el éxito de los sistemas abiertos y programables se decidirá principalmente en las capas inferiores de la pila de comunicaciones, donde el entorno es muy dinámico e incierto.

### Los desafíos

La adquisición de conjuntos de datos para entrenar algoritmos de aprendizaje automático basados en datos se convierte como resultado en un desafío: para cuando se hayan recopilado suficientes datos, el entorno puede haber cambiado tanto como para que los datos de entrenamiento estén desactualizados.

Los métodos basados en modelos puros se aplican ahora de manera generalizada, pero también pueden enfrentarse a serios desafíos. Dado que los modelos inalámbricos actuales a menudo ignoran los efectos de estrabismo del haz y se basan en aproximaciones adicionales, como las ondas en la región del campo lejano, pueden volverse demasiado rudimentarios con el aumento de la frecuencia de funcionamiento, las velocidades y el número de antenas.

Estos problemas pueden abordarse mediante modelos híbridos y métodos basados en datos, donde los datos se utilizan para mitigar la incertidumbre de los modelos y los modelos generales ayudan a reducir la cantidad de datos de entrenamiento requeridos por las herramientas de aprendizaje. Resulta esencial que algunas de estas operaciones se realicen dentro de períodos de tiempo que van desde microsegundos a milisegundos, lo que hace que sea cada vez más importante desarrollar algoritmos capaces de evolucionar que puedan ser altamente paralelizables en el hardware comercial disponible en el mercado.

### Llamado a la acción de la IA

Para cumplir con los estrictos requisitos de las aplicaciones móviles en las redes de campus, la industria debe dedicar un gran esfuerzo al desarrollo y la aplicación de nuevos métodos de IA.

Esto creará oportunidades para que los países desarrollen su soberanía digital y para que las empresas brinden soluciones para nichos de mercado que esperan ser atendidos. ■

“

*Para cumplir con los estrictos requisitos de las aplicaciones móviles en las redes de campus, la industria debe dedicar un gran esfuerzo al desarrollo y la aplicación de nuevos métodos de inteligencia artificial.*

”

Günther Bräutigam,  
Renato L.G. Cavalcante,  
Martin Kasparick,  
Alexander Keller, y  
Slawomir Stanczak

# Citas de los anfitriones de las declaraciones de problemas del Concurso de la UIT sobre IA/ aprendizaje automático en 5G



*El Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G ha brindado una gran oportunidad para aunar actividades de normalización con las instituciones académicas al permitir que estudiantes y profesionales resuelvan importantes problemas de las comunicaciones. En particular, el desafío ha llevado a obtener resultados muy interesantes que pueden abrir la puerta para revolucionar la forma en que se entienden las comunicaciones. Para el problema de la agrupación dinámica de canales (Dynamic Channel Bonding), la aplicación de modelos de aprendizaje profundo representa un avance significativo en el campo.*

Francesc Wilhelmi

Estudiante de doctorado, Unidad de investigación de redes inalámbricas, UPF, España



*Estamos agradecidos al "Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G" por brindarnos la oportunidad de conectarnos con investigadores de IA de todo el mundo a fin de resolver un desafío operativo para Turkcell. Nuestro tema del desafío, "Fallas del enlace radioeléctrico", tiene implicaciones fundamentales para una red de operador. Modelizar los fallos del enlace sobre la base de pronósticos meteorológicos es una tarea abrumadora debido a la naturaleza poco fiable de los pronósticos y a las raras ocasiones de fallas radioeléctricas. La preparación del concurso y la comunicación con los participantes ya nos han ayudado a formular mejor el problema, resolver incoherencias en los datos y considerar enfoques alternativos. Esperamos recibir propuestas de solución de alta calidad para esta complicada tarea y esperamos aplicar los aprendizajes de este concurso para implementar mecanismos que tomen precauciones antes de que ocurran fallos en los enlaces radioeléctricos, para mejorar la experiencia del cliente.*

Salih Ergut

Experto principal en I + D de 5G, Turkcell, Turquía



*¿Primeros casos de uso en 2030?*

Andrey Koucheryavy

Catedrático y profesor del Departamento de redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, SPbSUT, Investigador jefe NIIR, Rusia y Presidente de la CE11 del UIT-T1



*Para garantizar la densidad de cobertura de la red incluso en áreas escasamente pobladas, al tiempo que se garantiza una alta seguridad y una calidad de servicio satisfactoria, la integración de la tecnología de inteligencia artificial y de cadena de bloques jugará un papel importante en las futuras redes 2030.*

Ammar Muthanna

Subdirector del Departamento de ciencia, redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, SPbSUT y Jefe, laboratorio SDN, Rusia



*La principal tarea importante para la IA en 5G es el reconocimiento del tráfico 'sobre la marcha', sin retrasos en la gestión del tráfico de nuevos servicios como Internet táctil, las redes médicas y los vehículos autónomos.*

Artem Volkov

Investigador y estudiante de doctorado, Departamento de redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, SPbSUT, Rusia



*Organizar una competencia dentro del Concurso sobre IA/aprendizaje automático en 5G ha sido una experiencia muy valiosa. Los organizadores de la UIT han facilitado mucho la preparación y ejecución de toda la competencia, y han hecho un gran trabajo para atraer participantes. En nuestra declaración del problema, los números de participación fueron mucho más allá de lo que podíamos esperar al principio.*

*Como Miembros de instituciones académicas, vemos este Concurso como una vía para dar a conocer nuestra investigación. Este tipo de competencia es muy interesante para nosotros a fin de poder conectar con un público diferente tanto de las instituciones académicas como de la industria. Además, nos impresionaron las soluciones propuestas, algunas de ellas con avances de los límites de la innovación. Esperamos una próxima edición en 2021.*

José Suárez-Varela

Investigador postdoctoral,  
BNN-UPC, España



*Nos sentimos muy honrados de poder participar en el Concurso sobre IA/aprendizaje automático en 5G, una gran oportunidad para acelerar el ritmo de aplicación de algoritmos de IA/aprendizaje automático en redes de telecomunicaciones. Propusimos una declaración de problema "Optimización de inferencia del modelo DNN" en la pista de habilitadores. El tema es bastante importante si se tiene en cuenta la implementación de modelos de aprendizaje automático en la red, especialmente donde existen requisitos estrictos para el rendimiento de la inferencia. Hemos recibido algunas presentaciones excelentes hasta ahora, que creemos que iluminarán definitivamente nuestro trabajo en el proyecto de código abierto Adlik.*

Liya Yuan

Ingeniero de código abierto y normalización, ZTE, China



*El Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G ayuda a apartarse del "régimen de pocos datos" y a evaluar adecuadamente los algoritmos de IA/aprendizaje automático como el aprendizaje profundo, con grandes conjuntos de datos y experimentos reproducibles.*

Aldebaro Klautau

Catedrático de ingeniería eléctrica e informática, UFPA, Brasil



*El Concurso proporciona un escenario para mostrar el potencial de la aplicación del aprendizaje automático a fin de hacer posible la inteligencia de red. Atrae a más investigadores e ingenieros para que se esfuercen en la investigación y el desarrollo de la red inteligente, y ha reunido a los operadores, proveedores, investigadores, estudiantes universitarios y comunidades relacionadas para construir juntas una red más flexible, eficiente, ecológica y resiliente. Al integrar la IA en los servicios de red, la red está evolucionando para respaldar mejores servicios sociales, comerciales y tecnológicos. La Artificial Intelligence Industry Alliance apoyará continuamente a la UIT a fin de que organice concursos para impulsar la convergencia de las tecnologías de inteligencia artificial y los servicios y la infraestructura de red.*

Qiang Cheng

Artificial Intelligence Industry Alliance (AIIA), China



*Nos sentimos muy honrados por poder formar parte de este Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G tan emocionante y proporcionar un conjunto de problemas. La adopción de la IA/aprendizaje automático aún se encuentra en una etapa muy temprana en la industria de las telecomunicaciones, y la innovación procederá indudablemente de comunidades propias de la UIT integradas por diferentes países, organizaciones y entornos. Sigamos mostrándonos innovadores y colaborando en la era de 5G y más allá.*

Tomohiro Otani

Director ejecutivo, Investigación KDDI, Japón



Participar en el Concurso de la UIT mediante la estimación del canal MIMO en ondas milimétricas ha sido una excelente manera de iniciar mi nuevo programa de investigación en la Universidad Estatal de Carolina del Norte. Me ha hecho darme cuenta de que reunir a las comunidades inalámbricas y de inteligencia artificial para que puedan hablar el mismo idioma constituye un gran desafío. Disfruté al exponer a los participantes uno de mis problemas favoritos en las comunicaciones MIMO en ondas milimétricas.

Nuria Gonzalez Prelcic  
Profesora asociada, [NCSU](#), Estados Unidos



El Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones de Japón reconoce que la investigación y el desarrollo sobre la autonomía de la red utilizando la IA y el aprendizaje automático reviste una gran importancia para proseguir el desarrollo de 5G y la realización temprana de B5G (Más allá de 5G). Al utilizar la IA y el aprendizaje automático y competir para resolver varios problemas de la red 5G, los ingenieros contribuirán en gran medida al desarrollo de la información y las comunicaciones, por ejemplo con la mejora de la tecnología de IA y aprendizaje automático y el desarrollo de recursos humanos. El Concurso mundial de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G es un evento de gran importancia.

Ryota Takeda, [MIC](#), Japón



Proponemos que una de las direcciones de investigación y desarrollo prometedoras para las telecomunicaciones más allá de 5G / 6G es permitir la "inteligencia autónoma" en las redes, tal y como se describe en "Beyond 5G Strategic Board" del Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones del gobierno japonés. Observamos que el Concurso del UIT-T sobre IA/aprendizaje automático en 5G está perfectamente alineado con la estrategia y que ha alentado rápida y globalmente a jóvenes investigadores a participar en concursos. Es una indicación de que la actividad del UIT-T está demostrando ser un medio eficaz a la hora de presentar la dirección estratégica de I + D para habilitar la superinteligencia en las redes. En Japón, [RISING](#) (Asociación de investigación de campo cruzado de redes superinteligentes) ha liderado la competencia regional en el Concurso sobre IA/aprendizaje automático en 5G, con el apoyo total de [MIC](#), [5GMF](#), [TTC](#) y los socios de la industria, [KDDI](#) y [NEC](#). De verdad que agradezco la promoción mundial que hace el UIT-T de la aplicación de la IA y el aprendizaje automático en las telecomunicaciones y espero que las actividades tengan éxito en sus resultados.

Akihiro Nakao  
Profesor, [Tokio](#), Japón

# Citas de participantes en el Concurso de la UIT sobre IA/ aprendizaje automático en 5G



*Mi participación en el Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G me ha permitido adquirir experiencia práctica en temas relevantes para construir y diseñar futuras tecnologías inalámbricas. Específicamente, ha sido emocionante aplicar diferentes métodos de aprendizaje automático a las particularidades de los futuros mecanismos de acceso al espectro que permiten un rendimiento aún mejor del que tenemos hoy.*

Paola Soto-Arenas

PhD Investigadora, [Universidad de Amberes](#), Bélgica



*Participar en este concurso fue una oportunidad de oro para probar y mejorar nuestras habilidades de aprendizaje automático en el contexto de una tecnología recién introducida, como 5G. Durante este concurso, hemos logrado superar algunos desafíos y conocer a gente nueva de todo el mundo.*

Khalid Al-Bagami

Ingeniero de telecomunicaciones, [Ericsson](#), Arabia Saudita



*El concurso nos ha brindado la oportunidad de replantearnos los enfoques clásicos de estimación de canales desde una perspectiva de aprendizaje automático. Estoy impaciente por ver los resultados de los demás participantes.*

Dolores Garcia

Estudiante de doctorado, [IMDEA](#), España



*En UC3M formamos una solución NN para pronosticar el rendimiento de las WLAN 802.11. Los organizadores (UPF) proporcionaron los conjuntos de datos y apoyo a lo largo del concurso. Ha sido una experiencia muy enriquecedora.*

Jorge Martín Pérez

Estudiante de doctorado, [UC3M](#), España



*Me encanta poder decir que mi participación en el Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G ha sido una gran experiencia de aprendizaje. Ha sido una buena oportunidad para trabajar en los problemas exploratorios de la comunicación inalámbrica y tratar de encontrarles soluciones utilizando enfoques de IA y aprendizaje automático.*

Megha Gururaj Kulkarni

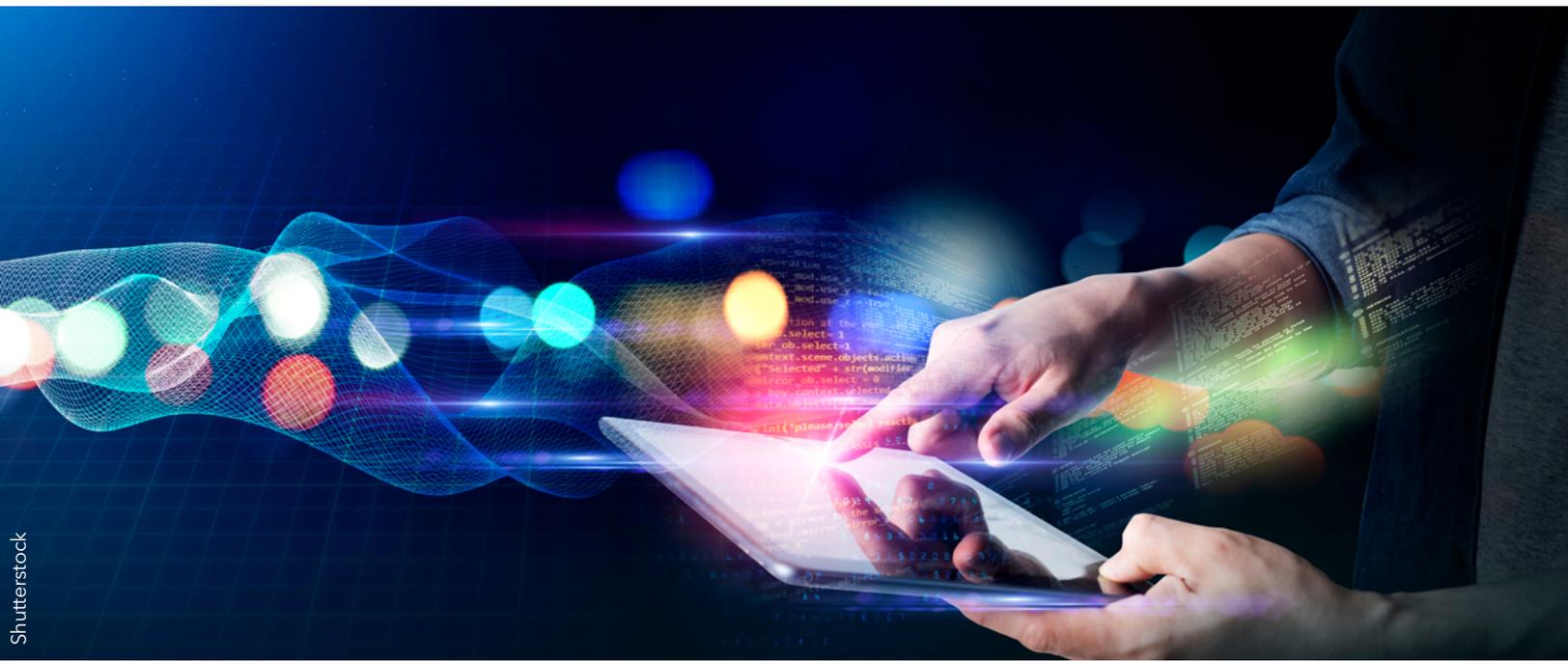
Estudiante, [Universidad PES](#), India



*Soy un entusiasta de la tecnología de la salud y el trabajo de mi grupo consiste en un chatbot móvil de IA en 5G que proporciona información COVID-19. Mi trabajo abarca África y Europa, y mi objetivo es llegar a más regiones para influir en los mercados y la sociedad global, en los jóvenes y en los mayores. La UIT ha sido fantástica al reunir a participantes tan dinámicos para participar en las innovaciones para los desafíos de 2020.*

Mahlet Shimellis

[PNUD](#), Etiopía/Estados Unidos



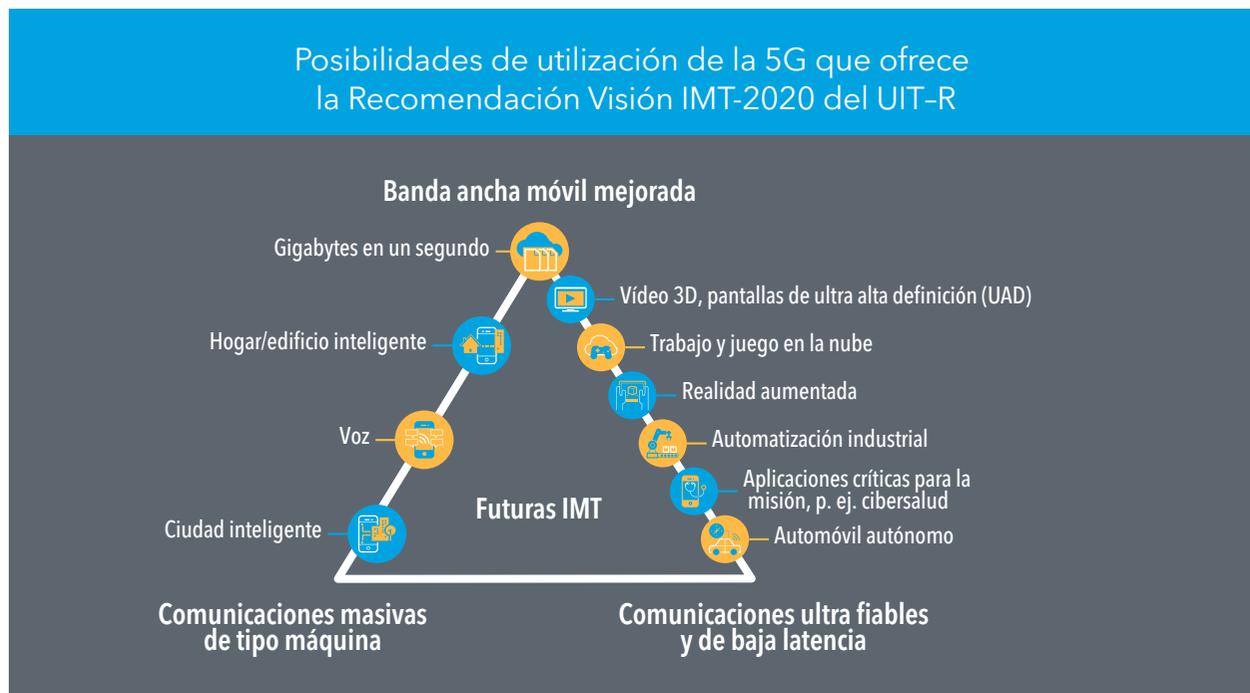
## AI/Aprendizaje automático para una comunicación de baja latencia ultrafiable

Por **Andrey Koucheryav**, Profesor titular, Departamento de Redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, **SPbSUT**, Investigador jefe, **NIIR** y Presidente de la **CE11** del **UIT-T**; **Ammar Muthanna**, Jefe adjunto, Ciencias, Departamento de Redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, **SPbSUT** y Jefe del laboratorio SDN; **Artem Volkov**, Investigador y estudiante de doctorado, Departamento de Redes de telecomunicaciones y transmisión de datos, **SPbSUT**, Rusia

■ Las redes 5G están diseñadas para integrar todos los logros de las redes de comunicaciones móviles y fijas a fin de proporcionar velocidades de datos ultra altas, lo que permite una gama de nuevos servicios con nuevas estructuras de computación en la nube como la computación en la niebla y la computación periférica.

La visión de las telecomunicaciones móviles internacionales (IMT) en la Recomendación **UIT-R M.2083-0**, describe tres escenarios de uso de 5G: 1) banda ancha móvil mejorada (eMBB); 2) comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC); y 3) comunicaciones ultrafiables y de baja latencia (URLLC).

Las comunicaciones masivas de tipo máquina, el concepto de Internet de las cosas (Recomendación **UIT-T Y.2060/Y.4000**), se refiere a billones de cosas conectadas e identificadas de forma única, y requiere un cambio fundamental de las ideas tradicionales acerca de la cantidad y del volumen de las bases de datos de dispositivos en la red.



The Internet de las cosas, como motor del desarrollo de tecnologías de red, ha presentado toda una capa de nuevos servicios que cubren todas las esferas de la vida y la sociedad.

Pero la comunicación ultrafiable y de baja latencia plantea los desafíos más importantes para la comunidad científica y técnica. Si bien podría dar vida a aplicaciones de "Internet táctil" en áreas como la telemedicina, los vehículos autónomos y la robótica industrial, también genera nuevos y estrictos requisitos de calidad de servicio (QoS).

### Reducir la latencia en redes 5G y más allá

Podemos reducir drásticamente la latencia en redes 5G y posteriores, basándonos en innovaciones de las redes definidas por software (SDN), la virtualización de funciones de red (NFV) y la computación periférica.

Y al trabajar en el ambicioso objetivo de latencias inferiores a 1 milisegundo para permitir aplicaciones táctiles, la comunidad científica y técnica está buscando tecnologías de computación periférica y en la niebla como clave para los enfoques arquitectónicos de las redes futuras.

Esto representa un movimiento hacia un mayor número y variedad de tecnologías informáticas y de

redes, lo que resulta en redes más complejas y una gestión de redes más difícil.

Esto requiere una revisión de los principios establecidos para la gestión de redes.

Y esto introduce la Inteligencia Artificial (IA) - Nuevas capacidades bien posicionadas para apoyar la alta programabilidad y el aprovisionamiento automatizado que se hace posible con los sistemas de orquestación habilitados para las SDN.

Una aplicación de Internet táctil en 2020 puede haber sido la de robots controlados a distancia que ayudaban a pacientes en hospitales mal preparados para los brotes de COVID-19.

“

*Una aplicación de Internet táctil en 2020 puede haber sido la de robots controlados a distancia que asisten a pacientes en hospitales mal preparados para los brotes de COVID19.*

”

Andrey Koucheryavy,  
Ammar Muthanna,  
Artem Volkov

La IA es una clase de algoritmos y modelos matemáticos de aprendizaje automático y algoritmos de procesamiento de macrodatos. La última tecnología de procesador hace posible implementar algoritmos de IA de manera bastante efectiva.

Los volúmenes de tráfico están creciendo, y la heterogeneidad del tráfico también. Internet de las cosas y la comunicación ultrafiable y de baja latencia introducen una amplia variedad de nuevos requisitos, y esto requerirá una eficiencia mucho mayor en la toma de decisiones relevantes para la calidad de servicio (QoS).



## Internet táctil

Las características clave de las aplicaciones de Internet táctil son:

- Arquitectura de red descentralizada para habilitar servicios de Internet táctil en el borde de la red. (¿Puede la descentralización de la red reducir las desigualdades digitales?)
- La interacción táctil en tiempo real que coincide con las sensaciones humanas requiere una latencia inferior a 1 milisegundo
- El objetivo de menos de 1 milisegundo crea nuevos requisitos estrictos para las soluciones de red del sistema.

Las herramientas de QoS existentes no pueden funcionar al nivel requerido. Y la mayoría de las soluciones ya necesitan disponer de pronósticos de carga para ciertos servicios, pronósticos que tienen en cuenta factores geográficos y dinámicos como los movimientos de los abonados, incluso a altas velocidades.

Los operadores también necesitan pronósticos de sistemas completos en relación con el desarrollo de la infraestructura, que tengan en cuenta la velocidad a la que se introducen las nuevas tecnologías, a fin de permitir nuevos servicios a través de Internet, así como los cambios correspondientes que se

espera se produzcan en los estilos de vida de las personas.

### **Nuevos enfoques de inteligencia artificial para la identificación del tráfico con redes definidas por software**

La IA puede realizar dos tareas de importancia clave para la evaluación de la QoS: identificación inequívoca del tráfico y el pronóstico ulterior.

La tarea de la IA de identificar el tráfico incluye la necesidad de reconocer una gran cantidad de tipos de tráfico sin introducir retrasos adicionales (teniendo en cuenta los servicios de comunicación ultra fiables y de baja latencia), y la necesidad de ampliar y ajustar el algoritmo de IA a diferentes ubicaciones geográficas de la red y los servicios.

Las capacidades de las redes 5G como redes definidas por software (SDN) hacen posible nuevos enfoques para la identificación del tráfico.

El modelo de aprendizaje automático desarrollado por la Universidad de San Petersburgo (SPbSUT), como parte del Concurso de la UIT sobre la IA y el aprendizaje automático en 5G, analiza los metadatos de los flujos de red SDN para identificar y predecir el tráfico.

Este método de identificación y pronóstico del tráfico no introduce retrasos en el tráfico transmitido a nivel del plano de datos, garantiza la portabilidad de los módulos analíticos entre los controladores SDN y puede expandirse a tipos de tráfico reconocido.

Los algoritmos de IA, junto con las nuevas tecnologías para la construcción de redes y cálculos de servicios en la nube, pueden ofrecer un valioso apoyo al movimiento hacia comunicaciones ultrafiabiles y de baja latencia.

Pero se espera que el principal avance para lograr la promesa completa de aplicaciones de comunicación táctiles, ultrafiabiles y de baja latencia se obtenga con la próxima generación de tecnologías de capa física, a saber, las comunicaciones cuánticas. ■

“

*Se espera que el principal avance para lograr la promesa completa de aplicaciones de comunicaciones táctiles, ultrafiabiles y de baja latencia se obtenga con la próxima generación de tecnologías de capa física.*

”

Andrey Koucheryavy,  
Ammar Muthanna,  
Artem Volkov



## Inteligencia artificial y aprendizaje automático para la creación de redes autónomas - Una nueva dirección para las telecomunicaciones de próxima generación

Por Akihiro Nakao, profesor, [Universidad de Tokio](#)

■ Recientemente, los servicios comerciales de quinta generación (5G) han empezado a desplegarse y utilizarse a escala mundial. Al mismo tiempo, se han puesto en marcha una serie de estrategias de investigación y desarrollo (I+D) orientadas hacia tecnologías posteriores a la 5G, es decir, hacia la 6G.

En Japón, los servicios 5G empezaron a utilizarse en la primavera de 2020 y el órgano de debate creado por el Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones (MIC) para definir la orientación que cabía dar a la I+D con miras a la 6G emprendió su labor con anterioridad, en enero de 2020.

En junio de 2020, el Consejo estratégico del MIC encargado de los estudios posteriores a la 5G esbozó una propuesta estratégica en materia de I+D 6G.

“

*Las nuevas propuestas estratégicas para la superación de la 5G/6G prevén nuevos indicadores fundamentales de rendimiento.*

”

Akihiro Nakao

Las nuevas propuestas estratégicas para la superación de la 5G/6G prevén nuevos indicadores fundamentales de rendimiento (IFR), que deberían mejorar los valores objetivo de las actuales tecnologías inalámbricas 5G, en particular el amplio ancho de banda, la baja latencia y el elevado número de conexiones, en órdenes de magnitud. Además, comprenden una serie de elementos nuevos, entre los que cabe destacar la potencia ultrabaja, la seguridad, la autonomía y la facilidad de despliegue.

Estos dos últimos elementos nuevos son especialmente interesantes, pues con ellos se pretende crear redes autónomas y abrir el campo de las telecomunicaciones a sistemas cuyo despliegue se ha considerado difícil, como las estaciones en plataformas a gran altitud (HAPS) o las submarinas.

De hecho, últimamente, se han celebrado numerosos debates sobre la creación de redes autónomas utilizando el aprendizaje automático y la inteligencia artificial. La "autonomía" comprende el diseño y la instalación de una infraestructura de comunicaciones capaz de funcionar de forma independiente, es decir, sin intervención humana. Se trata de una red "sin intervención", lo que implica la construcción de una infraestructura de red óptima más sofisticada que la de las redes alámbricas e inalámbricas.

La NTT organizó con carácter reciente un foro mundial denominado Innovative Optical and Wireless Network (Red óptica e inalámbrica innovadora, IOWN). Aunque este concepto se articula en torno a numerosos componentes reveladores, como las redes fotónicas, centradas en los datos, de baja potencia y baja latencia, el objetivo principal parece ser la construcción de una infraestructura capaz de funcionar de forma automática, utilizando algoritmos inteligentes que sobrepasan la inteligencia y la experiencia humanas.

### Investigación avanzada en materia de comunicaciones en Japón

En el sector académico nipón, el Institute of Electronics, Information and Communication Engineers (Instituto de ingenieros en electrónica, información y comunicaciones, IEICE) desempeña un papel fundamental en la realización de investigaciones avanzadas en materia de comunicaciones. Reconocemos la necesidad de llevar a cabo investigaciones relacionadas con las redes autónomas, a fin de automatizar el funcionamiento y detectar y prever posibles fallos en las infraestructuras de tecnología de la información y la comunicación. Ello nos motivó a crear RISING, un grupo intersectorial consagrado al estudio de las redes superinteligentes del que soy presidente.

“

*Reconocemos la necesidad de llevar a cabo investigaciones relacionadas con las redes autónomas.*

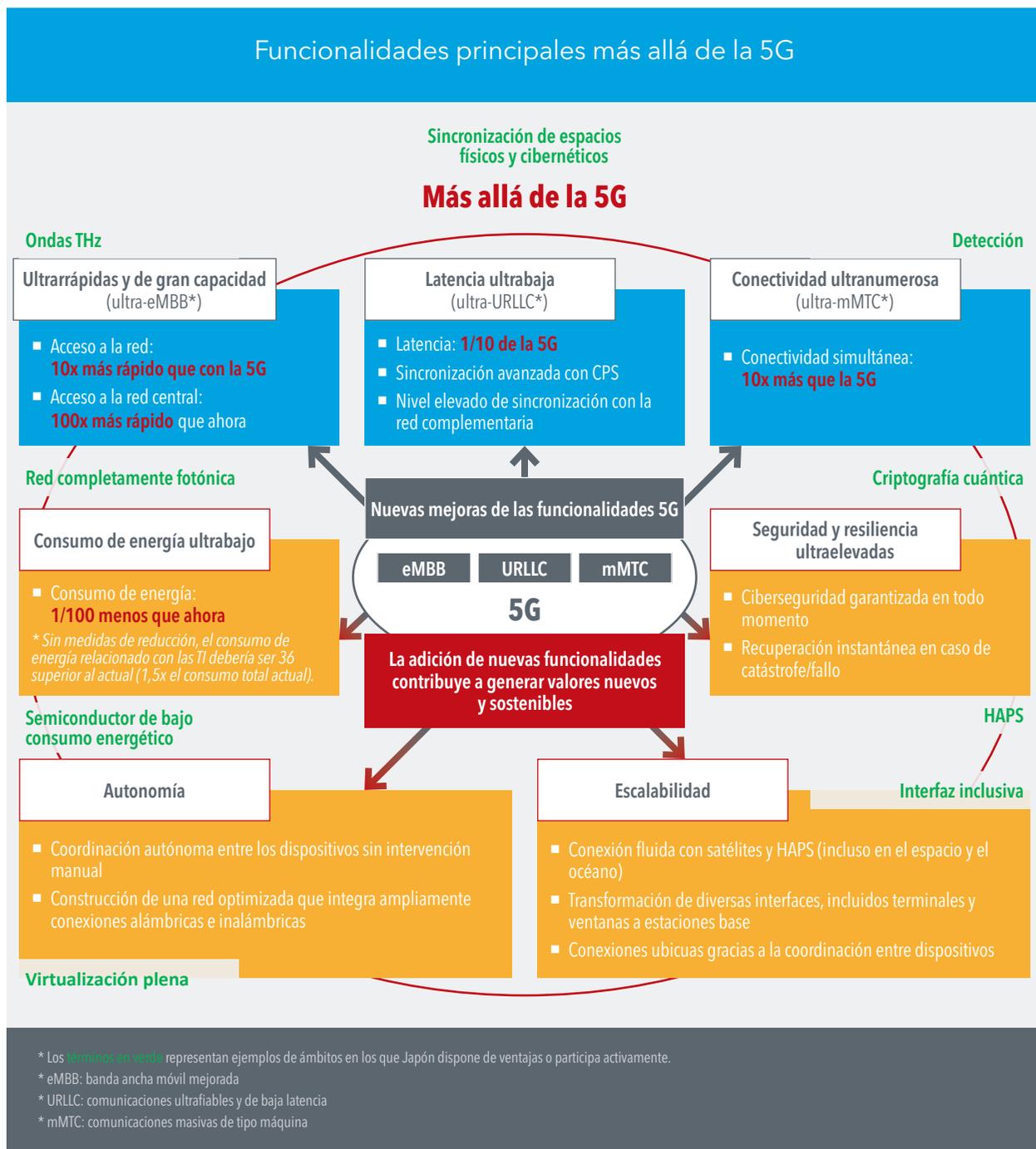
”

Akihiro Nakao

En el primer simposio de RISING, se organizaron 111 presentaciones de carteles y mesas redondas para crear conciencia entre un gran número de estudiantes e investigadores jóvenes. El evento suscitó un hondo interés entre investigadores de todos los campos tecnológicos vinculados a las infraestructuras de comunicación alámbricas e inalámbricas.

### La UIT y la inteligencia artificial y el aprendizaje automático para la 5G

Muchos interesados de Japón, incluida la Universidad de Tokio y una serie de socios del sector, han participado en los trabajos del Grupo Temático de la UIT sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las 5G (FG-ML5G).



“

*Muchos interesados de Japón, incluida la Universidad de Tokio y una serie de socios del sector, han participado en los trabajos del Grupo Temático de la UIT sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las 5G.*

”

Akihiro Nakao

El Ministerio de Asuntos Internos y Comunicaciones y las sociedades KDDI, NEC, Hitachi y NICT figuran entre las entidades japonesas que están llevando a cabo trabajos de investigación y desarrollo en materia de integración de la inteligencia artificial en las redes y han aportado numerosas contribuciones al ML5G.

En julio de 2020, la UIT puso en marcha un concurso relacionado con la integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en la 5G, basado en la resolución de problemas vinculados a la aplicación de ambas tecnologías en las redes 5G.

Países como China, Brasil, Turquía, Irlanda, India y los Estados Unidos han ejercido de anfitriones de algunas de las pruebas. En nuestra región, una coalición de asociados de la índole de TTC y NEC/KDDI ha organizado una prueba centrada en la comunidad RISING.

En el marco del concurso regional organizado por la UIT en Japón, KDDI y NEC presentaron sendas series de problemas de investigación. Una veintena de equipos compuestos por cuatro personas se inscribieron para participar en la búsqueda de soluciones a cada una de las series de problemas antes mencionadas.

Por su parte, RISING presentó una serie de problemas relacionados con la comunicación inalámbrica.

El concurso finalizó a mediados de octubre de 2020. Próximamente, seleccionaremos tres ganadores por cada serie de problemas y esperamos que los investigadores puedan presentar sus resultados en la conferencia mundial que la UIT celebrará en línea del 15 al 17 de diciembre de 2020.

Habida cuenta de los trabajos de investigación y desarrollo realizados, así como del hondo compromiso mostrados por numerosos interesados para con el concurso de la UIT, consideramos que la integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en las redes constituye un eje prometedor para la definición de las telecomunicaciones de la próxima generación, en especial las posteriores a la 5G/6G.

De hecho, nuestro objetivo es contribuir a los trabajos tanto de investigación y desarrollo, como de normalización, con miras a la integración de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en las telecomunicaciones a lo largo del próximo decenio. ■



## Realistic simulations in Raymobtime to design the physical layer of AI-based wireless systems

Por Aldebaro Klautau, Profesor, [Universidad Federal de Pará](#), Brasil, y Nuria González-Prelcic, Profesora asociada, [Universidad Estatal de Carolina del Norte](#), Estados Unidos

■ En el ámbito de la innovación en tecnologías 5G y de generaciones posteriores, una de las tendencias más evidentes consiste en aprender de la experiencia.

Los entornos de red simulados nos están ayudando a estudiar una serie de cuestiones abiertas, que revisten una importancia fundamental para determinar la contribución que la inteligencia artificial aportará a las comunicaciones inalámbricas.

El diseño de los sistemas inalámbricos actuales parte de complejos modelos matemáticos y su motor principal ha sido siempre la inteligencia humana. No obstante, estos sistemas están evolucionando hacia redes inalámbricas basadas en la inteligencia artificial, en las que los algoritmos de aprendizaje automático ejercen una función esencial.

A fin de proyectar soluciones basadas en la inteligencia artificial, se necesitan conjuntos de datos amplios y heterogéneos que permitan generalizar los resultados, especialmente cuando se consideran enfoques de aprendizaje profundo.

“

*En el ámbito de la innovación en tecnologías 5G y de generaciones posteriores, una de las tendencias más evidentes consiste en aprender de la experiencia.*

”

Aldebaro Klautau y  
Nuria González-Prelcic



## Los conjuntos de datos de Raymobtime y el concurso de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G

Es fundamental disponer de conjuntos de datos y puntos de referencia razonables para orientar los trabajos de investigación. El sistema Raymobtime se centra en la capa física (PHY), no obstante, ya se han puesto a disposición varios conjuntos de datos útiles para muchas otras aplicaciones en el marco del oportuno [Concurso de la UIT sobre Inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G](#).

Actualmente existen diez conjuntos de datos en Raymobtime, disponibles en [este enlace](#), que abarcan un total de 290.000 canales de comunicación.

Un subconjunto de dichos conjuntos de datos se ha puesto a disposición de los participantes en el concurso de la UIT que han optado por uno de los dos siguientes retos:

- **El reto ML5G-PHY [selección de haz]**, que parte de un sistema de ondas milimétricas (mmWave) en una red de vehículo a infraestructura basada en una arquitectura MIMO analógica. El modelo de aprendizaje automático (ML) que cabe desarrollar incluye características de entrada como las indicadas en la Figura 2 y da como resultado los índices del mejor par de haces.
- **El reto ML5G-PHY [evaluación de canal]**, que aborda uno de los problemas más complejos de la capa física 5G: la adquisición de información sobre los canales para establecer un enlace mmWave en una arquitectura MIMO híbrida. El objetivo consiste en evaluar los canales selectivos en frecuencia a partir de un pequeño número de pilotos de aprendizaje dados.

Ambos retos versan sobre problemas cruciales de la 5G, para los que el aprendizaje automático puede ofrecer soluciones valiosas. Entre dichos problemas figuran asimismo la selección de usuarios, la adaptación de enlaces y el posicionamiento y/o la comunicación conjuntos.

Algunas aplicaciones de aprendizaje profundo en redes 5G - como la detección de anomalías basada en los indicadores de rendimiento de encaminadores y otros componentes de la red - dependen de datos de los que se dispone en abundancia.

En cambio, la posibilidad de aplicar el aprendizaje automático en el

diseño de la capa física depende de la disponibilidad de datos sobre los canales.

No obstante, los factores presupuestarios y las limitaciones de tiempo impiden la construcción de la infraestructura inalámbrica y los prototipos necesarios para realizar amplias campañas de medición de canales, a fin de almacenar los

datos correspondientes. Por no mencionar la necesidad de adoptar ciertas decisiones conceptuales antes de construir el sistema.

En este contexto, las simulaciones realistas revisten una importancia crucial.

Aunque no sustituyen por completo a los prototipos y las mediciones, favorecen una rápida innovación al proporcionar entornos eficaces para la evaluación de nuevos algoritmos.

### Contribución de los conjuntos de datos de Raymobtime al concurso de la UIT

La metodología Raymobtime se concibió a efectos de la realización de simulaciones realistas de canales de comunicación mediante técnicas de trazado de rayos (ray-tracing), habida cuenta de la movilidad (mobility) de los transceptores y los dispersores radioeléctricos y su evolución en el tiempo (time).

Al adoptar valores razonables para los intervalos de muestreo entre distintas escenas (instantáneas), las técnicas de trazado de rayos permiten simular canales de comunicación de manera coherente en el tiempo, la frecuencia y el espacio. Estos canales pueden facilitar, por ejemplo, la evaluación de métodos de seguimiento de canales basados en el aprendizaje automático (ML) para algoritmos multiusuario de entrada y salida múltiples (MIMO).

Además, los conjuntos de datos de Raymobtime no se limitan a los canales de comunicación.

A raíz del creciente uso de la información de detección en favor de los sistemas de comunicación, se ha empezado utilizar software adicional para componer conjuntos de datos multimodales.

La Figura 1 ilustra la forma en que Raymobtime procedió como sistema pionero en la realización de simulaciones mediante el uso conjunto de software de trazado de rayos y de gráficos por ordenador en 3D. De esta forma se generan "pares" de datos sobre el canal de comunicación y la respectiva información visual obtenida de una cámara y/o la nube de puntos de

un sensor de detección y localización por ondas luminosas (LIDAR, Light Detection and Ranging.). Para simular cámaras y sensores LIDAR, se utilizan los paquetes de software de código abierto Blender y BlenSor, respectivamente. En cambio, para el trazado de rayos, se utilizan las soluciones comerciales Wireless InSite de Remcom y Winprop de Altair.

Raymobtime también permite el desarrollo de algoritmos impulsados por datos para simular zonas específicas de una ciudad.

Con objeto de obtener datos realistas para espacios exteriores, Raymobtime utiliza Cadmapper y OpenStreetMap a fin de crear simulaciones en 3D de inmuebles,

calles y otros objetos inmóviles de una zona. Los objetos en movimiento, como vehículos, peatones y drones, también se incluyen en el modelo en 3D y su posición en las distintas escenas se controla mediante el simulador de movilidad urbana (SUMO, Simulator of Urban Mobility) de código abierto.

SUMO permite aplicar estadísticas de tráfico realistas y facilita el estudio de aspectos estacionales, como las fluctuaciones del número de usuarios y el tráfico de datos en ciertas regiones a lo largo de un día.

La interacción entre todos los paquetes de software se orquesta utilizando Python, un lenguaje de programación ampliamente

Figura 1 – Diagrama de bloques que ilustra el software utilizado y el modo en que se aplican los conjuntos de datos de Raymobtime para resolver problemas de comunicación mediante soluciones basadas en el aprendizaje automático

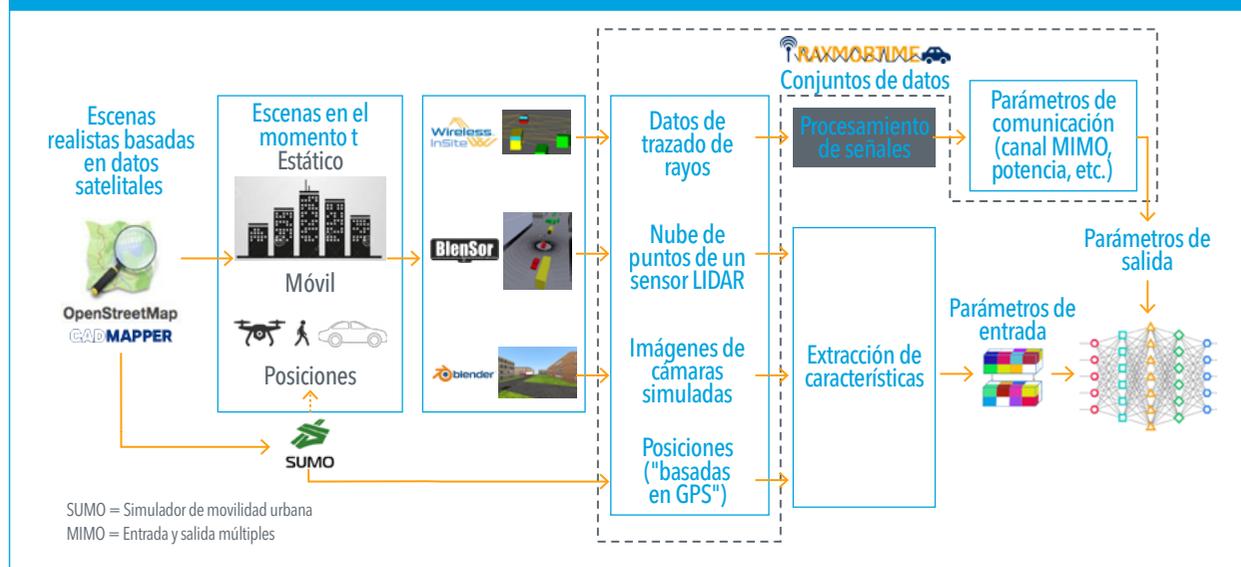


Figura 2 - Ejemplo de una escena en 3D, en la que se ha reducido el número de caras para disminuir el tiempo de ejecución del trazado de rayos. En la calle estudiada, los vehículos están resaltados en colores vivos



expandido en el ámbito de la inteligencia artificial, que también permite integrar las diferentes etapas de las fases de extracción de características y modelización de la inteligencia artificial, según se indica en la Figura 1.

### Investigación para mejorar Raymobtime

El coste computacional puede convertirse en un obstáculo en los casos en que el trazado de rayos y otras técnicas de simulación se aplican de manera recurrente, puesto que las escalas de tiempo difieren notablemente.

Un canal inalámbrico puede variar en decenas de milisegundos, incluso aunque ciertos objetos, por ejemplo vehículos, apenas se muevan.

El tiempo de ejecución del trazado de rayos depende de la complejidad de la escena en 3D, que a su vez depende del número total de caras (es decir, de reproducciones de objetos simulados). El número de caras de una escena en 3D puede reducirse con el objetivo de acelerar el trazado de rayos y crear simulaciones más fluidas, como en la Figura 2, en la que se redujeron las caras para crear un simulación más fluida de los edificios superpuestos sobre las imágenes satelitales de la ciudad.

Se sigue investigando en aras de optimizar el equilibrio entre la velocidad del trazado de rayos y la precisión de las escenas en 3D para las comunicaciones que incluyen inteligencia artificial.

Entre los desafíos a los que se enfrenta Raymobtime, figuran asimismo la asignación de un material a cada cara u objeto que compone la escena en 3D.

Cada material tiene una serie de propiedades electromagnéticas que afectan al trazado de rayos y, por tanto, al canal de comunicación. Raymobtime ha evolucionado a partir de simulaciones más sencillas con dos materiales, tal y como ilustra la Figura 3.

La versión 2 de Raymobtime incorporará la asignación automática de propiedades electromagnéticas a los materiales. Además, utilizará motores 3D mejorados para generar conjuntos de datos en un mayor número de zonas, lo que permitirá

realizar estudios en el contexto del aprendizaje por transferencia.

Esta mezcla de sistemas de comunicación y realidad virtual también será de utilidad para las investigaciones relativas a los modelos de canales híbridos, que combinan el trazado de rayos y los modelos de canales estadísticos. ■

Figura 3 - Evolución del nivel de realismo en la descripción de escenarios en 3D para simulaciones de tecnologías inalámbricas



Trazado de rayos estático con formas rectangulares



Raymobtime



Raymobtime versión 2.0



## Afianzar la fiabilidad y la confianza con simuladores de red y normas

Por **Francesc Wilhelmi**, Investigador postdoctoral, Centre Tecnològic de Telecomunicacions de Catalunya (CTTC), España

■ Los simuladores de red pueden desempeñar un papel clave en la creación de sistemas de aprendizaje automático (ML) fiables y dignos de confianza. No obstante, a tal efecto, la innovación en materia de redes 5G y 6G habilitadas para el ML debe comprender la integración de entornos de prueba interoperables.

En un futuro próximo, podremos construir sistemas de comunicación realmente autónomos, seguros y dignos de confianza, con funciones de ML, gracias en parte a los simuladores de red. Dicho esto, el éxito en la adopción de los simuladores dependerá de la definición y la normalización de componentes interoperables.

La integración de simuladores en redes autónomas con funciones de ML es ahora posible gracias a la informatización y la virtualización de las funciones de red.

“

*Los simuladores de red pueden desempeñar un papel clave en la creación de sistemas de aprendizaje automático (ML) fiables y dignos de confianza.*

”

Francesc Wilhelmi

En cuanto a los simuladores de red, existe una miríada de herramientas patentadas y de código abierto (por ejemplo, ns-3, OMNET++, OPNET) que permiten describir múltiples tipos de escenarios, tecnologías y funcionalidades de red.

Sin embargo, reunir todas esas herramientas constituye un desafío de envergadura, que solo puede superarse mediante la definición e implantación de interfaces normalizadas.

Gracias a la interoperabilidad de las futuras redes con funciones de ML, distintas entidades de diferentes dominios, como las funcionalidades de red, los repositorios de aprendizaje automático y los proveedores de datos, podrán interactuar sin trabas para afrontar los retos vinculados a la optimización.

La interoperabilidad entre dominios será uno de los principales vectores de desarrollo de las redes plenamente autónomas del futuro. En ese sentido, las condiciones aplicables a esa interoperabilidad deben establecerse pronto.

### Superar los obstáculos a la fiabilidad y la confianza con la ayuda de simuladores

Los mecanismos de aprendizaje automático pueden producir resultados no lineales, por ejemplo funciones de predicción, lo que puede llevar a cuestionar la fiabilidad de

## ¿Qué es el ML5G?

La creciente aplicación del aprendizaje automático en las redes de comunicación está motivada por las ingentes cantidades de **datos pendientes de explotación** y la **complejidad inherente** a los nuevos casos de uso, entre ellos las comunicaciones entre los vehículos y su entorno (V2X), las comunicaciones masivas de tipo máquina (mMTC) y las comunicaciones de realidad ampliada y vídeo de alta calidad.

Estos casos de uso difieren ampliamente en lo que respecta a los requisitos de movilidad, el número de dispositivos implicados y las necesidades en términos de ancho de banda y latencia. En las complejas redes 5G, la **calidad de funcionamiento podría mejorarse notablemente** gracias a la capacidad de los sistemas de aprendizaje automático de aprender **patrones complejos** y adaptarse a múltiples contextos y dominios.

Por ejemplo, la popularidad de las redes neuronales está aumentando rápidamente en la esfera del procesamiento de señales, debido a su capacidad para caracterizar modelos de canales desconocidos.

los resultados producidos por estas "cajas negras".

Quizás, las cajas negras más conocidas sean los modelos de aprendizaje profundo para la resolución de problemas con espacios multidimensionales, cuya precisión suele estar ligada a su grado de complejidad. Cuanto mayor es la complejidad del conjunto de datos, mayor es el número de neuronas y capas ocultas que requiere el modelo de aprendizaje profundo, lo que dificulta la labor de interpretación y explicación.

Además, según las características del caso de uso, los datos de aprendizaje pueden ser escasos, ruidosos o incluso no estacionarios, lo que compromete la fiabilidad de los modelos de ML y pone en tela de juicio su sostenibilidad. Los modelos altamente complejos también pueden requerir amplios recursos computacionales, que no siempre están disponibles.

Pensemos en las comunicaciones V2X, en cuyo marco la seguridad es fundamental y los vehículos y dispositivos móviles conectados crean complejos entornos de radiofrecuencias. El aprendizaje automático puede ayudar a gestionar esa complejidad, pero la escasez de datos y recursos computacionales puede causar disfunciones en el modelo y degradar los indicadores fundamentales de rendimiento en los que se basa la adopción del aprendizaje automático en la red.

Las prometedoras investigaciones realizadas en el ámbito de la inteligencia artificial explicable podrían fomentar la confianza en los resultados de las redes neuronales y otros métodos de inteligencia artificial complejos. No obstante, a corto plazo, los simuladores de red pueden proporcionar potentes herramientas para afianzar la confianza en el aprendizaje automático. Estos simuladores también pueden integrarse en sistemas de comunicación con funciones de ML.

Los simuladores de red son un instrumento **rentable** que permite reproducir el comportamiento de los sistemas de comunicación, incluidos desde los protocolos de comunicación hasta los fenómenos físicos relacionados con la propagación de las señales.

Los simuladores de red pueden integrarse en redes basadas en el aprendizaje automático, a fin de proporcionar las siguientes funcionalidades:

- **Validar** los resultados de los modelos de aprendizaje automático antes de su aplicación a una red en funcionamiento.
- **Generar** datos artificiales para la conformación de los modelos de aprendizaje automático, que pueden utilizarse para compensar la falta de datos o ampliar los conjuntos de datos de aprendizaje.
- **Conformar** modelos de aprendizaje automático en un dominio de simulación, lo que resulta particularmente útil para evitar los efectos de la exploración en el aprendizaje en línea.
- Actuar en calidad de **expertos** para facilitar la aplicación de los modelos de aprendizaje automático, proporcionando asesoramiento en determinadas situaciones (por ejemplo, de inicialización, exploración restringida, desvinculaciones, etc.).

A fin de ilustrar posibles simuladores en sistemas de comunicación futuros, consideremos el ejemplo de las instalaciones de transmisores-receptores basadas en redes neuronales.

Con el objetivo de mejorar la precisión de este tipo de soluciones, los simuladores de redes pueden generar datos artificiales que describan el comportamiento humano y, de esta forma, enriquecer los conjuntos de datos utilizados para el aprendizaje. Ello está motivando el diseño de nuevos conjuntos de datos y herramientas normalizados, incluidos simuladores de red, y los conjuntos de datos resultantes han desempeñado un papel importante en el [Concurso de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G](#).

“

*Las normas de la UIT proporcionan un conjunto de herramientas para introducir métodos de aprendizaje automático en redes 5G.*

”

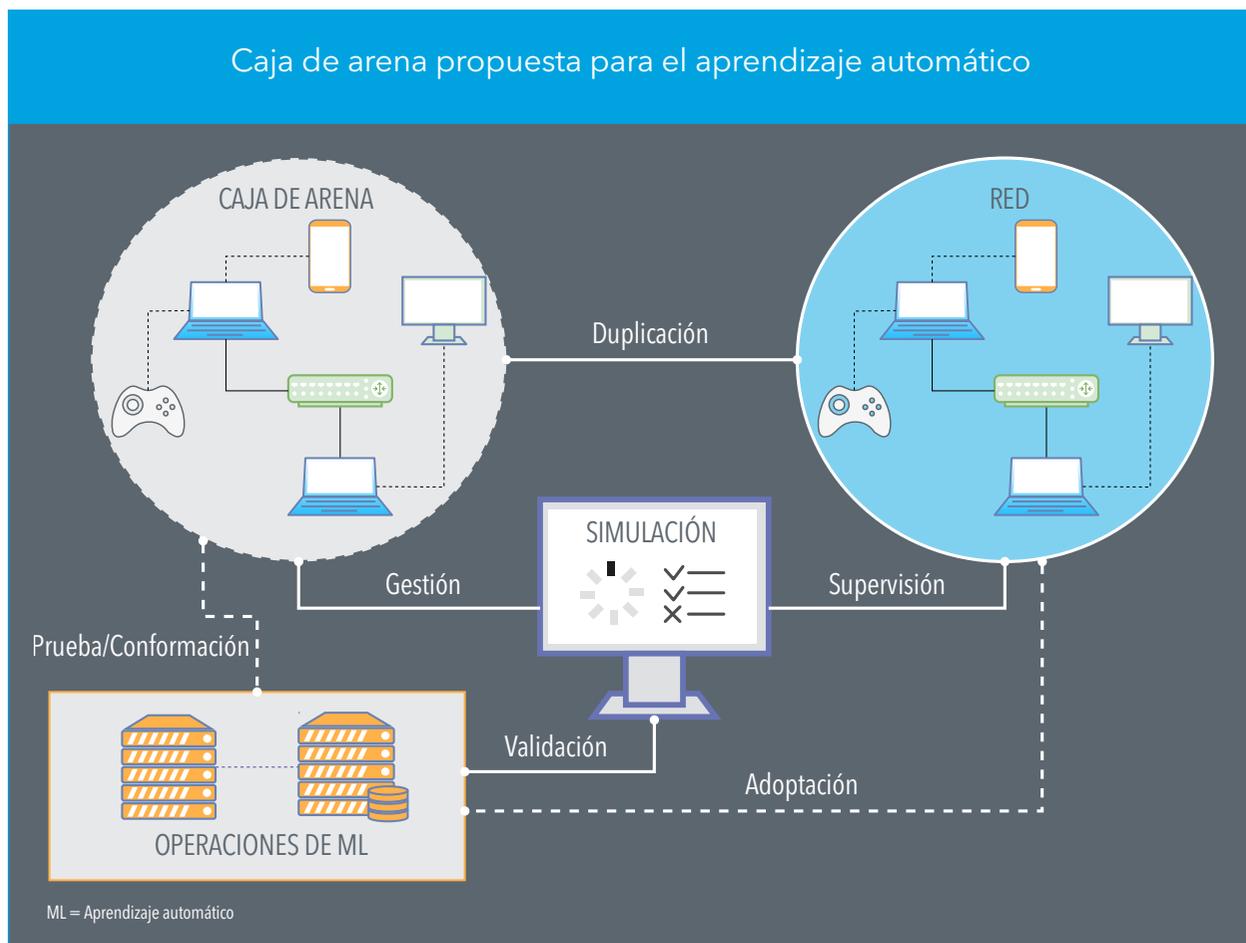
Francesc Wilhelmi

### La arquitectura flexible y la caja de arena propuestas por la UIT para el aprendizaje automático

Las normas de la UIT proporcionan un conjunto de herramientas para introducir métodos de aprendizaje automático en redes 5G.

Entre las normas más relevantes cabe destacar la Recomendación UIT-T [Y.3172](#), que define un marco arquitectónico para la integración flexible del aprendizaje automático en las redes.

La arquitectura prevista en dicha Recomendación prevé la creación de una caja de arena de aprendizaje automático como solución para mejorar la confianza en la aplicación de esta tecnología



Una caja de arena de aprendizaje automático permite probar, conformar y evaluar modelos de aprendizaje automático en un entorno seguro antes de su aplicación en redes operativas.

Los simuladores de red desempeñan un papel importante en estas cajas de arena, ya que reproducen de forma eficaz y flexible distintos comportamientos y escenarios de red.

La UIT ha emprendido una serie de estudios, en cuyo marco se están definiendo los requisitos, la arquitectura y las interfaces de la caja de arena propuesta para el aprendizaje automático. ■



## Proyectos de investigación en favor de la educación y el reconocimiento vocal en Nigeria

Por **James Agajo**, Profesor asociado y Jefe del Grupo de Investigación WINEST, Departamento de Ingeniería Informática, **Abdullahi Sani Shuaibu** y **Blessed Guda**, Estudiantes, [Universidad Federal de Tecnología de Minna](#), Nigeria

■ En marzo de 2019, en el marco de nuestra participación en el Grupo Temático del UIT-T sobre aprendizaje automático para redes futuras, incluidas las 5G (FG-ML5G), nuestro Grupo de Investigación en tecnologías de redes inalámbricas y sistemas integrados (Wireless Networks and Embedded Systems Technologies, WINEST) presentó un estudio sobre casos de uso y soluciones para la migración a redes IMT-2020/5G en mercados emergentes.

Nuestro objetivo era determinar el modo en que el aprendizaje automático podía ayudar a los mercados emergentes a saltar varias etapas de desarrollo tecnológico y sacar partido de las redes emergentes y futuras, optimizando al mismo tiempo el consumo de energía, la cobertura de las redes y los gastos generales de las comunicaciones..

### Mejora de la educación en África

Este estudio nos llevó a proponer el proyecto “AI-Based Classroom” (aulas basadas en la inteligencia artificial), con el objetivo de mejorar la educación de los alumnos más jóvenes de África.

Los estudiantes han tomado las riendas del proyecto, bajo la dirección de James Agajo, Jefe del Grupo de investigación WINEST de la Universidad Federal de Tecnología de Minna (Nigeria).

“

*Este estudio nos llevó a proponer el proyecto “AI-Based Classroom” (aulas basadas en la inteligencia artificial), con el objetivo de mejorar la educación de los alumnos más jóvenes de África.*

”

James Agajo, Abdullahi Sani Shuaibu, y Blessed Guda

La tecnología de procesamiento del lenguaje natural basado en la inteligencia artificial permite procesar conversaciones entre alumnos y profesores dentro de las aulas en la periferia de la red, a fin de extraer las palabras clave, manteniendo el anonimato de los oradores.

Estas palabras clave se transmiten a un clasificador instruido en el servidor central, que es capaz de recomendar contenidos mediáticos fascinantes, proporcionar a los estudiantes ejemplos intuitivos y servir de apoyo a las explicaciones de los docentes. El contenido mediático se comparte entonces en una pantalla digital en el aula. El sistema está diseñado con objeto de potenciar la labor de los profesores de educación primaria y no así de reemplazarlos.

A fin de integrar la inteligencia artificial en las aulas, antes es necesario

disponer de una biblioteca de reconocimiento vocal eficaz.

Este recurso no fue nada fácil de encontrar.

### Reconocimiento vocal automático para África

Buscábamos una biblioteca de reconocimiento vocal que pudiera funcionar a escala local, respondiera a las inquietudes en materia de privacidad de los usuarios y estuviera disponible de forma gratuita. Habida cuenta del extraordinario número de idiomas que se hablan en Nigeria en particular, y en África en general, también necesitábamos una biblioteca capaz de procesar adecuadamente el inglés con muchas variantes de pronunciación distintas.

Evaluamos numerosas bibliotecas de software, pero ninguna de ellas logró cumplir todos estos requisitos.

En consecuencia, el Grupo de investigación WINEST decidió lanzar un nuevo proyecto en febrero de 2020, con miras al desarrollo de un marco de reconocimiento vocal capaz de satisfacer los singulares requisitos del proyecto de aulas basadas en la inteligencia artificial.

El proyecto surgió de los debates suscitados por la presentación del proyecto que efectuamos durante el [7º Taller Regional sobre “Normalización de las redes futuras para construir un África mejor](#)

[conectada”](#). Este taller se celebró en Abuja (Nigeria) los días 3 y 4 de febrero de 2020, por iniciativa del grupo de expertos en normalización encargados de las futuras redes y la computación en la nube de la [Comisión de Estudio 13](#) del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T).

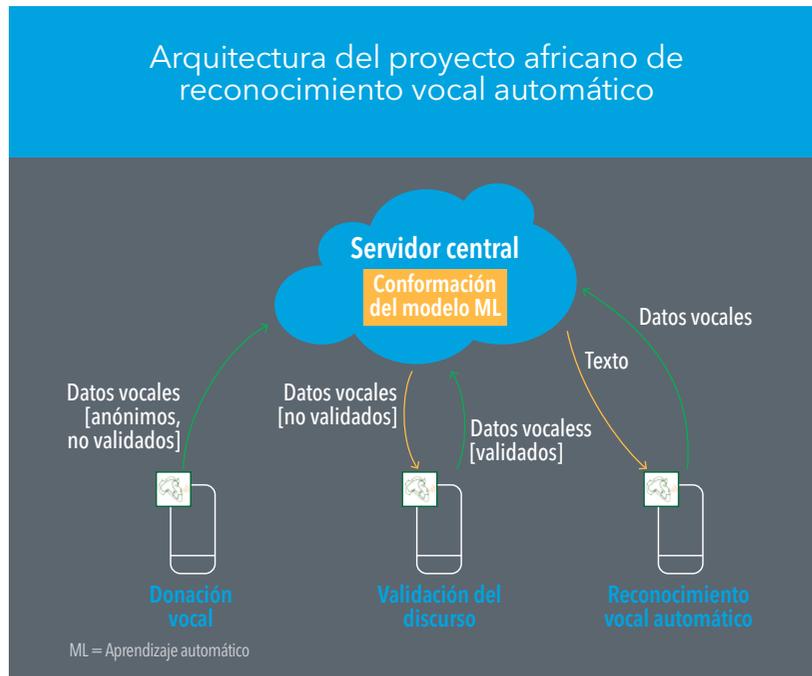
La información proporcionada por los expertos durante el taller de Abuja nos motivó a poner en marcha un proyecto piloto en Nigeria, con el objetivo de desarrollar un sistema africano de reconocimiento vocal automático (automatic speech recognition, ASR).

Actualmente estamos recopilando datos vocales y desarrollando el motor de ASR, a fin de crear un prototipo que guíe el desarrollo de un sistema que pueda comercializarse.

También hemos desarrollado la aplicación móvil “Wazobia” para facilitar la recopilación de los datos necesarios, gracias a la participación de “donantes de voz” nigerianos que leen textos en voz alta y donan la grabación de forma anónima.

“Wazobia” es una amalgama de tres palabras que significan “venir” en Yoruba (wa), Hausa (zo) e Igbo (bia), los tres grupos lingüísticos más extensos de Nigeria.

Los datos vocales se almacenan en nuestro servidor como datos “no validados” por defecto, hasta que los voluntarios los validan



colectivamente a través de la aplicación móvil Wazobia. Esta validación da lugar a evaluaciones booleanas de la precisión de las transcripciones de las grabaciones vocales efectuadas por el motor de ASR.

Hasta la fecha, hemos reunido más de tres horas de grabaciones vocales de más de 170 donantes de voz en el marco de este proyecto.

La fase de desarrollo del sistema de ASR africano comprende el procesamiento previo de los datos y, a continuación, el diseño y la conformación del software. A efectos del proyecto, se ha utilizado el conjunto de herramientas de ASR denominado Wav2letter++ y se ha tomado como referencia un artículo de investigación acerca de la inteligencia artificial de Facebook.

Se están logrando avances en la segmentación y el procesamiento previo de los datos reunidos para su uso en sistemas de aprendizaje automático supervisados y semi-supervisados. No obstante, de momento, el proyecto africano de ASR solo acepta el inglés como idioma de entrada.

Nuestro objetivo es ir integrando idiomas africanos como idiomas de entrada a medida que se desarrolle el proyecto de ASR, y hemos previsto impulsar esta esfera de innovación esencial mediante la presentación de nuestro corpus vocal de idiomas africanos en futuros concursos de la UIT sobre [inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G](#) y en generaciones posteriores.

## Inteligencia artificial y aprendizaje automático para la gestión de pandemias en África

También nos hemos propuesto presentar una nueva aplicación de rastreo de contactos, basada en tecnología Bluetooth® y técnicas de aprendizaje automático, en futuros concursos de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G.

Este proyecto de aplicación de rastreo de contactos en caso de pandemia tiene por objeto construir modelos de predicción del riesgo de exposición conformados

Recopilación de datos para la detección de contactos mediante la aplicación de rastreo en caso de pandemia

Distancia en línea recta entre el equipo del usuario

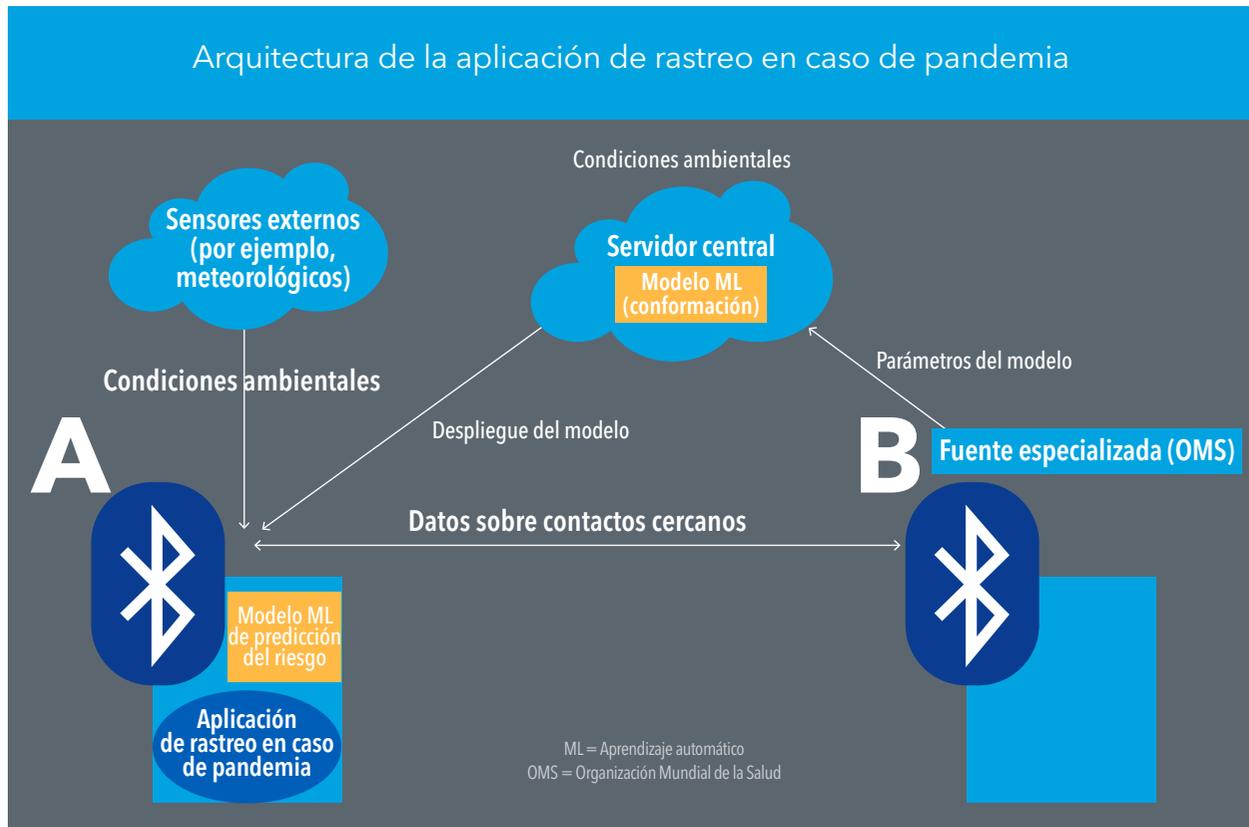
Intensidad de la señal Bluetooth

Modelo de equipo de usuario

Versión del sistema operativo

Interior/exterior (basado en la luz ambiental)

Interferencias de radiofrecuencias (Red de área local inalámbrica)



a partir de datos de usuarios anónimos [véase el cuadro].

El escenario de despliegue de la aplicación propuesta integraría los datos de los usuarios recopilados mediante un sistema Bluetooth® detectable, lo que no requeriría que todos los usuarios instalen la aplicación. No obstante, cabe la posibilidad de obtener una imagen más detallada del entorno mediante la integración de los datos de los giroscopios y acelerómetros de los dispositivos móviles cuando los dos dispositivos conectados mediante Bluetooth® disponen de la aplicación.

La aplicación propuesta se desarrollará con arreglo a los siguientes principios rectores

1. El rastreo de contactos será genérico, pero incluirá parámetros configurables con miras a su adaptación a futuras pandemias.
2. Se reutilizarán las funcionalidades pertinentes de ciertos marcos existentes, con las correspondientes adaptaciones para su aplicación en África.
3. El diseño incluirá mecanismos de protección de la privacidad.
4. La aplicación determinará el alcance adecuado del intercambio de datos más allá de las preferencias indicadas por el usuario, en base al

dispositivo, con respecto a la privacidad.

Los datos que se utilizarán para su conformación serán los específicos a las pandemias, conforme a lo recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y otras autoridades sanitarias. Los modelos de predicción del riesgo de exposición resultantes también serán específicos a las pandemias (conformados y desplegados desde un servidor central).

Actualmente estamos trabajando en la recopilación de los datos necesarios, que hemos previsto presentar en futuros concursos de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G y en generaciones posteriores. ■



## Por qué necesitamos nuevas asociaciones para obtener nuevos datos

Por **Ignacio Rodríguez Larrad**, Postdoctorando, Redes de comunicación inalámbrica, **Universidad de Aalborg**, Dinamarca

■ Con ocasión del [concurso de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G](#), distintas organizaciones industriales y académicas propusieron más de 30 enunciados de problemas. Ahora, participantes de todo el mundo compiten por encontrar los algoritmos basados en redes neuronales que les conduzcan a la solución óptima.

Los enunciados de los problemas disponibles se dividen en diferentes ámbitos temáticos, entre ellos los relacionados con las redes, la seguridad, los operadores o los mercados verticales.

No cabe duda de que el número de enunciados aumentará considerablemente en futuras ediciones del concurso. La aplicación de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático en las redes está cobrando un gran impulso tanto en el sector privado como el mundo académico y, con el paso del tiempo, este concurso de la UIT atraerá a un número cada vez mayor de estudiantes, investigadores y profesionales de la ingeniería.

“

*Aguardamos con emoción la gran final del concurso, que se celebrará en diciembre.*

”

Ignacio Rodríguez Larrad

Aguardamos con emoción la gran final del concurso, que se celebrará en diciembre y, seguramente, brindará nuevas perspectivas sobre el modo en que la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden ayudarnos a optimizar la interconexión de redes.

### Nuevas asociaciones para ampliar el acceso a los datos

El acceso a datos de alta calidad sigue figurando entre los principales obstáculos a la innovación en materia de inteligencia artificial y aprendizaje automático.

Los conjuntos de datos artificiales, contruidos a partir de simulaciones, han desempeñado un papel importante en el concurso de la UIT, habida cuenta las dificultades inherentes al acceso a datos de redes operativas. Por otro lado, si bien algunos enunciados de problemas eran muy pertinentes y estaban bien formulados, carecían de fuentes de datos, lo que obligó a los participantes a encontrar y proporcionar sus propios conjuntos de datos como parte de las soluciones.

Aunque la mayoría de los enunciados de problemas estaban abiertos a participantes internacionales, algunos se limitaban a competiciones nacionales. Dicho esto, cabe entender que los datos pertenecen a la institución que los proporciona y, por tanto, están sujetos a la normativa interna o nacional en materia de exportación

y a la reglamentación general de protección de datos del país competente.

Tanto los factores normativos y comerciales, como la propia naturaleza de los datos, influyen notablemente en la disponibilidad de estos últimos, lo que a su vez repercute en gran medida en el éxito de competiciones mundiales de la índole del concurso de la UIT.

Estas consideraciones ponen asimismo de relieve la importancia del concurso de la UIT sobre inteligencia artificial y aprendizaje automático en la 5G para fomentar la difusión de datos.

La UIT procura atraer y hacer participar a nuevas instituciones en grado de compartir enunciados de problemas y datos con la comunidad internacional.

A fin de lograr algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático funcionales y precisos, resulta esencial que los datos de entrada sean de alta calidad.

Lo ideal sería utilizar vastos conjuntos de datos de redes operativas para alimentar esos algoritmos. Sin embargo, actualmente, es muy difícil obtener estos conjuntos de datos de operadores de redes comerciales. Se requiere un cierto esfuerzo para recopilar datos específicos y, a continuación, procesarlos y anonimizarlos. Por su parte, los operadores deben proteger la privacidad de sus clientes

“

*A fin de lograr algoritmos de inteligencia artificial y aprendizaje automático funcionales y precisos, resulta esencial que los datos de entrada sean de alta calidad.*

”

Ignacio Rodríguez Larrad

y se muestran reacios a compartir datos que contengan información esencial para su actividad comercial sobre el estado operacional o la calidad de funcionamiento de sus redes.

En los próximos años, las redes de investigación - que son redes operativas reales, gestionadas por instituciones públicas de investigación - seguirán desempeñando un papel fundamental en la recopilación de datos con miras al tratamiento de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático.

Aunque también se requiere un cierto esfuerzo para recopilar datos de redes de investigación, así como para procesarlos y anonimizarlos en la mayoría de los casos, el intercambio de conjuntos de datos con otras instituciones resulta más sencillo en este contexto.

Instituciones de investigación de todo el mundo se han unido al movimiento en favor de los datos abiertos y ciertas comunidades de investigadores abogan por el libre

acceso a los datos de las investigaciones experimentales, así como a los hallazgos y artículos científicos conexos.

Sin embargo, las redes de investigación no son fáciles de construir.

Aunque es habitual que las redes de investigación funcionen en un espectro sin licencia, véanse redes Wi-Fi o redes inalámbricas de Internet de las cosas (IoT) como la LoRa, no es frecuente que este tipo de redes funcione en sistemas celulares 4G o 5G.

Estas redes entrañan costes mucho más elevados y, en consecuencia, los institutos de investigación pasan a depender del patrocinio y la estrecha colaboración de vendedores y operadores.

### Cómo colabora la Universidad de Aalborg con el sector privado en su laboratorio AAU 5G Smart Production Lab

En calidad de ejemplo de una red de investigación con un gran potencial en el ámbito de la inteligencia artificial y el aprendizaje automático establecida en un instituto público de investigación en colaboración con vendedores y operadores, la Universidad de Aalborg (AAU), en Dinamarca, alberga uno de los terrenos de juego más avanzados de la industria 4.0 en Europa.

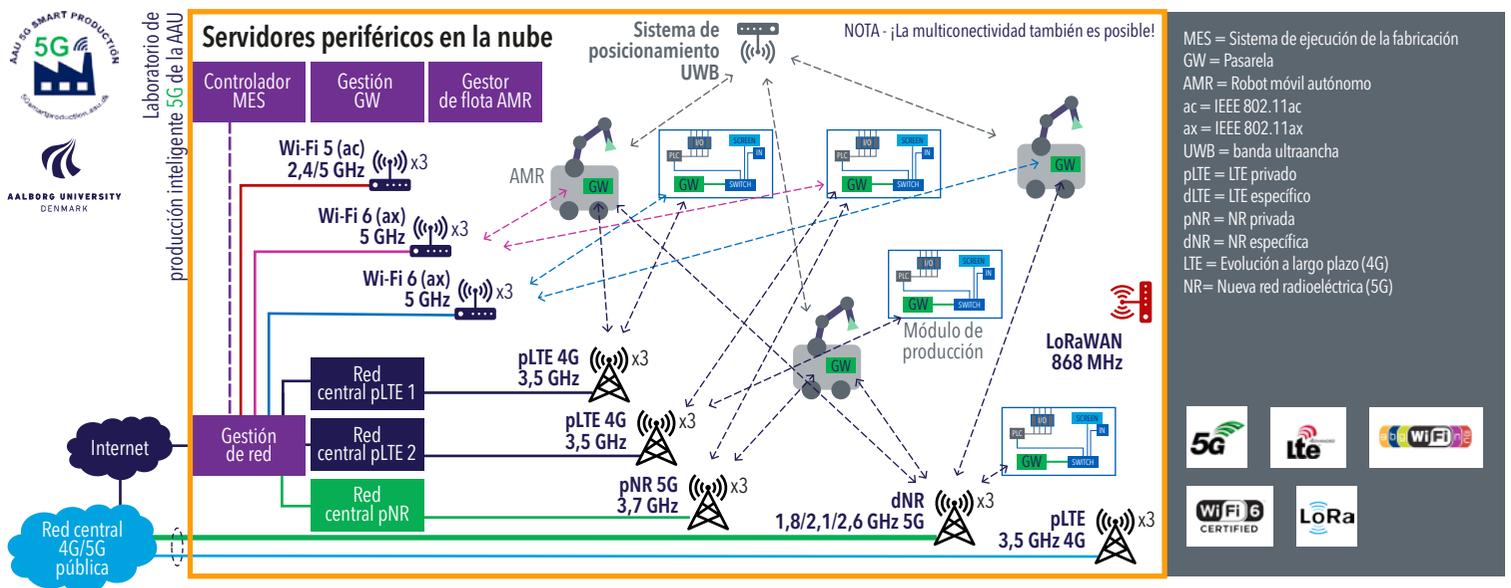
El AAU 5G Smart Production Lab (laboratorio de producción inteligente 5G de la AAU), recientemente inaugurado, es un pequeño laboratorio de investigación industrial dotado de acceso a una amplia gama de equipos operativos de

fabricación y producción industrial de diferentes proveedores, incluidos módulos de líneas de producción, brazos robóticos y robots móviles autónomos.

En colaboración con los laboratorios Nokia Bell Labs y el operador de telecomunicaciones Telenor Denmark, el laboratorio de investigación ha sido equipado con redes 4G (dos redes privadas), 5G (una red privada independiente) y Wi-Fi 6 (dos redes). De esta forma, los investigadores de la AAU y sus socios industriales pueden trabajar juntos en favor de la integración y la puesta a prueba de vanguardistas sistemas industriales de IoT para las fábricas del futuro.

El laboratorio dispone asimismo de una red de investigación LoRa, patrocinada por Cibicom Denmark,

## AAU 5G Smart Production Lab



y de un sistema de posicionamiento de banda ultraancha.

Todas las redes inalámbricas de investigación del laboratorio están interconectadas por una interfaz central de gestión de red que permite no solo controlar y configurar las distintas redes, sino también realizar un seguimiento y recopilar datos de las redes en determinados servidores periféricos en la nube.

La posibilidad de registrar la información de las redes sin restricción alguna, efectuando al mismo tiempo mediciones a partir de diversos dispositivos de usuario, abre nuevas perspectivas de investigación para la AAU y la comunidad internacional de investigadores especializados en las aplicaciones de inteligencia

artificial y aprendizaje automático de las redes.

### Amplieemos nuestro trabajo juntos

Las redes de investigación creadas conjuntamente por comunidades de investigación y empresas del sector pueden generar vastos conjuntos de datos pertinentes sobre su calidad de funcionamiento en múltiples dominios y con múltiples tecnologías. Estos datos podrían resultar muy útiles para el diseño y la optimización de soluciones inalámbricas avanzadas que atiendan a los distintos requisitos de comunicación de casos de uso reales de la IoT industrial operativa. ■

### El laboratorio de producción inteligente 5G de la AAU, recientemente inaugurado



Fuente: Universidad de Aalborg, Dinamarca, 2020

### Equipo del laboratorio de producción inteligente 5G de la AAU



Fuente: Universidad de Aalborg, Dinamarca, 2020

### Industria 4.0



Fuente: techstartups.com, 2020.

## Orquestación de funciones de aprendizaje automático para la futura generación de redes de comunicación

Por Shagufta Henna, Conferenciante especializada en informática, Instituto de Tecnología de Letterkenny, Irlanda

■ Las oportunidades que ofrece el aprendizaje automático (ML) para resolver los problemas más complejos utilizando una gran cantidad de datos suscitan interés entre los operadores de red de quinta generación (5G) y de generaciones posteriores.

No obstante, a estos operadores de red les cuesta integrar el aprendizaje automático en sus redes y, con frecuencia, dependen de expertos en datos para crear conductos de ML, que abarquen desde la recopilación de los datos hasta el despliegue del modelo. Por su parte, los conductos de ML pueden causar cuellos de botella si no se gestionan u orquestan adecuadamente. Además, a falta de mecanismos normalizados de orquestación ML, estos conductos pueden acabar siendo altamente complejos y costosos.

“

*Las oportunidades que ofrece el aprendizaje automático para resolver los problemas más complejos utilizando una gran cantidad de datos suscitan interés entre los operadores de red de quinta generación y de generaciones posteriores.*

”

Shagufta Henna

Entre los desafíos que traen consigo las redes de la próxima generación figuran la actualización y optimización de los modelos de ML, la concatenación y el control del rendimiento de los conductos de ML, la realización de evaluaciones, la división de los conductos, el despliegue de conductos de ML basado en políticas y la gestión y coordinación de múltiples conductos de ML en el marco de una red.

Estas complejas características exigen el uso de herramientas basadas en macrodatos y capaces de recopilar, almacenar y procesar previamente los datos, a fin de conformar modelos de ML. Actualmente, actores de la envergadura de Uber, Netflix, Google, Facebook y Airbnb están trabajando en la resolución de algunos de estos problemas, con la ayuda de plataformas de orquestación de ML personalizadas.

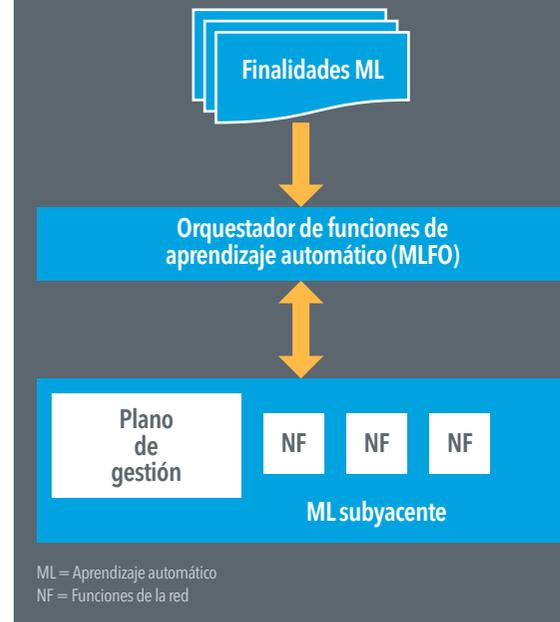
No obstante, estas soluciones están orientadas a la gestión interna de los conductos de ML y no abordan los requisitos atinentes a diversos casos de uso de la 5G y de generaciones posteriores. Las soluciones internas de orquestación de ML requieren inversiones significativas, cuyos beneficios no llegan a materializarse realmente en el sector.

### Resolver los problemas gracias al orquestador de funciones de aprendizaje automático

Conforme al proyecto de Recomendación del Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT (UIT-T) concerniente a los requisitos, la arquitectura y el diseño del orquestador de funciones de aprendizaje automático, el objetivo principal de este último consiste en resolver los problemas de integración, orquestación y gestión de los nodos y dependencias de los conductos de ML antes mencionados, reduciendo al mismo tiempo los gastos de explotación. El orquestador de funciones de aprendizaje automático presenta una arquitectura unificada que facilita la orquestación de los flujos de trabajo de ML de extremo a extremo, es decir, desde la recopilación y el procesamiento previo de los datos, hasta la conformación, la inferencia, la optimización y el despliegue de los modelos. Además, permite supervisar y evaluar los conductos de ML, con objeto de optimizar su calidad de funcionamiento.

El objetivo es disimular las complejidades subyacentes de la orquestación de nodos de conductos de ML, proporcionando una abstracción a usuarios y desarrolladores con la ayuda de interfaces de programación de aplicaciones (API) de alto nivel, tal y como ilustra la figura infra. Su arquitectura ofrece una

### Orquestador de funciones de aprendizaje automático



cierta flexibilidad, puede reutilizarse y permite ampliar los conductos de ML, con miras a su adaptación al vertiginoso ritmo de funcionamiento y desarrollo de los nodos conexos.

En el futuro, el objetivo será lograr una aplicación distribuida, minimizando al mismo tiempo la complejidad y los gastos generales. Además, será interesante poner a prueba los conceptos específicos del orquestador de funciones de aprendizaje automático en distintos casos de uso de la 5G y de generaciones posteriores. ■

# Oportunidades de patrocinio para 2021

¿Cuáles son las ventajas de patrocinar el Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G del año que viene?

Visibilidad de la marca durante todo un año.

- En el sitio web del Concurso.
- En la exitosa serie de webinarios sobre IA/aprendizaje automático en 5G de la UIT.
- En la gran final del Concurso.

Oportunidades programáticas.

Oportunidades en los medios de comunicación social.

Programa de tutorías.

Talleres prácticos a la medida.



Si está interesado en patrocinar el Concurso de la UIT sobre IA/aprendizaje automático en 5G, puede comunicarse con la dirección: [ai5gchallenge@itu.int](mailto:ai5gchallenge@itu.int).

# Manténgase al día // // Manténgase informado

## Abóñese a:

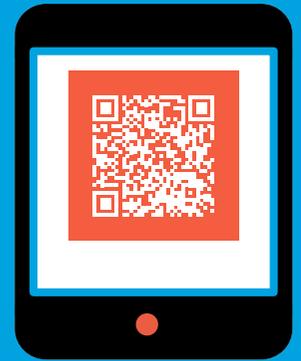
// Tendencias clave de las TIC mundiales // Perspectivas de los líderes intelectuales de las TIC // Lo último sobre los eventos e iniciativas de la UIT //



//  
*Semanal*  
//



//  
*Blogs regulares*  
//



//  
*Seis números al año*  
//



//  
*Siga los podcasts*  
//



//  
*Reciba las últimas noticias*  
//

Únase a las comunidades  
en línea de la UIT en su  
canal favorito