

Conectividad más allá de la tierra: satélites geoestacionarios, comunicaciones en la luna, 6g y reto global hacia 2031

POR: OSCAR LEÓN SUÁREZ*

La conectividad del futuro no dependerá de quién posea una red o un satélite, sino de la capacidad de los Estados para gestionar ecosistemas híbridos donde GEO, LEO, MEO, HAPS, 6G y comunicaciones lunares funcionen como una sola infraestructura crítica. La soberanía digital dejará de ser hardware para convertirse en regulación convergente, cooperación regional y talento técnico capaz de integrar tierra, espacio y luna en un mismo sistema al servicio del desarrollo humano.

Esta convergencia marca un punto de inflexión: la conectividad deja de ser infraestructura nacional, para convertirse en plataforma planetaria, cuyo éxito dependerá de instituciones fuertes; planificación espectral con visión de futuro y la formación de Ingenieros capaces de diseñar redes que superen los límites terrestres.

La próxima década marcará una transformación sin precedentes en la conectividad global. Por primera vez, el ecosistema digital no se limita a redes terrestres o satelitales tradicionales: avanza hacia aplicaciones lunares, tecnologías en órbitas no geoestacionarias y la convergencia con la sexta generación móvil (IMT-2030/6G).

Este cambio tecnológico crea oportunidades de desarrollo económico y social, pero también exige una gobernanza más sólida, cooperación internacional y políticas de espectro más convergentes.



Esta evolución implica fortalecer capacidades técnicas, planificar a largo plazo y asegurar que la transformación digital llegue a todos, desde grandes urbes hasta comunidades rurales, indígenas y pequeñas islas del Caribe.

El nuevo rol de los satélites GEO frente a LEO/MEO

El nuevo paradigma espacial, redefine el papel de los satélites geoestacionarios (GEO). Históricamente, los GEO han sido la columna vertebral de las telecomunicaciones, garantizando servicios de radiodifusión, interconexión internacional y conectividad en zonas remotas. Hoy conviven con sistemas satelitales en órbitas bajas y medias (LEO/MEO), que ofrecen baja latencia y despliegues acelerados, impulsados además por aplicaciones de internet masivo, inteligencia artificial (IA) y servicios críticos.



Esta coexistencia no representa una sustitución, sino una diversificación tecnológica: los satélites GEO siguen siendo esenciales para cobertura estable, redes gubernamentales y seguridad nacional; y las constelaciones NGSO amplían las alternativas de conectividad, incluyendo el Internet de las Cosas (IoT) de baja latencia. La prioridad ya no es la órbita, sino la interoperabilidad entre ellas.

Perspectiva técnica

Desde el punto de vista de Ingeniería, la interoperabilidad GEO-LEO-MEO implica desafíos en handover inter-órbita, sincronización y mitigación de interferencias en bandas como Ku, Ka y Q/V. Tecnologías como enlaces ópticos intersatelitales (ISL), beamforming avanzado y gateways virtualizados, permitirán la optimización del tráfico en redes multi órbitas, creando redes híbridas que se integran con redes terrestres y móviles 5G-Advanced y 6G.

Esto traerá nuevos modelos de calidad de servicio, network slicing satelital, priorización para servicios críticos y gestión dinámica de espectro asistida con IA.

Tendencia global: soberanía satelital sin operar satélites

Se observa una tendencia creciente a la externalización o transferencia de capacidades satelitales geoestacionarias, desde administraciones estatales, hacia operadores comerciales o asociaciones público-privadas.

Muchos países han dejado de operar directamente satélites, trasladando su gestión a consorcios internacionales o empresas privadas. Esto no implica renunciar a la soberanía satelital: los Estados mantienen control estratégico sobre el uso del espectro, las posiciones orbitales y los servicios estratégicos, mientras el sector privado asume la operación comercial y la modernización tecnológica.

La soberanía ya no depende de poseer un satélite, sino de regular su uso, garantizar interoperabilidad y orientar la infraestructura hacia el interés público. Esto exige Estados más fuertes a nivel regulatorio y técnico.

“ Históricamente, los GEO han sido columna vertebral de las telecomunicaciones, garantizando servicios de radiodifusión, interconexión internacional y conectividad en zonas remotas. ”

Perspectiva técnica

Este modelo requiere fortalecer capacidades en coordinación orbital ante equipos como el Radio Regulations Board (RRB) y el Bureau de Radiocomunicaciones (BR) de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT).

Los países deberán dominar simulaciones de interferencia multiórbita; predicción de congestión en bandas altas; coordinación con constelaciones masivas y validación de cumplimiento de ITU-R S.1503, S.1323 e IMT-2030 NTN.

La Ingeniería satelital nacional deberá orientarse a planificación espectral, monitoreo, verificación de cumplimiento y diseño de modelos para definir tarifas por explotación orbital-espectral asociados al costo-beneficio de explotación orbital.

Comunicaciones lunares y 6G: el siguiente paso

Más allá de la órbita terrestre, las radiocomunicaciones lunares emergen como una nueva frontera. Misiones espaciales; navegación; exploración; seguridad; explotación sostenible de recursos naturales en la luna, robótica y redes de comunicación lunar, requieren bandas específicas y estándares internacionales para evitar interferencias.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) estudia bandas para enlaces lunares y sistemas interplanetarios; paralelamente, la evolución de IMT-2030/6G incorpora redes híbridas espacio-tierra, IA nativa y comunicaciones ultra-confiabiles con sensores distribuidos. A diferencia de generaciones anteriores, 6G no será solo terrestre: dependerá de satélites, plataformas estratosféricas (HAPS) y redes espaciales.



Perspectiva técnica

La interoperabilidad lunar-terrestre requerirá asignación de frecuencias para enlaces lunares, con requisitos más estrictos de redes tolerantes a retrasos (Delay-Tolerant Networking - DTN) y estándares CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems).

El despliegue 6G implicará comunicaciones THz, redes determinísticas, asignación dinámica por IA y soporte de redes no terrestres (NTN - Non Terrestrial Networks) nativo, lo cual exige nuevos algoritmos

para mitigación de desvanecimiento, direccionamiento inteligente de haces satelitales y slicing espacial, donde partes de la red móvil serán operadas en el espacio.

Por lo tanto, las Ingenierías en telecomunicaciones deberán migrar hacia simulación de redes espacio-tierra, modelado en tiempo real y seguridad cuántica para enlaces críticos.

CITEL y las Propuestas Interamericanas (IAP)

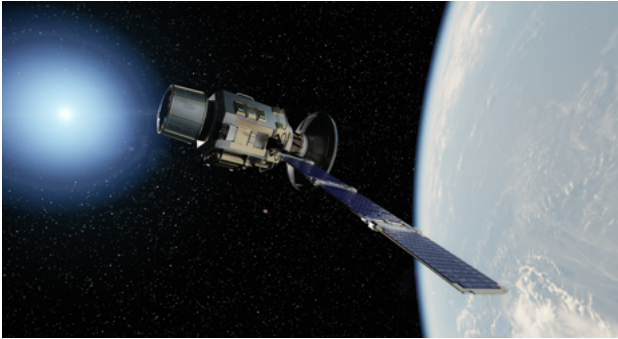
En este escenario, la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (WTDC-25) y la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (WRC-27) representan procesos distintos pero complementarios dentro de la UIT.

La WTDC aborda cooperación, desarrollo digital y creación de capacidades; la WRC establece normas y distribución de espectro y servicios satelitales. Sus resultados no dependen uno del otro, pero sí convergen en fortalecer el ecosistema digital y de radiocomunicaciones.

En este marco, los países de la región participan mediante posiciones comunes denominadas Propuestas Interamericanas (IAP). Estas posiciones son preparadas, presentadas y defendidas internacionalmente por la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones de la Organización de los Estados Americanos (CITEL/OEA) en nombre de sus Estados Miembros, asegurando que las necesidades de las Américas sean consideradas durante los tratados, acuerdos globales y nuevos marcos regulatorios de la UIT.

El aporte de las IAP a la década 2025-2031

Las 20 Propuestas Interamericanas (IAP) acordadas para la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (WTDC-25) consolidan una visión regional que integra inclusión digital, infraestructura resiliente y fortalecimiento institucional.



En inclusión, destacan la protección infantil (IAP-1); el empoderamiento de mujeres (IAP-8) y la capacitación de jóvenes y comunidades vulnerables (IAP-16 e IAP-20), promoviendo conectividad significativa, basada en habilidades, seguridad y oportunidades económicas.

En competitividad, sobresalen acciones para infraestructura satelital y espectro (IAP-3, IAP-4, IAP-13); uso de IA para políticas públicas (IAP-12) y modernización estadística para inversión (IAP-6, IAP-7). Finalmente, el eje institucional fortalece gobernanza, financiamiento y cooperación en ciberseguridad (IAP-9, IAP-10, IAP-15, IAP-17, IAP-18, IAP-19).

En conjunto, estas propuestas impulsan una agenda donde la digitalización es desarrollo humano, competitividad económica y seguridad institucional en una región que transita hacia constelaciones satelitales, 6G y conectividad fuera de la Tierra.

Perspectiva técnica

Desde el enfoque de Ingeniería, varias IAP enfatizan la necesidad de sistemas cuantificables, interoperables y basados en datos avanzados. La modernización estadística (IAP-6, IAP-7) requiere automatización, modelos predictivos y analítica aplicada a brecha digital, generando indicadores normalizados que incorporen oferta, demanda, latencia, asequibilidad y uso real.

Las propuestas sobre espectro y satélites (IAP-3, IAP-4, IAP-13) demandan planificación y coexistencia GEO-LEO-MEO-HAPS, redes IMT-2030 (6G) entre todas las demás tecnologías existentes, con técnicas en propagación para bandas Ka, Q/V y THz, mitigación de interferencias, modelado espectral con IA y estándares ITU-R y CCSDS.

Las IAP orientadas a formación y seguridad (IAP-1, IAP-8, IAP-16, IAP-20, IAP-19) requieren talento en criptografía post-cuántica, IA responsable, resiliencia de redes satelitales y comunicación determinística.

La Ingeniería regional deberá avanzar hacia modelado matemático, planificación espectral, interoperabilidad y seguridad avanzada, para sostener redes que integrarán tierra, espacio cercano y aplicaciones lunares.

Conclusión

La próxima década exige que los Estados refuercen sus capacidades en planificación espectral; gobernanza digital; seguridad; interoperabilidad tecnológica; comunicaciones híbridas y uso responsable de inteligencia artificial.

La conectividad deberá sostener servicios críticos como educación, salud, gestión ambiental, seguridad y productividad. La cooperación regional es clave para que cada país participe con igualdad técnica, económica y regulatoria en un mercado global altamente competitivo.

Más allá de la Tierra, la conectividad será un derecho habilitante para el desarrollo humano. Su éxito dependerá de la capacidad de los Estados para cooperar, fortalecer sus instituciones y regular con visión de futuro, asegurando que la tecnología esté al servicio de las personas y de una economía digital inclusiva, productiva y sostenible para todos los habitantes de las Américas. ▲

*Oscar León Suárez. Ingeniero Electrónico, Pontificia Universidad Javeriana; posgrado en Gestión de Proyectos de Telecomunicaciones y Máster en Administración de Empresas. Actualmente, Secretario Ejecutivo de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL/OEA).