INCyTU
OFICINA DE INFORMACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA PARA EL CONGRESO DE LA UNIÓN

Melchor Ocampo 305, Colonia Santa Catarina,
Delegación Coyoacán, Ciudad de México
C.P. 04010. Tel. +52(55) 5611 8536
www.foroconsultivo.org.mx
FCCyT,AC

NOTA-INCyTU | NÚMERO 038 | MARZO 2020

Satélites pequeños

Foto: National Aeronautics and Space Administration (NASA).

RESUMEN

- Se denomina satélites pequeños (SP) a los satélites artificiales cuya masa se encuentra entre menos de 1 kg y hasta 500 kg.
- Su costo de producción y complejidad de desarrollo son mucho más bajos que los satélites convencionales, lo que implica mayor accesibilidad para gobiernos, empresas y universidades.
- Los SP aún cuentan con ciertas limitaciones tecnológicas; sin embargo, son capaces de proporcionar información que al día de hoy es equiparable con la que genera un satélite convencional.
- Las actividades y tecnologías espaciales son herramientas que contribuyen a resolver muchos de los retos globales actuales, por ejemplo, analizar el impacto humano en el medioambiente a través de la observación terrestre satelital.
- Al ser una tecnología asequible y de alta demanda, se estima que las actividades de manufactura, servicios de lanzamiento y aplicaciones de SP desarrollen un mercado global con un valor estimado a los $37 mil millones de dólares para 2027.
- Los SP requerirán de la formación de profesionales capaces de participar en proyectos de alta tecnología.
- Impulsar una política espacial sobre SP, conforme a los instrumentos jurídicos existentes en México y el mundo, propiciaría el surgimiento de un sector económico nacional y de alta demanda a nivel global.

Introducción

Gracias a los satélites pequeños, ocurre un fenómeno de democratización del espacio exterior (New Space); la apertura a nuevos actores y oportunidades de negocio, un cambio en relación a la época en que las actividades espaciales eran exclusivas del sector gubernamental de países desarrollados.

> ***Old Space:*** tendencia de crear objetos tecnológicos grandes, sofisticados y bajo un esquema de bajo riesgo y alta confiabilidad. Principalmente al alcance de los países desarrollados y grandes empresas.
> ***New Space:*** es la filosofía de crear tecnología espacial rápidamente, asequible y aprovechando la miniaturización de componentes electrónicos, tecnologías de reciente generación y nuevos materiales, con un enfoque mayormente comercial de sus aplicaciones.

1. Aplicaciones y actividades espaciales

El desarrollo espacial nació como una necesidad militar estratégica al término de la Segunda Guerra Mundial. Sin embargo, desde sus inicios se hizo presente el potencial de las tecnologías espaciales en aplicaciones civiles y la importancia del uso pacífico del espacio.

Las **actividades espaciales (AE)** y sus aplicaciones contribuyen al conocimiento y exploración del Universo, así como a resolver muchos de los retos globales actuales. Algunos ejemplos son:

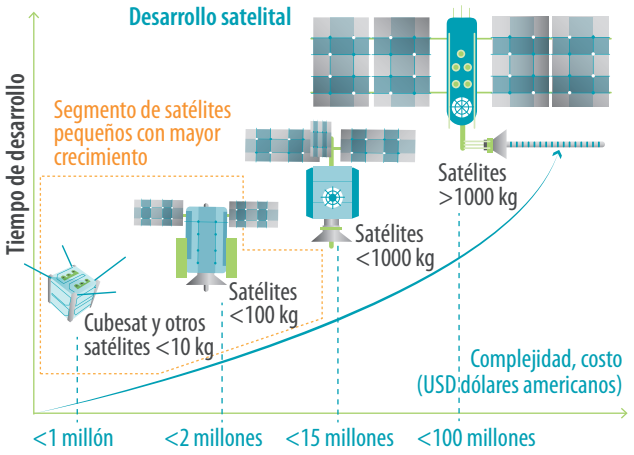
- Observación terrestre: proporciona información para la gestión del riesgo de desastres, incluidas la prevención y la alerta temprana.
- Internet satelital en zonas remotas: que puede ser utilizado para brindar servicios de salud y educación a distancia a poblaciones sin acceso a estos servicios.[1]
- Cooperación internacional: el desarrollo de las AE involucra la creación de leyes y políticas en los contextos nacional e internacional[1] dado que el espacio exterior es patrimonio de la humanidad y no puede ser objeto de apropiación.

2. Satélites pequeños

Se denomina satélites pequeños a los satélites artificiales, cuya masa se encuentra entre 0.1 kg y 500 kg. En general,

la complejidad, costo y tiempo de desarrollo de un satélite varían en función de sus dimensiones y masa (figura 1). Por tal motivo, el uso de satélites menores a 100 kg ha crecido de manera notable en los últimos 10 años.

Figura 1. Relación de los satélites según su masa, costo total de una misión (entre otros, de las operaciones durante su vida útil, infraestructura en tierra, concesiones), complejidad y tiempo de desarrollo.



Cubesat: es un SP cuya estructura base denominada 1U (una unidad), consiste en un cubo de 10x10x10 cm y una masa alrededor de 1.3 kg por cada 1U. Pueden llegar a medir hasta 12U, con masas de alrededor de 15 kg.
Constelación de satélites pequeños: los satélites que operan en conjunto forman una constelación, la cual aporta respaldo, redundancia y cobertura a los servicios que ofrecen. Cada satélite en una constelación puede ser renovado periódicamente, para asegurar que siempre se cuente con un servicio optimizado, de bajo riesgo y con actualizaciones tecnológicas constantes. Estos satélites son una tendencia creciente. Empresas como SpaceX[2], OneWeb[3] y Planet[4] son buenos ejemplos de casos de constelaciones de SP.

La vida útil promedio es de algunos meses hasta alrededor de tres años para satélites Cubesat de 1U a 3U y de entre uno a siete años para satélites de entre 10 kg y 500 kg. Con la aparición y popularización de los satélites Cubesat en el año de 1999, más gobiernos de países desarrollados y de economías emergentes han desarrollado y lanzado sistemas propios.

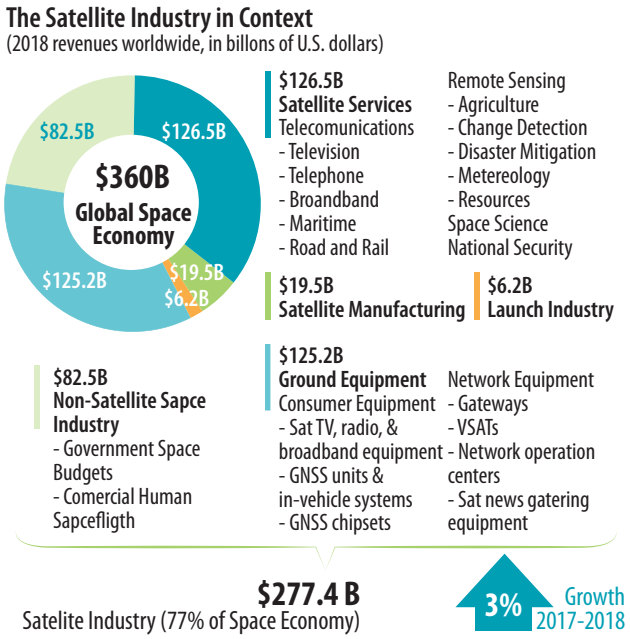
3. Beneficios de los satélites pequeños

Además del corto tiempo de desarrollo y su bajo costo respecto a los satélites convencionales, otros beneficios de los SP son:

3.1 Impacto económico

- La demanda en el mercado global de SP pasará de 1,200 a más de 7,000 para la siguiente década (2018-2026)[5,6]. El valor del mercado generó en 2018 más de 3,632.4 millones de dólares en ganancias,[5] alrededor de 1.3% de todo el sector satelital y se estima que las actividades de manufactura, servicios de lanzamiento y aplicaciones alcancen entre $15,686.3 y $37 mil millones de dólares para el 2026.[5,7]

Figura 2. Situación económica mundial de la industria espacial al 2018.[8]



- El desarrollo de SP y sus aplicaciones genera una industria de alto valor agregado y fomenta la creación de nuevas empresas (Figura 3). Tan sólo entre el año 2000 y el año 2016, el crecimiento de empresas con base en desarrollos de satélites pequeños paso de menos de 10 a casi 60, mostrando un crecimiento exponencial.[9]
- La creación de un ecosistema industrial para el mercado local y de exportación para la producción de componentes, software y aplicaciones dirigidos a SP.[10] Los productos y servicios tienen un mercado potencial muy grande, como ejemplo nuevas empresas tipo Start-Up, que han atraído considerables inversiones y para 2016 obtuvieron alrededor de 16,600 millones de dólares provenientes de 33 países.[11] Este ecosistema se localiza a su vez en un sector globalizado, donde las compañías disponen de proveedores y clientes en todo el mundo.

Figura 3. Ecosistema de satélites pequeños.[12]

3.2 Flexibilidad de sus aplicaciones

De las aplicaciones basadas en SP de mayor uso son:

- Observación de la Tierra.
- Desarrollo y demostración de tecnologías.
- Investigación científica.
- Comunicaciones.
- Exploración.

Lo más atractivo del uso y desarrollo de SP, son las aplicaciones combinadas y complementadas con otras tecnologías como los drones,[13] industria 4.0, internet de las cosas, las aplicaciones de inteligencia artificial[14] y los satélites mayores tradicionales.

3.3 Otros beneficios

- Desarrollo de capacidades humanas: son una fuente de alta tecnología que requiere de tecnólogos y científicos así como de la contribución de otros profesionales de las ciencias sociales como derecho, economía y política.
- El conocimiento y capacidad desarrollada en el sector espacial puede aplicarse a otros campos tecnológicos y viceversa; por ejemplo: el automotriz, aeronáutica, electrónica y software, así como en las industrias de energía y la transformación.

La Agencia Espacial Mexicana (AEM) mantiene un registro de programas nacionales de formación de profesionales en el campo aeroespacial.[15] La mayoría de éstos tiene un enfoque principalmente aeronáutico, por lo que es necesario la actualización o creación de programas acorde a las necesidades de la industria de los SP.

Los SP no condicionan negativamente el uso de los satélites grandes; al contrario, contribuyen a su desarrollo ya que propician la generación de capacidades propias, de exportación de productos y servicios con valor agregado. El desarrollo de SP permite un mayor acceso al espacio a nuevos actores.

4. Desventajas de los satélites pequeños

- Limitaciones de energía y movilidad: las características tecnológicas y sus dimensiones limitan la generación de energía y maniobras en órbita. Sin embargo, son capaces de proporcionar o manejar información equiparable a la que genera un satélite tradicional en observación de la Tierra y comunicaciones, por ejemplo.
- Administración y seguridad del tráfico espacial: el posible crecimiento desmedido de estos objetos a través de mega constelaciones (MC) de SP podría incrementar el riesgo de choque con otros satélites u objetos, interferencia y generación de basura espacial.[16] Otro problema de las MC es el impacto para los observatorios astronómicos terrestres debido a la contaminación lumínica del cielo alrededor de la puesta y salida del Sol así como posibles interferencias para radiotelescopios.[17,18,19]

Lograr hacer del sector espacial una actividad sostenible es uno de los mayores retos, para lo cual es necesario crear soluciones de carácter tecnológico y jurídico, las cuales representan un área de oportunidad.

5. Marco jurídico y de política pública de las actividades espaciales y satélites pequeños

5.1 Ámbito internacional

Los Tratados sobre el Espacio Ultraterrestre de Naciones Unidas (TEU) son el punto de partida del Derecho Espacial. A partir de este, algunos Estados cuentan con leyes nacionales que rigen sus actividades espaciales.

> ***Derecho espacial:*** Su objetivo es asegurar un enfoque racional y responsable de la exploración y uso del espacio ultraterrestre en beneficio e interés de toda la humanidad. Para lograrlo, el Derecho Espacial abarca cuestiones como la conservación del ambiente espacial y terrestre, la responsabilidad por daños causados por objetos espaciales, la solución de controversias, el salvamento de astronautas, la utilización de tecnologías espaciales y la cooperación internacional.

En todo proyecto de uso y exploración del espacio ultraterrestre los gobiernos de los países son los responsables ante los organismos internacionales de toda actividad espacial que se realice (pública y privada) bajo la jurisdicción de una nación. En este sentido, la regulación que aplica actualmente a los SP, es la misma que aplica a los satélites tradicionales (grandes) en la mayoría de los países. Esto se justifica debido al riesgo potencial de daños, interferencia y generación de basura espacial. Sin embargo, las diferencias en capacidades y el tiempo de desarrollo de satélites tradicionales respecto de los SP, hace que la regulación aplicable a estos últimos no resulte conveniente. Los satélites grandes, tienen periodos de desarrollo del orden de tres a cinco años (desde la conceptualización de su misión y hasta su puesta en operación). Por el contrario, los SP pueden tomar de seis meses a menos de dos años. Por la diferencia en periodos de desarrollo y de vida útil, los SP requieren de una regulación más ágil y apropiada a su escala de desarrollo, que no inhiba su adopción. Por ejemplo, el gobierno de Luxemburgo ha logrado atraer compañías espaciales al ofrecer un ambiente abierto, con mayor certeza jurídica y menores restricciones.[20]

En fecha reciente se firmó un acuerdo entre UNOOSA (United Nations Office for Outer Space Affairs, por sus siglas en inglés) y el Gobierno de Luxemburgo para ejecutar el proyecto Space Law for New Space Actors, el cual ofrecerá a los países miembros de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) que desean realizar actividades espaciales, facilitar la redacción de la legislación y política espacial nacional en línea con el derecho espacial internacional, lo que promueve la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre.[21]

Los requisitos legales y regulatorios con los que se deberá cumplir en todo proyecto de SP desde su planeación, desarrollo, operación y disposición final (figura 4).

Figura 4. Aspectos legales y regulatorios.[22]

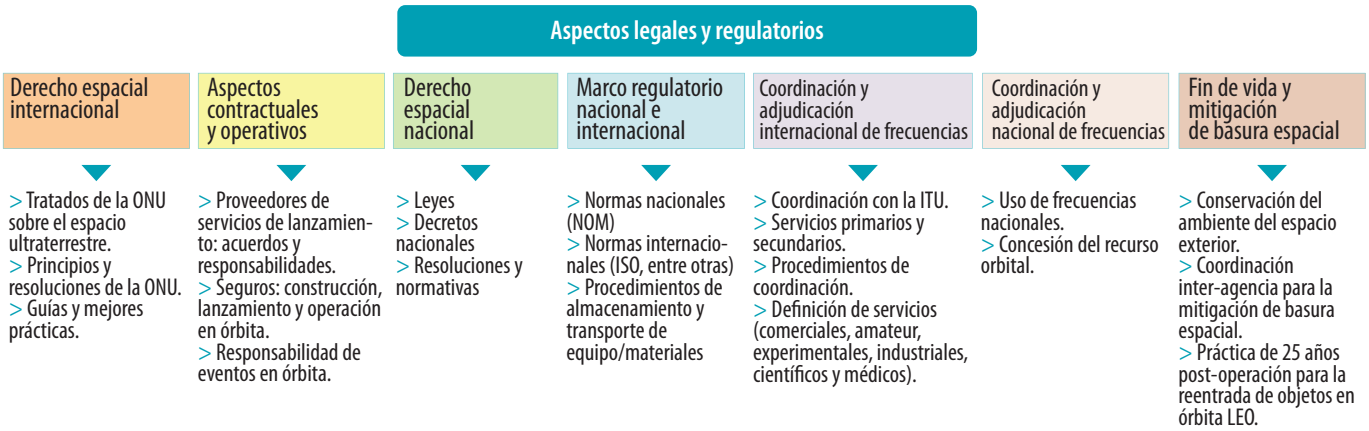


Tabla 1. Retos en la regulación de satélites pequeños.[23,24]

Aspectos a regular	Retos
1. Licenciamiento: es la autorización y supervisión para el desarrollo de cualquier actividad espacial por parte de entidades públicas o privadas en un Estado. Cada país establece su propia regulación en concordancia con los Tratados sobre el Espacio Ultraterrestre de la ONU	Deberá considerar la capacidad y actividad del SP, a fin de facilitar los procedimientos y evitar lagunas que permitan actividades no deseadas, o por incertidumbre inhiban el desarrollo de otras. Los lanzamientos con pequeñas cargas útiles plantearán desafíos para las autoridades reguladoras. Los requisitos legales y el proceso resultarán difíciles para lanzamientos rutinarios, por lo que se propone que el trámite se realice por única vez y se renueve de forma periódica.
2. Registro: todo objeto que se lanza al espacio debe registrarse ante la autoridad del país y de la ONU. El registro facilita la identificación y aplicación del derecho espacial internacional para determinar responsabilidades.	Actualmente, muchos satélites no se registran, lo que pone en riesgo su identificación en caso de cualquier accidente o conflicto.
3. Regulación del espectro: Se refiere a la disponibilidad y uso eficiente del espectro radioeléctrico. En este contexto aplican las reglas establecidas a nivel nacional, y por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) para adquisición y uso de frecuencias para todos los satélites de cualquier tamaño y clasificación sin excepción.	Los SP utilizan mayormente bandas de radio amateur (BRA), lo que actualmente provoca saturación de éstas. Asimismo, el trámite de frecuencias para SP, es un proceso complejo y lento a nivel nacional e internacional, lo que provoca que operadores de SP vean retrasadas sus misiones.
4. Mitigación de basura espacial: Los esfuerzos de mitigación incluyen la vigilancia sistemática y el seguimiento de los objetos existentes, así como las normas y directrices preventivas, como los estándares adoptados por los estados parte de ONU. Las posibles soluciones técnicas para la eliminación activa o recuperación de escombros, se encuentran en desarrollo por parte de las agencias espaciales y algunas empresas privadas.	Es importante tener en cuenta que estas directrices no son legalmente vinculantes (obligatorias) según el derecho internacional y deben implementarse a través de mecanismos nacionales. La aplicación interna de éstas a los SP será un desafío, especialmente en aquellos países que no cuentan con mecanismos reguladores nacionales, o que no emiten ni requieren ninguna licencia para dichos satélites.
5. Responsabilidad legal en caso de accidentes: La responsabilidad de toda actividad espacial recae en la nación donde ésta se lleva a cabo conforme a los Tratados de Espacio Ultratarrestre. En consecuencia, toda compensación por daño causado de una actividad espacial recae en el Estado a cargo.	La responsabilidad por daños causados por SP impondrá desafíos regulatorios y financieros, lo que hará necesario un equilibrio en forma de medidas técnicas y reglamentarias apropiadas sin que la incertidumbre restrinja su actividad.

La regulación de SP representa un gran reto para los organismos internacionales, gobiernos y demás actores en la materia. Generar mecanismos ágiles y que otorguen seguridad jurídica en esta actividad resulta esencial (Tabla 1).

5.1.1 Presupuesto en el sector espacial a nivel internacional

Se estima que el presupuesto gubernamental mundial destinado al sector espacial alcanzará los 80 mil millones de dólares anuales para 2023, con mayor crecimiento para las aplicaciones civiles respecto de las militares.[25]

El presupuesto gubernamental que México destina al sector espacial es el más bajo comparado con la inversión pública mundial y ha decrecido en los últimos cinco años.

5.2 Ámbito nacional (México)

Se denomina Ley Nacional de Actividades Espaciales (LNAE) a toda legislación nacional aplicable a las actividades espaciales. A nivel mundial, hay 22 países que actualmente cuentan con una LNAE,[26] en América Latina sólo lo tienen Argentina, Brasil y Chile. Actualmente México no cuenta con una, pero ha firmado y ratificado la totalidad de los Tratados de Espacio Ultratarrestre. En el año 2010 se creó la Agencia Espacial Mexicana por decreto de ley, como órgano rector en materia espacial del Gobierno de México.[27]

La política espacial de México comprende:

- Las Líneas Generales de la Política Espacial de México (LGPEM).[28] Resultado de los foros de consulta ordenados en

el artículo tercero transitorio de la Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana.

- El Plan Nacional de Actividades Espaciales (PNAE).[29] Establece los lineamientos de política, objetivos, estrategias y líneas de acción en congruencia con el Plan Nacional de Desarrollo (PDN) 2013-2018 y el Programa Sectorial de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT).
- La Política en materia satelital del Gobierno Federal (PSGF).[30] Este instrumento, no considera a la LGPEM y PNAE, y no reconoce a la AEM como órgano rector de la política espacial,[30] **lo que deja desarticulada la política espacial.**

Por lo que respecta al marco regulatorio de SP en México, se cuenta únicamente con la Norma Mexicana NMX-AE-001-SCFI-2018 Sistemas espaciales - Diseño de satélites cubesats - Requisitos y clasificación, publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 22 de agosto de 2018, y la norma NMX-AE-002-SCFI-2019 – Sistemas Espaciales-Gestión de Riesgos publicada en el DOF el 15 de agosto de 2019. En éstas se establecen los requisitos técnicos que deberán observarse para el desarrollo de estos satélites y los principios para la gestión integrada de riesgos en un proyecto espacial, respectivamente.[31,32]

5.2.1 Presupuesto nacional en el sector espacial

A partir de la creación por Ley de la AEM en el año 2010 y su puesta en marcha en 2012, el gasto gubernamental en materia espacial se puede desglosar de la siguiente manera:

- Presupuesto asignado a la AEM. En 2019 se le asignaron poco más de 62 millones de pesos, 55% del otorgado en 2014, año en que registró el mayor monto asignado.
- Fondo Sectorial de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación en Actividades Espaciales CONACYT-AEM. Al 8 de septiembre de 2019, este Fondo asignó $1,297,368.40 de pesos mexicanos, 93.81% menos que en el 2016 año en que inició este fideicomiso.
- Sistema Satelital Mexicano (MEXSAT). La adquisición de tres satélites GEO para el sistema MEXSAT tuvo un costo de más de 791 millones de dólares,[33] sin considerar el lanzamiento e infraestructura de los centros de operación.

Aunque el Sistema Satelital MEXSAT requirió una gran inversión que busca cubrir la capacidad del país en comunicación satelital, su construcción no involucró a la industria ni a la academia, lo que no produjo beneficios más allá de su adquisición, como hubieran podido ser el desarrollo de capacidades tecnológicas en el país y transferencia de tecnología.

5.2.2 Oportunidades para el aprovechamiento de la tecnología espacial para México

Además de aplicaciones de comunicaciones (satélites GEO), diferentes organismos gubernamentales mexicanos adquieren imágenes satelitales y software para el tratamiento de las mismas. Como ejemplo, México es cliente de Planet, una de las empresas con mayor crecimiento en aplicaciones de observación de la Tierra basadas en constelaciones de SP.[34]

El desarrollo de satélites propios o en colaboración con empresas u organismos internacionales en México se ha limitado a unos prototipos con tres lanzamientos a la fecha: el primero en 1996[35], el segundo en 2019[36] con el Painani-I primer nanosatélite mexicano y el Cubesat 1U AztechSat-1 desarrollado por la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, en colaboración con la Agencia Espacial Mexicana y la Administración Nacional de la Aeronáutica y del Espacio (NASA).[37] Actualmente se desarrolla el nanosatélite Pakal de la Universidad Panamericana.[38] Otros proyectos espaciales, que no son propiamente satélites pequeños en México, contemplan la primer misión a la Luna con el proyecto Colmena del Laboratorio de Instrumentación Espacial ICN-UNAM[39].

Esto deja un área de oportunidad para que haya más desarrollos que puedan ser útiles para cubrir los servicios del gobierno con un potencial comercializable.

6. Conclusiones

El sector espacial mexicano se beneficiaría si se implementa un marco legal (Ley Nacional de Actividades Espaciales) y regulatorio de las actividades espaciales que brinde certeza jurídica. Esto se logrará a través de una política espacial congruente con los instrumentos jurídicos y de política pública existente, en concordancia con el marco jurídico internacional. Es muy importante que estos instrumentos jurídicos y de política pública consideren el desarrollo de satélites pequeños, para limitar riesgos debido al incremento de objetos que orbitan la Tierra y al mismo tiempo fomentar su desarrollo y adopción tecnológica. De esta manera, se podrán aprovechar las oportunidades de negocio y gozar de todos los beneficios que conlleva el desarrollo de actividades espaciales.

Referencias

1. Beneficios del espacio para la humanidad: http://www.unoosa.org/oosa/en/benefits-of-space/benefits.html, consultado: 10/febrero/2018.
2. SpaceX lanza el primer lote de 60 satélites de Internet en una misión histórica. Consultado en: https://cnnespanol.cnn.com/2019/05/24/spacex-lanza-el-primer-lote-de-60-satelites-de-internet-en-una-mision-historica/
3. Carlos Duarte Muñoz. OneWeb, un cambio de paradigma en el desarrollo espacial. Revista Electrónica "Hacia el Espacio", AEM Consultado en:https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=769
4. Carlos Duarte Muñoz. PlanetLabs: disrupción a través de CubeSats. Revista Electrónica "Hacia el Espacio", AEM. Consultado en:https://haciaelespacio.aem.gob.mx/revistadigital/articul.php?interior=137
5. Small Satellite Market by Type (Minisatellite, Microsatellite, Nanosatellite, Pico-Satellites, and Femto Satellites), Application (Imaging and Earth Observations, Satellite Communications, Science & Explorations, Technology Development, and Space Situational Awareness), and End-User (Civil & Commercial and Government & Defense): Global Opportunity Analysis and Industry Forecast, 2019–2026: https://www.alliedmarketresearch.com/small-satellite-market, consultado: 24/febrero/2020.

6. 2018 Nano/Microsatellite Market Forecast, 10th Edition, SpaceWorks Enterprises, Inc. https://www.spaceworks.aero/wp-content/uploads/Nano-Microsatellite-Market-Forecast-10th-Edition-2020.pdf, consultado: 19/enero/2020.
7. Small Satellites Flying high with $37 billion market and 6500 satellites to launch by 2027 report, Northern Sky Research: https://www.nsr.com/small-satellites-flying-high-with-37-billion-market-and-6500-satellites-to-launch-by-2027/consultado: 29/enero/2019.
8. State of the Satellite Industry Report 2019: https://www.sia.org/wp-content/uploads/2017/07/SIA-SSIR-2017.pdf, consultado: 10/febrero/2018. Actualización: 24/febrero/2020: https://brycetech.com/downloads/SSIR-2019-2-pager.pdf
9. Martin N. Sweeting, Modern Space Satellites, Changing the Economics of Space. Proceedings of the IEEE, Vol.106, No.3, March 2018.
10. Erik Kulu. Nanosatellite & Cubesat database: https://www.nanosats.eu/ consultado: 8/noviembre/2018.
11. Bryce, Start-Up Space Update on Investment in Commercial Space Ventures 2017.
12. Bhavya Lal, Asha Balakrishnan, Alyssa Picard, Ben Corbin, Jonathan Behrens, Ellen Green, Roger Myers, "Trends in Small Satellite Technology and the Role of the NASA Small Spacecraft Technology Program". Science and Technology Policy Institute, 28 March 2017, consultado: 15/noviembre/2018 https://www.nasa.gov/sites/default/files/atoms/files/nac_march2017_blal_ida_sstp_tagged.pdf
13. NOTA INCyTU16. Uso de drones: retos y oportunidades. Consultado en: https://www.foroconsultivo.org.mx/INCyTU/index.php/notas/77-16-uso-de-drones-retos-y-oportunidades-n
14. NOTA INCyTU12. Inteligencia Artificial. Consultado en: https://www.foroconsultivo.org.mx/INCyTU/index.php/notas/73-12-inteligencia-artificial-n
15. Programas nacionales en el sector aeroespacial en México, http://www.educacionespacial.aem.gob.mx/mapa_nacional.html# consultado: 17/noviembre/2019.
16. ESA spacecraft dodges large constellation: https://www.esa.int/Our_Activities/Space_Safety/ESA_spacecraft_dodges_large_constellation consultado: 7/septiembre/2019.
17. Alexandra Witze, "SpaceX launch highlights threat to astronomy from megaconstellations" doi: https://www.nature.com/articles/d41586-019-03446-y consultado: 12/noviembre/2019.
18. Emma Fosbury, Alison Turtle' and Michael Black, "Astronomical Light Pollution by Artificial Earth Satellites" doi: https://www.eso.org/sci/publications/messenger/archive/no.67-mar92/messenger-no67-53-56.pdf consultado: 16/noviembre/2019.
19. Hall Jeffrey, "Light Pollution, Radio Interference, and SpaceDebris: Threats and Opportunities in the 2020s", doi: https://science.nrao.edu/science/astro2020/apc-white-papers/related/117-d60fc25d6720cc80120835a8bb1e94da_HallJeffreyC.pdf consultado: 16/noviembre/2019.
20. The Official Portal of The Grand Duchy of Luxembourg. A legal framework for space exploration: http://luxembourg.public.lu/en/actualites/2017/07/21-spaceresources/index.html, consultado: 10/febrero/2018
21. UNOOSA signed an agreement with the Government of Luxembourg to launch new "Space Law for New Space Actors" project, http://www.unis.unvienna.org/unis/en/pressrels/2019/unisos523.html?fbclid=IwAR13ZLJIhxhL0OofY4fVCQhjW-WkFBQIfhd6zDI9sa50CWvh8WV2gCZm0M0consultado: 13/noviembre/2019
22. Christopher D. Johnson, Legal and Regulatory considerations of Small Satellite projects. Secure World Foundation: https://swfound.org/media/188605/small_satellite_program_guide_-_chapter_5_-_legal_and_regulatory_considerations_by_chris_johnson.pdf, consultado: 29/noviembre/2018.
23. Jakhu, Dr Ram S. "REGULATION OF SMALL & MICRO SATELLITES," proceeding of the sixth IAASS Conference Safety is Not an Option, http://iaassconference2013.space-safety.org/wp-content/uploads/sites/19/2013/06/1140_Jakhu.pdf, consultado: 7/septiembre/2019
24. Ram S. Jakhu, Joseph N. Pelton, "Small Satellites and Their Regulation". Springer, 2014, doi: https://link.springer.com/book/10.1007/978-1-4614-9423-2#toc
25. State of the Satellite Industry Report 2017: https://www.sia.org/wp-content/uploads/2017/07/SIA-SSIR-2017.pdf, consultado: 10/febrero/2018. Actualización: 29/enero/2019: http://brycetech.com/downloads/SIA_SSIR_2018.pdf
26. Registro de UNOOSA (UNOOSA):http://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/spacelaw/nationalspacelaw/index.html, consultado: 7/diciembre/2018.
27. Artículo 2 de la Ley que crea la AEM.
28. DOF, 2011. "Las Líneas Generales de la Política Espacial de México".
29. DOF, 2015. "El Plan Nacional de Actividades Espaciales".
30. DOF, 2018. "La Política en materia satelital del Gobierno Federal".
31. DOF, 2018. "Norma Mexicana NMX-AE-001-SCFI-2018".
32. DOF, 2019. "Norma Mexicana NMX-AE—002-SCFI-2019".
33. SCT, Sistema Satelital mexicano, Auditoría Financiera y de cumplimiento 14-0-09100-02-0419 DE-030: https://www.asf.gob.mx/Trans/Informes/IR2014i/Documentos/Auditorias/2014_0419_a.pdf, consultado 10/febrero/2018.
34. "CONABIO Creates a Countrywide Conservation Baseline: Deforestation Monitoring Aids Overall Environmental Effort", Earth Imaging Journal, doi: http://eijournal.com/print/articles/conabio-creates-a-countrywide-conservation-baseline-deforestation-monitoring-aids-overall-environmental-effort consultado: 9/septiembre/2018.
35. UNAMSAT-B: http://www.dint.unam.mx/blog/index.php/item/3201-el-satelite-universitario-uamsat-b-fue-puesto-exitosamente-en-orbita, consultado al 10/febrero/2018.
36. Painani-I primer nanosatélite mexicano: https://todos.cicese.mx/sitio/noticia.php?t=texto&stat=Cf&n=1368consultado: 20/septiembre/2019.
37. AztechSat-1: https://upaep.mx/aztechsat consultado: 27/marzo/72019.
38. Misión Colibrí: https://www.colibrimission.com/ consultado: 16/noviembre/2019.
39. Misión Colmena: http://epistemia.nucleares.unam.mx/web?name=linx&page=56 consultado: 16/noviembre/2019.

INCyTU proporciona información al Congreso de la Unión sobre temas relacionados con ciencia y tecnología, que son relevantes para legislar y hacer políticas públicas en México. Autores: Isaí Fajardo Tapia y Valeria Bereniz Ramos Barba. Responsable: Liliana Estrada Galindo. Reconocemos a quienes participaron en la elaboración y revisión de esta nota, sus nombres pueden encontrarse en: https://foroconsultivo.org.mx/INCyTU. Para mayor información sobre este tema escribir a: incytu@foroconsultivo.org.mx | Comunicación de la Ciencia: Martha Duhne Backhauss y R. Fabián Durán Aguilar | Diseño: Francisco I. Meza Blanco.