

MÉXICO y su relación con el Espacio

(Participación y desarrollo satelital)



ift

INSTITUTO FEDERAL DE
TELECOMUNICACIONES

MÉXICO y su relación con el Espacio

(Participación y desarrollo satelital)

MÉXICO y su relación con el Espacio

(Participación y desarrollo satelital)

Primera Edición

Instituto Federal de Telecomunicaciones

Insurgentes Sur 1143, Col. Nochebuena,
C.P. 03720, Benito Juárez,
Ciudad de México.

Tel: + 52 55 5015 40 00

www.ift.org.mx

ISBN: 978-607-26717-0-6

Diseño:

Vicente Alejandro Patiño Ascencio

Diseño de portada:

Julio César Hernández Calderón

El contenido de esta publicación, como son los textos, los gráficos, las imágenes y otro tipo de material incluido, fue aportado por las y los autores y es exclusivamente su responsabilidad, y no necesariamente reflejan el punto de vista oficial del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

Queda estrictamente prohibida la reproducción total o parcial de los contenidos e imágenes de la publicación sin previa autorización



Javier Juárez Mojica

COMISIONADO PRESIDENTE*

Arturo Robles Rovalo

COMISIONADO

Sóstenes Díaz González

COMISIONADO

Ramiro Camacho Castillo

COMISIONADO

Paola Cicero Arenas

**Directora General de la Oficina
del Comisionado Juárez**

Angelina Mejía Guerrero

Coordinadora General de Comunicación Social

Carlos Alejandro Merchán Escalante

Coordinador Editorial

Fernando E. Pedrero Alonso

Edición y Corrección de Estilo

Autores

Carlos Alejandro Merchán Escalante

Ing. Sergio Viñals Padilla

José Franco

Jesús Galindo Trejo

Rodolfo de la Rosa Rábago

Jesús Irán Grageda Arellano

Alonso Arturo Picazo Díaz

Eurídice Palma Salas

Elizabeth Sosa Hernández

Mauricio Ávila González

Arturo Robles Rovalo

* Comisionado Presidente en suplencia, con fundamento en el artículo 19 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

Índice

Prefacio

Prólogo

Reconocimiento

ING. SERGIO VIÑALS PADILLA.....	21
MESA DE TRABAJO SOBRE SATÉLITES.....	22

Capítulo 1

EL COSMOS EN EL MUNDO ANTIGUO Y EN MESOAMÉRICA.....	25
1. EL CIELO Y SU PODER TRANSFORMADOR.....	26
2. SORPRESAS, PRESAGIOS Y MITOS.....	27
3. LAS VISIONES DEL MUNDO ANTIGUO.....	36
4. A MANERA DE EPÍLOGO.....	50
REFERENCIAS.....	51

Capítulo 2

LOS INICIOS DE LA INDUSTRIA SATELITAL MEXICANA.....	55
LAS COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE.....	56
LA COHETERÍA, ANTECEDENTE DE LOS SISTEMAS SATELITALES.....	56
ADVENIMIENTO DE LOS SISTEMAS SATELITALES.....	58
ANÁLISIS.....	60
AÑO GEOFÍSICO INTERNACIONAL (AGI).....	60
LAS MISIONES ESPACIALES.....	61
ACTIVIDADES EN NUESTRO PAÍS.....	62
LA ESTACIÓN RASTREADORA EMPALME - GUAYMAS.....	64
EXPERIENCIA DE LA ESTACIÓN RASTREADORA.....	66
LA COMISIÓN NACIONAL DEL ESPACIO EXTERIOR (CONAEE).....	67
LA METEOROLOGIA.....	68
PERCEPCION REMOTA.....	69
ETAPAS.....	70
INVESTIGACIONES DE LA ALTA ATMÓSFERA.....	72
DISOLUCION DE LA COMISION NACIONAL DEL ESPACIO EXTERIOR.....	73
ESTACIÓN TERRENA TULANCINGO I.....	74
EL CRECIENTE INTERÉS EN LAS COMUNICACIONES SATELITALES.....	75
LA RED NACIONAL DE ESTACIONES TERRENAS.....	78
PRIMERA COMUNICACIÓN POR SATÉLITE DOMÉSTICO EN MÉXICO.....	80
ESTACIÓN TERRENA DE LA ESCUELA NACIONA DE TELECOMUNICACIONES (ENTEL).....	81
LA INDUSTRIA SATELITAL MEXICANA EN ESTA PRIMERA ETAPA.....	81
REFERENCIAS.....	83

Capítulo 3

LA EVOLUCIÓN DE LA REGLAMENTACIÓN INTERNACIONAL APLICABLE A SATÉLITES	84
LA CONFERENCIA DE ESTAMBUL, HITO HISTÓRICO	105
REFERENCIAS	119

Capítulo 4

LOS SATÉLITES MEXICANOS	120
¿POR QUÉ MIRAR AL ESPACIO?	121
A MANERA DE ACLARACIÓN:.....	122
EL INICIO DE MÉXICO EN LA CARRERA ESPACIAL	124
LOS SATÉLITES MORELOS.....	125
SATÉLITES SOLIDARIDAD	128
SATÉLITE SATMEX 5/ EUTELSAT 115A	130
SATÉLITE SATMEX 6, HOY EUTELSAT 113 WEST A.....	134
SATMEX 8 O EUTELSAT 117 WEST A	136
SATMEX 7 EUTELSAT 115 WEST B	136
SATÉLITES DE RADIODIFUSIÓN QUETZSAT	137
QUETZSAT 1 (SES GLOBAL).....	137
CENTENARIO (MEXSAT 1) Y MORELOS 3 (MEXSAT 2)	140
EL BICENTENARIO	142
EL ACUERDO TRILATERAL.....	144
ACUERDO TRILATERAL EN MATERIA SATELITAL A FINALES DE LOS OCHENTA	148
ACUERDO TRILATERAL EN MATERIA SATELITAL (MEX-CAN-EUA) (PRIMERA REVISIÓN 1988).....	153
ACUERDO TRILATERAL EN MATERIA SATELITAL (MEX-CAN-EUA) (SEGUNDA REVISIÓN 2003 CON SWAP)	153
UN PEQUEÑO RECONOCIMIENTO A LA GENTE:.....	154

Capítulo 5

PRIVATIZACIÓN Y APERTURA A LA COMPETENCIA DE LOS SERVICIOS SATELITALES	156
ANTECEDENTES	157
CONTEXTO DE LA APERTURA A LA INVERSIÓN PRIVADA Y A LA COMPETENCIA	158
REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA SATELITAL MEXICANO Y DESINCORPORACIÓN DEL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE.....	158
PROCESO DE DESINCORPORACIÓN Y APERTURA A LA COMPETENCIA	162

Capítulo 6

EL IFT EN EL SECTOR SATELITAL	180
REGULACIÓN APLICABLE A LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE	184
EL ROL DEL INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES EN LA REGULACIÓN INTERNACIONAL	193
CONFERENCIAS MUNDIALES DE RADIOCOMUNICACIONES.....	194
CONCLUSIONES.....	202
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	204

Capítulo 7

TELECOMUNICACIONES EN EL “NEW SPACE”	208
CONCEPTO DE “NEW SPACE”	209
DESAFÍOS DE “NEW SPACE”	210
“NEW SPACE” TRANSFORMA LA INDUSTRIA ESPACIAL.....	210
EL “NEW SPACE” FOMENTA UN AMBIENTE DE INNOVACIÓN.....	211
EL “NEW SPACE” Y LA REGULACIÓN	211
EL PAPEL DEL “NEW SPACE”	212
EL “NEW SPACE” Y SU IMPACTO EN LAS COMUNICACIONES SATELITALES.....	212
OLD SPACE VERSUS EL NEW SPACE.....	213
OTRA CARACTERÍSTICA ES EL ACCESO AL ESPACIO DE BAJO COSTO.....	215
LOS STARTUPS ESPACIALES EN EL “NEW SPACE” EL RETO PARA MÉXICO.....	216
MERCADO SATELITAL EN MÉXICO Y LAS EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIO SATELITAL.....	220
“ NEW SPACE ” EN MÉXICO.....	221
PRINCIPALES RETOS DEL “ NEW SPACE ” MUNDIAL	222
COMENTARIO FINAL.....	223

Capítulo 8

RETOS FUTUROS	224
SEGURIDAD Y SOSTENIBILIDAD ESPACIAL.....	227
NUEVOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES.....	237
REDES NO TERRESTRES.....	239
CONSIDERACIONES FINALES.....	243
BIBLIOGRAFÍA.....	245

Testimonial

PARTICIPACIÓN DE MUJERES EN EL DESARROLLO SATELITAL DE MÉXICO	250
--	------------

Prefacio

Javier Juárez Mojica

Desde los inicios de la humanidad, el espacio y sus fenómenos han cautivado a hombres y mujeres, llevándolos a preguntarse ¿qué hay más allá de nuestro planeta? Hoy, el espacio es visto no sólo como una frontera científica y tecnológica, sino también como un horizonte de oportunidades para el desarrollo de la humanidad, resultando en una fuente de inspiración y conocimiento.

“México y su relación con el espacio” explora la fascinante trayectoria por la historia, los avances y los desafíos de México en su búsqueda por comprender y aprovechar el espacio. Desde los estudios astronómicos avanzados de las civilizaciones mesoamericanas, prediciendo movimientos planetarios, eclipses, solsticios, equinoccios, movimientos lunares y el paso de cometas, hasta los avances más recientes en la investigación y el desarrollo de la tecnología espacial y satelital.

Grandes hombres y mujeres han sido pilares fundamentales en esta trayectoria, destacando al ingeniero Sergio Viñals Padilla, cuyas aportaciones incluyeron la promoción de la educación espacial y el desarrollo de tecnología de vanguardia, cruciales para posicionar a México como un país con potencial en la tecnología espacial, y al doctor Enrique Melrose Aguilar, cuyo liderazgo en el proyecto de los satélites Solidaridad elevó la capacidad de comunicación en México y estableció un precedente para futuras generaciones de ingenieros mexicanos. Ambos, grandes visionarios del desarrollo espacial en México. Este libro es un homenaje póstumo a su legado, resaltando su papel en el impulso del programa espacial mexicano, así como su influencia en la creación de instituciones clave para el estudio del espacio en el país. Su principal legado; inspirar a generaciones enteras de estudiantes a mirar a las estrellas.

El espacio se presenta aquí como un vasto territorio lleno de incógnitas, pero también de enormes posibilidades para la humanidad. Desde las antiguas civilizaciones que miraban el cielo buscando respuestas, hasta el uso actual de modernos satélites artificiales que permiten enviar y recibir comunicaciones; navegar con exactitud en la tierra; observar la tierra y predecir fenómenos; registrar el clima y fenómenos meteorológicos, y prestar una cantidad ilimitada de servicios.

Uno de los hitos destacados en este recorrido, es el lanzamiento de los cohetes SCT1 y SCT2, desde Guanajuato en 1959 y 1960, respectivamente, a cargo del ingeniero Walter Cross Buchanan, con la misión de medir el estado del tiempo

y la presión atmosférica y que marcaron un antes y un después en la historia espacial, demostrando que México podría ser parte de la era espacial.

El lector encontrará un análisis sobre la evolución del sector satelital en México, pasando por la incorporación de México a la International Telecommunication Satellite Organization (Intelsat) y el uso de satélites de comunicaciones en 1968 para la difusión de los Juegos Olímpicos, hasta la adquisición y puesta en órbita de los sistemas satelitales Morelos, Solidaridad y Satmex, transformando diversos aspectos de la vida cotidiana de los mexicanos.

“México y su relación con el espacio” invita a reflexionar sobre la importancia del estudio y aprovechamiento del espacio, de su papel en el desarrollo el país y en los desafíos y oportunidades que esta última frontera ofrece. Es un libro imprescindible para quienes buscan comprender cómo México se proyecta hacia el futuro, utilizando el espacio como un recurso invaluable para su desarrollo y crecimiento.

Finalmente, deseo expresar mi profundo agradecimiento, de forma póstuma primero, al Ing. Sergio Viñals Padilla (qepd); a José Franco; a Jesús Galindo Trejo; a Rodolfo de la Rosa Rábago; a Jesús Irán Grageda Arellano; a Alonso Arturo Picazo Díaz; a Eurídice Palma Salas; a Elizabeth Sosa Hernández, a Mauricio Ávila González y a Arturo Robles Rovalo, cuya dedicación y compromiso, dieron forma a este libro y, de manera especial, al ingeniero Carlos Alejandro Merchán Escalante, referente nacional e internacional en la materia, por su liderazgo y entusiasmo al coordinar esta obra y quien, de forma generosa, se ha preocupado por difundir y perdurar el conocimiento.

Javier Juárez Mojica,
Comisionado Presidente*

* Comisionado Presidente en suplencia, con fundamento en el artículo 19 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

Prólogo

Carlos Alejandro Merchán Escalante

El presente libro “México y su Relación con el Espacio (Participación y Desarrollo Satelital)” se realiza con el interés de divulgar la historia y evolución satelital en México.

Para la redacción del capitulado se invitó a un grupo de expertos que han tenido una activa participación en diferentes etapas del desarrollo satelital mexicano, coordinados por el Ing. Carlos Alejandro Merchán Escalante.

En este grupo de redacción destaca la participación inicial del Ing. Sergio Viñals Padilla, quien falleció en diciembre de 2023, por lo que se decidió incluir en esta publicación, como reconocimiento, los comentarios que sobre los satélites mexicanos presentó de forma verbal en octubre de 2023 en la mesa de trabajo sobre satélites en la Academia de Ingeniería de México, de la cual fue Académico de Honor.

En cuanto al capitulado del libro, reconociendo el interés e impacto de la visión del cosmos del mundo antiguo, y en particular de los que se establecieron en diferentes regiones del territorio de la República Mexicana, se incluyó como primer capítulo “El Cosmos en el Mundo Antiguo y en Mesoamérica”, de los doctores José Franco y Jesús Galindo Trejo. Ellos nos describen cómo las observaciones del cielo realizadas durante miles de años por nuestros ancestros, desde el inicio de la civilización, permitieron florecer a las primeras culturas. Con la Luna, el Sol y el movimiento de las constelaciones marcando los ciclos en la Tierra, los cuales se asociaron con los ciclos de la agricultura y el clima, dan el establecimiento de calendarios civiles y religiosos y la orientación geográfica. Los eventos del cielo, con sus ciclos regulares y sus eventos inusuales como eclipses, cometas, meteoritos y lluvias de estrellas dieron pie a diversos presagios, mitos, augurios, profecías y predicciones, que rigieron la toma de decisiones de carácter político, social y religioso. Nos presentan relatos de manera hilvanada de lo realizado en diversas locaciones de Asia y Europa (Mesopotamia, Egipto y Grecia) y en Mesoamérica (a través de los mexicas, mayas, teotihuacanos y otras culturas). Al final de este capítulo, se destacan los relatos sobre “Una explosión de Supernova registrada por teotihuacanos” y el “Tránsito de Venus por el disco del Sol observado en Mayapán” en los cuales el Dr. Galindo ha sido un activo investigador.

El segundo capítulo “Los inicios de la industria satelital mexicana” nos presenta un interesante relato de los antecedentes de los sistemas satelitales, así como del Año Geofísico Internacional y el lanzamiento de los primeros satélites dota-

dos de instrumentos científicos dentro del periodo de julio de 1957 a diciembre de 1958, dando origen a la carrera espacial entre la entonces Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (URSS) y Estados Unidos. A continuación se relatan las actividades de coherencia realizadas en esos años en México, las cuales fueron impulsadas por el Ing. Walter Cross Buchanan. Se narra también lo correspondiente a la estación rastreadora Empalme-Guaymas, el establecimiento de la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE) y su posterior disolución; la estación Terrena de Tulancingo I y los Juegos Olímpicos de 1968, hasta el inicio de los primeros satélites mexicanos y el correspondiente establecimiento de la primera red de estaciones terrenas que se despliegan en el territorio mexicano. La redacción de este segundo capítulo estuvo a cargo del Ing. Rodolfo de la Rosa Rábago.

El tercer capítulo “Evolución de la reglamentación internacional aplicable a satélites”, que se realizó a partir del acceso al portal de historia de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT)¹. Este capítulo, es una síntesis que muestra cómo atienden la UIT y la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS), los requerimientos de la Asamblea General de la ONU desde 1957 “sobre la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos”, destacando la participación de México en la Asamblea General de la ONU desde esas fechas.

La COPUOS tiene cinco tratados que abordan cuestiones, como la no apropiación del espacio ultraterrestre por ningún país, el control de armamentos, la libertad de exploración, la responsabilidad por los daños causados por objetos espaciales, la seguridad y el rescate de naves espaciales y astronautas; la prevención de interferencias perjudiciales con las actividades espaciales y el medio ambiente; la notificación y el registro de actividades espaciales; la investigación científica y la explotación de los recursos naturales en el espacio ultraterrestre y la solución de controversias; en tanto que en la UIT, a través de su sector de Radiocomunicaciones (UIT-R), conforme con lo establecido en su Constitución y Convenio, así como en el Reglamento de Radiocomunicaciones, se atienden las disposiciones para el uso y aprovechamiento de las frecuencias radioeléctricas, sobre la asignación, atribución y adjudicación de las bandas de frecuencias, y en el caso de sistemas satelitales tiene establecido los procedimientos y disposiciones para la coordinación, registro y en su caso, la protección a interferencias perjudiciales de las asignaciones de frecuencias asociadas a posiciones orbitales geoestacionarias y a órbitas no-geoestacionarias

1 En el portal de Historia de la Unión Internacional de Telecomunicaciones, donde están disponibles las colecciones de los documentos de las Conferencias de la UIT (Plenipotenciarias (PP), mundiales y regionales de Radiocomunicaciones, Asambleas Plenarias del CCIR, y otras), las ediciones de la Constitución y el Convenio de la UIT, todas las ediciones del Reglamento de Radiocomunicaciones, todos los números de los boletines de la UIT, la colección de los informes relativos a las “Telecomunicaciones y la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos” presentados por la UIT a partir de 1962 en respuesta a la resolución 1721 (XVI) adoptada por la Asamblea General de la ONU en 1961 hasta el año 1996, y la tabla de los lanzamientos de satélites notificados ante la UIT entre 1957 y 1993, entre otros documentos históricos de la UIT; así como del acceso a los archivos históricos de las resoluciones y reportes Asambleas Generales de la ONU y a la información disponible de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS).

que estén inscritas en el Registro Internacional de Frecuencias en la UIT. En este tercer capítulo podemos apreciar:

- Cómo se han atribuido bandas de frecuencias a aplicaciones espaciales y servicios satelitales desde 1959. En el cuadro de atribución de frecuencias del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) observamos que su límite superior de frecuencias se amplió, al pasar de 1947 de los 10.5 GHz a 40 GHz en 1959; Posteriormente, en 1976, subió a 275 GHz, límite que se mantiene hasta este 2024 (en la edición vigente del RR del año 2020).
- La evolución de la estructura de la UIT, al pasar, entre otros aspectos, del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR) y la Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB) con integrantes de tiempo completo electos, que se transforman en el sector de Radiocomunicaciones (UIT- R), a una Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB) con integrantes a tiempo parcial electos en las Conferencias de Plenipotenciarios de la UIT.
- La participación de dos mexicanos, uno que presidió en 1983 la Conferencia Administrativa Regional para la Planificación del Servicio de Radiodifusión por Satélite en la Región 2 (CAR2 SAT 83), en Ginebra, Suiza, y el otro, en 2010, presidió la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT (PP-10) en Guadalajara, Jalisco, México. En la PP10 se establece la categoría del “Miembro Académico” en la UIT, lo cual ha dado la oportunidad de la participación de universidades, centros de investigación y otras representaciones académicas en las actividades de las comisiones de estudio de los sectores UIT-R, UIT-T y UIT-D, así como en las diferentes conferencias de la UIT. El Instituto Politécnico Nacional de México es actualmente uno de los miembros académicos de la UIT.
- La elección de dos mexicanos como miembros electos de la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB). El primero fue electo en la PP-98 y reelecto en la PP-02, y ejerció este cargo de 1999 a 2006; el segundo fue electo en la PP-18 y ejerció el cargo de 2019 a 2022.
- Se presenta una participación creciente de la mujer presidiendo conferencias de la UIT, así como en la elección de puestos ejecutivos, lo cual da inicio en 2003 en la que para presidir la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR-03) se eligió a una integrante de la delegación de Canadá y en la PP-18 a una de la delegación de Estados Unidos como Directora de la Oficina de Desarrollo de Telecomunicaciones (UIT-D), quien en la PP-22 fue electa como Secretaria General de la UIT para el periodo 2023-2026; además de que se eligieron a tres mujeres como miembros de la RRB para el periodo 2023-2026. En el caso de la COPUOS se registra que en 2018 por primera vez una mujer presidió la Comisión para la Utilización del Espacio Exterior con Fines Pacíficos de la Organización de

Naciones Unidas (ONU), y también presidió la Cumbre “UNISPACE+50”; en este caso este honor le correspondió a una mexicana.

La redacción de este tercer capítulo fue realizada por el Mtro. Jesús Irán Grageda Arellano y el Ing. Carlos A. Merchán Escalante.

En el cuarto capítulo “Los satélites mexicanos” inicia con el cuestionamiento “¿Por qué mirar al espacio?”, y el señalamiento del estado que guarda la economía espacial global, la cual en 2023 fue del orden de los 400 billones de dólares e indica que México forma parte de esta economía espacial desde hace 55 años; señala que es conveniente reforzar la participación mexicana en este sector; continua con la descripción del nacimiento de la órbita satelital geoestacionaria en 1945, y sobre las disposiciones contenidas en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) y en recomendaciones de la UIT-R sobre la nomenclatura de las bandas de frecuencias; posteriormente pasa a los satélites mexicanos, señalando que en junio de 1985 se pone en órbita el primer satélite mexicano, el Morelos I, que en el próximo año, 2025, dicho acontecimiento cumplirá 40 años, y en su caso de manera amena, nos relata los acuerdos trilaterales de 1982 en el que se lograron las dos primeras posiciones orbitales mexicanas (113.5° LW y 116.5° LW), y de 1988, que por las razones y anécdota presentadas por el relator, coloquialmente lo identifiqué como “un acuerdo con mucha madre” en el que se modifican estas posiciones orbitales y se obtiene la tercer posición orbital mexicana (109.2°LW, 113°LW y 116:8°LW) asociada a las banda C y Ku.

El relator nos destaca los adelantos tecnológicos y novedades que representaron las diversas generaciones de los satélites mexicanos, que pasaron de ser satélites domésticos en su primera generación, a satélites con cobertura transfronteriza y de cobertura continental en sus posteriores generaciones.

Se presentan los relatos de cómo se obtuvo el lugar para el primer astronauta mexicano, en noviembre de 1985, durante la puesta en órbita del satélite Morelos II; la privatización de las bandas C y Ku, a través de la creación de Satmex, y se documenta, mediante dos importantes entrevistas, la historia de la tercera generación de los satélites mexicanos ya privatizados (Satmex 5 y Satmex 6); continua con lo relacionado con la concesión y puesta en órbita del satélite de radiodifusión QuetzSat en una de las posiciones orbitales atribuidas a México conforme al Plan de Radiodifusión por satélite, contenidas en los Apéndices 30 y 30A del RR de la UIT; la falla del satélite Solidaridad 1 en la posición 109.2° LW en 2000 y el conflicto de su reemplazo, el Satmex 6, que concluyó en 2003 con un intercambio de las posiciones orbitales entre México y Canadá, modificándose el acuerdo trilateral de 1988.

En relación con la banda L, contenida en los satélites mexicanos de la segunda generación (los Solidaridad), a través de la cual se dan servicios a zonas rurales y comunicaciones estratégicas para la Marina, el Ejército y otras áreas relacionadas con seguridad pública y actividades de la policía, es conservada por el Go-

bierno federal. Con la falla de Solidaridad 1, antes comentada, se perdió una parte de la carga útil de la banda L, y como es relatado, hacia la proximidad del final de la vida útil nominal del satélite Solidaridad 2 en 2004 se decidió que operara en órbita inclinada, prolongando así la vida de la carga operativa de la banda L hasta 2013; en tanto, el Gobierno federal trabaja en el diseño, adquisición y puesta en órbita del sistema Mexsat, sistema que, como se indica en el relato, lo integran un satélite para el servicio fijo denominado Bicentenario, puesto en órbita en diciembre de 2012; en tanto que para el servicio móvil por satélite en la banda L, son los satélites Centenario, que se pierde durante su lanzamiento, en mayo de 2015, debido a una falla catastrófica, y el Morelos III, puesto en órbita en octubre de 2015. Se cierra este capítulo presentado los nombres de personajes clave (hombres y mujeres) en el desarrollo de la industria satelital mexicana. La redacción de este cuarto capítulo estuvo a cargo del Ing. Alonso Arturo Picazo Díaz.

En el quinto capítulo “Privatización y apertura a la competencia de los servicios satelitales”, se presentan, entre otros aspectos, las modificaciones constitucionales relacionadas con las comunicaciones satelitales; la de 1983, que tuvo como efecto limitar la inversión privada en el sector y desinterés en utilizar las comunicaciones vía satélite, ocasionando que, a partir de la puesta en órbita en 1985 de los satélites Morelos I y Morelos II, el primero estuvo con una mínima ocupación y el segundo se mantuvo en una órbita de almacenamiento hasta 1990, año en que entró en vigor el Reglamento de Telecomunicaciones, que entre sus disposiciones estableció el otorgamiento de permisos para la “Instalación y Operación de Estaciones Terrenas de Comunicación por Satélite”, con lo cual para 1992 se saturó la capacidad de los dos satélites Morelos. En cuanto a la reforma constitucional de 1995, estuvo enmarcada en las acciones realizadas durante el periodo presidencial 1994-2000 para la privatización y la apertura a la competencia de las comunicaciones satelitales, a las cuales siguió la entrada en vigor de la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995 y del Reglamento de Comunicaciones Vía Satélite de 1997; con base en dicho marco jurídico se procedió a constituir la empresa Satélites Mexicanos (Satmex) a la cual fueron transferidos los activos del servicio fijo por satélite del organismo público descentralizado Telecomunicaciones de México (Telecomm); posteriormente se procedió a la licitación de una parte de las acciones de Satmex para su proceso de privatización, la cual fue completada en 2011.

La redacción de este quinto capítulo estuvo a cargo de la abogada Eurídice Palma Salas.

En el sexto capítulo “El IFT en el sector satelital” se expone que con la Reforma Constitucional en materia de Telecomunicaciones (2013), se adoptó la concepción de un “Estado regulador” y que para el Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación son dos razones las que articularon la reforma: una razón estructural y la segunda, la protección de derechos. En cuanto a la distribución de facultades entre la entonces Secretaría de Comunicaciones y Transportes y el Instituto Federal de Telecomunicaciones para la obtención y ocupación de

posiciones y órbitas satelitales se indica que se fundamenta en las disposiciones de la Constitución, el Convenio y el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y presenta una tabla en la que identifican tres facultades: Obtención de Recursos Orbitales, Coordinación Internacional y Representación del Gobierno mexicano, y realiza una interrelación entre el Artículo 9 de la ley relativo a las atribuciones de la Secretaría y el Artículo 15 de la ley relativo a las atribuciones del Instituto. Si bien se reconoce claridad en las facultades para la actuación internacional entre la Secretaría y el Instituto plantea el unificar las atribuciones en los que intervienen ambas autoridades en procedimientos regulatorios ante la UIT. Comenta que en tanto en la ley se le fijan plazos que debe cumplir el Instituto, en la misma ley no se establecen plazos para los procesos que le corresponde realizar a la Secretaría. Se identifican varios ejemplos de escenarios de casos que califica como “doble ventanilla”. En la gestión para la obtención de recursos órbita-espectro bajo la jurisdicción de México se realiza el cuestionamiento ¿por qué, si la ley contempla un procedimiento a solicitud de parte, no estamos siendo atractivos para que los operadores satelitales busquen invertir en los recursos orbitales del país?

Al respecto se sugiere realizar un análisis de las posibles causas que están influyendo en la decisión de los operadores para no ocupar recursos orbitales a través de México. En relación con actividades ante organismos y entidades internacionales y de negociaciones de convenios y tratados internacionales se reconoce que la Secretaría y el Instituto han colaborado de manera estrecha logrando buenos resultados. Se hace referencia a la Agencia Espacial Mexicana y la coordinación con el Instituto en misiones satelitales de corta duración. Se comenta la regulación aplicable a la Comunicación Vía Satélite que incluye la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión, el procedimiento a solicitud de parte interesada, disposiciones administrativas de carácter general, disposiciones regulatorias en materia de comunicación vía satélite que incluye operación de sistemas nacionales, estaciones terrenas, misiones de corta duración, radioaficionados por satélite, vehículos espaciales, servicio complementario terrestre. Finalmente se comenta el rol del Instituto en la regulación internacional donde se señala que una vez acordadas las posturas mexicanas, éstas son presentadas, defendidas y discutidas por servidores públicos de la Secretaría y del Instituto en la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y ante la UIT, se presentan aspectos de las conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR) del 2019 y del 2023; en el caso de la banda C señala las CMR-2015 y CMR-2023, entre otros aspectos. La redacción de este sexto capítulo es de la abogada Elizabeth Sosa Hernández.

En el séptimo capítulo “El ‘New Space’” en las telecomunicaciones satelitales” se expresa que la industria espacial presenta una transformación debido a la presencia del concepto del “New Space”, que consiste en la reducción de costos, la estandarización de procesos, replicación de tecnología y la democratización del espacio. El New Space ha dado lugar a las constelaciones de satélites de órbita baja para ofrecer servicios de conectividad global. El New Space plantea

nuevos desafíos y está transformando la industria espacial al disminuir los costos de lanzamiento de satélites, fomentando la innovación tecnológica y la prestación de servicios. Se nos indica que el New Space es una respuesta a creciente demanda de empresas privadas, *startups* y gobiernos. Se señala también que plantea desafíos significativos, tales como la congestión orbital, la proliferación de desechos espaciales y la competencia en un mercado cada vez más saturado. Se resalta que la regulación y la política desempeñan un papel crucial en el desarrollo y la operación de sistemas de comunicaciones satelitales y que es fundamental establecer marcos regulatorios claros y actualizados. Se realiza una comparación entre el Old Space y el New Space y se comenta lo correspondiente al mercado satelital en México y las empresas prestadoras de servicio satelitales; sobre los operadores satelitales geoestacionarios y los de constelaciones de órbita baja; así como, al reto para México de los startups espaciales en el New Space. Se señala que el desarrollo de *startups* mexicanas satelitales permitiría mantenernos con una mayor participación en la nueva “Economía del Espacio”. En las conclusiones se expresa que el crecimiento continuo del mercado satelital en México también está impulsado por la creciente demanda de servicios de alta velocidad y ancho de banda, especialmente en áreas donde la infraestructura terrestre es limitada o inexistente.

En la redacción de este séptimo capítulo participaron los ingenieros Mauricio Ávila González, Alonso Arturo Picazo Díaz y Carlos A. Merchán Escalante.

En el capítulo de “Retos Futuros”, el autor nos menciona que son los satélites de comunicaciones y el ecosistema espacial la frontera más alta y sofisticada de las telecomunicaciones y tecnologías de la información, lo que representa para el mundo científico y tecnológico uno de los mayores retos.

Identifica que estamos en un punto de inflexión dados los avances en el reuso y la eficiencia de vehículos y cohetes espaciales, así como por la miniaturización de los elementos del segmento terrestre (terminales, estaciones terrenas, etc.) al que se denomina “Nuevo Espacio” (*New Space*), y da diversos ejemplos al respecto.

En el aspecto económico, nos comparte lo que se predijo en el Foro Económico Mundial 2024, respecto a que el espacio experimentará una transformación importante en la próxima década, e indica que la economía espacial global podría alcanzar los 1.8 billones de dólares para 2036 con una tasa de crecimiento de 9% anual.

También refiere que la aportación de las nuevas tecnologías espaciales y satelitales no es solo económica, y afirma que representa un valor fundamental para la sociedad, dado que con los nuevos avances será más asequible utilizar la banda ancha satelital para integrarse en la sociedad digitalizada.

Nos resalta que estos avances conllevan importantes retos de impactos en aspectos sociales, ambientales, económicos y políticos, por lo que deben ser analizados y discutidos. Las soluciones que resulten se reflejarán en cambios e

innovaciones tecnológicas, la adopción de principios y estrategias, así como en la creación y modificación de convenciones vinculantes y no vinculantes. Asimismo, en la medida que corresponda, cada país deberá ajustar sus políticas públicas y su marco normativo y regulatorio.

El autor agrupa en dos conjuntos los desafíos que determinarán la regulación mundial y nacional en los próximos años; en el primero, aborda los desafíos relacionados con la “seguridad y sustentabilidad de las actividades espaciales y satelitales” dentro de los cuales se consideran lo relativo a los desechos espaciales, la gestión del tráfico espacial, la utilización eficaz de los recursos de órbita y el espectro radioeléctrico y recursos espaciales, entre otros, así como la preocupación de que México no cuenta con un mecanismo vinculante que obligue a las empresas satelitales a cumplir con el marco internacional de desechos espaciales. En el segundo conjunto, agrupa los desafíos enfocados a “los nuevos sistemas de comunicaciones satelitales”, en el cual trata lo correspondiente a las Soluciones Multiórbita y a la Redes no Terrestres (NTN).

El autor nos comparte además información privilegiada, como las discusiones, las disposiciones y acciones realizadas en diversos países, así como la parte medular de lo que es relevante en diversos foros como la COPUOS (UNOOSA), la NASA, la Agencia Espacial Europea, el Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales, los foros y comisiones de Estudio de la UIT, la ISO y la OCDE, entre otros, y, en su caso, la forma en que se está tratando en México.

Destaca que estos temas serán tratados en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de la UIT en 2027, en la cual se tomarán importantes decisiones que se integrarán al Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT y marcarán la evolución reglamentaria internacional y las nacionales de los países, en temas como las aplicaciones satelitales directos a los dispositivos celulares, las redes no terrestres, la interoperación entre redes satelitales y redes terrestres, cobertura suplementaria desde el Espacio, la mitigación de interferencias.

También expone múltiples cuestionamientos relacionados con diversos tópicos satelitales y espaciales, y lanza la interrogante ¿cuál es el papel de México en el futuro de las actividades espaciales y satelitales?, y el autor plantea los pasos a seguir una vez definida la visión de Estado.

El relator de “Retos Futuros” es el Comisionado del Instituto Federal de Telecomunicaciones, Arturo Robles Rovalo.

Para difundir la importante y creciente participación de la mujer en el desarrollo satelital de México, que se reconoce en los capítulos tercero, cuarto y quinto de este libro, se determinó incluir el “Testimonial de mujeres en el desarrollo satelital de México”, que amablemente en un tiempo muy corto lo ha compilado, conformado y redactado la abogada Eurídice Palma Salas. Dada la complejidad de los proyectos

satelitales y su carácter multidisciplinario, así como la dificultad para poder identificar y entrevistar a todas las mujeres que han participado en diversos aspectos y etapas de desarrollo, operación, regulación, coordinación, ingeniería, y comercialización de los satélites mexicanos, se identificó a un grupo de mujeres que destacaron en posiciones de liderazgo; en el periodo de 2007 a 2020 tenemos a cuatro subsecretarias de Comunicaciones, y la abogada de Telecomunicaciones de México; anteriores a ellas se identificó a una ingeniera que participó en los satélites Hispasat de España y en la banda L de los satélites Solidaridad de México, quien contribuyó con información sobre algunos de sus proyectos y comentarios. Considerando que las experiencias de estas personalidades dan visibilidad a la participación de las mujeres en el área satelital, lo cual puede ser referente e inspirar a nuevas generaciones, de manera sucinta se reseña sus aportaciones al sector.

Lo presentado en los capítulos segundo al séptimo, así como lo expresado en la mesa de trabajo sobre satélites de la Academia de Ingeniería, de octubre de 2023, nos permite identificar los aciertos y desaciertos en cuanto a las comunicaciones vía satélite en México durante 64 años (desde 1960, año en que se firma el convenio para establecer la estación rastreadora de Empalme-Guaymas, hasta este 2024). A esto agregamos la relación de temas sobre la problemática satelital mexicana que fue presentada al IFT el 30 de julio de 2020 por la Comisión de Especialidad en Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica (CEICE) de la Academia de Ingeniería de México (AIM), en respuesta a su consulta pública sobre el “Anteproyecto de Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite”. Dado que parte de dichas problemáticas siguen siendo vigentes en 2024, se enlistan a continuación:

“La problemática satelital mexicana la identificamos en cuatro partes:

1. Servicio fijo por satélite

- La posible pérdida de las bandas C estándar y Ku estándar en el mediano y largo plazo, asociadas a las posiciones orbitales mexicanas 113° W, 114.9° W y 116.8° W (actualmente concesionadas a SATMEX que han sido adquiridas por la empresa francesa Eutelsat, comercializándolas bajo el nombre de Eutelsat Américas).

.....

- La Capacidad Satelital de Reserva del Estado gratuita (CSRE), que es el segmento de espectro que la administración mexicana ha establecido a los concesionarios de posiciones orbitales mexicanas (originalmente Satmex y QuetzSat), a la cual se opone Eutelsat. En la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR) vigentes se señala también como CSRE a la capacidad que en la legislación anterior aplicaba como contraprestación a los sistemas satelitales extranjeros que se les otorga autorización para bajar sus señales y comercializarlas en territorio mexicano, consistente en 8 MHz.

- La falta de respaldo al satélite mexicano Bicentenario (Mexsat 3) ubicado en 114.9° W asociado a las bandas C extendida y Ku extendida, operado por el gobierno mexicano a través de Telecomm, proveyendo servicios a las entidades de seguridad nacional y a e-México.
- El conflicto de interferencia en la banda 3.4 - 3.6 GHz del segmento espacio-tierra de la banda C extendida (3.4 - 3.7 GHz) del satélite Bicentenario con las asignaciones móviles terrestres concesionadas en el territorio mexicano.

2. Servicio Móvil por satélite

- Concluir la coordinación de la banda L del satélite Mexsat 2 (Morelos III).
- La construcción y puesta en órbita del reemplazo del satélite Mexsat 1 (Centenario), que se perdió el 15 de mayo de 2015 al fallar su lanzamiento desde el cosmódromo de Kazajistán a bordo de un cohete Protón de Rusia.
- La proximidad de la fecha límite para la puesta en órbita de satélite en banda L en la posición 116.8° W, de conformidad con las disposiciones reglamentarias del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (RR-UIT).

3. Disposiciones regulatorias

- Las disposiciones regulatorias facilitan la introducción y crecimiento de los satélites extranjeros en territorio mexicano y obstaculizan el desarrollo, crecimiento y conservación del patrimonio satelital de México en México.
- Al sistema móvil por satélite del satélite Morelos III, limitándolo solo a dar servicios para las entidades de seguridad nacional federal, tiene a este satélite con una utilización del orden del 5% de su capacidad, y le impide el poder proveer servicios a entidades estatales, a cooperativas pesqueras, Pemex, CFE y a la industria nacional lo que permitiría que el sistema fuera autosustentable.²
- El fracaso de las licitaciones de posiciones orbitales satelitales bajo la jurisdicción mexicana en las bandas de Ka y recientemente en las bandas C extendida y Ku extendida. Asociado esto con el rechazo o falta de interés de los consorcios satelitales internacionales de que México sea su Administración Notificante de posiciones orbitales conforme las disposiciones del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT ante las cargas regulatorias que se imponen.

4. Conflicto de atribuciones entre la SCT y el IFT en materia satelital

- 2** Las Disposiciones Regulatorias de la Comunicación Vía Satélite NO establecen ninguna restricción al satélite. Las restricciones están en el título de concesión y responden a los objetivos del proyecto de infraestructura registrado por la SCT.

- Conflicto entre la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT)³ y el Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT) para la salvaguarda y conservación de las posiciones orbitales mexicanas.
- La atención de los procesos de coordinación satelital, que se le solicita a México conforme las disposiciones del RR-UIT.”

Finalmente podemos concluir y destacar que, durante la gestión del periodo presidencial, de 2024 a 2030, se tendrán que tomar decisiones fundamentales sobre el futuro del sector satelital mexicano, e implementar acciones, entre ellas, destacan las necesarias para evitar que México pierda parte o todo su patrimonio satelital, es decir, medidas de reemplazo de los satélites, para la ocupación de los recursos orbitales y coordinación de bandas de frecuencia y que involucran inversiones del gobierno y posibles adecuaciones a las cargas regulatorias que limitan el interés de la inversión privada para obtener concesiones de recursos orbitales a través de la administración mexicana.

3 A partir de febrero de 2021 la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) cambia a Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

Reconocimiento

Ing. Sergio Viñals Padilla



**Activo integrante del grupo de redactores del presente libro
hasta su fallecimiento el 6 de diciembre de 2023**

Reproducción de la transcripción de los comentarios verbales que presentó el 12 de octubre de 2023 en la Mesa de Trabajo sobre Satélites¹, realizado por la Comisión de Especialidad de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica (CEI-CE) de la Academia de Ingeniería México (AIM), de la cual formaba parte como Académico de Honor.

MESA DE TRABAJO SOBRE SATÉLITES

12 de octubre de 2023,

TRANSCRIPCIÓN DE LOS COMENTARIOS VERBALES PRESENTADOS POR EL ING. SERGIO VIÑALS PADILLA

Conclusiones y recomendaciones sobre el futuro satelital en México

Cuál sería la pregunta que habría que hacerse:

¿A dónde va la parte satelital? ¿Cuál es nuestra situación actual?
¿Cuál podría ser nuestra situación futura?

Esto nos lleva a revisar y a pensar cómo comenzó México en este tipo de asuntos.

La época espacial la podemos considerar a partir de 1957, año en que da inicio el "New Space", que nos presentó Mauricio.

¿Cuál es la razón del por qué estamos en la condición actual, comparativamente hablando con otros países?

¹ La intención de esta mesa de trabajo es presentar y conversar:

Sobre el estado presente de las comunicaciones vía satélite geoestacionario y los sistemas de órbita baja e intermedia ante las aplicaciones y servicios derivados de los avances de la Inteligencia Artificial, las aplicaciones y cobertura de zonas Urbanas, Rurales, Marítimas, Aéreas, y otras.

Y sobre la globalidad de los proveedores de los sistemas satelitales versus los satélites domésticos y sus aplicaciones nacionales (educación, seguridad interna, aplicaciones militares, aplicaciones económicas y tributaria de impuestos, comercio, etc.)

Así como, el identificar:

Las conclusiones y recomendaciones pertinentes sobre el futuro satelital en México.

Yo diría que ha habido poco apoyo, en términos generales.

¿Qué hacer al futuro?

- Hay que perseverar en los planteamientos
- Hay que insistir en los procedimientos y en las ideas novedosas tomadas y aplicadas a las condiciones particulares del país.
- Y, sobre todo, hay que cooperar.

Esta último es la parte más complicada; no necesariamente estamos todos entrenados para cooperar; México ha dado ejemplos de que sí se puede.

Ante la falta de apoyo, lo que tenemos que hacer es perseverar, insistir y colaborar, porque no hemos sido capaces como país de manejar un esquema de planeación, con metas definidas y sostener el apoyo y la evaluación necesaria para que se cumpla.

Tenemos tres ejemplos:

- La Comisión Nacional del Espacio Exterior: se crea en una época muy conveniente; sin embargo, llega un nuevo presidente que, por alguna razón no identificada, la canceló.
- En el Instituto Mexicano de Comunicaciones, que tuvo importantes participaciones, Enrique Melrose, quien era el encargado de la coordinación de investigación en aquella época, se hizo cargo de todo lo necesario, junto con Telecomunicaciones de México, para definir las especificaciones del Sistema Solidaridad, bajo la dirección del Ing. Eugenio Méndez. Pero le pasó lo mismo; llegó otro funcionario que, de un día para otro, determinó la desaparición de este instituto.
- En esta Administración, la Subsecretaría de Comunicaciones desapareció, y parte de sus funciones y actividades se reubicaron en otro lado.

En este último evento, las comunicaciones, uno de los pocos sectores en donde sí hacemos una evaluación del Producto Interno Bruto que genera, está por encima del promedio.

Lo anterior nos permite decir que el apoyo no ha sido consistente.

El aspecto de colaborar puedo decir lo siguiente:

- Satélites Geoestacionarios y no-geoestacionarios con toda su diversidad.
- En los Geos se da una concesión para una posición orbital y los servicios y frecuencias asociadas.
- Lo No-Geo es una órbita, donde el número de satélites que se ponen en órbita está más abierto.

Si vemos los Geos, una cosa es el sistema allá arriba para lo que sirva, pero habría que ver que lo que esté allá arriba no sirve, si lo que está abajo no funciona.

Lo que está abajo lo tenemos más cerca, en alguna ocasión de manera airada le señaló que por que no se le daba a México la oportunidad de desarrollar los sistemas terminales en tierra, y seguimos en las mismas, seguimos comprando todo.

La colaboración es algo fundamental que debemos hacer; hay ejemplos de lo que se ha logrado.

Capítulo 1

**El Cosmos en el mundo antiguo
y en Mesoamérica**

**José Franco
Jesús Galindo Trejo**

1. EL CIELO Y SU PODER TRANSFORMADOR

1.1 Buscando el orden y las cadencias

Los antiguos observadores del cielo buscaban el orden del mundo en los eventos celestes y en los movimientos de los astros; pensaban que las verdades y los designios de los dioses estaban encerrados dentro de la bóveda celeste. Imposible saber quiénes, dónde, cuándo o cómo iniciaron esa búsqueda de respuestas en la danza astral, lo que sí sabemos es que gracias a miles de años de observación, poco a poco se fueron revelando y entendiendo las cadencias de sus movimientos. Su regularidad era sin duda intrigante, y con ingenio la pudieron asociar a la repetición de los cambios en el clima, a las temporadas de frío y calor, a las lluvias y a las sequías, incluso a la fertilidad de la tierra y de los animales.

Así que, iniciando con el comportamiento repetitivo de la Luna y el Sol, nuestros relojes cósmicos por excelencia, la periodicidad del movimiento aparente de ciertas estrellas, constelaciones y planetas encontró aplicaciones prácticas que permitieron los primeros asentamientos humanos, asegurando la supervivencia de las comunidades y estableciendo algunos de sus hábitos y costumbres.

La asimilación de estos primeros hallazgos moldeó el rumbo de la historia de la humanidad, y no es exagerado decir que la edificación y el florecimiento de las culturas del mundo antiguo está íntimamente ligada al conocimiento que fueron adquiriendo de los ciclos celestes. Por supuesto que no es el único elemento transformador, pero la acumulación de estos conocimientos les permitió cuantificar el paso del tiempo, desarrollar la agricultura, prevenir las inclemencias del clima y establecer los calendarios que marcaron el ritmo de los rituales civiles y religiosos en rigurosa concordancia con los ciclos del cosmos. De una forma natural, lo que entendían como los designios divinos encriptados en la mecánica celeste se fueron entrelazando con las decisiones tomadas por los poderes terrenales. El cielo se convirtió en el oráculo donde gobernantes, sacerdotes y militares consultaban la fortuna que tendrían sus iniciativas. Y esta comunión entre cielo y tierra quedó plasmada en la gran madeja de visiones, tradiciones, celebraciones y religiones del mundo, así como en la orientación y la arquitectura de las ciudades, plazas, edificios y monumentos de la antigüedad.

Desde las primeras culturas que florecieron en Mesopotamia hasta aquéllas que se establecieron en el continente americano, la influencia de los hilos cósmicos ha tejido una rica herencia de cosmogonías y saberes, las que a su vez han sido pilares en el ascenso de la humanidad hacia la civilización. De hecho, el estudio de la astronomía mesoamericana en las últimas décadas ha mostrado su importancia en la evolución cultural de los pueblos prehispánicos. Y no importa en cuál dirección veamos, desde sumerios y babilonios hasta incas, mexicas, olmecas y mayas, pasando por egipcios, chinos, inuits, vikingos y polinesios, todos sin excepción han usado el cielo para orientarse geográfica, política, social y espiritualmente.

La acumulación de saberes ha sido paulatina, continua y muy porosa. Se ha enriquecido con el intercambio natural entre las sociedades, sobre todo con las vecinas, evidenciando que la construcción del conocimiento es un proceso social, abierto y muy complejo. Y gracias a su desarrollo se pudieron superar las explicaciones místicas que permearon al mundo antiguo. Así, de una manera imperceptible, casi invisible, pero inevitable, la danza de los astros nos abrió la puerta a la reflexión, al análisis crítico, al estudio de los fenómenos naturales y al conocimiento racional del mundo, el cual fue y sigue siendo la base de la prosperidad social, cultural y material de las sociedades¹.

2. SORPRESAS, PRESAGIOS Y MITOS

2.1 Eclipses

Como sabemos, hay eventos celestes que no son usuales y que en el pasado fueron interpretados como augurios adversos, anuncios de desgracias y tragedias para los humanos. Los eclipses, los cometas y los meteoritos jugaron ese papel durante muchos siglos; eran vistos como los heraldos de la ira de los dioses o como una lucha entre fuerzas cósmicas y sus apariciones eran causa de angustia. La posibilidad de estar ante el anuncio de una posible tragedia era simplemente aterradora, lo que inevitablemente alimentó la concepción de un buen número de leyendas y supersticiones.

Los eclipses, tanto de Luna como de Sol, eran considerados sinónimos de malos augurios o catástrofes y generaban terror, no sólo por los augurios, sino por la posibilidad de perder para siempre al Sol o la Luna. El nombre es de origen griego y es muy elocuente, significa desaparecer, abandonar o dejar de existir.

1 De hecho, como lo hemos dicho en otras ocasiones, la ciencia es el conjunto de saberes más poderoso que ha construido la humanidad para entender al mundo. Y hoy por hoy, su avance se mantiene abierto, siguiendo su curso de intercambio continuo y sin fronteras, compartiéndose con todas las regiones del planeta, incluidas aquellas que están política o militarmente confrontadas. Hay muchos ejemplos de esto, pero recientemente quedó claramente demostrado con la intensa colaboración entre científicos y médicos de todos los países del mundo para atender la emergencia de la pandemia. Esa labor es muestra clara de cómo avanza la ciencia y de los beneficios del proceso abierto; en un tiempo récord de menos de un año, se obtuvieron la estructura genética de las espículas del virus causante de la enfermedad y se generaron estrategias y vacunas para inhabilitarlo. Lo cual salvó muchas vidas y nos trajo una nueva normalidad, muy similar a la que estábamos acostumbrados, pero con más herramientas para atender las pandemias futuras.



Arriba. El llamado cometa de Moctezuma observado en 1516, interpretado como un presagio de la conquista. Códice Durán, siglo XVI.

Abajo Izq. Cometa descrito como una estrella humeante, Códice Nuttall.

Abajo Der. Lluvia de estrellas representado en el Códice Boraia.

En todo caso, la humanidad ha vivido con ellos y los ha entendido. Los eclipses de Luna son los más fáciles de observar y los reportes más antiguos, listados en el *Almagesto*, los registraron los babilonios durante el Siglo VIII a.C. Su periodicidad fue resuelta por ellos y de forma independiente por otras culturas antiguas, incluyendo las de Mesoamérica. Sin embargo, a pesar de que se podían predecir con una cierta confiabilidad², siguieron causando un gran temor en todos lados, manteniendo vivos los mitos y conjuros para neutralizar sus efectos, los cuales subsisten hasta ahora.

La razón del miedo es ancestral, quizás inherente a nuestra propia supervivencia. La Luna es el objeto más brillante del cielo nocturno y ha sido una deidad venerada por todas las sociedades, sobre todo por las culturas lunares. De manera que cuando veían que la Luna llena se oscurecía y enrojecía, pensaban que estaba siendo devorada, sangraba y moriría a menos, claro, que la rescataran. Así que en casi todas las culturas se inventaron rituales para salvarla. El libro *La Luna. Símbolo de Transformación*, de Jules Cashford, nos ofrece una extraordinaria recopilación de sus mitos y simbología, que nos dan luz sobre el papel que ha jugado la Luna desde el Paleolítico hasta nuestros días. Ilustra la riqueza de atributos que le hemos dado a los astros, no sólo de la Luna, a lo largo de la historia del mundo.

En el caso de los eclipses totales de Sol, que convierten el día en noche y son acompañados de descensos de temperatura, sombras volantes y vientos, el miedo era mucho mayor. En algunas culturas se creía que estaban presenciando la lucha del Sol contra un gran demonio, mientras que en otras se pensaba que más bien era un monstruo quien lo estaba devorando. Así que la posibilidad de perder permanentemente al Sol era aterradora, y como en el caso de la Luna dió pie a la invención de una gran cantidad de rituales y remedios para salvarlo, así como para evitar las influencias negativas que pudiera causar el evento. Con respecto a su posible periodicidad, fue mucho más difícil de encontrar que los de eclipses de la Luna. Pasaron muchos siglos sin entenderse debido a que la zona donde ocurre la totalidad es muy pequeña, tiene un diámetro de unos 200 km y toma más de un siglo para que un eclipse total de Sol vuelva a ocurrir en una localidad geográfica dada. Ahora sabemos que siguen la misma cadencia de los lunares y usualmente ocurren uno después del otro, con una separación de dos semanas.

Los posibles registros antiguos de eclipses solares suelen ser confusos, se ha sugerido que un megalito localizado en Irlanda podría contener el registro más antiguo. La inscripción en la piedra se ha fechado en el 3340 a.C. debido a que en ese año ocurrió un eclipse cuya franja de totalidad pasó por Irlanda, pero no hay forma de confirmarlo. Existe otro caso, esta vez relacionado con un texto en escritura cuneiforme encontrado en una tablilla de barro en las ruinas de la ciudad de Ugarit, que hoy está en Siria, el cual ha sido estudiado por expertos en el ramo, aunque en fechas recientes ha sido cuestionado. Por un lado, los investigadores

2 La precisión en la predicción del tipo de eclipse y el momento en que ocurre se logró a partir del establecimiento de la mecánica celeste en el renacimiento. La precisión ha ido en aumento con el tiempo y hoy se tienen muy altas precisiones tanto en las efemérides, como en los tiempos de duración y trayectorias.

de Jong y *van Soldt* han propuesto que la tablilla brinda el registro de un eclipse de Sol ocurrido el 5 de marzo del año 1223 a.C., mientras que por el otro *Pardee* y *Swerdlow* consideran que el texto en realidad sólo dice que el planeta Marte fue visible a la hora en que se ponía el Sol durante los seis días del ritual de la Luna Nueva, por lo cual no es posible determinar la fecha sin ambigüedades. Pero haciendo a un lado esos casos dudosos, los eclipses antiguos registrados por alguna fuente histórica confiable han sido listados por *Casazza* y *Gangui*. El más antiguo es del 15 de junio del 763 a.C., que también es conocido como el eclipse asirio de Bur Sagale, y ha sido identificado y confirmado por *Rawlison*.

Un caso que también ha llamado la atención recientemente, fue el descrito por *Heródoto* en el *Libro I* de sus *Historias*, y es conocido como la *Batalla del Eclipse*. Supuestamente, este eclipse fue predicho por *Tales de Mileto* y ocurrió a principios del Siglo VI antes de nuestra era, justo en el siglo anterior al nacimiento de *Heródoto*. Él relata que durante una de las batallas entre Lidios y Medos, en la región de Anatolia, que hoy es Turquía, hubo un eclipse total de Sol que tomó por sorpresa a los ejércitos combatientes, quienes no sólo pusieron un alto a la lucha, sino que inmediatamente después firmaron un tratado de paz. Este parecería ser un eclipse que lejos de anunciar una tragedia, pasaría a la historia como un heraldo de la paz. Desafortunadamente la realidad del suceso ha sido puesta en duda por varias razones. La primera y más fuerte es porque en esa época era imposible predecir los eclipses de Sol y menos aún describir la zona por donde se vería la totalidad. En la actualidad sí se pueden predecir con precisión gracias al uso de programas de cómputo especializados, los que dan cuenta de las fechas, los horarios y las trayectorias. Su aplicación a la época y región descritas por *Heródoto* muestra que hubo un eclipse total de Sol el 28 de mayo de 585 a.C., pero la sombra del eclipse llegó a la supuesta zona de la batalla cerca del anochecer, momento en el cual no se solían librar las batallas, lo cual nuevamente hace dudar sobre la veracidad del relato.

Considerando a las culturas de Mesoamérica, los vocablos para referirse a los eclipses se pueden dividir en dos grandes grupos. Uno, formado entre otros por el náhuatl, el maya yucateco, el purépecha y el totonaco, lo designa como el “Sol (o la Luna) es comido” o “mordido”, o también como “mordida de Sol (o de Luna)”, quizás debido a la semejanza de la fase de parcialidad con una mordida en el disco del astro. El otro grupo, constituido en parte por el otomí o ñañhú, el mixteco, el mixe y el tzotzil, se refiere a “la muerte del Sol (o de la Luna)”, o como “el Sol (o la Luna) enfermo”.

Un ejemplo que muestra la pericia alcanzada por los mesoamericanos para comprender la mecánica celeste relacionada con los eclipses se encuentra en el *Códice Dresde*. En varias páginas, los mayas registraron una sucesión de fechas en las que ocurrieron 69 eclipses de Sol y de Luna, a lo largo de casi 33 años. En el sistema vigesimal posicional aparecen las cifras 177 y 148, que corresponden a los días que separan a dos posibles eclipses de la misma clase. Además, el código incluye varias representaciones del fenómeno: un jeroglífico

del Sol, colgando de una banda celeste y oscurecido por una especie de alas de mariposa. Debajo se aprecia una descripción iconográfica, con una serpiente o monstruo tratando de devorar al Sol, del nombre del eclipse de Sol en maya: *Chibil Kin*, mordida de Sol. Aquí resulta muy relevante señalar que no todos los eclipses indicados en el códice se vieron desde la tierra maya. Lo cual parece ser similar a la manera moderna de estudiar el cielo, pues hoy los astrónomos calculan los eventos relevantes, independientemente de si los pueden observar o no desde donde viven.

Una representación interesante de un eclipse de Sol labrada en piedra fue hecha por la cultura matlatzinca en el Valle de Toluca. Esta cultura creó en Teotenango un importante centro religioso-administrativo, el cual fue conquistado por los mexicas en el Siglo XV. En este lugar existe un monolito que tiene labrado un felino en actitud de devorar a un glifo, que de acuerdo con *Del Paso y Troncoso*, representa al Sol. El felino en el contexto mesoamericano se asociaba generalmente a la noche; así, el jaguar poseía tantas manchas como estrellas tenía el cielo nocturno. Curiosamente una pierna del felino tiene labrado un fémur, nótese que lingüísticamente las palabras Luna y pierna se designan en común con la palabra náhuatl *Metzli*. Dados estos elementos se entiende que el concepto “eclipse de Sol”, como “el Sol siendo comido”, queda plenamente expresado. Atrás del felino se labró un glifo calendárico del día 2 *Tochtli* (conejo). Cercano al monolito se halló también un petroglifo con el año 11 *Calli* (Casa) que corresponde al año 1477. Si consideramos la situación geográfica del monolito, las equivalencias occidentales de los años 11 *Calli* y tomamos en cuenta la época de florecimiento de esta cultura, entonces se puede reconstruir el cielo para esos años y determinar si sucedió o no algún eclipse solar. El resultado es positivo y vemos que, en efecto, el 22 de febrero de 1477, año 11 *Calli*, día 2 *Tochtli*, al pie del monolito se observó un Sol oscurecido en un 86% durante un eclipse solar, lo que apoya la interpretación del diseño labrado en el monolito.

2.2 Cometas

La palabra cometa también proviene del griego, *komé*, que significa cabellera y en algunas culturas los cometas eran considerados como estrellas humeantes o con cabellera. En otras se pensaba que eran espadas de fuego que surcaban el cielo, presagiando guerras o muertes. Pero esta interpretación no es generalizada, ya que no hay una reacción uniforme a su presencia y en los anales podemos encontrar diferentes tipos de presagios, buenos y malos. Por ejemplo, la aparición del cometa más brillante del que hay registro ocurrió en el año 44 a.C., unos meses después del asesinato de *Julio César*, cuando se hacían las celebraciones en su memoria. La coincidencia de las celebraciones con el evento celeste impresionó muy fuertemente a los romanos, quienes asociaron la coincidencia con el espíritu del gobernante asesinado y consideraron que el cometa era efectivamente el alma del líder. Esto llevó al Senado Romano a decretar que *Julio César* era un Dios. Sí, ni más ni menos, lo elevaron a ser un Dios, aunque unos siglos después fue sustituido con la llegada del cristianismo. Este

es un caso muy especial porque hay otros que fueron asociados a la derrota o la muerte de personajes importantes del Imperio, como sucedió con los cometas asociados con la derrota de *Nerón* en el 68 d.C. o con la muerte del emperador *Claudio* en el 54 d.C. Y esto llevó a *William Shakespeare* a escribir en su obra *Julio César*, “cuando muere un mendigo, no se ven cometas, pero los cielos se inflaman ante la muerte de los príncipes”.

En el caso de Mesoamérica, también hay cometas asociados con la nobleza. En el *Códice Mexicanus*, manuscrito de tradición prehispánica hecho en el Siglo XVI, aparece el registro de un fenómeno celeste en el año 1 *acatl*, 1363, en asociación con la muerte de un personaje importante. Un envoltorio mortuario con el glifo de *Chimalli* (escudo) se encuentra entre dos estrellas humeantes, lo que podría indicar que la muerte de *Chimalli* sucedió entre dos apariciones de cometas. Aunque probablemente se trata de un mismo cometa, que al pasar por su perihelio dejó de ser visible por algunos días. En otro caso, el cronista noble de Amecameca, *Chimalpahin*, nos relata una noticia, conservada en un códice prehispánico, que se remonta al año 1 *tecpatl*, 1064: “Y asimismo para entonces han pasado veinticinco años desde que se perdió la gran población de Tullan, desde que se dispersaron los tulteca, cuando les pasó humeando una estrella”. Aquí pareciera tratarse de un cometa, pero hay que hacer notar que los eventos extraordinarios en el cielo en ocasiones eran asociados a acontecimientos históricos, aún cuando no fueran simultáneos.

El caso más relevante es el del cometa que apareció en 1516, descrito por *Fray Diego Durán* en el *Códice Durán*; fue dibujado como una estrella con una larga cauda de humo. De acuerdo con los relatos existentes, fue observado por *Moctezuma II* desde la azotea de un edificio, sus astrólogos lo interpretaron como el anuncio de la próxima llegada del dios *Quetzalcoatl* y de la caída de su imperio. Un par de años después, en 1519, apareció *Hernán Cortés* y se consideró que él era la deidad esperada, y el nefasto augurio se cumplió con la conquista del imperio mexicana.

Otros sucesos asociados a la relación entre cometas y gobernantes ocurrió durante la edad media, cuando la visita del famoso cometa Halley en 1066 se asoció con la muerte del rey sajón *Harold II* en la batalla de Hastings. El recuerdo del paso del cometa y su posible influencia nefasta en las batallas perduró en la memoria de los europeos a tal grado que, a su paso en 1475, durante Las Cruzadas, el pobre cometa fue excomulgado por el papa *Calixto III*, quien lo consideró como un instrumento del diablo.

Quizá la asociación más singular e intrigante que hemos escuchado es la referente a la supuesta relación de un cometa con la *Estrella de Belén*. Se ha especulado mucho sobre la veracidad de la existencia de ese lucero, y de ser así, se ha propuesto que pudo haber sido un cometa. En cuyo caso podría entonces interpretarse como el heraldo que anuncia un cambio de era para la humanidad. Desafortunadamente, fuera de los relatos de la tradición cristiana, no se tiene información del avistamiento de un cometa en las zonas de interés ni eviden-

cias claras alrededor del tiempo cuando pudo ocurrir la Natividad. De hecho, hay bastante incertidumbre en las fechas, se estima que pudo haber sucedido entre los años 12 a.C. y 7 d.C. Hay varios astrónomos que han estudiado el tema, entre ellos *M. Kidger* y *R. Jenkins*, quienes señalan que los avistamientos más cercanos a esas fechas corresponden al cometa Halley. Su paso en el año 12 a.C. fue registrado por los chinos y su siguiente visita se dio hasta el 66 d.C. Fuera del Halley, no hay otras evidencias que puedan vincularse con un cometa, así que la relación con el supuesto lucero que guio a los Reyes Magos es muy difícil de establecer. Por supuesto que también se han propuesto otros eventos celestes que van desde conjunciones planetarias hasta novas o incluso supernovas.

2.3 Meteoritos y estrellas fugaces

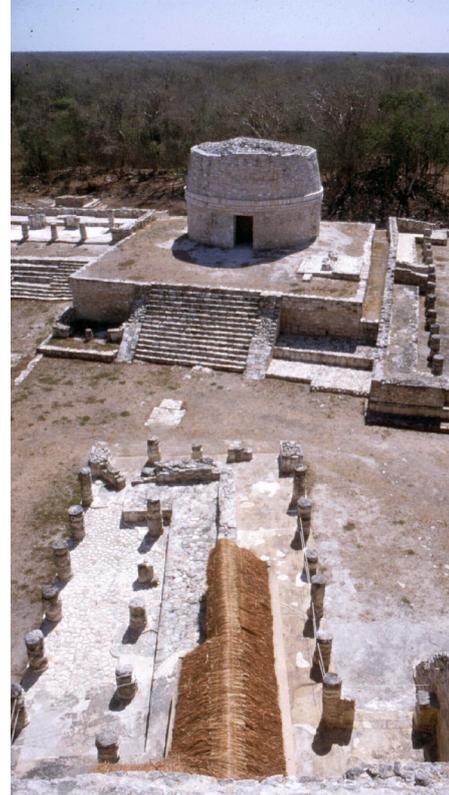
Respecto a los meteoritos y las estrellas fugaces, la percepción ha sido muy variada y se han interpretado de maneras diferentes. Usualmente causaban miedo, y no es para menos, sus impactos son violentos y crean cráteres que pueden llegar a tamaños considerables. De hecho, hace unos 65 millones de años, mucho antes de la existencia de la humanidad, uno de ellos es encargado de la extinción de los dinosaurios. Su colisión con la Tierra creó el famoso cráter del *Chicxulub*, en la península de Yucatán, cuyo diámetro es de unos 200 km. Hay otros que también han causado extinciones en diferentes momentos de la historia, pero quizás lo más aterrador de sus apariciones es que muchos de ellos explotan antes de tocar el suelo por el calentamiento que sufren durante su paso por la atmósfera y causan estruendos. Así que debido a este comportamiento violento también se han considerado como emisarios de tragedias.

Una concepción muy diferente es la que se tenía en el antiguo Egipto, donde consideraban que su origen era divino y usaron los meteoritos metálicos en forma ceremonial. De hecho, parece que pensaban que el cielo estaba hecho de algún material sólido, ya que eran unos pedazos de cielo que se desprendían ocasionalmente y caían a la Tierra, algo similar a la lluvia. Los de hierro y níquel eran muy apreciados y usados para hacer el instrumental sagrado con el cual trataban a los faraones muertos.

Por su lado, las estrellas fugaces, que son meteoritos pequeños o micro meteoritos, se han interpretado de maneras benignas, como portadoras de buenos augurios, como astros que permitían que los dioses atendieran nuestros deseos para convertirlos en realidad. De ahí la costumbre de pedir deseos cuando se avistan estrellas fugaces, ya sea individuales o como parte de las conocidas lluvias de estrellas.

En Mesoamérica, el paso y caída de meteoritos provocaba también la sorpresa no sólo de los sacerdotes-astrónomos, sino del pueblo en general. Por las descripciones existentes da la impresión que aunque la palabra *xihuitl* tiene el significado literal de cometa, su utilización parece incluir la designación de meteoritos o estrellas fugaces. Dentro de la serie de augurios que antecedieron a la

conquista española *Fray Bernardino de Sahagún* relata: “La cuarta señal o pronóstico fue de día, haciendo Sol, cayó una cometa. Parecían tres estrellas juntas que corrían a la par muy encendidas y llevaban muy largas colas. Partieron hacia el occidente y corrían hacia el oriente. Iban echando centellas de sí. Desde que la gente las vio comenzaron a dar gran grita. Sonó grandísimo ruido en toda la comarca”. *Sahagún* utiliza en el texto paralelo en náhuatl la palabra *xihuitl*, obviamente aquí se trató de un meteorito. Acompañado al texto se dibujó ideográficamente al meteorito, un racimo de hierbas (*xihuitl*) con larga cauda flamígera.



Arriba Izq. La pirámide de El Castillo de la ciudad de Mayapán. Se aprecia el edificio adosado que contiene un mural astronómico.

Abajo Izq. Mural de Mayapán representando un disco solar con un personaje descendente en su interior y escoltado por dos guerreros.

Der. Disposición del edificio adosado a El Castillo que contiene el mural astronómico de Mayapán. Se aprecia el Edificio Circular similar al observatorio de El Caracol de Chichén Itzá.

Otro caso de un posible meteorito aparece descrito en el *Códice Telleriano-Remensis* en el año 7 Tecpatl, 1512: “en este año sujetan los mexicanos al pueblo de Quimichintepec y Nopala que son hacia la provincia de Tototepec. En este año les parecía que humeaban las piedras tanto que llegaba el humo al cielo”. A pesar del texto del comentarista español, el dibujo correspondiente muestra a una piedra proveniente del cielo dejando atrás volutas de humo, lo que hace pensar más bien en la caída de un meteorito.

En ocasiones, los meteoritos pequeños se suceden rápidamente y sus trayectorias brillantes parecen surgir de un punto en el espacio. Esto es lo que se conoce como lluvia de estrellas, la cual tiene su origen en los remanentes de la

materia desprendida a lo largo de la órbita de un cometa alrededor del Sol. Las partículas que se desprendieron y formaron la cola, se mantienen girando alrededor del Sol en la misma órbita. Así, este material se encuentra disperso a lo largo de toda la órbita cometaria y cada vez que la Tierra cruza la zona por donde pasó un cometa, las partículas penetran a la atmósfera generando una lluvia de micrometeoritos. Una de las lluvias de estrellas más llamativas son *Las Leónidas*, que ocurren anualmente en noviembre y provienen de la materia arrojada por el Cometa *Tempel-Tuttle*.

En 1931 *Hagar* propuso que los pueblos mesoamericanos observaron las lluvias de meteoritos, incorporándolas a sus ritos religiosos. Las representaciones, provenientes de códices, de personajes en actitud de descender en un fondo nocturno con estrellas son identificadas por *Hagar* como estas lluvias de estrellas. Considerando que Las Leónidas se observan cada año durante noviembre, propone que su llegada era conmemorada en la fiesta del mes *Quecholli*; entonces se festejaba la bajada del cielo de *Tzontemoc* (cabellos descendentes) y a *Mictlantecuhtli* (el Señor del reino de los muertos). La identificación de las trazas luminosas de los meteoritos con los cabellos de *Tzontemoc* parece aquí evidente. Recientemente, basado en representaciones iconográficas y en los códices de Dresde y Madrid, Kinsman ha identificado el registro de la lluvia de estrellas de las Perseidas hecho por los observadores mayas durante los siglos VII al X d.C.

2.4 Auroras boreales

Las auroras son luces difusas en el cielo, luminiscencias de diferentes colores con formas semejantes a cortinas de luz, que cambian de color y aspecto en tiempos cortos. Su nombre viene del latín, de la diosa romana del amanecer, ya que en las noches parecían anunciar el amanecer. Crean un extraordinario espectáculo, pero sólo son visibles en latitudes situadas fuera de los trópicos. Al norte del Trópico de Cáncer y al sur del de Capricornio, en las zonas boreales y australes, por lo que se denominan auroras boreales y auroras australes, respectivamente. Aparecen repentinamente y son frecuentes en las regiones cercanas a los polos, aunque también suelen verse en el norte y el sur de América, en Australia, Sudáfrica, Asia y Europa. Su origen está en el flujo de partículas de alta energía que se emiten cuando el Sol entra en una fase de gran actividad. Esto provoca la aparición de grandes manchas solares y explosiones en la atmósfera del Sol. Esa situación sucede aproximadamente cada once años. Tales partículas chocan con los átomos de la alta atmósfera terrestres, los que son excitados y entonces emiten luz de diversos colores. Muy esporádicamente llegan a ser vistas a latitudes mesoamericanas, sobre todo cuando la actividad solar es muy intensa. Algunos estudiosos consideran que el término náhuatl *Mixpamitl* (bandera de nubes) podría aplicarse a una aurora boreal.

Dado que son difusas y cambiantes, en las culturas de Norteamérica y Europa se pensaba que eran los espíritus de los ancestros que bailaban en el más allá o que paseaban con antorchas. Incluso algunos pensaban que mostraban las

puertas al cielo o que eran las almas de los niños que morían al nacer. En otras se pensaba que eran mensajes divinos de buena voluntad o que eran producidas por animales, ya sea zorros que golpeaban la nieve produciendo luces o ballenas o focas que lanzaban agua iluminada.

En el caso de los vikingos, pensaban que eran el reflejo de las armaduras de las valquirias, las guerreras celestiales, que cabalgaban guiando a los guerreros muertos hacia el Valhalla. Para los griegos y los romanos, las auroras también se asociaban a futuras batallas, eran mensajes mandados por los dioses de la guerra, Ares para griegos y Marte para romanos.

Pero para los chinos tenían una connotación totalmente diferente, se consideraban como signos de buena ventura.

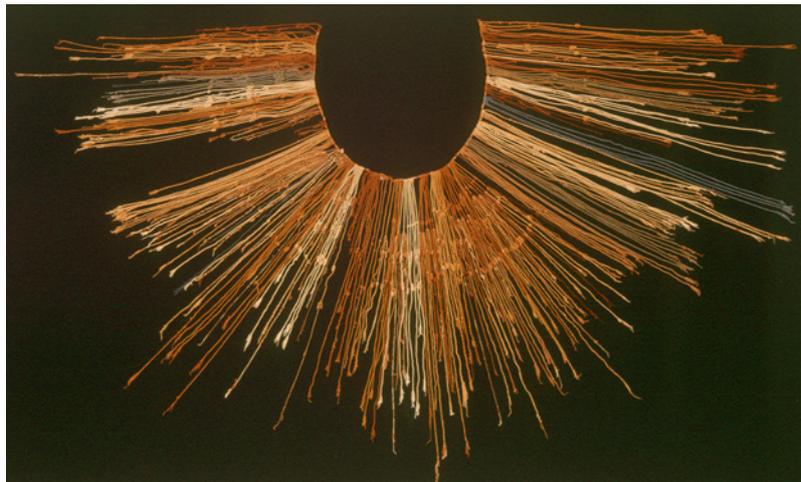
3. LAS VISIONES DEL MUNDO ANTIGUO

Cada cultura de la antigüedad elaboró su relato de la creación del mundo, los astros y los seres vivos. Sin embargo, los antecedentes y evolución de esas cosmogonías son difíciles de rastrear porque las primeras comunicaciones humanas probablemente se hicieron con gesticulaciones, así que seguramente muchas de las creencias originales, si no es que todas, se han perdido con el paso del tiempo. Las pinturas rupestres y los petroglifos podrían contener parte de esas historias, pero es hasta que se inventaron los pictogramas y la escritura de signos cuando los conocimientos y las creencias pudieron ser recopiladas en textos y transmitirse de manera clara.

Las primeras formas de expresión escrita no nacieron en un solo lugar, ni son producto de una sola cultura, se inventaron de manera independiente en varios sitios geográficos y en muy diferentes momentos. Las primeras escrituras que se conocen fueron hechas por los sumerios en Mesopotamia en el 3500 a.C. y casi al mismo tiempo por los egipcios junto al Nilo, en 3200 a.C. Los sumerios establecieron sus poblaciones en la región de *Sumer*, una zona fértil situada entre los ríos Éufrates y Tigris, donde iniciaron sus registros en tablillas de barro, primero pictográficos y después cuneiformes. Al respecto, Irene Vallejo nos aclara que en los ríos de Mesopotamia no había papiro y escaseaba la piedra, la madera y la piel, por eso los sumerios escribieron en tablillas de tierra cocida. Por su lado, los egipcios inventaron la escritura jeroglífica, que también pictográfica, y plasmaron sus textos en papiros. Su uso inició en ambos casos para llevar los registros de inventarios y actividades comerciales. La forma de escribir evolucionó con el tiempo y se amplió la temática hacia textos sagrados y para llevar los registros de eventos terrenales y celestiales. Muchos siglos después los fenicios inventaron el primer alfabeto de consonantes, alrededor del 1000 a.C. y lo compartieron con varias culturas, entre ellos los griegos, quienes le agregaron las vocales alrededor del 900 a.C. A su vez, los chinos inventaron su escritura con base en pictogramas e ideogramas por ahí del 1200 a.C. el cual evolucionó hasta ser el arte caligráfico que hoy conocemos.

De este lado del mundo y con independencia de lo que se desarrolló en Asia y Europa, los olmecas, zapotecas, mayas y las culturas de las zonas centrales de lo que hoy es México inventaron sus sistemas de escritura. Los glifos labrados en piedra más antiguos que se conocen en Mesoamérica pertenecen al *Bloque de Cascajal*, elaborado por la cultura olmeca y su datado lo ubica en el 900 a.C. Los glifos y pictogramas zapotecos fueron labrados en piedra y sus textos más antiguos son de aproximadamente el 594 a.C. El de los mayas inició alrededor del 300 a.C. y fue un sistema jeroglífico que también fue labrado en piedra y pintado en códices y vasijas. Los mexicas junto con las culturas de Oaxaca y Puebla, denominada tradición *Mixteca-Puebla*, usaron un sistema de escritura basado en pictogramas e ideogramas que plasmaron en códices y en piedras, pero apareció mucho más tarde, hacia el 1200 d.C.

Por su lado, los incas en la región andina hicieron lo propio, aunque el método que inventaron es muy diferente a los demás sistemas. Su técnica de comunicación está hecha mediante una serie de nudos organizados en cuerdas delgadas de diferentes colores llamado *quipu* o *kipu*, que significa nudo en quechua. Las cuerdas delgadas colgaban a su vez de una cuerda principal y eran usadas para registrar datos numéricos, almacenar la información de eventos y fechas importantes, así como para narrar historias.

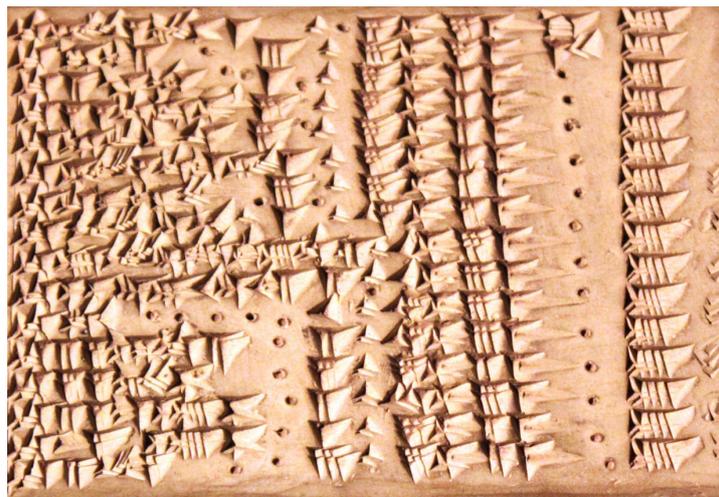


3.1 Mesopotamia

La documentación generada por los sumerios representa un legado fundamental para el conocimiento antiguo. Además del lenguaje y la escritura (sus textos iniciaron la literatura y establecieron las primeras normas legales), ellos inventaron la rueda y construyeron las primeras ciudades monumentales que vio la humanidad. Nunca crearon un imperio, cada ciudad era autónoma, eran ciudades-estado con su propia estructura gubernamental. La primera en construirse fue *Uruk*, situada en el corazón mismo de Sumer. Sus aportaciones a la cultura y el conocimiento son muy amplias, escribieron *La Epopeya de Gilgamesh*, el primer poema épico que conoció el mundo, escrito más de mil años antes de que se escribieran la *Ilíada* y la *Odisea*. También fueron pioneros en astronomía,

matemáticas y medicina. Dividieron el día en 24 horas, diferenciaron los planetas que se pueden ver a simple vista de las estrellas fijas y establecieron un modelo geocéntrico del universo, el cual se dividía en Cielo, Tierra e Inframundo. Sus calendarios eran lunares y el dios de la Luna, llamado *Nanna*, era venerado en el templo monumental con forma piramidal más importante de su tiempo, el *zigurat* de la ciudad de *Ur*. Todos estos adelantos muestran que la cultura de Sumer debe ser considerada como la cuna de la civilización.

Los babilonios heredaron esa magnífica cultura, incluidos calendarios, inventos, escritura y creencias, pero a diferencia de los sumerios, los babilonios crearon un gran imperio que se expandió por la región y cuya capital fue la ciudad de *Babilonia*, que significa La Puerta de los Dioses. La ciudad antigua de Babilonia fue destruida y posteriormente vuelta a edificar con murallas y monumentos espléndidos. Con *Nabucodonosor II* el imperio extendió sus fronteras, alcanzó un gran auge y en la ciudad de Babilonia se edificaron grandes templos, palacios y fortalezas. Un ejemplo de esto es el amplio palacio Real y la espectacular puerta del templo de *Ishtar*, la diosa del amor y la guerra, espléndidamente adornada con bloques de ladrillos vidriados y que hoy puede admirarse en el *Museo Pergamon* de Berlín, a donde fue llevada en 1930.



Arriba Lista de estrellas (320-150 A.C.) encontrada en la ciudad de Uruk, hoy Irak. Perteneciente al Vorderasiatisches Museum SMB Inv. VAT 16436 | CC BY 3.0

Su cosmogonía es posiblemente la más antigua del mundo, describe el nacimiento de los dioses, el universo y los seres humanos. Está contenida en el *Enuma Elish*, o las *Siete Tablillas de la Creación*, texto realizado entre los años 1700 y 1200 a.C. Contiene la mitología del origen del mundo, donde se relatan las historias de *Marduk*, el dios de la creación, del agua, la tierra, la medicina y la magia. *Marduk* es el dios campeón del principio de los tiempos, quien después de vencer a *Tiamat*, la diosa de las fuerzas del caos primordial, trajo el orden al mundo y a la humanidad. Es una historia que trascendió a su tiempo, fue tomada por otras culturas y nos ha llegado con la vestimenta de otras religiones.

Los babilonios fueron observadores sistemáticos y registraron eclipses, los movimientos de Venus, avistamientos de cometas e incluso las caídas de meteoritos. Sus calendarios contaron con las efemérides del Sol, la Luna y los planetas y encontraron los ciclos que rigen a los eclipses de Luna. Nos legaron muchas de las descripciones y nombres de las constelaciones. Algunas tablillas de barro muestran cálculos que llevan los nombres de *Naburimannu* (este es el primer nombre registrado de un astrónomo, fechado en 491 a.C.) y de *Kidinnu* (fechado en el 379 a.C.). Posiblemente estos dos astrónomos fueron quienes iniciaron o inventaron la forma de calcular efemérides del Sol, Luna y los planetas.

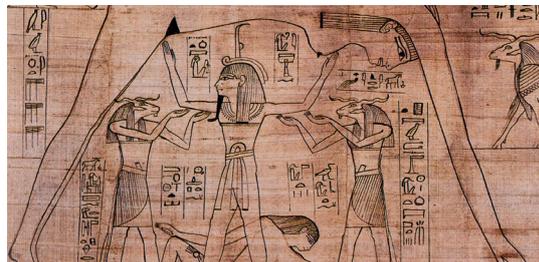
Los registros fueron usados con fines adivinatorios, para saber lo que les deparaba el destino y ayudar en la toma de decisiones de sus gobernantes. Su astrología quedó recopilada en una serie de tablillas con fenómenos meteorológicos y celestes llamado *Enuma Anu Enlil*, que fue hecho entre los años 1600 y 1100 a.C. Creían que el cielo tenía los designios de los dioses y aunque esta interpretación seguramente fue heredada de creencias anteriores, el nacimiento de la astrología suele adscribirse a los babilonios. Y a partir de entonces las creencias astrológicas caminaron de la mano de las observaciones astronómicas, al grado que se llegaron a confundir durante muchos siglos. Fue hasta el renacimiento europeo, con el desarrollo de la física durante la Revolución Científica, que se diferenciaron y cada una tomó su propio papel en la historia del conocimiento. Hay una enorme diferencia entre ambas; la astronomía, o mejor dicho, la astrofísica, es la ciencia que estudia los fenómenos naturales que ocurren en el cosmos, mientras que la astrología es un conjunto de creencias que usan los datos astronómicos con fines adivinatorios.

La astrología y cosmogonía babilónicas, con sus conocimientos e interpretación de los ciclos del cielo, tuvieron una gran influencia en las culturas judía, egipcia, hindú, griega y romana, las cuales incorporaron esos conocimientos en sus estudios del cielo y en la elaboración de sus textos sagrados, así como en sus cosmovisiones y sistemas de adivinación. De hecho, el *Enuma Elish* es un claro antecedente de la Biblia.

3.2 Egipto

El caso del antiguo Egipto es muy notable y complejo. Además de la escritura jeroglífica, hace más de 3000 años generaron un gran número de conocimientos, los cuales eran organizados por los sacerdotes. Era una sociedad socio-religiosa donde la religión jugaba un papel nodal y contaban con una gran cantidad de templos y rituales para honrar a sus dioses. Cultivaron la astronomía, las matemáticas, la medicina, la química, la arquitectura, la ingeniería y fueron los inventores del mortero, el papiro y métodos sofisticados de momificación. Las observaciones del cielo eran realizadas por astrónomos que también eran sacerdotes y tenían un significado ritual y religioso. Las estrellas del norte guiaban a los faraones muertos en sus viajes nocturnos por la bóveda celeste y las ceremonias funerarias estaban asociadas a las posiciones de las estrellas.

La religión jugaba un papel muy importante en su vida, tenían un gran número de dioses principales, de los cuales varios eran considerados creadores del universo. Así que no había una sino varias cosmogonías diferentes. Cada una surgida en una ciudad-santuario distinta, con su propio dios creador, aunque todas el universo iniciaba de un océano primordial, el *Nun*, de donde aparecían los dioses creadores. Quizás hubo más, pero los dioses primigenios más conocidos son *Ra*, *Ibis*, *Amón*, *Thot*, *Ptah* y *Khnum*. Cada uno de ellos fue un creador del universo, pero sus relaciones en cada versión cosmogónica podían ser diferentes. Por ejemplo, en una aparece el dios *Atum*, quien se autocreó en el principio de los tiempos y es después identificado con *Ra*, en otra aparece nuevamente *Atum* pero es creado por *Ptah*. Esta multiplicidad de visiones de la creación perduró a lo largo de los siglos sin que les haya generado algún conflicto.



Der Games, M. (2020, October 16). Ishtar Gate (Artist's Impression). World History, Encyclopedia Retrieved from <https://www.worldhistory.org/image/12913/ishtar-gate-artists-impresion/>

Izq La diosa Nut del cielo. Con el cuerpo arqueado como la bóveda celeste. Papiro Greenfield del Libro de los Muertos de Nesitanebtashru; 950 a. C. Dominio Público https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Geb,_Nut,_Shu.jpg

Creían en la vida eterna y que las almas de los muertos pasaban a otro mundo semejante al que habitaron cuando vivían. Sus visiones del otro mundo las dejaron plasmadas en una serie de inscripciones encontradas en pirámides, sarcófagos y papiros, denominadas *Textos de las Pirámides*, *Textos de los Sarcófagos* y *Libro de los Muertos*, respectivamente. En ellos se describen dos estratos bien diferenciados de la tierra de los muertos, descrita a semejanza de su tierra natal. Había un inframundo ubicado bajo la tierra llamado el *Jardín de los Juncos*, que era inundado anualmente, similar a lo que hace el Nilo y el Jardín se convertía en un lago donde iban los muertos a purificarse. El otro estrato era el *Campo de las Ofrendas*, ubicado en el cielo, entre las estrellas, donde los muertos podían vivir bien atendidos. Pero para acceder a esos mundos tenían que encontrarse con *Osiris*, el dios de del más allá, a quien debían dar cuenta de sus actos. Si eran de corazón limpio, podían pasar y vivir eternamente, en caso contrario su alma era destruida y dejaban de existir.

En los textos también se describe la bóveda celeste como el cuerpo arqueado de la diosa *Nut*, la diosa cósmica y madre de dioses, quien cada día daba a luz al Sol y después se lo tragaba al atardecer para que fuera a visitar el inframundo durante la noche. En un estudio reciente se plantea que la representación del cuerpo arqueado de *Nut* estaba también asociado con la Vía Láctea. El cielo también estuvo asociado con el útero femenino, pues creían que la lluvia se desprendía del útero de *Nut*. Los ciclos cósmicos fueron muy relevantes para establecer sus rituales y celebraciones. El primer calendario solar de 365 días que se conoce lo hicieron

por ahí del año 3000 a.C., está descrito en los *Textos de las Pirámides* y *Heródoto* también da cuenta de ello en el Libro II de sus *Historias*. No tenían año bisiesto, así que las celebraciones anuales se desfasaban un día cada cuatro años respecto a los ciclos estelares. Una de las celebraciones más importantes corresponde a la aparición de Sirio al amanecer, fecha que anunciaba la próxima crecida del Nilo. La bóveda celeste también fue usada para la orientación de sus templos y pirámides, así que el firmamento está plasmado en su arquitectura.

3.3 Grecia: Rompiendo moldes

La antigua Grecia recibió influencias de las culturas vecinas que la precedieron, como las de Mesopotamia y Egipto. De hecho, cuando *Heródoto* visitó Egipto quedó fuertemente impresionado por sus monumentos, templos y pirámides, así como por sus conocimientos e historia y pensó que estaba ante el origen mismo de la cultura griega. Es cierto que Grecia y Egipto mantuvieron relaciones durante mucho tiempo, pero independientemente de cuánto pudo influir la civilización egipcia, la cultura griega antigua creó una visión mítica propia y muy diferente a la de las otras culturas. Además, sentó las bases para el desarrollo del conocimiento lógico y racional de la naturaleza. Es un referente obligado de sabiduría e imaginación, con esa mitología fascinante y muy compleja que sigue siendo reconocida en el Occidente, y que a la vez es la cuna de la filosofía y del pensamiento crítico que ha marcado el desarrollo del conocimiento occidental.

Su mitología está poblada de dioses llenos de pasiones, caprichos, deseos y debilidades semejantes a los de los seres humanos, a quienes engañan para seducirlos y satisfacer sus apetitos. Son incluso representados como humanos, muy bellos y poderosos, pero en el fondo muy humanos. Los mitos los muestran serenos y alegres, a fin de cuentas son inmortales, pero también los exhiben como mentirosos, tramposos, infieles, envidiosos e incluso borrachos. Además, su morada no está en el cielo ni se mueven entre las estrellas, actúan en la Tierra y viven en el Monte Olimpo, el más alto de Grecia. Así, a diferencia de los dioses en las otras culturas, en Grecia fueron hechos a imagen y semejanza de los seres humanos.

Los dioses del Olimpo, dominando el cielo y la Tierra, eran los más poderosos. Se trataba de los dioses primordiales del cielo y la Tierra en la mitología griega, Urano y Gea, los padres de Cronos y abuelos de Zeus. Acompañaban a Helios y Selene, el Sol y la Luna, en sus travesías cotidianas por la bóveda celeste. El dios Hermes, el mensajero de Zeus y de los dioses, y al que los romanos llamaron Mercurio, para llevar los sueños de Morfeo a los seres humanos y ser el planeta más cercano al Sol, el único elemento metálico que es líquido y el primer programa tripulado espacial de la NASA. Es como sabernos descendientes de Dédalo y su hijo Ícaro, los primeros humanos en volar para escapar de su prisión en Creta. Y ser los tripulantes de la próxima generación de naves espaciales.

La escuela jónica, la primera escuela filosófica fundada en el Siglo VI a.C. en la ciudad de Mileto, es la que rompe el molde existente. Sus tres miembros, Tales, Anaximandro

y Anaxímenes pusieron las primeras piedras para la explicación lógica y racional del cosmos. Sus ideas eran innovadoras y desafiaban los paradigmas míticos existentes. El agua y el aire ocuparon un lugar prominente, que junto al concepto de ápeiron –el infinito, lo indeterminado–, eran la fuente de todas las cosas. Propusieron que la Tierra flota libremente en el espacio, la cual además es el centro del universo y todos los astros se mueven alrededor suyo. La cosmología y la astronomía estuvieron en el centro de sus ideas y fueron observadores agudos del cielo y la Tierra. De hecho, Anaximandro fue el primero en medir los solsticios y los equinoccios.

Posteriormente se crearon otras escuelas filosóficas, fundadas por maestros muy prestigiados que establecieron corrientes propias de pensamiento centradas en el ser humano y la sociedad, el arte y el conocimiento. Algunas fueron más trascendentes que otras, pero dentro de todas ellas podemos mencionar a Pitágoras, Sócrates, Demócrito, Platón y Aristóteles, quienes aportaron al desarrollo de las matemáticas, la física, el materialismo, la dialéctica, la política, la democracia, la ética y la astronomía. En esta última rama, la obra de Hiparco de Nicea, astrónomo y matemático quien vivió en el Siglo II a.C., ocupa un lugar muy prominente. Él creó el primer catálogo de las 850 estrellas conocidas en su época, con su brillo y posiciones en la bóveda celeste. También dividió el día en 24 horas iguales -aunque desde los babilonios ya se había hecho esta división del día-, descubrió la precesión de los equinoccios y diferenció entre el año sideral y el solar. Por si esto fuera poco, también inventó la trigonometría.



Arriba Loggia di Psiche, fresco de Rafael y sus alumnos en la Villa Farnesina de Roma. Es un banquete de los dioses. [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Loggia_of_Psyche_\(Villa_Farnesina,_Rome\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Loggia_of_Psyche_(Villa_Farnesina,_Rome).jpg)

Abajo La Puerta de Ishtar en el Museo Pérgamo de Berlín. © Raimond Spekking / CC BY-SA 4.0 (via Wikimedia Commons)

Cuatro siglos después, en el Siglo II d.C., el astrónomo Claudio Ptolomeo actualizó el catálogo de Hiparco, mejoró el concepto geocéntrico del universo añadiendo los epiciclos al movimiento planetarios, y sintetizó el conocimiento astronómico existente en su obra magna *Syntaxis Mathematica*. Esta es una obra fundamental que fue casi olvidada durante el oscurantismo europeo, pero fue rescatada, traducida al árabe y mejorada durante la Edad de Oro del Islam por varios astrónomos musulmanes. Durante el renacimiento fue una pieza fundamental en los trabajos que llevaron a la Revolución Científica y hoy es mejor conocida por el título de la traducción al árabe, el *Almagesto*, del árabe *Al-Majisti*, o El más Grande.

Claramente, todos estos pensadores griegos establecieron la agenda del futuro, rompieron con los mitos y le dieron forma significativa a la filosofía, la ética, las matemáticas, la física, la música y de manera muy preponderante a la cosmología y la astronomía. Así que esta propuesta artística es un homenaje a la historia de esta gran cultura, explorando la intersección de su rica mitología con el pensamiento racional que sentó las bases para el estudio sistemático y la comprensión de cosmos. El establecimiento de la escuela jónica en la Grecia antigua del Siglo VI a.C., que es la cuna de la filosofía, representa el parteaguas donde las creencias en la visión mitológica son abandonadas y remplazadas por la lógica y las experiencias verificables y reproducibles, basadas en la observación de la naturaleza. Este rompimiento con la visión mítica sienta las bases para reflexionar el cómo entendemos al mundo y abre la discusión entre las dos corrientes que dividieron al pensamiento filosófico; el materialismo que inició Tales desde el inicio de la misma escuela jónica, con el idealismo que estableció Platón un par de siglos después.

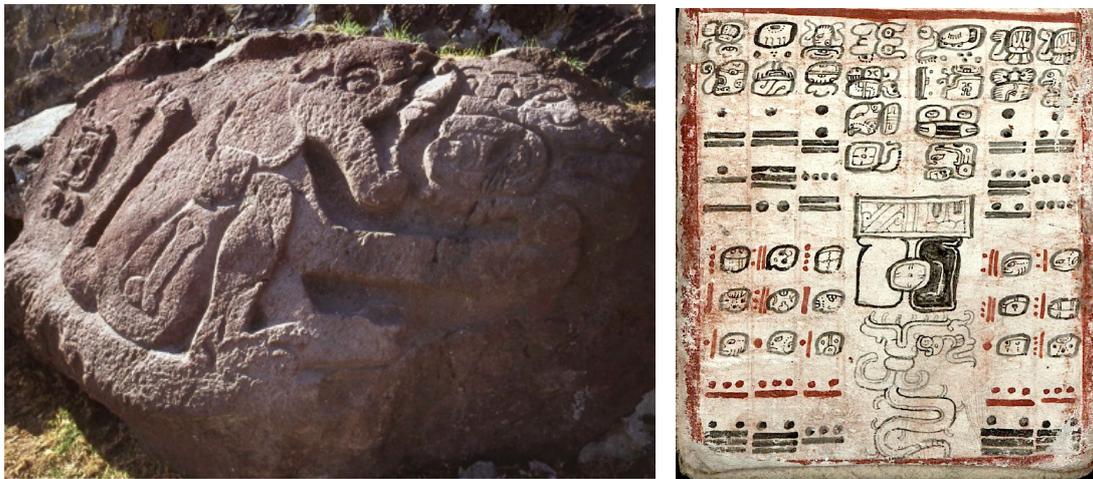
Un hecho que ha pasado casi desapercibido es que el materialismo de la escuela jónica tiene al menos un par de antecedentes. El mejor documentado se remonta a los textos Vedas de dos siglos antes, donde el pensador hindú Uddalaka Aruni, quien vivió en el Siglo VIII a.C., planteó que todos los objetos del mundo material están compuestos por un conglomerado de partículas invisibles a nuestros ojos. De manera que Aruni, quien podría considerarse como un proto-materialista, no sólo se adelantó a la escuela jónica, también se adelantó por casi tres siglos a la corriente filosófica atomista propuesta por Leucipo y Demócrito. El otro antecedente es aún más antiguo y puede ser considerado casi como una leyenda, donde se dice que Moscho de Sidón, un pensador fenicio del Siglo XIV a.C., desarrolló la primera visión corpuscular del mundo. Este hecho se adelantaría por casi un milenio a la escuela jónica, pero fuera de la obra hecha por Tomás Lapeña en 1806, no hay suficientes datos de su vida y su obra para conocer esa visión.

Así, si bien estos antecedentes son importantes, debemos dejar claro que fue la escuela jónica la que sentó las bases para hacer la gran transición del misticismo hacia el conocimiento verificable. Con ella se establecieron los fundamentos de varias áreas del saber actual, dando una dimensión lógica tanto a la percepción que tenemos del mundo como a nuestra ubicación en el cosmos. Hoy

pensamos que el espacio, con todos sus misterios y majestuosidad, se extiende en todas direcciones y nació junto con el tiempo en un evento único, ocurrido hace unos 13,800 millones de años, que llamamos la *Gran Explosión*.

3.4 Mesoamérica

En Mesoamérica el cielo también fue la guía del desarrollo social, económico, militar y religioso de sus diferentes culturas (aquí damos parte del resumen que hace J. Franco en la revista digital Obsidiana). Sus relaciones y conocimientos fueron muy profundos y se estamparon en glifos y códices. Los más célebres y mejor conocidos son aquellos pertenecientes a las culturas del altiplano, sobre todo la mexicana, y las de las zonas mayas. Como ha sido descrito por muchos autores, entre ellos destaca el Códice Florentino, escrito por *Fray Bernardino de Sahagún*, originalmente llamado *Historia General de las Cosas de Nueva España*. Es una obra monumental, enciclopédica y bilingüe, escrita en náhuatl y español. En ella se reseña la cultura, los ritos y las costumbres de los mexicas, incluyendo su conocimiento astronómico con las descripciones de constelaciones, cometas, eclipses y del famoso conejo de la Luna. La astronomía, como en el resto de las culturas en Asia y Europa, fue utilizada con fines rituales y de adivinación y para vivir en armonía con sus dioses. En el Códice Borbónico se describen las fiestas, su almanaque adivinatorio y la relación de los llamados Señores de la Noche con el ciclo de 52 años del Fuego Nuevo.



Izq. Eclipse Solar en el monolito de Teotenango en 1477 en el día 1 Tochtli (conejo).
Der. Eclipse de Sol iconográficamente registrado en el Códice Maya de Dresde.

En el caso de las culturas mayas, los códices Madrid, Dresde y París, dan cuenta de sus conocimientos y cultura; su erudición sobre el cielo, sus matemáticas e incluso algunos fenómenos catastróficos como inundaciones. En las últimas conversaciones que tuvimos con nuestro amigo el historiador y epigrafista Guillermo Bernal (1960-2021), nos comentaba que los mayas usaron el cielo para comprender y predecir las voluntades divinas y vivir en armonía con ellas. Como ejemplos contó que la Vía Láctea era vista como un cocodrilo que fue destrozado por el dios del cielo y que las constelaciones estaban personificadas por animales. La bóveda celeste era un zoológico celestial donde, de modo rotativo, cada

animal estelar regía por 28 días. Al haber sido trece constelaciones, se completaba prácticamente la duración del año. Hay que resaltar los avances cuantitativos del registro en los códices mayas de eventos astronómicos como eclipses y períodos sinódicos de varios planetas. Así mismo, cabe señalar la importancia de los objetos del cielo expresada en el arte como es la pintura mural, la cerámica, los códices, las estelas, etc. Otro aspecto notable en la cultura mesoamericana es la práctica de alineación astronómica de estructuras arquitectónicas considerando no sólo al Sol, sino también a la Luna y a diversas constelaciones.

En la época del apogeo cultural de los mayas, durante el llamado período clásico, aproximadamente entre el año 100 y el 900 d.C., éstos idearon una manera peculiar de expresar fechas contando los días transcurridos a partir de una fecha mítica en el pasado lejano. Tal origen de la cuenta del tiempo se remontaba al 13 de agosto del año 3114 a.C. Con este punto de referencia, se expresaba cualquier fecha por medio de cinco números, que podían ser del 1 al 19, que a la vez representaban los factores que multiplicaban a las potencias del número veinte. Pues su sistema numérico era vigesimal. Esto de manera similar a como lo hacemos en la actualidad, al expresar el año en el calendario moderno a partir del nacimiento de Cristo y usando las potencias de 10. Así, cada una de esas potencias de 20 se identificaban con ciertos nombres que en ocasiones incluso llegaban a interpretarse como entes con personalidad sagrada. Junto a ese gran número de días transcurridos desde el origen del tiempo se especificaba también tanto la fecha en la cuenta ritual, como en la solar. Incluso se anotaba además la edad de la Luna. La redundancia en el especificación de un momento en el tiempo no era mayor problema para los mayas. Algunas fechas mayas en este sistema, llamado de la Cuenta Larga, tuvieron cierto significado especial, particularmente cuando se completaban los períodos una vez que uno de aquellos cinco números había ocupado sus primeras 19 posibilidades. Los mayas erigieron estelas de piedra bellamente labradas en ocasión de la llegada de esas fechas especiales. A menudo, ceremonias religiosas y políticas muy importantes se hacían coincidir para tales momentos.



Izq. Observador mexicana del cielo, Códice Mendoza, siglo XVI.

Der. Eclipse de Sol en el año 1 Serpiente, Códice mixteco Nuttall.

La observación del cielo representó un medio necesario para concebir una cosmovisión que estableciera la relación del hombre con la naturaleza. La práctica ancestral de seguir el movimiento de los astros condujo a la invención de un sis-

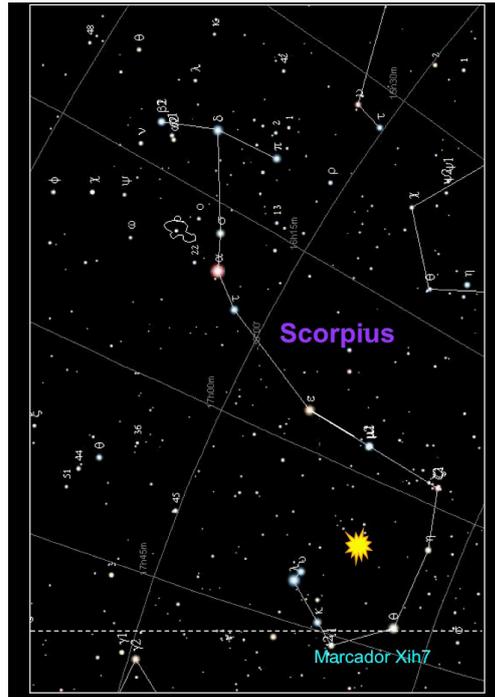
tema calendárico que acompañó a las sociedades prehispánicas por milenios y les permitió generar varios patrones espaciales y temporales, con los cuales orientó sus principales estructuras arquitectónicas e incluso sus ciudades. Puso así sus obras materiales en armonía con principios de orden provenientes de las deidades que habitaban en el firmamento. El agudo ingenio mesoamericano al observar la naturaleza en conjunto, incluyendo el firmamento, le permitió alcanzar impresionantes logros en diversas áreas del conocimiento, como en la astronomía, y que en parte aún podemos admirar hoy en día.

3.4.1 Una explosión de Supernova registrada por teotihuacanos

Como vimos anteriormente con los eclipses, los registros de eventos astronómicos en glifos son difíciles de interpretar y siempre quedan dudas sobre el significado y las fechas de sus representaciones. El caso de los glifos mesoamericanos no son la excepción. Sin embargo, Galindo, ha enfocado su labor al estudio de los eventos astronómicos registrados en varias de nuestras culturas y aquí presentamos un par de sus hallagos relacionados con las culturas teotihuacanas y mayas.

Como sabemos, *Teotihuacan* representa uno de los complejos culturales más desarrollados y extendidos en Mesoamérica. Su gran ciudad pudo ser la más grande de Mesoamérica durante la época de su florecimiento, el cual sucedió durante los primeros siete siglos del primer milenio de nuestra era. Los arqueólogos localizaron dentro de la ciudad un tipo peculiar de petroglifos, cuyo diseño consiste de dos círculos concéntricos formados por pequeños puntos labrados en una roca o en un piso estucado. Los círculos son cruzados por dos ejes perpendiculares entre sí, también formados por pequeños orificios.

El sitio arqueológico de *Xihuingo*, localizado a unos 35 km al noreste de Teotihuacan, tiene una gran cantidad de estos marcadores punteados. Su apogeo teotihuacano se puede situar alrededor del año 450 d.C. Es un lugar en buena parte cerrado por los cerros circundantes, lo que hace pensar que podría haber sido algo así como un campo experimental para el uso astronómico de los marcadores. Se han analizado las direcciones de las líneas que unen los centros, pero debido al número tan grande de marcadores, no se ha obtenido una idea clara del significado, si lo tiene, de las líneas de unión entre ellos. Pero uno de los marcadores, el Xih3, posee 179 agujeros reconocibles en su diseño y otros 31 agrupados dentro y fuera de él. En las rocas cercanas se pueden reconocer varios petroglifos particularmente llamativos. Junto a una cara antropomorfa, quizás indicando la acción de mirar, aparece una estrella de cinco puntas teniendo en su interior dos círculos concéntricos y a su lado aparecen otros dos círculos concéntricos (mayores que los del interior de la estrella), debajo de los cuales se puede leer el número 13, que parece expresar la fecha 13 Tonalli (Sol) o acaso Citlalin (estrella). Estos dobles círculos concéntricos fueron identificados desde el Siglo XVI como el glifo de estrella, y si los del glifo en cuestión fueran la representación de rayos con un gran resplandor (como el del Sol), la estrella de cinco picos podría indicar la luminosidad intensa proveniente de un objeto del cielo.



Arriba Izq. Teotihuacan, la gran urbe vista a lo largo de la Avenida de los Muertos, se aprecia a la izquierda la Pirámide del Sol.

Arriba Der. Marcador punteado teotihuacano de Xihuingo, se utilizó para registrar eventos celestes.

Abajo Izq. Petroglifo teotihuacano asociado al marcador Xih3, probablemente señala la observación de una explosión de supernova en 393 d.C., año 13 Citlalin (estrella).

Abajo Der. Simulación de la posición de la Supernova de 393 d.C. en dirección del marcador teotihuacano Xih7

Desde Xih3 se puede observar en dirección sureste el marcador XiH7, situado a mayor altura de todo el sitio de Xihuingo, y el único con un diseño de cuatro círculos concéntricos de 405 agujeros distribuidos en los círculos y en los ejes casi rectilíneos. Los petroglifos asociados a Xih7 son varias espirales, una cara antropomorfa y tres glifos Calli (casa), uno con el numeral 7 en el sistema punto-barra, probablemente refiriéndose a una fecha. Por lo sugestivo del petroglifo con la estrella de cinco puntas asociado a Xih3 y su alineación en el horizonte en la dirección de Xih7, se buscaron coincidencias de eventos astronómicos en la época de florecimiento del sitio. Los registros de observaciones realizadas por astrónomos chinos, coreanos y japoneses entre los años 107 d.C. y 745 d.C., muestran 33 supernovas y algunas de ellas pudieron haber sido observadas por los teotihuacanos desde Xihuingo. En particular, la supernova registrada por astrónomos chinos entre el 28 de febrero y 29 de marzo del año 393 d. C. en la constelación del Escorpión, era observable desde el sitio. En las fuentes históricas chinas se consigna que esta supernova surgió en la cola del Escorpión justamente el 28 de febrero, cuando fue Luna nueva. Así que la noche oscura permitió la observación de esta supernova en todo el hemisferio norte, la cual fue casi tan brillante como la estrella más brillante del cielo.

En un estudio para identificar fuentes intensas de radio con remanentes de supernovas Clark y Stephenson localizaron la supernova de 393 d.C. La fuente llamada CTB37B se encuentra en la constelación del Escorpión ocupando el lugar de la supernova de 393 d.C., casi en el centro geométrico del espacio limitado por la cola. Haciendo un estudio retrospectivo, simulando la apariencia del cielo en el sitio arqueológico para la madrugada del 28 de febrero (y días subsecuentes) de ese año, encontramos que un observador situado en Xih3 podría ver la cola del Escorpión como saliendo del marcador Xih7 y mostrando una estrella nueva, sumamente brillante. A las 3:20 de la madrugada la supernova se observaba apenas a $5^{\circ} 25'$ por arriba del marcador y pudo quedar documentada en los petroglifos asociados al marcador Xih3. La estrella de cinco puntas con los círculos concéntricos podría ser una representación naturalista de la explosión de la estrella y por lo tanto podríamos proponer que el año teotihuacano 13 Citlalin corresponda al 393 d.C. En todo caso, posiblemente estamos frente al primer registro de la observación de una supernova en Mesoamérica.

En conclusión, Xihuingo fue probablemente un sitio dedicado a la observación astronómica y utilizaron los marcadores para señalar la dirección de la explosión de una supernova, con un testimonio ideográfico en petroglifos que permitió proponer una correlación calendárica.

3.4.2 Tránsito de Venus por el disco del Sol observado en Mayapán

La Ciudad de Mayapán fue el centro urbano y militar más importante de la Península de Yucatán durante la época postclásica tardía, la ciudad sucesora de Chichén Itzá poco antes de la llegada española. Se sitúa a unos 40 km. al sureste de Mérida. Según el cronista Diego de Landa, la tradición oral señalaba que Mayapán había sido fundada en la segunda mitad del Siglo XIII por Kukulcán, personaje legendario que gobernó la ciudad por algunos años y posteriormente regresó al centro de México. La llamada Sala de Los Frescos, descubierta en 1996, se localiza en el extremo sur de la Plaza Central de Mayapán, adosada a los dos primeros cuerpos del costado oriente de la pirámide, de 15 metros de altura, conocida como El Castillo. La parte central de la sala consiste de un muro que se extiende en dirección este-oeste.

A ambos lados de dicho muro se localizaron escenas pictóricas. Se tiene una sucesión de rectángulos de color rojo y amarillo que enmarcan a dos personajes de perfil ataviados ricamente y con tocado, orejeras, pectoral y pulseras en los brazos. Ambos personajes son de color rojo y amarillo sobre un fondo azul, sostienen en las manos una especie de asta como escoltando a un diseño circular en cada rectángulo. Tales diseños representan claramente discos solares amarillos, con rayos luminosos rojos, en cuyo interior se ha plasmado a un personaje descendente y armado. Como el mural ve hacia el norte y el sur, la pregunta obvia es si los soles pintados tienen alguna relación con el Sol real. Al calcular las circunstancias observacionales del muro hacia el oriente, la línea

de visión se encuentra, a unos 40 metros, con un Edificio Circular, el cual es semejante al observatorio de El Caracol de Chichén Itzá. Dos veces al año, el disco solar al desprenderse del techo de este edificio ilumina lateralmente, en forma rasante, a los soles pintados. Esto sucede cada 9 de abril y 2 de septiembre. Estas fechas dividen al año solar en múltiplos de 73 días respecto al solsticio de verano. Justamente el numeral 73 es fundamental en el sistema calendárico mesoamericano, pues cierra la relación entre la duración del calendario solar y el ritual de 260 días: $52 \times 365 \text{ días} = 73 \times 260 \text{ días}$. Estamos frente a una práctica común en Mesoamérica, es el culto a los dioses que crearon el calendario.

Otra pregunta que surge naturalmente es la identidad de los personajes en el interior de los soles. Astronómicamente sólo podría tratarse de una mancha solar o del tránsito de un planeta interior, es decir, Venus o Mercurio. Sin embargo, este último es demasiado pequeño para percibirse a simple vista. Por otra parte, el tamaño angular de Venus es del doble del mínimo tamaño de una mancha solar que se puede detectar a simple vista. Aunque cada 11 años el Sol alcanza su máxima actividad, no siempre se forman manchas suficientemente grandes. Un aspecto sugerente que posee el período de 73 días es que a través de una sucesión de alineaciones solares en las dos fechas citadas anteriormente, permitiría calibrar el período sinódico de Venus de 584 días, como $8 \times 73 \text{ días}$. Este período venusino lo registraron los mayas en el Códice de Dresde.

Por lo anterior, se está planteando la posibilidad que el personaje dentro del Sol pintado pudiera tratarse justamente de Venus, en ocasión de una conjunción inferior peculiar que es cuando atraviesa el disco solar. Tomando en cuenta la época probable de la ejecución del mural, se han analizado los tránsitos de Venus que sucedieron entre 1150 y 1400 d.C., observados desde Mayapán. En este intervalo se tuvieron cuatro tránsitos: 30 de noviembre de 1153, 1 de junio de 1275, 30 de mayo de 1283 y el 1 de diciembre de 1396. Mientras los dos últimos se dieron encontrándose el Sol demasiado alto sobre el horizonte para poder observar a Venus en su disco, sin un filtro atenuador de la luminosidad solar, los dos primeros se pudieron observar cómodamente en el ocaso solar. Así a las 17:15 horas del 30 de noviembre de 1153, al tocar el limbo solar inferior el horizonte surponiente, el planeta Venus se pudo observar a casi un cuarto de radio solar del limbo inferior. De igual forma, a las 18:31 horas del 1 de junio de 1275, al tocar el limbo inferior del Sol el horizonte norponiente, Venus se pudo localizar aproximadamente a un tercio de radio solar del limbo inferior.

Por supuesto, al ser el entorno de Mayapán ausente de cerros, la baja atmósfera pudo haber filtrado suficientemente la intensidad luminosa del Sol. En ocasión del último tránsito de Venus el 5 de junio de 2012, desde Mayapán Galindo pudo observar durante el ocaso a Venus dentro del disco solar a simple vista y sin utilizar filtro alguno. Por lo tanto, se puede proponer que los mayas pudieron observar el tránsito de Venus registrándolo en la pintura mural en Mayapán.

4. A MANERA DE EPÍLOGO

El espacio exterior, el cosmos, el cielo, la bóveda celeste, el firmamento y el horizonte son sinónimos del enigma que nos ha empujado a lo largo de los siglos para abrir puertas cada vez más lejanas en el espacio y en el tiempo. Como sabemos, el siglo veinte transcurrió en medio de una gran efervescencia en todos los ámbitos, desde las ciencias y la industria hasta las artes y el entretenimiento. Se popularizan la fotografía, el cine, el teléfono, el televisor, el automóvil y la movilidad aérea, y se generaron grandes transformaciones en física, medicina, economía, ingeniería, comunicaciones y geopolítica. Desde la creación de la Fundación Nobel a principios del siglo, para premiar las obras trascendentales de la humanidad, hasta la edificación de la Relatividad y la Mecánica Cuántica, se marcó el derrotero de las ciencias físicas y de sus tecnologías asociadas, las que a su vez han modificado profundamente nuestra forma de vida.

De hecho, a partir de la segunda mitad del siglo veinte y hasta nuestros días, estos avances se han diversificado y han definido la evolución de las iniciativas espaciales en el mundo, donde México ha sido un jugador importante en Latinoamérica. La historia de las ciencias y tecnologías espaciales es corta, tiene menos de un siglo, pero los avances han sido vertiginosos y en el número 88 de la revista Vanguardia Dossier se da un recuento actual de la situación global, con su historia y sus perspectivas futuras, que a fin de cuentas siguen representando nuestra última frontera (el artículo de Franco describe el caso de México y Latinoamérica).

Como es de esperarse en el mosaico de culturas e historias que conviven en Latinoamérica, cada país tiene una historia espacial propia y retos particulares que atender. En nuestro caso, México participó de 1962 a 1977 en las primeras etapas del desarrollo espacial, con la construcción de cohetes y estudios de la alta atmósfera, desde la Comisión Nacional del Espacio Exterior. Posteriormente, como se describe ampliamente en este libro, se ha trabajado en el desarrollo de las telecomunicaciones y, además, en labores de investigación y de desarrollo de satélites pequeños por grupos de la Universidad Nacional Autónoma de México. Más recientemente se creó la Agencia Espacial Mexicana, así como programas de estudios de ingeniería aeroespacial en el Instituto Politécnico Nacional, la UNAM y varias otras Universidades e Institutos Tecnológicos. Esto representa una buena base para armar proyectos de largo aliento para nuestro país, aunque antes hay que enfrentar diferentes retos relacionados con un financiamiento adecuado, la creación de infraestructura física y el establecimiento de una sólida cooperación internacional. En esto último ya se dieron pasos interesantes en 2021 con la creación de una Agencia Latinoamericana y Caribeña del Espacio, cuya primer sede se estableció en México, y con la adhesión de México al Programa Artemisa de la NASA, para volver a llevar seres humanos a la Luna.

En resumen, hoy la astrofísica, la física de partículas, la inteligencia artificial, el cómputo cuántico y el desarrollo espacial representan las llaves para abrir nuevas puertas hacia el Universo y continuar con esa exploración que, dicho sea de paso,

se mantiene tan fresca como en los inicios mismos de la civilización. Las respuestas han cambiado, pero las preguntas fundamentales siguen siendo las mismas.

REFERENCIAS

- *Arqueología Mexicana* 2001, "La escritura Maya", Edición número 48, Editorial Raíces.
- *Arqueología Mexicana* 2005, "Lenguas y escrituras de Mesoamérica", Edición número 70, Editorial Raíces.
- *Arqueología Mexicana* 2020, "El Códice Florentino y la creación del Nuevo Mundo. Su iconografía: Suma de dos tradiciones culturales", Edición Especial 90, Editorial Raíces.
- *Ascalone, E.* 2023, "Babilonia, la gran capital de Nabucodonosor II", *Historia National Geographic en Español*.
- *Aurora Boreal* 2024, "La aurora boreal como fenómeno natural", <https://auroraboreal.online/fenomeno-natural/>
- *Baulenas, A.* 2023, "Quipus, el código secreto de nudos de los incas", *Historia National Geographic en Español*.
- *Belmonte, J. A.* 2012, "Pirámides, templos y estrellas. Astronomía y arqueología en el Egipto antiguo", Editorial Crítica.
- *Campion, N.* 2009, "A History of Western Astrology: Volume I", Editorial Continuum. Ver también <https://satyastrology.com/heavenly-writings-babylonian-origins-of-astrology/>
- *Cashford, J.* 20016, "La Luna. Símbolo de transformación", Ediciones Atalanta.
- *Casazza, R., Gangui, A.* 2012, "La explicación de los eclipses en la antigüedad grecolatina", *Revista de Estudios Clásicos*, 39, pp. 79-103.
- *Clark, D., Stephenson, F.* 1975, "The remnants of the supernovae of AD 185 and AD 393", *Observatory* Vol. 95, pp. 190-195.
- *de Jong, T., van Soldt, W.* 1989, "The earliest known solar eclipse record redated". *Nature* 338, pp. 238-240.
- *Del Paso y Troncoso, F.* 1882, "Ensayo sobre los símbolos cronográficos de los mexicanos", *Anales del Museo Nacional de México*, Primera época, Tomo II, pp. 323-402.

- *Durán, Fray D.* 2006, "Historia de la Indias de Nueva España e islas de la Tierra Firme", Editorial Porrúa.
- *Franco, J.* 2021, "El conocimiento: un breviario de su impacto y su historia", *Conversus*, Edición especial del 20 Aniversario, p. 20.
- *Franco, J.* 2023, "Lo fue al principio y lo será siempre: el cielo". *Revista Obsidiana* 3, p.16.
- *Franco, J.* 2023, "Latinoamérica: Un desarrollo espacial en ciernes", *Revista Vanguardia Dossier*, No. 88, pp. 76-79.
- *Galindo Trejo, J.* 2006, "De supernovas y tránsitos de Venus: ¿evidencias de observación en Mesoamérica prehispánica?, en el libro: *Trabajos de Arqueoastronomía, Ejemplos en África, América, Europa y Polinesia*, editado por la Agrupación Astronómica de la SAFOR, Gandía, Valencia, España, pp. 103-129.
- *Galindo Trejo, J.* 2012 "Venus, los Mayas y el fin del mundo, *Revista ¿Cómo ves?*, Año 14, No.168, UNAM, pp. 30-33.
- *García Gual, C.* 2024, "Los dioses del Olimpo: a imagen de los hombres", *Historia National Geographic* https://historia.nationalgeographic.com.es/a/dioses-olimpo_21376.
- *Graur, O.* 2024, "The ancient egyptian personification of the Milky Way as the sky-goddess Nut: an astronomical and cross-cultural analysis", *J. Astron. Hist. Heritage*, 27, pp. 28 - 45.
- *Hagar, S.* 1931, "The November meteors in Mayan and Mexican traditions", *Popular Astronomy*, Northfield 39, pp. 309-400.
- *Heródoto* 1994, "Historias, Libros I-IV", Edición de Ambrosio González, Editorial Akal.
- *Jenkins, R.* 2004. "The star of Bethlehem and the comet of AD 66". *Journal of the British Astronomical Association*, 114, 336. <https://adsabs.harvard.edu/full/2004JBAA..114..336J>
- *Kidger, M.* 1999, "The Star of Bethlehem: An Astronomer's View", Princeton University Press.
- *Kinsman, J.* 2014. "Meteor showers in the ancient Maya hieroglyphic codices", *Proceedings of the Meteoroids 2013 Conference*, Adam Mickiewicz University Press, pp. 87-101.

- *Lapeña, T.* 1806, "Ensayo sobre la historia de la filosofía desde el principio del mundo hasta nuestros días", Tomo I, pp. 153-155.
- *Mark, J.* 2018, "Enuma Elish - The Babylonian Epic of Creation - Full Text". World History Encyclopedia. <https://www.worldhistory.org/article/225/enuma-elish---the-babylonian-epic-of-creation---fu/>
- *Mascort, M.* 2024, "El más allá en Egipto", Historia National Geographic, https://historia.nationalgeographic.com.es/edicion-impresada/articulos/mas-alla-egipto-2_18327
- *Mayans, C.* 2024, "Dioses de Egipto: cinco mitos que explican la creación del mundo", Historia National Geographic, https://historia.nationalgeographic.com.es/a/dioses-que-crearon-egipto-cinco-mitos-que-explican-creacion-mundo_21391
- *Mendes, M.* 2022, "Cosmogonías egipcias", Tannhäuser Cabaret. <https://www.mmfilesi.com/cosmogonias-egipcias/>
- *McEvilley, T.* 2012, "The shape of ancient thought: comparative studies in Greek and Indian philosophies". New York: Constable & Robinson.
- *Pardee, D., Swerdlow, N.* 1993, "Not the earliest eclipse", Nature 363, 406.
- *Rawlinson, H.* 1867, "The Assyrian Canon Verified by the Record of a Solar Eclipse, B.C..763", The Athenaeum: Journal of Literature, Science and the Fine Arts, 2064, pp. 660-661.
- *Riera, A.* 2018, "Las auroras boreales: ¿mito o ciencia?", Intralíneas, <https://www.intralineas.com/lecturas/534>
- *Rodriguez Martinez, M. et al.* 2006, "Oldest Writing in the New World", Science, 313, pp. 1610-1614.
- *Roig, S.* 2023, "Los quipus: la memoria secreta de los incas", video https://historia.nationalgeographic.com.es/a/memoria-secreta-incas_20571
- *Ruiz García, J. et al.* 1985, "Evolución Histórica de la Escritura", Historia De La Educación, 4. <https://revistas.usal.es/tres/index.php/0212-0267/article/view/6620>
- *Steel, S.* 2024, "Solar Eclipses, Nature's Cosmic Coincidence", SETI Institute.
- *Such-Gutierrez, M.* 2024, "Sumer, cuna de la civilización", Historia National Geographic. https://historia.nationalgeographic.com.es/edicion-impresada/articulos/sumer_18040

- Swetz, F. 2010, "Mathematical Treasure: The Quipu," Mathematical Association of America, Convergence (June 2010), DOI:10.4169/loci003206
- Vallejo, I. 2019, "El Infinito en un junco. La invención de los libros en el mundo antiguo", Editorial Titivillus.
- Xi, Z., Po, S. 1966, "Ancient Oriental Records of Novae and Supernovae", Science 154, No 3749, pp. 597-603.

Capítulo 2

Los inicios de la industria satelital mexicana

Rodolfo de la Rosa Rábago

LAS COMUNICACIONES VÍA SATÉLITE

Quizá lo que más impacte al hombre, dentro de su constante búsqueda del conocimiento, sea lo referente a los medios de comunicación. A nivel científico, todas las disciplinas del saber han experimentado un gran desarrollo, pero las telecomunicaciones destacan por la facilidad con que logran penetrar empresas, hogares y personas, hecho que las ubica como apoyo e impulso preponderante a toda actividad humana. Estas características de las telecomunicaciones se vieron fuertemente impulsadas gracias al desarrollo de la industria satelital, pues permitió derribar muchas de las barreras que limitaban la capacidad de dar cobertura a diversos espacios que de otra manera hubieran sido muy difíciles de atender, tales como las tecnologías que le permitieron desde sus inicios conducir señales de telefonía y radiodifusión, incluso televisión, y más recientemente, las redes de datos.

LA COHETERÍA, ANTECEDENTE DE LOS SISTEMAS SATELITALES

Los antecedentes que dieron pie a esta interesante evolución pueden remontarse a la década de los años cuarenta, en plena efervescencia de la Segunda Guerra Mundial, cuando iniciaron las actividades experimentales sobre cohetería y los dispositivos de comunicación y control requeridos, con fines bélicos, proyectos que años más tarde servirían para lanzar y colocar artefactos en órbita, además de permitir los viajes a la Luna.

En los últimos días de la Segunda Guerra Mundial tanto las fuerzas estadounidenses como las de la entonces URSS llegaron a Alemania, donde uno de sus objetivos principales dentro de su carrera armamentista era obtener el arma más poderosa de los nazis: el cohete de largo alcance conocido como "V2", mismo que podía volar casi 200 millas en cualquier dirección. Esta característica le daba la capacidad de alcanzar la altura suficiente para cruzar la atmósfera y llegar al espacio.

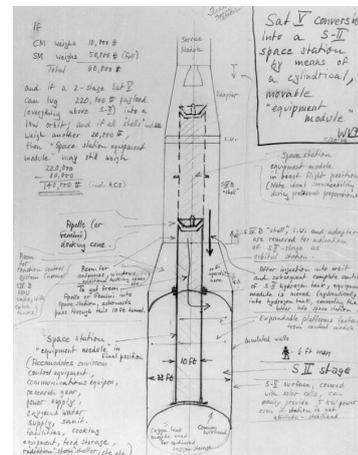
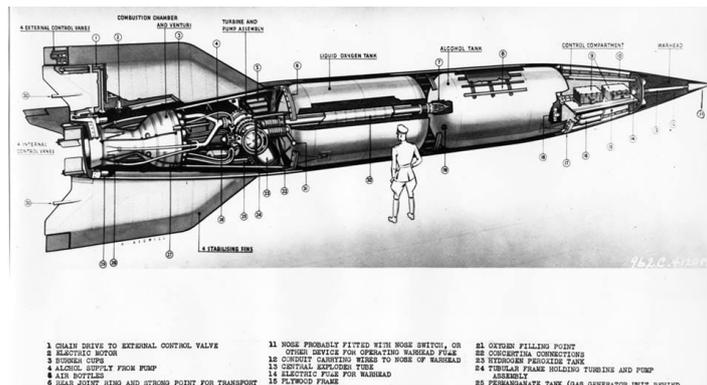
La tecnología V2 fue desarrollada por el científico alemán Wernher Von Braun, y los estadounidenses la encontraron en una fábrica subterránea abandonada, procediendo a incautarla y a llevarla a su territorio, incluyendo al propio Von Braun y su equipo de trabajo, esto último a propuesta del propio Von Braun, pues este consideraba que el costo de realizar su anhelo sobre llegar al espacio sólo

podía ser financiado por gobiernos que contaran con grandes ejércitos, los que con sus correspondientes presupuestos pudieran financiarlo.

Por su parte, los soviéticos, dirigidos por el científico de cohetes Sergei Korolev, seguían rastreando cualquier información sobre la misma tecnología que los nazis hubieran dejado atrás.

Su búsqueda también fructificó pues encontraron piezas de repuesto y documentos que les permitirían reconstruir cohetes con tecnología V2.

Ya en su país, con el apoyo de expertos astronáuticos alemanes acogidos por la Unión Soviética, entre ellos Helmut Gröttrup, y de los científicos rusos Valentin Glushko, Mikhail Tikhonravov y Mstislav Keldysh, quienes emplearon la fórmula de Tsiolkovski, realizaron algunas mejoras al diseño del V2, tales como alargar el cohete para aumentar la disponibilidad de combustible, realizar ligeras modificaciones a los motores y diseñar un sistema propio de control y dirección, lo que dio como resultado un cohete bautizado como R1, al cual le siguieron el R2 y el R3 hasta llegar al R5.



Derecha Manuscrito de uno de los cohetes diseñados por Wernher Von Braun para los EUA.

Arriba Izq. Sergei Korolev y una imagen del R7, uno de sus últimos ingenios.

Abajo Izq. Diagrama del misil V2 alemán.

Imágenes Rodolfo de la Rosa Rabago

A la vez que esto sucedía, otro grupo de científicos soviéticos desarrollaron una tecnología termonuclear mucho más poderosa que la bomba lanzada en Hiroshima, lo cual motivó que el ejército solicitara a Korolev la integración de dicho artefacto al cohete recién modificado, reto que implicaba elevar casi al doble la carga a ser propulsada.

La solución encontrada por el científico soviético fue el R7, dispositivo integrado por cinco cohetes: cuatro de ellos alrededor del cohete principal, lo cual le permitió llegar más allá de la gravedad terrestre.

Por su parte, el alto mando estadounidense que había trasladado e instalado a Von Braun y a su equipo en una base militar texana, los mantuvo inactivos durante cinco años, lo cual derivó en la desesperación de Von Braun y lo motivó a redactar una serie de artículos sobre el espacio y su exploración, para luego enviarlos a la revista *Collier's*. Para su fortuna, dichos escritos llamaron la atención de Walt Disney, quien estaba en proceso de diseñar *Disneyland* y buscaba un tema realmente futurista para promover ese parque de diversiones. Como resultado, Disney invitó a Von Braun a participar en una serie de programas televisivos en los que se presentaban diversos temas al respecto.

Mientras tanto, Korolev estaba listo para lanzar el primer R7, con una bomba falsa adosada al cuerpo del cohete. El objetivo era recorrer casi 6,400 km en territorio soviético, la misma distancia que hay desde el suelo de la URSS hasta Washington D.C.

El lanzamiento del primer misil balístico intercontinental fue un éxito y dio a la URSS la superioridad tecnológica y militar sobre Estados Unidos. Este suceso encendió las alarmas del entonces presidente Dwight D. Eisenhower, quien decidió iniciar las acciones para contar con un programa de misiles propio, pero sin la participación de Von Braun.

ADVENIMIENTO DE LOS SISTEMAS SATELITALES

Coincidentemente, el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) realizaba investigaciones en materia espacial, las cuales iniciaron como parte del programa de la Comisión Especial para el Año Geofísico Internacional (CEAGI).

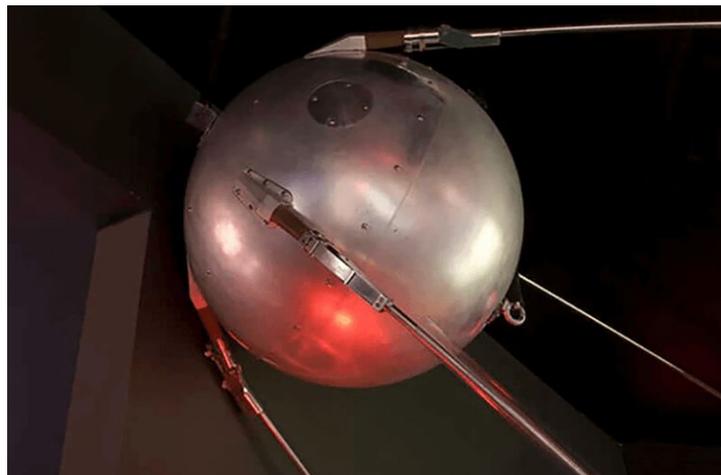
En una conferencia celebrada por la CEAGI en Roma, en 1954, se aprobó una resolución en la cual se indicaba la conveniencia de que el mayor número posible de naciones estudiara la posibilidad de construir satélites portadores de instrumentos científicos, con la intención de hacer lo posible para ponerlos en órbita terrestre, en el curso del Año Geofísico Internacional (julio-1957 a diciembre-1958) (AGI), Esa resolución decía lo siguiente:

“En vista de la gran importancia que tienen las observaciones de las radiaciones extraterrestres y de los fenómenos geofísicos en la atmósfera superior durante períodos prolongados, y en vista de los adelantos realizados ya en la técnica del lanzamiento de cohetes, la CEAGI recomienda que se estudie la posibilidad de lanzar pequeños vehículos del tipo de los satélites, de dotarlos de instrumentos científicos y de resolver los nuevos problemas relacionados con los experimentos en materia de satélites, tales como la fuente de energía, la telemedición y la orientación del vehículo”.

En el curso del año siguiente, tanto Estados Unidos como la URSS, manifestaron su interés por lanzar satélites al espacio, por lo que la CEAGI dedicó su atención a las distintas fases de los correspondientes programas de rastreo de esos artefactos, insistiendo especialmente en la necesidad de que las operaciones de rastreo contaran con una amplia cooperación internacional a fin de aprovechar todas las posibilidades científicas.

Por su parte, ante esta convocatoria, la Oficina de Información Soviética contempló que su satélite tendría la forma de un balón, de tamaño mediano y estaría adherido a la parte superior del cohete impulsor; estimó que alcanzaría entre 200 y 500 kilómetros de altitud y su velocidad horizontal sería de entre 25,000 a 29,000 kph. Los cálculos indicaban que daría una vuelta completa a la tierra en hora y media, por lo que la rodearía 16 veces al día. Como ya se mencionó, los instrumentos instalados en el dispositivo transmitirían datos que serían registradas por estaciones en tierra especialmente equipadas al efecto.

Fue Korolev quien anunció con gran despliegue mediático que el proyecto de poner en órbita el primer satélite artificial se llevaría a cabo el 4 de octubre de 1957, a las 7:28 pm, al cual se le dio el nombre de Sputnik (спутник = acompañante).



El Sputnik **Imagen Rodolfo de la Rosa Rabago**

Este dispositivo se construyó en menos de un mes, pesaba poco más de 90 kg y contenía un transmisor de radio, sensores, termómetros y baterías.

En virtud de los importantes avances en cohetaría desarrollados hasta esa fecha, el lanzamiento del Sputnik fue exitoso y la URSS difundió ampliamente este triunfo tecnológico, generando un gran número de encabezados mundiales y el consecuente pánico estadounidense, donde catalogaron dicha intrepidez como el «Pearl Harbor tecnológico».

Poco después, el 3 de noviembre del mismo año, los soviéticos dejaron atónitos al mundo al poner en órbita el Sputnik 2, el cual llevaba a bordo a la primera astronauta, la perrita Laika, incrementando el prestigio de la Unión Soviética ante

la opinión pública internacional, quienes también apostaban a que la URSS llevaría al hombre al espacio más pronto de lo esperado.

Eisenhower, a su vez, anunció la misión *Vanguard*, bajo responsabilidad de la marina, a fin de poner en órbita un satélite propio, pero la esperanzadora misión explotó antes de despegar, forzando a que Eisenhower volteara a ver a Wernher Von Braun.

En tan solo cinco semanas, Von Braun estuvo listo para poner en órbita el primer satélite estadounidense empleando un cohete denominado *Júpiter C*, proyecto que fue un éxito, pues permitió descubrir dos de los cinturones de radiación que rodean a la tierra, además de observar que el planeta es ligeramente piriforme (forma de pera). La carrera espacial se encontraba equilibrada entre ambas potencias.

Sin embargo, la incipiente celebración no fue muy duradera, dado que los soviéticos estaban listos para enviar un ser humano al espacio: la misión *Vostok 1*.

ANÁLISIS

Esta revisión de hechos, interesantes en sí, evidencian que la conquista del espacio y el avance inherente de la tecnología de telecomunicaciones, tuvieron un valioso impulso debido a los logros obtenidos para satisfacer las necesidades de una guerra, a cumplir con el programa de actividades establecido por la CEA-GI para el denominado Año Geofísico Internacional y también por la influencia derivada de la rivalidad entre dos superpotencias inmersas en una carrera para crear armas de largo alcance y gran poder destructivo.

Este enfrentamiento entre antiguos aliados se convirtió en lo que a la postre se conocería como Guerra Fría, cuyo enfoque primario era el interés de ambos bloques por imponer su esquema de desarrollo con base en la conquista del espacio.

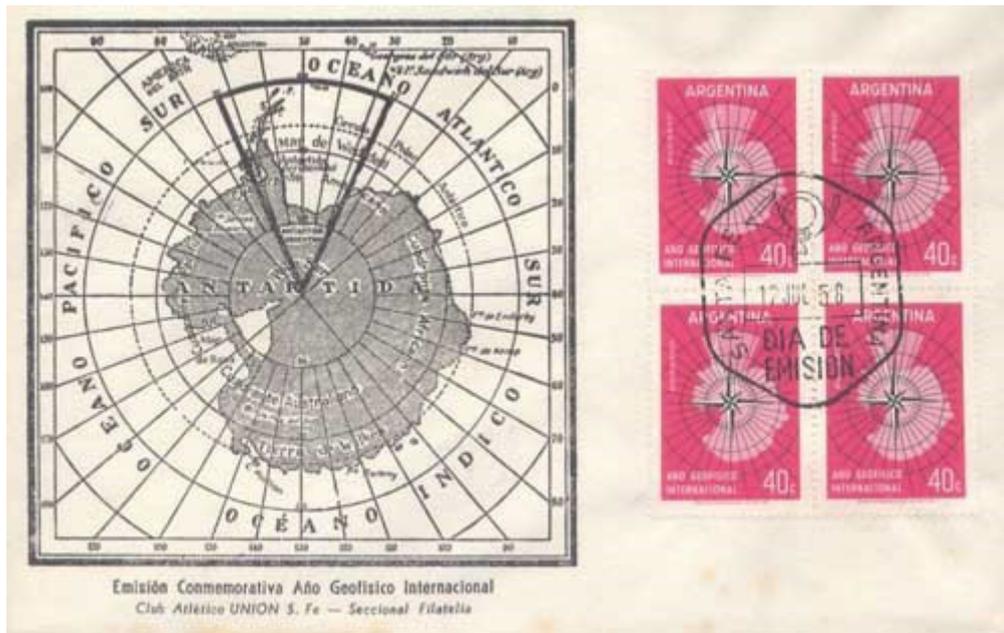
AÑO GEOFÍSICO INTERNACIONAL (AGI)

El Año Geofísico Internacional fue un esfuerzo conjunto entre 66 naciones para el estudio coordinado de nuestro planeta y también de su entorno (atmósfera y superficie). Este período duró algo más de un año, tiempo que coincidió con una actividad solar particularmente intensa. Transcurrido dicho período, nació el Comité Especial de Investigación Antártica, el cual ha seguido en activo hasta nuestros días.

Las investigaciones realizadas durante ese año incluyeron disciplinas como química, física, tectónica de placas, estudio de la hidrosfera y de la atmósfera, además del inicio de la carrera espacial y los lanzamientos de satélites artificiales, derivado de los cuales se descubrieron los cinturones de radiación de Van Allen (en honor a James Van Allen) en la magnetósfera, líneas de fuerza que concentran partículas cargadas magnéticamente.

Otro logro importante fue el del sondeo del fondo oceánico y una mayor comprensión de la morfología y los ecosistemas de los océanos, así como de los glaciares y los procesos hidrológicos. Incluso se preparó la futura presencia del hombre en el espacio, con los primeros humanos siendo entrenados en condiciones extremas durante largos periodos de tiempo.

En 1959 se rubricó el **Tratado del Antártico**, por el cual se establecía la Antártida como reserva para la investigación científica, tratado que entró en vigor hasta dos años después, y que ha sido suscrito por 27 países. De estos países hubo un grupo que reclamaba la soberanía sobre la Antártida (Reino Unido, Nueva Zelanda, Noruega, Chile, Francia, Argentina y Australia). (Jaime Márquez-historiageneral.com)



LAS MISIONES ESPACIALES

Cabe mencionar que la descrita misión Sputnik incluyó el análisis básico de la ionosfera, objetivo relacionado con los programas del AGI, al igual que otros esfuerzos ejecutados durante los años siguientes. En realidad, la disputa por demostrar la supremacía tecnológica en lo referente a exploración espacial apenas comenzaba.

El AGI atestiguó algunas contribuciones importantes e impulsó muchas otras relativas al desarrollo de la tecnología moderna, la astronáutica y, como ya se dijo, marcó el inicio de los satélites artificiales como las plataformas básicas para la investigación científica, significando también la revolución de las telecomunicaciones y la posibilidad de que el ser humano saliera a explorar otros planetas. Algunos ejemplos:

- El segundo satélite consecutivo puesto en órbita por Estados Unidos en febrero de 1958 (Vanguard-1)

- Los intentos soviéticos por explorar la Luna mediante sondas espaciales un año después, mediante las sondas Lunik-2 y Lunik-3 que aportaron información desconocida de nuestro satélite
- La gran hazaña de la URSS con el proyecto Vostok I, que puso al primer hombre en el espacio el 12 de abril de 1961, con el joven piloto Yuri Gagarin.

El mundo observaba con interés la carrera espacial y parecía contemplar al ganador definitivo. Gagarin no solo viajó entre la Tierra y el espacio, atravesó la barrera ideológica en que se dividía el mundo y a su triunfal regreso, naciones del este y oeste querían recibir por igual al hombre que pronunció aquella frase célebre de «La Tierra es azul».

Sin embargo, días después del vuelo de Gagarin, el 5 de mayo, los estadounidenses pusieron en órbita a Alan Shepard a bordo de la nave Mercury Redstone-3, quien es reconocido como el primer astronauta estadounidense y al año siguiente, el 12 de septiembre de 1962, el presidente John F. Kennedy pronunció su histórico discurso refrendando el compromiso de ese país respecto a llegar más lejos que cualquier otra potencia.

ACTIVIDADES EN NUESTRO PAÍS

En México, el ingeniero Walter Cross Buchanan, en esas fechas Subsecretario Encargado del Despacho de la Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas (SCOP), estaba muy interesado en el tema astronáutico, además de considerar que los cohetes representaban un punto de partida esencial para diversos experimentos inherentes a la comunicación espacial.

En los primeros días de noviembre de 1957, las inquietudes y preocupaciones de Buchanan encontraron eco en la política del Presidente en turno Adolfo Ruiz Cortínez, quien dio su aprobación para dar inicio a una serie de experimentos en la materia, para lo cual Buchanan invitó a Porfirio Becerril, Jorge Ruelas y Joaquín Durand, entre otros, a una serie de reuniones, siendo la primera de ellas el 25 del mismo mes.

Durante la quinta reunión se decidió iniciar el proyecto “SCT-1”, para el cual Buchanan desarrolló un método gráfico que determinaba las características de vuelo vertical, con base en la información técnica de los misiles V-2.

Las responsabilidades se asignaron de la siguiente manera:

- Durand. Diseño de cohetes de combustible sólido;
- Becerril. Diseño de cohetes de combustible líquido basado en alcohol etílico y oxígeno líquido; y

- Ruelas. Estructura aerodinámica del cohete.

El primer cohete se construyó en un modesto taller del entonces Distrito Federal con materiales adquiridos en el país.

Se construyó una torre de lanzamiento de 10 metros con forma de cañón en un campo de experimentación cercano al pueblo de San Bartolomé, en la sierra de Xochimilco, cuyas características resultaban adecuadas respecto a la protección de los poblados cercanos. Aun así, se construyó un muro con ventanas de cristal irrompible desde donde se realizaron las observaciones.

Preliminarmente se realizaron algunas pruebas estáticas, con las que se encontraron varios defectos, entre ellos: dificultad en el encendido, motivado por congelamiento de partes que impedían la afluencia del alcohol etílico; la generación de ciertos ruidos y fuertes vibraciones que se transmitían hasta el suelo y otra prueba en la que parte del motor impulsor voló en pedazos.

Buchanan determinó la construcción de un nuevo motor y se armó el cohete incluyendo todos los ajustes necesarios y se programó el lanzamiento cerca de la hacienda La Begonia, en el estado de Guanajuato.

Trasladar el equipo a ese otro lugar también representó dificultades, pero una vez hechos los preparativos iniciaron las pruebas previas en las que se presentaron tres fallas de ajuste: el paso del aire por el tanque de oxígeno del acumulador de presión disminuía su temperatura significativamente, lo que retardaba el tiempo para alcanzar la presión requerida, originando que la cápsula de encendido se apagara antes de que llegara el oxígeno inyectado.

Resueltos los inconvenientes se fijó el plazo de lanzamiento del "SCT-1" para el 24 de octubre de 1959, a las 12 horas, y aun cuando las condiciones atmosféricas no eran favorables se procedió a cargar de combustible y a las 13:25 horas se llevó a cabo el lanzamiento.

La estela dejada por el cohete indicaba una perfecta combustión y el proyectil alcanzó los 4,000 metros e inició una inclinación que afectó la operación del motor, pero no obstante este contratiempo, la experiencia fue sumamente provechosa.

Ante los resultados, Buchanan ordenó la construcción del cohete "SCT-2", y basado en la experiencia del anterior dispuso ciertas mejoras:

- Estabilizar la combustión.
- Seleccionar un gas que no se licuara a -183°C .
- Mejorar la estabilidad.

Se decidió utilizar helio y se colocaron aletas superiores al cohete para mantenerlo en su posición vertical. La temperatura del helio (-292° C) permitió lograr la combustión de inmediato.

El proceso de construcción del "SCT-2" fue similar al anterior y su lanzamiento tuvo lugar el 1 de octubre de 1960 en La Begonia, Guanajuato, y alcanzó los 25,000 metros durante 180 segundos.

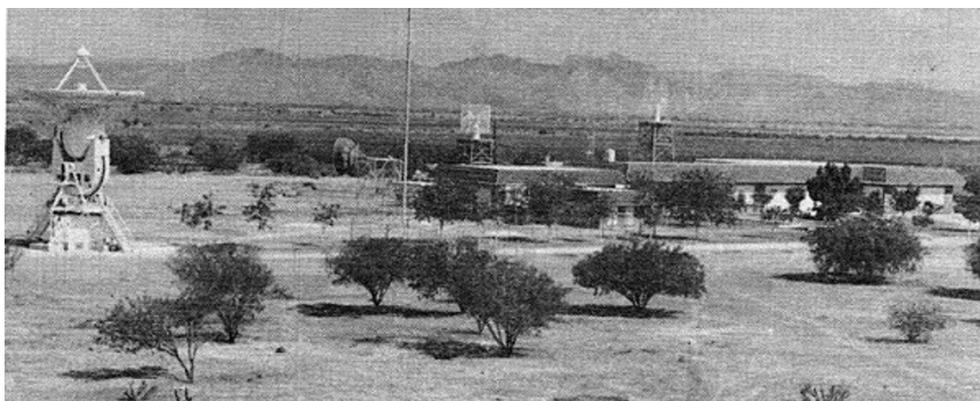
Para 1960 se consideraba la posibilidad de incluir sistemas a control remoto y de diseñarlo con las características adecuadas para soportar el paso de la barrera del sonido.

Buchanan dispuso iniciar los estudios para la construcción de cohetes impulsados por turbinas de gas y bombas centrífugas de inyección, procedimiento que implicaba una construcción más compleja, pero perfectamente posible de solventar.

Posteriormente, Buchanan pretendía lanzar cohetes de varias etapas, lo cual requería de una inversión mayor, pero factible de realizar de acuerdo con la realidad mexicana de la época.

LA ESTACIÓN RASTREADORA EMPALME - GUAYMAS

Durante el período presidencial de Adolfo López Mateos (1958-1964), siendo titular de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, Walter C. Buchanan, se creó la "Comisión México - Estados Unidos para Observaciones en el Espacio relativas al proyecto Mercurio", cuyos fines eran científicos e implicaba una estación para la observación de un vehículo espacial tripulado y la consecuente comunicación con él. El Gobierno de México considerando que se trataba de un proyecto de carácter civil, formalizó el convenio correspondiente el 12 de abril de 1960 y se determinó que la instalación sería en las inmediaciones entre Guaymas y Empalme, en el estado de Sonora, y se acordó que los científicos mexicanos tendrían libre acceso a la información recabada.



GYM main building, USB 30-ft antenna, and VHF communications and tracking antennas.

Foto: de https://www.youtube.com/watch?v=ygPuU_WyStw

La Estación Rastreadora Empalme - Guaymas se inauguró el 26 de junio de 1961, con la presencia de altos funcionarios de México y de Estados Unidos, así como de científicos de ambas naciones, quienes tuvieron la oportunidad de acceder a observaciones dentro de un vasto programa, dividido en tres etapas:

Etapa 1. Proyecto Mercurio

- a. Vuelos suborbitales, sin tripulante
- b. Vuelos suborbitales, con tripulante
- c. Vuelo de una órbita por un robot
- d. Vuelo de dos órbitas por un chimpancé
- e. Vuelo de tres órbitas por un astronauta
- f. Vuelos tripulados con duración hasta de un día.

Etapa 2. Proyecto Géminis

- a. Vuelo suborbital sin tripulantes
- b. Vuelo orbital sin tripulantes
- c. Vuelos orbitales con dos astronautas
 - Caminata de astronautas en órbita.
 - Vuelos con diferente duración, hasta por dos semanas.
- d. Vuelos con acoplamiento de un cohete "agena" en órbita, sin tripulación, con otra nave (rendez -vous espacial).

Etapa 3. Proyecto Apolo

- a. Vuelos suborbitales sin tripulantes
- b. Vuelos orbitales con 3 astronautas (rendez -vous espacial).
- c. Vuelo de circunvalación de la Luna
- d. Vuelo a la Luna (Apolo XI).

DESCRIPCIÓN DE CADA ETAPA

Mercurio. El primer vuelo orbital tripulado se llevó a cabo el 20 de febrero de 1962 (John H. Glenn circunvaló la Tierra en tres ocasiones).

Géminis. Acoplar dos vehículos en vuelo orbital, (la nave espacial Géminis y el cohete Agena). Además de que un astronauta salió de su nave espacial y flotó en el espacio (Edward White, el 3 de junio de 1965).

Apolo. El 16 de julio de 1969, el Apolo XI, tripulado por los astronautas Neil Armstrong, Edwin Aldrin y Michael Collins, partió rumbo a la Luna; y el 21 de julio de 1969 Armstrong puso el pie en la superficie de nuestro satélite natural.

Previamente el Apolo VIII, tripulado por Borman, Lovell y Anders, orbitó la Luna, dando diez vueltas a fines de diciembre de 1968. En marzo de 1969, el Apolo IX, en vuelo alrededor de la Tierra, realizó un ensayo para probar la técnica de extracción del "módulo lunar"; y en mayo del propio año, el Apolo X hizo una práctica de alunizaje, con el descenso del módulo lunar.

Posterior al Apolo XI, en noviembre de 1969, el Apolo XII, desembarcó en la Luna con éxito. El Apolo XIII no logró descargar sus tripulantes en la Luna, pero estos pudieron regresar a la Tierra seis días después de su partida (17 de abril de 1970). En enero de 1971, el Apolo XIV logró un tercer descenso humano en la Luna. El Apolo XV llegó a la Luna en los primeros días del mes de agosto de 1971, y en abril de 1972 el Apolo XVI se posaba en la superficie lunar.

El epílogo del proyecto Apolo fue el vuelo Apolo XVII, cuyos tripulantes Evans, Schmitt y Cernan, recorrieron más de veinte kilómetros en su *Land Rover* lunar.

EXPERIENCIA DE LA ESTACIÓN RASTREADORA

La estación de Empalme - Guaymas formó parte de una Red de Estaciones Seguidoras de vuelos tripulados que apoyaron, fundamentalmente, al proyecto Apolo para lo cual fue dotada de sofisticado equipo y de complejos sistemas de telemetría, procesadores de datos, receptores, transmisores, equipos reguladores de tiempo, etc., de tal suerte que el regreso a tierra de las naves y su tripulación era seguidas minuciosamente por medio de las comunicaciones, tanto entre la nave y las estaciones, como entre éstas, de acuerdo con las instrucciones y programas de la NASA.

Dado el complicado y moderno equipo electrónico de rastreo y procesamiento de datos de una Estación Rastreadora, los técnicos e ingenieros fueron sometidos a un entrenamiento especial por medio de cursos, que duraron desde una hasta doce semanas y fueron impartidos en los centros de entrenamiento de la NASA, ubicados en el Centro Goddard de Vuelos Espaciales, en Greenbelt, Maryland.

Durante estas etapas de la historia, los técnicos, ingenieros y científicos mexicanos se involucraron de manera muy importante en muchos de los aspectos relacionados con las telecomunicaciones, la tecnología satelital, la coherencia, el control y aprovechamiento de dispositivos a larga distancia, etc. Esta condición impulsó el interés del país en todas estas materias y coadyuvó a que algunas instituciones actualizaran programas de estudio para incluir las enseñanzas adquiridas en estos procesos.

LA COMISIÓN NACIONAL DEL ESPACIO EXTERIOR (CONAEE)

El período presidencial de Adolfo Ruiz Cortines, fue sucedido por Adolfo López Mateos, quien designó como titular de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) a Walter Cross Buchanan (1958-1964), quien integró la Comisión Nacional del Espacio Exterior (CONEE), con dependencia de la SCT (decreto del 31 de agosto de 1962), como un organismo técnico especializado encargado de controlar la investigación, explotación y utilización con fines pacíficos del espacio exterior.

Las atribuciones de la Comisión se ejercieron a través de una Junta Directiva y un Consejo Consultivo; la Junta estuvo integrada por cinco miembros: un presidente (SCT) y cuatro vocales; por su parte, el Consejo Consultivo se integró por: la Comisión de Telecomunicaciones y Meteorología, el Centro de Investigación y Estudios Avanzados del IPN, la Facultad de Ciencias de la UNAM; la Sociedad Mexicana de Estudios Interplanetarios; el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas y el Consejo Nacional de Investigación Científica.

Es conveniente mencionar que la Comisión Nacional del Espacio Exterior tuvo acceso libre en la observación de todos los vuelos tripulados desde 1962 en que fue creada; y desde entonces, también, formó parte de la Comisión México - Estados Unidos para Observaciones del Espacio. Jorge Suárez Díaz presidió la Sección Mexicana, por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes; y formaron parte de esa sección José Antonio Padilla Segura, por el Instituto Politécnico Nacional, y Ricardo Monges López, por la UNAM.

La misión fundamental de la CONAEE era utilizar, con fines prácticos, los beneficios derivados de la tecnología espacial, tales como los múltiples aspectos de la investigación y el uso de las posibilidades ofrecidas por el espacio exterior, además tuvo la responsabilidad de formular y proponer a las dependencias del Ejecutivo federal los proyectos de ley y los convenios internacionales, ajustándolos a la realidad y protegiendo los intereses nacionales.

Los temas prioritarios elegidos fueron: la meteorología; la percepción remota; el uso de los cohetes sonda; y la investigación de la alta atmósfera (proyectos SCT I y II), enfatizando el establecimiento de relaciones con organismos internacionales especializados en la materia, la capacitación del personal y la participación en la regularización del Derecho Espacial.

Cumpliendo con sus responsabilidades, en 1964 la CONAEE formalizó proyectos de colaboración en investigaciones sobre ozono y resplandor atmosférico, con el Instituto de Geofísica de la UNAM, con fondos proporcionados por la propia Comisión, siendo el Instituto de Geofísica el que proporcionara los investigadores y técnicos, así como los laboratorios e instrumental con los que disponía.

La finalidad de estos proyectos era la adquisición de mayores conocimientos de la física y de la química de la atmósfera superior y de las interacciones solares terrestres, ya que la observación constante y el registro de las variaciones del ozono son muy importantes para la navegación aérea.

En 1966 se adquirió un moderno espectrofotómetro que junto con el equipo complementario se instaló, en octubre de ese año, en la estación para sondeo ionosférico de la SCT, en El Cerrillo, Estado de México.

Entre los eventos en los que participó la CONAEE pueden mencionarse los dos siguientes:

1. Olimpiada Cultural, coincidiendo con los XIX Juegos Olímpicos de México, con una exposición sobre el conocimiento del espacio. Además, se contó con la visita y conferencias del cosmonauta German Titov, de la URSS y del astronauta Michael Collins, de Estados Unidos.
2. Observación del eclipse solar, registrado en Miahuatlán, Oaxaca, el 7 de marzo de 1970, ocasión para la cual integró a diversas instituciones y dependencias oficiales en el "Comité Nacional Mexicano", mismo que preparó algunos experimentos además de recopilar información sobre el fenómeno.

Como otro ejemplo de cooperación, resalta el que se realizó con el *U.S. Coast and Geodetic Survey*, para mejorar el conocimiento de la forma y tamaño de la Tierra mediante una red de triangulación mundial y ciertos puntos de referencia sobre su superficie.

El proyecto requirió de la instalación y operación de un sistema óptico - electrónico de observación de satélites geodésicos pasivos (sistema BC-4) y de un sistema de rastreo (Doppler), mediante los cuales se realizaron 235 observaciones.

Los resultados obtenidos se pusieron al servicio de los geodestas de todo el mundo, y contribuyeron a la elaboración de mapas mundiales más exactos con un sistema único de coordenadas.

LA METEOROLOGIA

Para estos estudios se desarrolló un programa basado en un receptor de señales APT (*Automatic Picture Transmission*).

Este proyecto se originó el 27 de febrero de 1965 con un convenio de cooperación científica entre la CONAEE y la NASA, y en 1968 se concretó la entrega a México del equipo necesario.

Este sistema, mediante fotografías, permitía formar mosaicos de las nubosidades sobre territorio nacional, mejorando la certeza de los pronósticos meteorológicos. También permitió monitorear la evolución de ciclones tropicales y predecir la magnitud de los vientos máximos de estos fenómenos.

Al ir adquiriendo experiencia, el personal de la estación APT inició la oferta de servicios a diversos usuarios y en 1968, con el acceso al satélite meteorológico ESAA 6, fue posible rastrear perturbaciones atmosféricas, como el caso del ciclón Annette y posteriormente los meteoros: Brenda, Candy, Diane, Estella, Joanne, Hyacith, Iva, Kathiellen y Orla.

Es importante mencionar que este sistema permitió solventar la posible ruptura de la presa Lázaro Cárdenas, en razón de las abundantes lluvias causadas por el ciclón Naomi.

A partir del 24 de abril de 1969, se inició la recepción de información del satélite NIMBUS III, debido a fallas en el satélite ESSA 6. Dicha información permitió detectar los meteoros Ava, Florence, Glenda y Jennifer, en el Pacífico, y en el Golfo de México a Debbie, Camilee, Francelia y Laurie, contribuyendo a la ejecución efectiva de los planes de protección civil.

A fin de mejorar la calidad de la información y de ampliar la cobertura, en 1969 se programaron las estaciones APT de Tijuana, Mérida y Distrito Federal. Como beneficio adicional puede mencionarse la experiencia adquirida por los técnicos mexicanos respecto al empleo de esta tecnología.

PERCEPCION REMOTA

Este programa también estuvo incluido en el convenio de cooperación científica y técnica antes mencionado y estaba orientado a la investigación y evaluación de los recursos naturales, mediante la adquisición de información sobre el medio ambiente a través de la instrumentación respectiva, tanto del territorio como de sus aguas territoriales y de la atmósfera. Sus objetivos básicos eran:

- Desarrollar técnicas y sistemas para la adquisición de datos sobre recursos naturales, mediante aeronaves;
- Interpretarlos y utilizarlos para determinar su utilidad potencial empleando naves espaciales;
- Preparar al personal involucrado en el uso de la tecnología vinculada;

- Obtener experiencia sobre la explotación de los recursos de la tierra;
- Familiarizar al personal mexicano sobre la interpretación de datos;
- Determinar las aplicaciones óptimas para el proceso de resultados;
- Desarrollar sistemas compatibles para el manejo de los datos y facilitar su intercambio entre ambos países.

Este programa, desarrollado en cuatro etapas, se encargó a un comité integrado por representantes de secretarías de estado, organismos descentralizados y centros de investigación, quienes podían aprovechar la información obtenida.

ETAPAS

1. Establecimiento de una estructura y realización de estudios en cooperación con Estados Unidos;
2. Preparación de los sitios de prueba y establecimiento de un centro mexicano para manejo de datos;
3. Vuelos de una aeronave de la NASA sobre los sitios de prueba y compra de una similar por parte de México;
4. Vuelos de la aeronave mexicana.

El entrenamiento de técnicos mexicanos se realizó durante 1968, en el Centro de Naves Espaciales Tripuladas de la NASA, en Houston, Texas, así como en algunas universidades estadounidenses. El personal estaba especializado en diversas disciplinas: Geología, Hidrología, Oceanografía, Agricultura y estudio de los bosques. Este grupo de técnicos se dividió en dos: Administración y Percepción remota.

En abril de 1969 iniciaron los sobrevuelos de la aeronave de la NASA, en cinco de los sitios previstos:

- a. Valle de Toluca
- b. Área de Veracruz
- c. Área de Mexicali
- d. Área de Chapingo
- e. Área del Bajo Bravo

Posteriormente, los sitios se clasificaron así:

701. El Oro - Tlalpujahua
702. Ixtlán de los Hervores - Los Negritos
703. Toluca, Ixtlahuaca
704. Chapingo
705. Veracruz
706. Cuenca del Papaloapan

Las especialidades bajo estudio fueron: Agricultura, Forestal, Geología, Hidrología y Oceanografía; y la información obtenida se aplicó en: planos en cada una de dichas especialidades, además de fotografías y datos meteorológicos, entre otras.

En 1972, se amplió al Plan de Cooperación a fin de utilizar el Satélite Tecnológico para Estudios de los Recursos de la Tierra (ERTS) puesto en órbita ese año, lo mismo que la recepción en México de imágenes a usuarios e investigadores del programa.

El programa de Percepción Remota, contó con una aeronave bimotor *Aerocommander 500-B*, instrumentada de manera apropiada y con los sistemas de navegación adecuados; además de los laboratorios de cómputo, de fotografía y otro con el equipo necesario para su mantenimiento.

Para otros proyectos de la CONAEE se extendió la solicitud para participar en experimentos del Laboratorio Espacial Tripulado (SKYLAB), con el objetivo de definir algunos problemas ambientales y en coordinación con el acceso al Satélite ERTS-1, se participó en el Proyecto Experimental para la Erradicación del Gusano Barrenador, llevado a cabo entre diversas dependencias de ambos países que culminó con la eliminación de esta plaga en Norteamérica. Este experimento aprovechó también información del satélite NOAA-2.

Entre otros experimentos destaca el realizado por la Comisión de Estudios del Territorio Nacional (CETENAL) sobre cambios en los cultivos según la estación del año en León, Guanajuato, y Querétaro, Querétaro; estudios de manantiales termales alrededor del Lago Cuitzeo, Michoacán, para localizar zonas favorables de interés turístico, y metodología para analizar las masas de lirio acuático en los cuerpos de agua dulce del país.

Estas fueron de las actividades más significativas de la CONAEE, pues como se ha mencionado la cohetería representa el vehículo ideal para transportar cargas y ubicarlas en el espacio.

INVESTIGACIONES DE LA ALTA ATMÓSFERA

Los principales objetivos se centraban en los estudios relativos a los fenómenos meteorológicos, dada la relación directa que tienen con el medio ambiente, pues modifican la interacción de las diferentes capas atmosféricas y ejercen una importante influencia sobre la climatología terrestre; además, las variaciones originadas en la ionosfera afectan sobremanera las comunicaciones en ciertas bandas de frecuencia.

Para la medición de las características atmosféricas, el cohete - sonda representaba la opción más apropiada, pues permitían el transporte de cargas útiles hasta las partes más altas de la atmósfera. Adicionalmente, la investigación sobre cohetes - sonda implicaba el desarrollo de actividades industriales en la temática ligada a esta tecnología, independientemente del beneficio que significaba para la enseñanza superior.

En octubre de 1960 se lanzó el *Tonatiuh* (Sol), cohete - sonda de propulsión líquida e ideado para llegar a 35 kilómetros. No obstante, el éxito del experimento, el vehículo resultó costoso, complejo e inapropiado para los objetivos del sondeo atmosférico.

Ante estos hechos, se inició el desarrollo de propelente sólido, mismo que se utilizó en el cohete *Tototl* (pájaro), lanzado en noviembre de 1964. El vehículo alcanzó los 22 kilómetros, tal como se había previsto.

Posteriormente se inició el diseño y construcción del MITL I (flecha), vehículo capaz de llegar a los 50 kilómetros, objetivo alcanzado el 6 de mayo de 1967. El Mitl constaba de una etapa propulsada con combustible sólido capaz de transportar 8 kilos hasta los 55 kilómetros.

Más adelante se programó la construcción de un vehículo liviano que permitiera a México ingresar a la Red Experimental Interamericano de Cohetes Meteorológicos, con fecha de conclusión a finales de 1975.

Preliminarmente, con este propósito se inició la construcción del MITL 1 OP, a fin de alcanzar los de 60 kilómetros, con 4 kilogramos de carga.

En 1975 estaban por concluir los proyectos:

- *Hulte I* (jabalina) de dos etapas, la primera propulsada, la segunda no, capaz de transportar 700 grs. a 55 Km;
- MITL II, integrado con la única etapa del MITL I y la primera del *Hulte I*, apto para transportar 4 kg a 230 km.

Al terminar estos proyectos, México podría ingresar a la RED EXAMETNET, por lo que debía entrenar técnicos en ajuste y calibración de cargas útiles, operaciones y seguridad durante lanzamientos, meteorología y recopilación y manejo de datos.

Al mismo tiempo, la CONAEE proyectaba participar en un programa de estimulación artificial de la lluvia, conjuntamente con otras dependencias federales e institutos de investigación. Al efecto se construiría el TLÁLOC (Dios de la lluvia), cohete que transportaría una carga química para dispersarla en las nubes, a fin de generar precipitaciones en ubicaciones específicas.

Otro proyecto relevante fue la edificación de una base de lanzamientos, con instalaciones e instrumental diverso para rastreo óptico y telemétrico de vehículos; recepción y procesamiento de información y calibración de cargas útiles.

Además de los MITL I, HULTE I, MITL II y TLALOC, se diseñaron dos tipos de propulsores, líquido y sólido, éste último empleado con éxito en experimentos desde 1972; una rampa de lanzamiento móvil adaptada a un camión utilizada en algunos lanzamientos; un programa de cómputo para realizar cálculos iniciales de cohetes; otro programa de cómputo para realizar cálculos sobre dinámica de vuelo de cohetes hasta de dos etapas, y plantas electrolíticas para elaborar percloratos.

También se construyó un taller en la ciudad de México con secciones de mecánica, soldadura, pailería y carpintería, mismo que se utilizó en la fabricación de varios de los componentes (nariz cónica, cámara de combustión, tobera, aros de acoplamiento, aletas estabilizadoras, tapa del motor, entre otros) de muchos de los programas tecnológicos.

DISOLUCION DE LA COMISION NACIONAL DEL ESPACIO EXTERIOR

Al inicio del gobierno de José López Portillo y encabezando la Secretaría de Comunicaciones y Transportes Emilio Mújica Montoya, se determinó la disolución de la Comisión Nacional del Espacio Exterior.

Al efecto, el 10 de febrero de 1977 se expidió el Decreto correspondiente, publicado el 11 de marzo del propio año, donde se indica que “de acuerdo con la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal y el Programa de Reforma Administrativa que se ha venido llevando a cabo, se ha efectuado una redistribución de competencias de las unidades de la Administración Pública Centralizada, lo que ha ocasionado que las funciones encomendadas a la Comisión Nacional del Espacio Exterior estén ahora perfectamente delimitadas tanto en la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, como en la Secretaría de Programación y Presupuesto...”

A partir de este lamentable hecho, la gran parte de los proyectos y actividades que realizaba esta comisión no han sido retomados por institución alguna en

conjunto, a excepción de esfuerzos aislados realizados principalmente por instituciones académicas.

ESTACIÓN TERRENA TULANCINGO I

En la década de los años 60, al crecer la experiencia de la comunicación espacial, el país requería de nuevas posibilidades para ampliar las comunicaciones con el exterior; las vías en uso (cable submarino, radiocomunicaciones, etc.), no solucionaban la creciente demanda, en función del incremento demográfico y de los intercambios comerciales, industriales y financieros, aunada al hecho de requerir comunicaciones eficientes a mayores distancias.

Estas circunstancias coadyuvaron a que las autoridades de la SCT decidieran incorporar al país a la Internacional *Telecommunication Satellite Organization*, (INTELSAT), el 25 de octubre de 1966. Dicho organismo se creó en 1964, con el objeto de integrar una red de comunicaciones por satélite multipaís. Este acuerdo culminó con la adquisición de la estación terrena que se denominó *Tulancingo I* (TU-I), misma que fue ubicada en el Valle de Tulancingo, en el estado de Hidalgo, lugar idóneo considerando los límites de radiación, las propiedades ambientales y orográficas de la zona que además cuenta con algunos cerros que forman una barrera natural contra interferencias radioeléctricas de otros sistemas que operaban en las bandas de frecuencias de 4 y 5 GHz.



Arriba Campo de Antenas de Comunicaciones Satelitales Tulancingo_Hidalgo

Abajo Antena Tulancingo I

Fotos: Colección personal de José Francisco Bravo Vega

En octubre de 1968, México estaba comprometido en la organización de los XIX Juegos Olímpicos, circunstancia que motivó a lograr la coincidencia y establecer las transmisiones de voz e imagen en el territorio nacional y a nivel mundial.

El proyecto culminó en tiempo y fue inaugurado el 10 de octubre de 1968, incluyendo Tulancingo I, la Torre Central de Telecomunicaciones, la Red Federal de Microondas y el enlace espacial.

Anecdóticamente, el Consorcio INTELSAT tenía programado el satélite *INTELSAT-III-F1*, para transmitir las señales de los Juegos Olímpicos, pero el 18 de septiembre, el lanzamiento del vehículo transportador, Delta 59, falló y el Consorcio no contaba con algún sustituto. Por lo anterior, se gestionó utilizar el satélite ATS-3 de la NASA, mismo que sirvió de respaldo para el evento, aun cuando fue necesario modificar parámetros de polarización en Tulancingo y algunos cambios básicos en los equipos de comunicación. Debido a esta falla, el servicio internacional telefónico y de telegrafía vía satélite se inició hasta el 13 de enero de 1969 con la República de Chile mismos que fueron ampliándose a otros países de Sudamérica y Europa.

La estación Tulancingo I contaba con una parábola de 32 metros de diámetro que garantizaba la operación en ángulos bajos; además tenía equipos de radioenlace terrestre de microondas; equipos múltiplex; equipo común de tierra y sistema de energía propia.

Cabe destacar que el 27 de junio de 1975 se estableció la modalidad del *Servicio de Asignación por Demanda* (SPADE), el cual contaba con un sistema de cómputo colocado en el satélite, a fin de entablar comunicaciones entre varios países evitando tener canales directos permanentes.

EL CRECIENTE INTERÉS EN LAS COMUNICACIONES SATELITALES

Los temas antes mencionados muestran el interés de nuestro país en el desarrollo de las comunicaciones satelitales, de las cuales es pertinente resaltar las siguientes:

- El interés que surgió a partir del lanzamiento del SPUTNIK I.
- En 1957, Walter Cross Buchanan se interesó en la astronáutica y en la cohetaría y dio inicio a un programa de experimentación que culminó con la construcción de dos cohetes mexicanos (SCT-1 y SCT-2).
- Se creó la Comisión Nacional del Espacio Exterior el 31 de agosto de 1962, con el encargo de coordinar la investigación, explotación y utilización de estas tecnologías con fines pacíficos en el espacio exterior. Esto permitió que México tuviera acceso al conocimiento y desarrollo tecnológico desarrollado en Estados Unidos y la Unión Soviética, esta comisión desaparece el 11 de marzo de 1977.

- En 1964 se integró INTELSAT conjuntando los esfuerzos tecnológicos y económicos, de varios países para la construcción de una red de satélites de comunicación espacial, a fin de proporcionar servicios de telefonía y televisión.
- El “Pájaro Madrugador”, satélite lanzado en abril de 1965, fue el primero en prestar servicios de comunicación desde una órbita geoestacionaria.
- El 25 de octubre de 1966, México firmó los acuerdos internacionales de Intelsat, que sirvieron para cumplir con los compromisos de las Olimpiadas del 68 y a partir de allí lograr la comunicación con los distintos países miembros de la organización.
- Al iniciar la presidencia de López Portillo se encontró con una Red Federal de Microondas con más de 10 años de servicio, obsoleta e incapaz de satisfacer la creciente demanda de servicios, por lo que se tomó la decisión de darle mantenimiento y modernizar ciertos tramos.

Ante esto último, se decidió atender la creciente demanda de servicios de telefonía, la expansión de las cadenas de TV para cubrir regiones no atendidas y cumplir con el Plan Nacional de Telefonía Rural que planteaba proporcionar servicios por líneas físicas a 8,403 comunidades rurales, por radioenlaces a 3,732 localidades rurales y vía satélite a 1,405 localidades rurales.

En 1980 se determinó que la Red Federal de Microondas se destinaría a señales de voz y las señales de televisión serían conducidas vía satélite, lo cual requería la instalación de estaciones terrenas para recibir los canales 2, 5, 13 y Televisión de la República Mexicana (TRM).

Para avanzar con este proyecto, entre 1980 y 1981, la Dirección General de Telecomunicaciones (DGT) evaluó la posibilidad de rentar satélites estadounidenses y de Intelsat y adquirir estaciones terrenas.

Por primera vez, México rentó un transpondedor al satélite estadounidense Westar III, desde el 1 de mayo de 1980 hasta diciembre de 1981, para transmitir señales de televisión producida en México hacia Estados Unidos, iniciando con esto la experiencia mexicana en las técnicas de comunicación satelital.

Durante el periodo de este primer arrendamiento se evaluó la problemática de los servicios y se concluyó que debido a la orientación de los satélites estadounidenses, principalmente dirigidos a cubrir su territorio, México recibía niveles de potencia solo aceptables en el norte de México, pero la recepción disminuía sensiblemente conforme se alejaba de la frontera con el país vecino, lo cual implicaba adquirir estaciones terrenas según el nivel de recepción con el consecuente incremento de costos. Por su parte, el satélite canadiense ANIK, solo cubría su territorio y los satélites regionales de Intelsat, cubrían los océanos Índico, Atlántico y Pacífico, pero no cubrían nuestro territorio en su totalidad.

Para paliar estos inconvenientes, México solicitó a INTELSAT que moviera uno de sus satélites a fin de permitir una mejor cobertura de nuestro territorio y así instalar antenas más pequeñas (4 a 5 metros) con equipo menos sofisticado y de menor precio. En 1980 esta solicitud fue aprobada programando un satélite en la posición 53°W, hecho que se consumió en junio de 1981 con el satélite INTELSAT IV F-3 y a partir del 1 de diciembre de 1981 México rentó cuatro transpondedores. Este satélite se sustituyó por uno similar en 1982, que se mantendría hasta 1985, fecha en que México debería de contar con otro medio de comunicación.

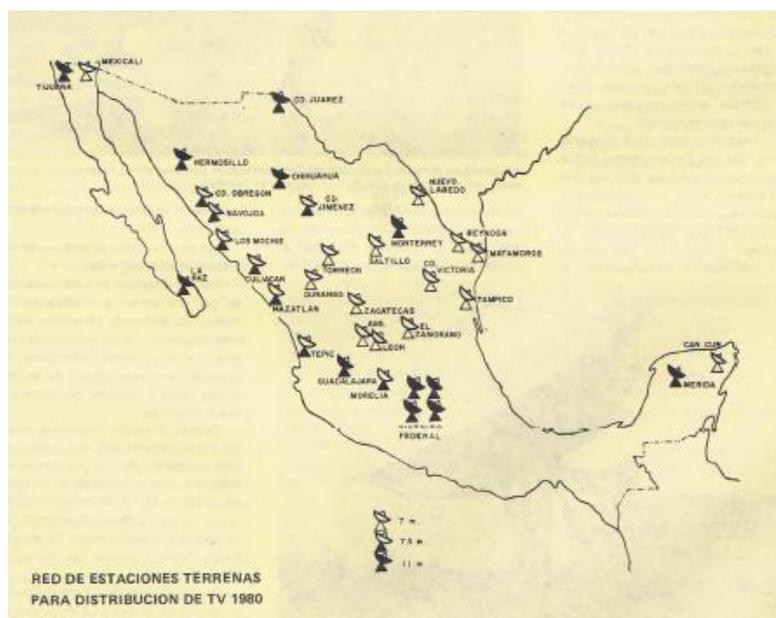
A finales de 1981, México arrendaba cinco transpondedores para televisión, cuatro de INTELSAT y uno del estadounidense Westar III.

Paralelamente comenzó el desarrollo de la Red Nacional de Estaciones Terrenas para recepción de señales de televisión, a fin de distribuirse en la población. En 1980, la SCT inició un proyecto de colaboración con los gobiernos estatales para acabar con las “zonas de sombra” mediante estaciones terrenas, del cual se beneficiaron los estados de Baja California Sur, Guanajuato, Guerrero, Nayarit, Quintana Roo, San Luis Potosí, Sonora, Tlaxcala y Yucatán.

Finalmente, se determinó que la mejor solución era que el país contara con su propio sistema satelital para proporcionar servicios de telecomunicaciones a todo el país con terminales de tierra de bajo costo.

Esta solución implicó un proyecto transexenal que estimaba poner en órbita el primer satélite mexicano para 1985, considerando tiempo de fabricación, financiamiento, requisitos y trámites a cubrir.

RED NACIONAL DE ESTACIONES TERRENAS



LA RED NACIONAL DE ESTACIONES TERRENAS

La Red Nacional de Estaciones Terrenas se integró con 157 puntos, una parte de las cuales se hicieron con recursos de la propia DGT y la otra mediante convenios con gobiernos y la empresa Televisa.

La primera etapa de la red quedó integrada por 36 estaciones inauguradas el 3 de abril de 1981 en el Conjunto Telecomunicaciones (CONTEL), Iztapalapa, CDMX.

La segunda etapa constó de 71 estaciones más y entró en operación el 22 de junio de 1982. 38 de ellas fueron instaladas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y 33 por Televisa.

La tercera etapa concluyó en noviembre de 1982, con 50 estaciones más, quedando constituida por 157 estaciones terrenas.

Las estaciones terrenas instaladas por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes más representativas de este periodo fueron:

Tulancingo II

Hasta diciembre de 1974, Tulancingo I (TU-I), permitió a México contar con la posibilidad de canalizar 74 canales telefónicos y cuatro canales telegráficos múltiple internacional directos e indirectos con países de Sudamérica, Europa, Japón y Norteamérica, además de los de nuestro propio país.

Para 1974, y por razones de crecimiento en diversas esferas económicas y demográficas, se percibía la próxima saturación de los sistemas de microondas y de comunicación espacial, lo que obligó a realizar estudios sobre la vida activa de TU I, entre otras cuestiones, además de requerirse nuevos enlaces con otros países que no operaban con la TU-I. En resumen, se analizaron aspectos como: satisfacción de la demanda, apoyo y diversificación de los servicios que se prestaban y temas relativos a la potencialidad del mercado.

Entre diversas propuestas pueden mencionarse las siguientes:

1. Instalación de un cable submarino.
2. Sistemas radiotransmisores que permitían la comunicación ionosférica.
3. Utilizar los medios de comunicación de países vecinos.
4. Instalación otra estación terrena satelital.

Considerando estas opciones se eligió la opción número cuatro, pues satisfacía las necesidades existentes en ese entonces:

1. Fortalecer el desarrollo del país, incrementando los servicios públicos de comunicaciones.
2. Mantener la continuidad y diversificar esos mismos servicios.
3. Evitar la triangulación con países latinoamericanos.

Tulancingo II (TU-II) se inauguró y operó desde el 24 de junio de 1980.

Concluidos los trabajos y las adecuaciones pertinentes, ambas estaciones se complementaron en la prestación de los servicios.



Izq Estacion Terrena Tulancingo II

Der Estaciones Terrenas en Tulancingo, Hidalgo

Fotos: Colección personal de José Francisco Bravo Vega

Tulancingo III

El 12 de mayo de 1980, un mes antes de operar Tulancingo II, Emilio Mújica Montoya, inauguró la Estación Terrena *Tulancingo III*, parabólica de 11 metros de diámetro instalada en el complejo del Valle de Tulancingo, Hidalgo.

Esta estación “fue la respuesta a una inquietud de la Industria de la Radio y la Televisión Mexicana, de ampliar su radio de acción más allá de nuestras fronteras”. A través de ella se transmitía televisión hacia Estados Unidos, a fin de ser difundida entre su población de habla hispana.

Tulancingo III fue la primera en ser instalada por técnicos mexicanos en su totalidad.



Estacion Terrena Tulancingo III 1ra fase Red Satelital Domestica **Foto: Colección personal de José Francisco Bravo Vega**

Isla de Cedros, B. C. - ciudad de México

PRIMERA COMUNICACIÓN POR SATÉLITE DOMÉSTICO EN MÉXICO

Con fines experimentales y de estudios técnico - económico y operativos de comunicaciones nacionales o domésticas, con el empleo de satélites, en 1974 la DGT, en cooperación con organismos y empresas internacionales, preparó una prueba de comunicación vía satélite de telefonía, facsímil y télex, entre la Isla de Cedros, B.C. y la ciudad de México.

Se utilizó el WESTAR I, primer satélite de comunicaciones domésticas de Norteamérica, así como una antena parabólica portátil construida por la Hughes Aircraft Company.

El enlace establecido fue de la Isla de Cedros, B.C. al satélite WESTAR I, ubicado en la posición de 990 W sobre el Ecuador, y de ahí a la Estación Terrena No. 5 de la Western Union, en San Antonio Texas, de ahí se entregó vía microondas a Nuevo Laredo, Texas, para, finalmente, ser conducida a la Ciudad de México vía la Red Federal de Microondas de la SCT.

El enlace permitió establecer conversaciones telefónicas y transmitir fotografías, lo que demostró la utilidad de los satélites para cubrir sectores del territorio de difícil acceso.

El evento fue público y se presentó durante el 1er Congreso Internacional de la Asociación Mexicana de Ingenieros en Comunicaciones Eléctricas y Electrónica (AMICEE).



Arriba Izq Centro de Control del Satelite Morelos CONTEL_Iztapalapa

Arriba Der Campo de Antenas en CONTEL Iztapalapa

Arriba Izq Antena Didactica para Comunicaciones Satelitales ENTEL CONTEL Iztapalapa

Fotos: Colección personal de José Francisco Bravo Vega



ESTACIÓN TERRENA DE LA ESCUELA NACIONAL DE TELECOMUNICACIONES (ENTEL)

En 1980, vislumbrando el futuro de las comunicaciones espaciales, el titular de la DGT, Clemente Pérez Correa, percibió la relevancia de capacitar al personal, mediante diversos cursos impartidos por profesores nacionales y extranjeros.

Japón destacó en este empeño y culminó en un convenio bilateral en materia de telecomunicaciones signado entre ambos países en 1967. Dicho documento, además de los cursos en la ENTEL, la posibilidad de otorgar materiales didácticos.

Adicionalmente, el gobierno de Japón donó a la ENTEL una estación terrena doméstica para fines didácticos, que incluyó una antena de 4.5 metros de diámetro.

LA INDUSTRIA SATELITAL MEXICANA EN ESTA PRIMERA ETAPA

El desarrollo de la Red Nacional de Estaciones Terrenas, así como las decisiones que se tomaron en esa época, hicieron posible el desarrollo de una industria de servicios de telecomunicaciones basada principalmente en la difusión de señales de televisión y en el interés de un conjunto de concesionarios interesados que fueron desplegando sus sistemas de cable en muchas poblaciones y regiones del país. Dichos sistemas fueron acercando poco a poco este servicio a diversos lugares no atendidos y generando la aceptación y el agrado de los usuarios, que de otra manera hubieran carecido de este servicio o, con base en erogaciones individuales, realizar la instalación de antenas y el equipamiento

necesario para sintonizar las emisoras de manera directa, hecho que solo era posible en un reducido número de ubicaciones.

De manera resumida, estos servicios fueron establecidos mediante un esquema que hoy en día puede parecer básico, pero que en su momento podría haberse visto como una innovación: los proveedores de servicios de TV por cable recibían las señales de los satélites para prepararlas para su distribución, lo cual se realizaba en unidades de control y procesamiento previamente instaladas y equipadas al efecto, para posteriormente ser canalizadas a los usuarios vía las redes de cable terrestre expresamente construidas.

Esto facilitó que en muchos lugares se pudiera contar con este servicio donde las señales abiertas no tenían cobertura, con la ventaja adicional de que se podía tener acceso de manera organizada a una variedad de canales que incluían señales de satélites mexicanos y extranjeros.

Cabe mencionar que este esquema de servicio aún se sigue utilizando en los sistemas de cable actuales con la correspondiente actualización tecnológica en lo referente a recepción, procesamiento, difusión, facturación, etc.

ESQUEMA BÁSICO DE RECEPCIÓN Y DISTRIBUCIÓN



Es preciso comentar que, conforme crecía la demanda de los equipos de recepción de señales de TV vía satélite, el costo de los mismos disminuía paulatinamente, hecho que propició que en México surgieran pequeñas empresas que fabricaban los platos parabólicos con materiales económicos y que además adquirían la electrónica requerida a fin de vender el sistema completo a usuarios finales. De esta manera se creó una industria de sistemas de recepción de

señales satelitales con antenas parabólicas “caseras” que por algunos años fue muy productiva.

REFERENCIAS

- SCT-Historia de las Comunicaciones y los Transportes (Serie Azul)
- 100 años de México en la UIT (2006) Carlos Merchán Escalante, Rodolfo de la Rosa Rábago
- Tesis-Historia de la Ciencia Aeroespacial en México y su Institucionalización 1957-2010
- Mentes brillantes - Von Braun vs Korolev
- El Correo-UNESCO Año Geofísico Internacional
- Documento N° 58-S Conferencia Administrativa de Radiocomunicaciones-UIT Agosto 19/1959
- Wikipedia - Comisión Nacional del Espacio Exterior.

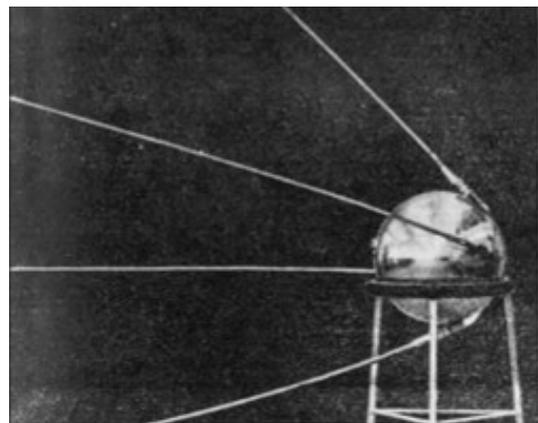
Capítulo 3

**La evolución de la reglamentación
internacional aplicable a satélites**

**Jesús Irán Grageda Arellano
Carlos A. Merchán Escalante**

Conforme avanzaban los desarrollos científicos espaciales posteriores al lanzamiento del primer satélite artificial SPUTNIK I, el 04 de octubre de 1957, realizado por la Unión de Repúblicas Soviéticas Socialistas (URSS), fue necesario el establecimiento de procedimientos que permitieran el aprovechamiento al máximo del espacio exterior en beneficio de la humanidad. Sin embargo, este gran logro alcanzado por la comunidad científica internacional fue gracias a los esfuerzos de los países por explorar las inmediaciones del espacio exterior a partir de abril de 1950, en especial del Dr. Lloyd Viel Berkner quien propuso reducir los intervalos de los años polares de 50 años a 25 años, y que el tercer año polar se celebrara en el periodo de 1957 a 1958.

Es así como en 1952 el Consejo Internacional de Uniones Científicas (CIUC) amplió el proyecto del tercer año polar y le dio el nombre de “Año Geofísico Internacional” y creó el Comité Especial del Año Geofísico Internacional (CEAGI) con apoyo financiero de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO).



Izq. El Año Geofísico Internacional (julio 1957 - diciembre 1958), https://unesdoc.unesco.org/advancedsearch/-searchType=unesco_courier

Cto. La órbita del Satélite descubre diferentes partes del globo, por motivo de la rotación de la Tierra, en cada uno de sus círculos completos. https://unesdoc.unesco.org/advancedsearch/-searchType=unesco_courier

Der. El Satélite "Sputnik" fotografiado antes de ser lanzado a la atmósfera. https://unesdoc.unesco.org/advancedsearch/-searchType=unesco_courier

La primera ocasión en la que se señala la protección de frecuencias de radioastronomía fue en 1953, en la Séptima Asamblea Plenaria del Comité Consultivo Internacional de Radiocomunicaciones (CCIR), de la Unión Internacional de Te-

lecomunicaciones (UIT), donde se adopta la recomendación 118 para protección de las frecuencias utilizadas en las mediciones de radioastronomía y se anuló la recomendación 56 de 1951 – que proponía la reserva de frecuencias para el estudio del ruido de radio extraterrestre.

Fue hasta octubre 1954, en la reunión en Roma del CEAGI, donde se aprobó una resolución invitando a los países miembros a que estudiaran la posibilidad de construir satélites portadores de instrumentos científicos, con el objetivo de poner en órbita en torno a la Tierra en el curso del Año Geofísico Internacional (AGI), es así como en 1955 los Estados Unidos de América (EUA) y la URSS manifiestan su interés de lanzar satélites durante el AGI.

La CEAGI promueve el establecimiento de estaciones terrestre para el rastreo de los satélites, insistiendo en contar con una amplia cooperación internacional, a fin de aprovechar todas sus posibilidades científicas. Muchos países indicaron estar dispuestos a establecer estaciones de observación de satélites.

Durante la Octava Asamblea Plenaria del CCIR, la cual se llevó a cabo del 23 de agosto al 27 de septiembre de 1956, se inició formalmente la participación reglamentaria del área de radiocomunicaciones de la UIT y en donde se adoptaron los siguientes puntos relacionados con el AGI:

- Medición del ruido atmosférico radioeléctrico en el plano mundial.
- Estaciones de sondeo ionosférico al acabarse el año geofísico internacional.
- El programa de estudio propagación troposférica.
- Protección de las frecuencias utilizadas por los satélites terrestres artificiales o por otros vehículos del espacio para las comunicaciones y las observaciones de posición. Esta cuestión se le asigna a la Comisión de Estudios 5 - Propagación troposférica.
- Protección de las frecuencias utilizadas por los satélites terrestres artificiales y otros vehículos del espacio para las comunicaciones y las observaciones de posición.

México, como muestra de su participación en el AGI, estableció una estación terrena de sondeo ionosférico para realizar estudios de la ionosfera.

Sin duda alguna el establecimiento del AGI, realizado entre julio de 1957 a diciembre de 1958 con una duración de 18 meses, fue el inicio de grandes éxitos a nivel mundial, no solo por la puesta en órbita del primer satélite artificial Sputnik 1 antes mencionado, que ayudó a determinar la densidad de la atmósfera superior, sino que además Estados Unidos puso en órbita, el 1 de febrero de 1958, el satélite Explorer 1, descubriendo los cinturones de radiación terrestres. De igual

forma, el 18 de diciembre 1958 puso en órbita el primer satélite de comunicaciones llamado SCORE, transmitiendo durante 12 días un mensaje de Navidad del presidente Dwight D. Eisenhower.

Es así como la Asamblea General de la ONU, el 13 de diciembre 1958, adoptó la Resolución 1348 (XIII) - Cuestión del uso del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, reconociendo el éxito del programa de colaboración científica del Año Geofísico Internacional, en lo referente a la exploración del espacio ultraterrestre, y estableció, de manera inicial, la Comisión Especial sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos, integrada con representantes de 18 países, entre ellos México, a la que le encarga que presentara un informe a la Asamblea General en su decimocuarto período de sesiones, en 1959, sobre los siguientes puntos:

- a.** Actividades y recursos de las Naciones Unidas, de sus organismos especializados y de otros organismos internacionales en relación con el uso del espacio ultraterrestre con fines pacíficos.
- b.** Esfera en que se podría emprender adecuadamente, bajo los auspicios de las Naciones Unidas, una cooperación y programas internacionales sobre el uso del espacio ultraterrestre con fines pacíficos en beneficio de los Estados, sea cual fuere su grado de desarrollo económico y científico.
- c.** Disposiciones que podrían adoptarse en el futuro, en materia de organización, para facilitar la cooperación internacional en este campo dentro de la estructura de las Naciones Unidas.
- d.** Naturaleza de los problemas jurídicos que pueda plantear la ejecución de programas de exploración del espacio ultraterrestre.

En el año 1959 se realizaron contribuciones muy valiosas en relación con los temas de satélites y otros vehículos, debido a los resultados de los trabajos realizados en la IX Asamblea Plenaria del CCIR (Los Ángeles 1959), destacando los siguientes puntos:

- Elección de las frecuencias que han de utilizarse para la telecomunicación con los satélites terrestres artificiales y otros vehículos del espacio o entre ellos.
- Influencia de la tropósfera en las frecuencias utilizadas para la telecomunicación con los vehículos espaciales y entre ellos.
- Factores que influyen en la selección de frecuencias para la telecomunicación con vehículos del espacio o entre ellos.

Ese mismo año se reunió, por primera vez, el Comité Especial para Usos Pacíficos del Espacio Exterior de Naciones Unidas, cuyos trabajos se iniciaron el 6

de mayo de 1959. Y se celebró la Conferencia Administrativa de Radiocomunicaciones (Ginebra 59) (CAR-59), que inició el 17 de agosto de 1959, dando como resultado la adopción de un cuadro que ampliaba la asignación de espectro radioeléctrico de 10.5 GHz a 40 GHz, un aumento de tres veces la cantidad que se había asignado anteriormente, y dedicó mucho tiempo a las comunicaciones especiales. En el artículo 1 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) se incorporaron las definiciones de Servicio Espacial, Servicio Tierra - Espacio, Estación Espacial y Estación Terrena.

La Conferencia, conforme al reporte, atribuyó en el plano mundial las siguientes bandas de frecuencia a las investigaciones relacionadas con Servicio Espacial y Tierra - Espacio: 136 - 137 Mc/s, 400 - 401 Mc/s, 1427 - 1429 Mc/s, 15,15 - 15,25 Gc/s, y 31,5 - 31,8 Gc/s.

Además, se atribuyeron a los mismos fines, con carácter secundario, las siguientes bandas de frecuencias:

10003 - 10 005 kc/s, 19 990 - 20 010 kc/s, 39 985 - 40 002 kc/s, 1700 - 1710 Mc/s, 2290 - 2300 Mc/s, 5250 - 5255 Mc/s, y 8400 - 8500 Mc/s.

Por otra parte, la frecuencia 183,6 Mc/s + 0,5 Mc/s se atribuyó también a la misma actividad, a condición de que no se causaran interferencias perjudiciales.

Finalmente, el 14 de octubre, inició la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT (Ginebra 1959) (PP-59), en la que se completó el proceso de integración de la UIT en el sistema de las Naciones Unidas (ONU).

Con relación al informe de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPOUS), la Asamblea General de la ONU adoptó la Resolución 1472(XIV), nueve días antes que concluyan la CAR 59 y la PP-59 de la UIT, con la que reiteró la institución de dicha comisión (registrándose como fecha de fundación el 12 de diciembre de 1959), ahora integrada por 24 países, entre ellos México, que ejercieron sus funciones en 1960 y 1961 para realizar acciones como:

- a. Examinar según proceda, la esfera de la cooperación internacional, y estudiar las medidas prácticas y posibles para llevar a cabo los programas de utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos que puedan adecuadamente emprenderse bajo los auspicios de las Naciones Unidas, y en particular las siguientes:
 - Asistencia para continuar con carácter permanente las investigaciones acerca del espacio ultraterrestre efectuadas con motivo del Año Geofísico Internacional;

- Organización de! intercambio y difusión de informaciones relativas a las investigaciones acerca del espacio ultraterrestre;
 - Fomento de los programas nacionales de investigación relacionados con el estudio del espacio ultraterrestre, y prestación de toda la ayuda y colaboración posibles para ejecutar dichos programas;
- b.** Estudiar la naturaleza de los problemas jurídicos que pueda plantear la exploración del espacio ultraterrestre.

Como respuesta al interés mostrado en los años anteriores, el 20 de diciembre de 1961, la Asamblea General de la ONU definió la Resolución 1721(XVI), en la que recomienda a los Estados que en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre se guíen por los siguientes principios:

- a.** El derecho internacional, incluida la Carta de las Naciones Unidas, se aplica al espacio ultraterrestre y a los cuerpos celestes;
- b.** El espacio ultraterrestre y los cuerpos celestes podrán ser libremente explorados y utilizados por todos los Estados de conformidad con el derecho internacional y no podrán ser objeto de apropiación nacional;

Es así como en respuesta a la Resolución 1721(XVI), en 1962 se realizó el primer informe de la UIT sobre las telecomunicaciones y la utilización del espacio extra atmosférico con fines pacíficos, en el cual se señala:

“Se trata de las telecomunicaciones medio absolutamente indispensable en la práctica para cualquier utilización del espacio ultratmosférico. Su importancia es enorme para el funcionamiento de todo género de vehículo espacial, así como para la exploración y estudio de los cuerpos celestes. Al propio tiempo los sistemas y vehículos espaciales han de proporcionar nuevos medios de telecomunicación para necesidades puramente terrestres, nuevos datos meteorológicos que harán más exactos y eficientes los pronósticos meteorológicos y nuevos medios de ayuda a la navegación marítima y aérea”.

En la sesión de la Asamblea General de la ONU de diciembre de 1962 adopta la resolución 1802 (XVII), subrayando la necesidad del desarrollo progresivo del derecho internacional en lo que respecta a la elaboración más detallada de principios jurídicos fundamentales que rijan las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, la responsabilidad por accidentes causados por vehículos cósmicos, la prestación de ayuda a astronautas y vehículos cósmicos y su devolución y otros problemas jurídicos.

En abril de 1963 se presentó el Segundo Informe de la UIT a la COPOUS sobre las Telecomunicaciones y la Utilización del Espacio Ultratmosférico con fines Pacíficos.

En este informe, entre otros aspectos, se señala:

- Los países miembros han respondido a las cuestiones mencionadas en la Resolución 1802 de la Asamblea General acerca de los progresos realizados en el terreno de las telecomunicaciones espaciales y de los problemas que requieren colaboración en el plano internacional. La reunión de 1963 del Consejo de la Administración de la UIT pidió completar el Orden del Día de la Conferencia Administrativa Extraordinaria de Comunicaciones, que habría de celebrarse en Ginebra a partir del 7 de octubre de 1963, adicionando los requerimientos de atribución de frecuencias para la radioastronomía.
- La rapidez con que se han desarrollado las posibilidades prácticas de establecer comunicaciones por medio de satélites artificiales ha obligado a la UIT a asumir la responsabilidad de preparar, tan rápidamente como sea posible, recomendaciones técnicas para una esfera de actividades en las que apenas si se cuentan con experiencias prácticas. El CCIR se ha ocupado de estos problemas durante el período comprendido entre su novena y décima Asamblea Plenaria (Los Ángeles 1959 y Ginebra 1963), logrando realizar sustanciales progresos en la preparación de bases técnicas sobre las cuales pueden asentarse las previsiones para la atribución de frecuencias.
- Los recientes experimentos han confirmado que la banda de 1 a 10 GHz es la más adecuada para el desarrollo de las radiocomunicaciones entre la Tierra y el espacio.
- Una de las principales ventajas de los sistemas de satélites de comunicaciones es que si las órbitas de los satélites o satélites se eligen cuidadosamente pueden ser utilizados como medios de radiocomunicación entre todos los puntos de la superficie de la Tierra, lo cual plantea los problemas relativos al acceso múltiple a los satélites de comunicación.
- Los satélites artificiales están adquiriendo cada vez mayor importancia en otras aplicaciones además de las de comunicaciones.

Del 7 octubre a 8 noviembre de 1963 se celebró la Conferencia Administrativa Extraordinaria de Radiocomunicaciones para la atribución de bandas de frecuencias con fines de radiocomunicaciones espaciales (CAER 63), también conocida como "Conferencia Espacial".

En el documento 193, presentado por la ONU a la CAER 63, se señala que los delegados conocen perfectamente el interés mostrado por la ONU por la utilización del espacio ultratmosférico con fines pacíficos en las comunicaciones espaciales como campo fundamental de las actividades en dicho espacio ultratmosférico.

En dicho documento se señala que el Consejo Económico y Social (ECOSOC) de la ONU, en su último período de sesiones, adoptó la resolución 980 sobre

“Cooperación internacional para la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos”, el consejo tomó nota de las medidas adoptadas por la UIT respecto al empleo de las telecomunicaciones para el desarrollo de la utilización del espacio con diversos fines pacíficos, especialmente las comunicaciones por satélites y felicitó a la UIT por la rápida y sumamente activa forma con que atendió a las disposiciones de las mencionadas resoluciones de la Asamblea General de la ONU 1721 y 1802.



De izquierda a derecha: 1 CCIR VIIth Plenary Assembly (London 1953). 2 CCIR VIIIth Plenary Assembly (Warsaw 1956). 3 y 4 COPOUS Comité para Usos Pacíficos del Espacio Extra Atmosférico de Naciones Unidas

En el referido documento se señala que esta conferencia se ocupa de los aspectos técnicos de las comunicaciones espaciales y que otros organismos competentes de la ONU tendrán que discutir nuevos aspectos de las comunicaciones espaciales correspondientes a problemas que tienen que resolverse para lograr una comunicación espacial eficaz por medio de satélites, tal como se establece en las resoluciones de la Asamblea General de la ONU.

Los excelentes resultados del CCIR y de la CAER 63 fortalecieron el rol de la UIT en la Reglamentación y administración mundial del Espectro Radioeléctrico.

A la CAER 63 asistieron más de cuatrocientos delegados de 70 países Miembros de la UIT, adoptando una serie de revisiones y adiciones en varias partes del Reglamento de Radiocomunicaciones, relacionadas con reglas generales para la asignación y utilización de frecuencias; notificación e inscripción en el Registro Internacional de Frecuencias; la identificación de estaciones; documentos de servicio; términos y definiciones; y reglas relativas a determinados servicios.

Además, la Conferencia adoptó una serie de Resoluciones y Recomendaciones. Una de ellas trata de las futuras medidas que deberá adoptar la UIT a la luz de la futura evolución de las radiocomunicaciones espaciales. Recomendó que el Consejo Administrativo debiera examinar anualmente los progresos de las administraciones en materia de radiocomunicaciones espaciales y debería, a la luz de este examen, recomendar la convocatoria de una Conferencia Administrativa Extraordinaria en una fecha futura para elaborar nuevos acuerdos para la reglamentación internacional de las radiocomunicaciones espaciales. La utilización de las bandas de frecuencia atribuidas por la presente Conferencia; y que la notificación y el registro de las asignaciones de frecuencias a los servicios espa-

ciales se realizaran hasta que fueran revisados por una futura Conferencia, de conformidad con los procedimientos adoptados por dicha Conferencia.

Una de las Resoluciones se refiere a las emergencias, señalando que la conferencia había reservado la frecuencia de 20 007 KHz para este fin y resolviendo que por el momento la señal de socorro utilizada por barcos o aviones (*SOS* en radiotelegrafía y *MAYDAY* en radiotelefonía) también deberían ser utilizados por las naves espaciales.

Otra Recomendación se dirigió al CCIR, señalando que “en el futuro podría ser posible utilizar transmisiones por satélite para la recepción directa por el público en general de emisiones sonoras y televisivas “ e instando al CCIR a acelerar sus estudios sobre la viabilidad técnica de la radiodifusión por satélite. Dando así un paso importante hacia la posibilidad de que el público en general pueda recibir programas de radio y televisión en sus propios hogares directamente desde satélites.

En otra Recomendación se pedía a la próxima Conferencia Aeronáutica de la UIT que proporcionara canales de alta frecuencia (bandas entre 2850 y 22 000 KHz) para las comunicaciones destinadas a los vuelos rutinarios de vehículos de transporte aeroespacial que vuelen entre puntos de la superficie terrestre, tanto dentro como fuera de la zona de la atmósfera.

Finalmente, se adoptó una Recomendación reconociendo “que todos los Miembros y Miembros Asociados de la UIT tienen interés y derecho a un uso equitativo y racional de las bandas de frecuencias asignadas para las comunicaciones espaciales” y recomendando a estos “que la utilización y explotación del espectro de frecuencias para las comunicaciones espaciales esté sujeta a acuerdos internacionales basados en principios de justicia y equidad que permitan el uso y el intercambio de bandas de frecuencias asignadas en interés mutuo de todas las naciones”.

En el Tercer Informe de la UIT a la COPOUS en 1964, la UIT presentó las decisiones de la CAER 63 y en Anexo entregó un resumen de las atribuciones de bandas de frecuencias hechas a los servicios espaciales, que se reproduce a continuación:



Geneva's Bâtiment Eletoral, the venue for the 1963 Space Conference

Servicio	Banda de frecuencias
Investigación espacial	15762 - 15768 KHz (compartida) 18030 - 18036 KHz (compartida) 30005 - 30010 KHz (compartida) 136 - 137 MHz (compartida en las Regiones 1 y 3; exclusiva en la Región 2) (1) 137 - 138 MHz (compartida) (1) 143,6 - 143,65 MHz (compartida) (1) 400,05 - 401 MHz (compartida) (1) 1700 - 1710 MHz (compartida) (1) 2290 - 2300 MHz (compartida) (1) 5250 - 5255 MHz (compartida) 5670 - 5725 MHz (compartida) 8400 - 8500 MHz (compartida en las Regiones 1 y 3, exclusiva en la Región 2) 15,25 - 15,35 GHz (exclusiva) 31 - 31,3 GHz (compartida) 31,5 - 31,8 GHz (compartida en las Regiones 1 y 3, exclusiva en la Región 2) 31,8 - 32,3 GHz (compartida) 34,2 - 35,2 GHz (compartida)
Telecomunicaciones por satélites	3400 - 4200 MHz (compartida) 4400 - 4700 MHz (compartida) 5725 - 5850 MHz (sólo en la Región 1 y compartida) 5850 - 5925 MHz (sólo en las Regiones 1 y 3 y compartida) 5925 - 6425 MHz (compartida) 7250 - 7300 MHz (exclusiva) 7300 - 7750 MHz (compartida) 7900 - 7975 MHz (compartida) 7975 - 8025 MHz (exclusiva) 8025 - 8400 MHz (compartida)
Ayudas a la meteorología por satélites	137 - 138 MHz (compartida) 400,05 - 401 MHz (compartida) 460 - 470 MHz (compartida) 1660 - 1670 MHz (compartida) 1690 - 1700 MHz (compartida) 1770 - 1790 MHz (compartida)
Radionavegación por satélites	149,9 - 150,05 MHz (exclusiva) 399,9 - 400,05 MHz (exclusiva) 14,3 - 14,4 GHz (exclusiva)
Telemedida (2)	137 - 138 MHz (compartida) 267 - 273 MHz (compartida) 401 - 402 MHz (compartida) 1525 - 1535 MHz (compartida) 1535 - 1540 MHz (exclusiva)
Seguimiento (2)	137 - 138 MHz (compartida)

Servicio	Banda de frecuencias
Telemando	1427 - 1429 MHz (compartida)
Identificación de satélites	30,005 - 30,010 MHz (compartida)
Radioastronomía	37,75 - 38,25 MHz (compartida) 73 - 74,6 MHz (exclusiva) 1400 - 1427 MHz (exclusiva) 1664 - 1668,4 MHz (compartida) 2690 - 2700 MHz (exclusiva) 4990 - 5000 MHz (compartida en las Regiones(1) 1 y 3 , exclusiva en la Región 2) 10,68 - 10,7 GHz (exclusiva) 15,35 - 15,4 GHz (exclusiva) 19,3 - 19,4 GHz (exclusiva) 31,3 - 31,5 GHz (exclusiva) 33 - 33,4 GHz (sólo en la Región 1 y compartida)

(1) Telemetría y seguimiento para la investigación espacial.

(2) Para fines que no sean de investigación espacial

La Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT celebrada en Montreux en 1965 marcó el Centenario de la UIT.

La Conferencia introdujo varios cambios en la estructura de la UIT, ante el desarrollo de las comunicaciones por satélite y la creación de uniones regionales de telecomunicaciones para atender problemas de carácter regional obligando a la UIT a tratar por separado las cuestiones internacionales y regionales. La Conferencia decidió definir 2 tipos de Conferencias Administrativas:

- Conferencias Administrativas Mundiales, para tratar cuestiones de telecomunicaciones de carácter mundial relativas a todos los tipos de servicios de telecomunicaciones (telegrafía, telefonía, radiocomunicaciones, radiodifusión, comunicaciones espaciales, servicios marítimos y aeronáuticos, etc.)
- Conferencias Administrativas Regionales, para abordar problemas de carácter regional; el tema puede referirse a una región geográfica determinada o a un servicio de telecomunicaciones específico de carácter regional. Las decisiones de estas Conferencias deben estar en conformidad con los Reglamentos de las Conferencias Administrativas Mundiales y no entrar en conflicto con los intereses de otras regiones.

Durante la segunda reunión de la CAER de 1966, encargada de elaborar un plan revisado de adjudicación para el servicio móvil aeronáutico (R), elaboró un nuevo Plan mundial para las comunicaciones por radio de alta frecuencia para el uso de aviones que vuelan en rutas aéreas civiles regionales, nacionales e internacionales, y adoptó la Recomendación N° Aer.2, relativa a un estudio sobre la utilización en

el servicio móvil aeronáutico (R) de técnicas de radiocomunicación espacial. Recomendó además que las administraciones, teniendo en cuenta los aspectos económicos y de explotación inherentes, consideraran la posibilidad de atender a las necesidades del servicio móvil aeronáutico (R) en las zonas de paso de rutas aéreas mundiales principales mediante el uso de técnicas de radiocomunicación espacial.

Al concluir los trabajos de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones (CAMR) de 1967, encargada de cuestiones relativas al servicio móvil marítimo, se adoptó la Recomendación N° MAR 3, relativa a la utilización de técnicas de comunicación por satélites en el servicio móvil marítimo, en que se señala:

- a.** Que las limitadas pruebas llevadas a cabo han demostrado que es posible establecer comunicaciones entre estaciones de barco y estaciones costeras por medio de satélites estacionarios;
- b.** Que el servicio móvil marítimo no prevea la utilización de técnicas de comunicación por satélite en las bandas de frecuencia que tiene actualmente atribuidas;
- c.** Qué las frecuencias de que dispone el servicio móvil marítimo, en virtud del apéndice 18 del reglamento de radiocomunicaciones, son técnicamente adecuadas para la utilización de las comunicaciones por satélite, pero que es probable que la congestión prevista en esas frecuencias a causa de su utilización por el servicio móvil marítimo (sin relevadores especiales), incluso después de reducir la separación entre canales, no permita acomodar un sistema basado en técnicas de comunicación por satélite;
- d.** Que la Organización Consultiva Marítima Intergubernamental (OCMI) estudia las necesidades relativas a la seguridad en el mar y a la navegación que pueden satisfacerse mediante el empleo de técnicas de comunicación por satélite;
- e.** Que el CCIR cuenta con una comisión de estudio sobre sistemas espaciales y radioastronomía y con otra encargada del servicio móvil y que sería conveniente coordinar estrechamente los trabajos del CCIR y de la OCMI en esta materia;
- f.** Que la Subcomisión de Asuntos Científicos y Técnicos de la Comisión de las Naciones Unidas sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos ha constituido también un grupo de trabajo que estudia la necesidad la posibilidad y los medios de realizar un sistema de satélite para fines de navegación.

Invitó a las administraciones a que determinen qué necesidades previsibles del servicio móvil marítimo pueden atenderse mediante el empleo de técnicas de comunicación por satélite.

En el Sexto Informe de la UIT a la Comisión para la Utilización del Espacio Exterior con Fines Pacíficos (COPUOS), en abril 1967, en el punto 2, "Estudios técnicos relacionados con el uso de las telecomunicaciones en el espacio" se señala:

- **Numeral 2.2** La principal actividad del C.C.I.R. en 1966 consistió en la celebración en Oslo de su XI Asamblea Plenaria, en el verano de ese año. Esta Asamblea aprobó en sesión plenaria las conclusiones de la Comisión de estudio IV del C.C.I.R. (Sistemas espaciales y radioastronomía).
- **Numeral 2.3** En el informe anterior se mencionaron los resultados obtenidos por la reunión intermedia que esa comisión de estudio celebró en Montecarlo en 1965. La Asamblea Plenaria de Oslo revisó esos resultados basándose en 85 nuevas proposiciones recibidas, de modo que en la actualidad esta comisión de estudio tiene en su haber 22 recomendaciones, 36 informes y un ruego. Se acordó estudiar 26 nuevas cuestiones. Todos estos textos, que se enumeran en el Anexo A, figuran en el Volumen IV de las Conclusiones de la XI Asamblea Plenaria del C.C.I.R.
- **Numeral 2.4** Como su análisis detallado rebasaría los límites del presente Informe, para que pueda apreciarse debidamente la magnitud de los estudios del C.C.I.R. relacionados con cuestiones espaciales, a continuación, se enumeran las materias tratadas en el Volumen IV: 1. Generalidades, 2. Satélites de comunicación, 3. Radiodifusión desde satélites, 4. Radionavegación por satélites, 5. Satélites meteorológicos, 6. Telemedida de mantenimiento, seguimiento y telemando, 7. Investigación espacial, 8. Radioastronomía, y 9. Astronomía por radiodetección.

En la Conferencia Administrativa Mundial de Telecomunicaciones Espaciales de 1971 (CAMT 71), también denominada Conferencia Espacial 71. En líneas generales, se puede decir que la Conferencia concluyó lo siguiente:

1. Amplia de 40 GHz a 275 GHz la porción del espectro de frecuencias cuyo uso está regulado;
2. Aumenta de 6.08 GHz a 209.57 GHz la porción del espectro utilizable para aplicaciones espaciales, abriendo así el camino a un desarrollo considerable de las radiocomunicaciones espaciales de todo tipo en los próximos años; la mayor parte de este aumento se debe a atribuciones en las bandas superiores a 10 GHz;

No hay duda de que el desarrollo de las comunicaciones espaciales en los próximos años supondrá una carga de trabajo considerable para las administraciones; esto irá acompañado, tanto en el ámbito técnico como administrativo, de un trabajo notablemente más complejo y detallado en la gestión del espectro de frecuencias por parte de la Junta Internacional de Registro de Frecuencias (IFRB, por sus siglas en inglés) en la sede de la UIT.

La labor de la IFRB también aumentará en detalle y complejidad debido a los procedimientos reglamentarios más amplios y elaborados que tendrá que seguir.

Además, según la revisión del Reglamento de Radiocomunicaciones de 1971, las administraciones tienen derecho a solicitar la ayuda de la Junta en todas las etapas de los procedimientos que deben seguir y parece probable que muchas administraciones, en particular las de los países nuevos y en desarrollo.

Los países que aún no cuentan con las instalaciones técnicas y administrativas necesarias solicitarán esta ayuda.

Por lo tanto, es de esperar que, además de las responsabilidades adicionales resultantes de la mayor complejidad de los nuevos procedimientos y las nuevas tareas decididas por la Conferencia, la Junta tendrá que realizar estudios para un buen número de administraciones individuales, además de los estudios a largo plazo que debe realizar sobre la utilización de todo el espectro de frecuencias (incluida la preparación de las normas técnicas necesarias) y los estudios preparatorios para futuras radioconferencias.

La Conferencia de Plenipotenciarios celebrada en Málaga-Torremolinos en 1973 decidió celebrar cada año el "Día Mundial de las Telecomunicaciones", el 17 de mayo, aniversario de la fundación de la Unión. La Conferencia también reconoció el éxito de la exposición TELECOM 71, organizada por primera vez en 1971, y estableció directrices para la organización periódica de exposiciones similares bajo el patrocinio de la UIT y en colaboración con los miembros.

Los países en desarrollo jugaron un papel fundamental en esta Conferencia. Por primera vez en la historia de la UIT, los debates estuvieron dominados por problemas relacionados con los países en desarrollo.

En la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones de 1977 (CAMR-SAT-77), encargada de establecer un plan para el servicio de radiodifusión por satélite en las bandas de frecuencias 11,7-12,2 GHz (en las Regiones 2 y 3) y 11,7-12,5 GHz (en la Región 1), se alcanzó lo siguiente:

- El establecimiento de un Plan para el servicio de radiodifusión por satélite en las Regiones 1 y 3 (todo el mundo excepto las Américas);
- La adopción de un conjunto de principios para regir el servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2 (las Américas), a la espera de la celebración de una conferencia regional de radio y el establecimiento de un plan detallado a más tardar en 1982; y
- El establecimiento de un método para realizar cambios en el Plan.

En la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT de 1982 en Nairobi, se estableció que los directores de los Comités Consultivos Internacionales (CCIR, CCITT) serían elegidos en adelante por la Conferencia de Plenipotenciarios en lugar de las Asambleas Plenarias del CCIR y el CCITT.

La Conferencia Administrativa Regional para la Planificación del Servicio de Radiodifusión por Satélite en la Región 2 (CAR2 SAT 83) se celebró en Ginebra en 1983, la cual fue presidida por el Ing. Luis Valencia Pérez, delegado de México.

Se adoptaron las disposiciones y el Plan para el servicio de radiodifusión por satélite de la Región 2 en la banda de frecuencias 12,2 -12,7 GHz, así como lo correspondiente a los enlaces de conexión en la banda de frecuencias 17,3 -17,8 GHz. Y se transmitieron sus decisiones anteriores a la Primera Reunión (1985) de la Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan (CAMR-ORB-85) para su incorporación en el Reglamento de Radiocomunicaciones.

Finalmente, en 1985, durante la CAMR ORB-85, se introdujo en el Reglamento de Radiocomunicaciones el plan de radiodifusión por satélite de la Región 2, que quedó incorporado en los apéndices 30 y 30A.

Con lo anterior a México se le adjudicaron cuatro posiciones orbitales planificadas para la radiodifusión por satélite: 78° w, 136° w, 127° w y 69° w.

Cabe señalar que durante la reunión de la CAMR ORB-85, celebrada entre septiembre y octubre de 1985, se aproximó la delegación de Canadá a la de México para plantear la necesidad de sostener reuniones bilaterales para ver la posibilidad de modificar la ubicación de las posiciones orbitales para el servicio fijo por satélite (SFS) 113,5° w y 116,5° w, ocupadas por México en las bandas C y Ku, en las que se ubicaron los satélites ILHUICAHUA I (junio 1985) e ILHUICAHUA II (noviembre 1985), posteriormente denominados Morelos, por el interés de dar cabida a un satélite canadiense que se ubicaría en medio de estos dos satélites Mexicanos.

El objetivo de las conferencias Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios y de la planificación de los servicios espaciales, que se celebraron en 1985 y 1988, conocidas como: CAMR ORB-85 y ORB-88, tuvieron como objeto el proporcionar acceso equitativo y garantizado a todos los países a la órbita de los satélites geoestacionarios (OSG) y a los servicios espaciales que utilizan esta órbita.

La CAMR ORB 85 afrontó el cómo encontrar una manera aceptable de garantizar en la práctica a todos los países el acceso equitativo a la órbita de los satélites geoestacionarios y a las bandas de frecuencias atribuidas a los servicios de radiocomunicaciones espaciales y al mismo tiempo el uso eficiente y económico de estos recursos naturales. Se prestó mucha atención al servicio fijo por

satélite, reconociendo nuevos criterios técnicos, así como la simplificación de los procedimientos asociados con todos los servicios espaciales, se examinaron nuevas medidas para la armonización de las interacciones de los sistemas que permitirían lograr una coordinación más fácilmente y se abordaron cuestiones sobre el intercambio entre servicios.

El mandato de la ORB-88 fue traducir los principios adoptados en la ORB-85 en un Plan de Adjudicación que proporcionaría a cada país Miembro de la UIT una posición orbital y sus frecuencias asociadas para un satélite nacional que proporcione servicios domésticos.

Los resultados de la ORB-88 se publicaron en sus Actas Finales, las cuales contienen una revisión parcial del Reglamento de Radiocomunicaciones y sus apéndices que incluyen:

- 1.** Un Plan de enlaces de alimentación (enlaces ascendentes) para el servicio de radiodifusión por satélite para las Regiones 1 y 3 incluido en el Apéndice 30A (Orb-88).
- 2.** El Plan de Atribuciones para el servicio fijo por satélite en las bandas 4 500 - 4 800 MHz, 6 725 - 7 025 MHz, 10,70 - 10,95 GHz, 11,20 - 11,45 GHz y 12,75 - 13,25 GHz, incluidas en el Apéndice 30B. El Plan consta de dos partes: la Parte A, que contiene las adjudicaciones nacionales y la Parte B, que contiene las redes de los sistemas existentes.
- 3.** Los Procedimientos asociados al Plan de adjudicaciones del SFS relacionados con la conversión de una adjudicación en una asignación.
- 4.** Revisión al artículo 11 del Reglamento de Radiocomunicaciones "Notificación e inscripción de asignaciones de frecuencias", incluyéndose por primera ocasión el concepto y proceso de las Reuniones de Planificaciones Múltiples (RPM).

Se estableció, entre otros aspectos, que las RPM estarán abiertos a representantes de los sistemas multiadministración afectados (como Intelsat, Intersputnik, Eutelsat, etc.). Cabe señalar que en el caso de México se ha aplicado las RPM para la coordinación de sus Sistemas Fijos por Satélite (SFS) y Sistema Móvil por Satélite (SMS).

En apéndice 30B en su Artículo 10, se encuentra ubicada la posición -113,00 adjudicada a México asociada a las frecuencias del plan (4 500 - 4 800 MHz, 6 725 - 7 025 MHz, 10,70 - 10,95 GHz, 11,20- 11,45 GHz y 12,75- 13,25 GHz) conocidas coloquialmente como las bandas C-Plan y Ku-Plan para SFS-Plan.

En la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT de 1989 en Niza, se adoptó una constitución permanente y se aprobó un nuevo enfoque de dos instrumentos,

uno conocido como la Constitución que pretende ser permanente, y al segundo se le denominó Convenio, el cual sería revisado por cada Conferencia de Plenipotenciarios. Los tres conjuntos de Reglamentos Administrativos (Reglamento Telegráfico, Telefónico y Radioeléctrico) continuarían como anexo del Convenio.

La Conferencia consideró que era necesario seguir fortaleciendo el papel de la UIT en el campo del desarrollo de las telecomunicaciones.

- Estableció la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT), con el fin de colocar la asistencia técnica a los países en desarrollo en pie de igualdad con las actividades tradicionales de normalización y gestión del espectro de la Unión.
- Se creó un Grupo Voluntario de Expertos (GVE) para hacer propuestas para la simplificación del Reglamento de Radiocomunicaciones y,
- Se creó un Comité de Alto Nivel (HLC) para revisar la estructura general y los métodos de trabajo de la Unión.

En la CAMR-92 se abordó la discusión para tratar la atribución de frecuencias en determinadas partes del espectro; se alcanzaron acuerdos mundiales sobre la mayoría de las cuestiones y no se sometió a votación ninguna de las cuestiones sustantivas. Además de las cuestiones que figuran en su orden del día, la Conferencia decidió actualizar algunas notas a pie de página del Cuadro de atribución de frecuencias en el entonces artículo 8 del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Cabe señalar que, ante el interés de México -quien se encontraba en negociaciones de sus futuros satélites que se denominarían Solidaridad y remplazarían al satélite Morelos I, y ocuparían su tercera posición orbital, la 109.2° w, a los cuales se les añadía una carga útil para proveer el servicio móvil por satélite en la banda L, en coordinación con Canadá, Estados Unidos, Australia, Brasil y Malasia-, se logró ampliar la banda L a las frecuencias 1525-1530 MHz, como atribución genérica para el servicio móvil por satélite, y mediante nota a pie del cuadro de atribución de frecuencias, se estableció que los segmentos 1530-1544 MHz y 1626.5-1660.5 MHz, para México y estos países, quedarían como atribución genérica al servicio móvil por satélite.

Durante la Conferencia de Plenipotenciarios Adicional de 1992 (APP-92) fueron consideradas las recomendaciones formuladas por el Comité de Alto Nivel (HLC) respecto a la estructura de trabajos de la UIT.

Los principales cambios de estructura adoptados durante la APP-92 fueron los siguientes:

- El IRFB, de cinco miembros a tiempo completo, se transformó en una Junta de Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB) de nueve miembros a tiempo parcial.
- Las Secretarías Especializadas de la IFRB y del CCIR se fusionaron y transformaron en una Oficina de Radiocomunicaciones (BR).
- El director electo del CCIR pasó a ser director de la nueva oficina y Secretario de la RRB.
- La Secretaría Especializada del CCITT se transformó en la Oficina de Normalización de las Telecomunicaciones (TSB), encabezada por un director electo.
- El Consejo Administrativo pasó a llamarse Consejo y se le atribuyeron más asuntos políticos.

Con lo anterior, la labor de la UIT se organizó así en tres oficinas, una de Radiocomunicaciones, otra de Normalización de las Telecomunicaciones y otra de Desarrollo. Cada sector tendría un grupo asesor, formado tanto por los Estados Miembros como por el sector privado, para asesorar al director de la Oficina sobre el trabajo de su sector.

Se estableció un ciclo regular para la celebración de las conferencias de la UIT señalando que en el intervalo entre dos Conferencias de Plenipotenciarios (aproximadamente cada cuatro años), se convocarán normalmente a:

- a. Dos Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones;
- b. Una Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones;
- c. Una Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones;
- d. Dos Asambleas de Radiocomunicaciones, coordinadas en sus fechas y lugar con las correspondientes Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1993 (CMR-93) fue la primera que tuvo lugar dentro de este nuevo entorno jurídico en el campo de la gestión internacional del espectro radioeléctrico. Según la decisión de APP-92, formulada en la Resolución 9, la CMR-93 debería convocarse para hacer recomendaciones al Consejo sobre el orden del día de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1995 (CMR-95) y el orden del día preliminar de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1997 (CMR-97).

La Conferencia de Plenipotenciarios de Kyoto de 1994 (APP-94), adoptó lo siguiente:

- El primer plan estratégico de la UIT, que defendía un enfoque más orientado al cliente y un programa de actividades centrado en los roles, necesidades y funciones de los miembros de la UIT.
- Estableció el Foro Mundial de Política de las Telecomunicaciones (FMPT).
- Se eligen a nueve miembros de la primera Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB), que reemplaza a los antiguos miembros de la IFRB.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1995 (CMR-95), realizada en Ginebra, tuvo dos puntos centrales, la asignación de espectro para los sistemas espaciales que se colocarán en órbita geoestacionaria y la simplificación del Reglamento de Radiocomunicaciones:

- Abordó las complejas cuestiones relacionadas con los servicios móviles por satélite (MSS).

Las atribuciones de frecuencias al SMS dieron lugar a un animado debate, y muchas delegaciones de países en desarrollo y recientemente industrializados se opusieron a compartir frecuencias entre el SMS y sus servicios terrestres fijos por temor a que su público en general, en particular las comunidades más aisladas, sufriera como resultado. Se llegó a un acuerdo para introducir disposiciones que garanticen la protección de los servicios terrestres existentes hasta el momento en que hayan sido eliminados y reemplazados por tecnologías más modernas.

La fecha de entrada en vigor de las nuevas atribuciones al SMS en la banda de 2 GHz también dio lugar a un largo debate. Aquí los intereses comerciales pasaron a primer plano, ya que muchos operadores estaban dispuestos a implementar sus sistemas satelitales y cosechar los beneficios consiguientes. La fecha, previamente fijada el 1 de enero de 2005, se adelantó al año 2000, sujeto a medidas transitorias para facilitar la transferencia a frecuencias de reemplazo protegiendo al mismo tiempo los servicios existentes.

Era necesario actualizar el Reglamento de Radiocomunicaciones, no sólo a la luz de los recientes avances tecnológicos y cambios políticos, sino también para hacerlo más fácil de utilizar.

Este punto particular de la agenda no presentó problemas importantes, salvo con respecto a los artículos S8 y S9, donde los países en desarrollo y desarrollados nuevamente se separaron.

El artículo S8 trata del estatus internacional de las asignaciones de frecuencias inscritas en el Registro Internacional de Frecuencias, y una parte del mismo se sometió a votación en el Plenario.

El artículo S9 se refería al procedimiento para efectuar la coordinación con otras administraciones u obtener el acuerdo de ellas. A la mayoría de los países en desarrollo les preocupaba que sus servicios pudieran verse expuestos a interferencias perjudiciales como resultado de las modificaciones introducidas en esos dos artículos. Se acordó que la cuestión sería retomada por la CMR de 1997.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 1997 (CMR-97), celebrada en Ginebra, abordó una amplia gama de cuestiones de considerable importancia para el futuro desarrollo de la tecnología y los servicios de comunicaciones en todo el mundo, especialmente nuevas tecnologías y servicios basados en satélites.

Si bien la preparación de las Conferencias de Radiocomunicaciones es prerrogativa de cada Estado Miembro individualmente, esta Conferencia fue una de las primeras en beneficiarse de la preparación y presentación coordinadas de propuestas por parte de agrupaciones geográficas regionales.

Los resultados clave alcanzados por la CAMR-97 fueron:

- Establecer una base sobre la cual puedan desarrollarse nuevos sistemas del SFS no OSG.
- Confirmar el futuro de los sistemas del SFS no OSG en banda Ka (para los cuales la CMR-95 había asignado 400 MHz de espectro en las bandas de 19 y 29 GHz a sistemas del SFS no OSG). La CMR-97 asignó 100 MHz adicionales en las bandas 18,8-19,3 y 28,5-29,1 GHz para permitir que algunos de los nuevos sistemas no OSG importantes en particular avancen mediante acuerdos de coordinación normales (sin límites de dfp) y la renuncia a la prioridad normal otorgada a los sistemas OSG en estas bandas.
- Revisar los planes del SRS de los Apéndices 30 y 30A para las Regiones 1 y 3 (establecidos originalmente en 1977).
- Adjudicar el segmento 47-48 GHz para “estaciones de plataforma a gran altitud”.
- Adoptar disposiciones reglamentarias de “debida diligencia administrativa” para abordar el problema cada vez mayor de los “satélites de papel” y los crecientes retrasos en el trabajo del Departamento de Servicios Espaciales de la Oficina de Radiocomunicaciones.

La Conferencia de Plenipotenciarios PP-98, celebrada en Minneapolis en 1998, reconoció la necesidad estratégica de fortalecer la participación del sector privado en la labor de la UIT y adoptó una serie de resoluciones. Se introdujo una categoría única de miembros del Sector, otorgando derechos y obligaciones más amplios a los miembros del sector privado.

La Conferencia adoptó una resolución pidiendo una Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información. En otras decisiones, la Conferencia pidió una mayor participación de la UIT en la evolución de Internet como medio de comunicación global, también inició un proceso para examinar la necesidad de revisar el Reglamento de las Telecomunicaciones Internacionales para tener en cuenta la globalización y la desregulación de las telecomunicaciones mundiales.

La PP-98 observó que los derechos de las administraciones se ven a menudo afectados por las decisiones de la RRB. Además, la situación regulatoria de las costosas redes de satélites puede verse afectada o modificadas como resultado de las decisiones de la RRB. A este respecto, se ordenó a la RRB desarrollar cambios apropiados en su funcionamiento, aumentar aún más la transparencia de sus métodos y del proceso de su toma de decisiones.

La PP-98 también decidió cambiar la composición de la RRB, aumentando el número de sus miembros de 9 al 12. Las enmiendas a la Constitución y al Convenio que reflejan este cambio se aplicarían provisionalmente a partir de 1 de febrero de 1999.



Foto ubicada en la revista ITU News (April 1999) página 26, https://historicjournals.itu.int/viewer/529/?return=1&css-name=include&window_close=1&offset=8#page=28&viewer=picture&o=&n=0&q=

ELECTION RESULTS OF MEMBERS OF RRB

The conference elected 12 members to the radio regulations board.				
REGION A AMERICAS (2 seats)	REGION B WESTERN EUROPE (2 seats)	REGION C EASTERN EUROPE (2 seats)	REGION D AFRICA (3 seats)	REGION E ASIA AND AUSTRALASIA (3 seats)
Carlos Alejandro Merchán Escalante (Mexico) 124 votes	Pierre Abouardham (France) 85 votes	Valery V. Timofeev (Russia) 124 votes	Jean-Baptiste Kouakou Yao (Côte d'Ivoire) 104 votes	Ravindra N. Agarwal (India) 101 votes
James R. Carroll (United States) 116 votes	Gabor Kovacs (Hungary) 84 votes	Ryszard G. Struzak (Poland) 119 votes	John Ray Kwabena Tandoh (Ghana) 100 votes	Mian Muhammad Javed (Pakistan) 92 votes
			Ahmed Toumi (Morocco) 80 votes	George Hugh Railton (New Zealand) 78 votes

Cabe destacar la elección del delegado de México, el Ing. Carlos Alejandro Merchán Escalante, apoyado por 124 países.

La conferencia adoptó una resolución respecto a la "recuperación de costos" para algunos productos y servicios de la UIT.

LA CONFERENCIA DE ESTAMBUL, HITO HISTÓRICO

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2000 (CMR-2000), realizada en Estambul, fue la primera CMR celebrada fuera de Ginebra. También fue la primera conferencia de la UIT organizada en Turquía y pronto fue seguida por la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones de 2002 (CMDT-02), que también se celebró en Estambul, y la Conferencia de Plenipotenciarios de 2006 (PP-06).

Uno de los recuerdos más notables de la CMR-2000 fue la construcción de un nuevo centro de conferencias en esa ciudad. El centro de conferencias con capacidad para 3 mil personas debía construirse en los seis meses anteriores a la conferencia con el único propósito de albergar la CMR-2000. Mucha gente se preguntó si estaría completo hasta el día antes del inicio de la Asamblea de Radiocomunicaciones.



Conferencia de radiocomunicación 2000.
Imagen UIT

Como fue una de las conferencias con mayor asistencia, no fue fácil obtener consenso sobre una serie de cuestiones. La replanificación del servicio de radiodifusión por satélite para las Regiones 1 y 3 fue un hito importante que alcanzar. A pesar de una serie de dificultades y diferentes enfoques por parte de diferentes regiones y diferentes países, la conferencia logró acordar con éxito la replanificación de SRS.

La búsqueda de bandas de frecuencia adicionales para las IMT-2000, sistemas móviles de tercera generación, fue otra cuestión importante y compleja. El espectro existente identificado en 1992 en la CAMR-92 no era suficiente. Tampoco fue posible armonizar espectro suficiente para la itinerancia global de terminales IMT-2000. El crecimiento previsto del número de usuarios en los próximos años y la posible implementación de nuevos servicios innovadores a través del sistema IMT-2000 exigieron la búsqueda de espectro adicional. Además de los deseos divergentes de los países en cuanto a frecuencias adicionales, la Conferencia acordó tres bandas comunes, disponibles a nivel mundial para los países que deseen implementar el componente terrenal de las IMT-2000. Estas bandas eran: 806-960 MHz, 1710-1885 MHz y 2500-2690 MHz.

Al acordar límites de potencia para las estaciones terrenas de las redes de órbita de satélites geoestacionarios (OSG) y de órbita de satélites no geoestacionarios (NGSO), la CMR-2000 proporcionó disposiciones reglamentarias para la compartición entre los dos sistemas.

El espectro adicional que la conferencia puso a disposición del servicio de radionavegación por satélite hizo posible que el Sistema Mundial de Navegación por Satélite de Rusia (GLONASS) y el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) de Estados Unidos se convirtieran en sistemas de segunda generación. También se brindó al nuevo sistema europeo de radionavegación por satélite (Galileo) la oportunidad de utilizar el espectro necesario para garantizar su correcto funcionamiento.

Otras cuestiones importantes eran las nuevas asignaciones para el uso del servicio fijo de alta densidad (SFAD), particularmente para los países en desarrollo como herramienta para cerrar la brecha digital. La tecnología de acceso inalám-

brico fijo (FWA) se consideró una tecnología prometedora para este propósito debido a su simplicidad de instalación y menor costo. La CMR-2000 logró realizar atribuciones a SFAD en las bandas 31,8 - 33,4 GHz, 37 - 40 GHz, 40,5 - 43,5 GHz, 51,4 - 52,6 GHz, 55,78 - 59 GHz y 64 - 66 GHz.

La Conferencia de Plenipotenciarios PP-02, celebrada en Marrakech en 2002, aprobó el Plan Estratégico de la UIT para 2003-2006, cuyos objetivos incluían reducir la brecha digital internacional facilitando el desarrollo de redes y servicios plenamente interconectados e interoperables y asumiendo un papel de liderazgo en los preparativos y el seguimiento de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI).

Reconociendo que el acceso a internet debería estar disponible para todos los ciudadanos de forma no discriminatoria, la Conferencia resolvió que la gestión de los nombres de dominio y las direcciones de Internet debería ser una preocupación tanto para los gobiernos como para el sector privado y pidió a la UIT que asumiera un papel importante en el debate sobre los nombres de dominio.

Cabe mencionar que el reconocido Valery Timofeev, Viceministro de Comunicaciones e Informática de Rusia, miembro de la RRB, fue elegido Director de Radiocomunicaciones de la oficina de Radiocomunicaciones de la UIT (UIT-R).

ELECTION RESULTS OF THE RADIO REGULATIONS BOARD

The twelve elected members				
REGION A AMERICAS (2 seats)	REGION B WESTERN EUROPE (2 seats)	REGION C EASTERN EUROPE (2 seats)	REGION D AFRICA (3 seats)	REGION E ASIA AND AUSTRALASIA (3 seats)
Carlos Alejandro Merchán Escalante (Mexico) 140 votes	Pierre Abouardham (France) 135 votes	Momocilo R. Simic (Yugoslavia) 99 votes	Hassan Lebbadi (Morocco) 86 votes	Ravindra N. Agarwal (India) 117 votes
James R. Carroll (United States) 128 votes	Gabor Kovacs (Hungary) 135 votes	Wladyslaw Moran (Poland) 88 votes	Aboubakar Zormba (Cameroon) 72 votes	Ki-Soo Lee (Republic of Korea) 88 votes
			Shola Taylor (Nigeria) 64 votes	Akhtar Ahmad Bajwa (Pakistan) 85 votes

De igual forma se llevó a cabo la reelección del delegado mexicano, el Ing. Carlos Alejandro Merchán Escalante, apoyado por 140 países para el periodo 2003 a 2006, demostrando la aceptación de su actuación como miembro de la RRB de 1999 al 2002.

Cabe señalar que, ante el intento de algunos delegados de reelegirse por una tercera ocasión en la posición de la RRB, se estableció que ningún funcionario de elección podría ocupar más de dos ocasiones el mismo cargo de elección (consecutivamente o no), dentro de la UIT. Este criterio no se aplica para la elección de los Países Miembro que integran el Consejo de la UIT. Desde 1953 hasta la fecha, México ha sido reelecto de manera consecutiva como miembro del Consejo de la UIT.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2003 (CMR-03), fue la primera CMR presidida por una mujer. La Dra. Veena Rawat, de Canadá, fue elegida por unanimidad.

La CMR-03 tuvo un calendario de trabajo sin precedentes, abordando una serie de cuestiones clave relacionadas con el acceso al espectro para aplicaciones tanto comerciales como del sector público.

En noviembre de 2006, la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT, celebrada en Antalya (Turquía), reafirmó la atención de la UIT en la aplicación de los resultados de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI). Los delegados de la conferencia también dieron a la UIT un mandato claro para centrarse en la infraestructura y la ciberseguridad.

Se adoptó la Resolución 146, que pedía una revisión del Reglamento de las Telecomunicaciones Internacionales (RTI) y resolvió que se convocara una Conferencia Mundial sobre Telecomunicaciones Internacionales (CMTI) en Ginebra, en 2012.

Teniendo presente la Resolución 60/252 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 27 de marzo de 2006, que estipula que el 17 de mayo de cada año debería celebrarse un Día Mundial de la Sociedad de la Información, la Conferencia de Antalya decidió combinar esta celebración con el Día Mundial de las Telecomunicaciones existente para crear un Día Mundial de las Telecomunicaciones y la Sociedad de la Información.

La Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2007 (CMR-07) abordó unos 30 puntos del orden del día relacionados con casi todos los servicios y aplicaciones de radiocomunicaciones terrestres y espaciales. Estos abarcaban las generaciones futuras de telefonía móvil, telemetría aeronáutica y sistemas de telemando, servicios por satélite, incluidas aplicaciones meteorológicas, señales de socorro y seguridad marítimas, radiodifusión digital y el uso de la radio en la predicción y detección de desastres naturales.

Las decisiones más importantes tomadas en la conferencia fueron:

- La asignación e identificación de bandas de frecuencia armonizadas globalmente en 450 MHz, 700 y 800 MHz, 2,3 GHz y 3,5 GHz, para uso de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), el concepto que abarca la telefonía móvil avanzada de banda ancha. tecnologías para su uso a nivel global.

Las decisiones tomadas en la CMR-07 representan un hito importante para el futuro de las TIC, que proporciona a todos los países los medios para reducir la brecha digital, en particular mediante la implementación del dividendo digital resultante de la digitalización de la radiodifusión terrestre y el apagón de la televisión analógica.

La 18ª Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT (PP-10) fue organizada por la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México. La Conferencia acogió a un total de 2,022 participantes registrados y observadores de 167 Estados Miembros de la UIT, 42 Miembros de Sector y organizaciones observadoras, incluidos más de 70 ministros, 26 viceministros y 35 embajadores, lo que la convierte en el mayor evento de este tipo jamás celebrado en la ciudad de Guadalajara, Jalisco.

La Conferencia se reunió durante tres semanas, del 4 al 22 de octubre, en el Centro de Exposiciones de Guadalajara bajo la exitosa presidencia del Ing. Fernando Borjón de México. La Conferencia concluyó con un acuerdo entre los delegados sobre el papel esencial de la UIT en varias áreas clave. Se reforzó el mandato de la UIT para reducir la brecha digital; aplicar estrategias para acelerar el despliegue de la banda ancha e implementar los resultados de la Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información, y ampliar su participación en áreas como un mejor uso de las tecnologías de la información y las comunicaciones para gestionar el clima; cambio y respuesta a desastres; conformidad e interoperabilidad, y accesibilidad para personas con discapacidad.



Foto <https://www.flickr.com/photos/itupictures/5105747542/in/album-72157625093565583/>

Un compromiso de último minuto generó consenso sobre una serie de resoluciones clave sobre cuestiones de internet. Los acuerdos fortalecieron y subrayaron el compromiso de la UIT de trabajar con la comunidad de internet y ampliar los beneficios de este a todos los ciudadanos del mundo.

La PP-10 adoptó la Resolución 169, relativa a la admisión de sectores académicos, universidades y sus instituciones de investigación asociadas para que participaran en los trabajos de los tres sectores de la UIT, con lo cual se creó el concepto de “Miembro Académico de la UIT”, teniendo en consideración que su participación beneficiaría a las labores de los sectores de la UIT, dada que dichas entidades se ocupan de la evolución de la tecnología y, al mismo tiempo, dispondrían de una visión de futuro que permitiera abordar las tecnologías y aplicaciones en el momento oportuno y que la contribución científica de esas entidades superará con creces el nivel de contribución financiera propuesto para alentar su participación.

En el marco de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2012 (CMR-12), actualizó el Reglamento de Radiocomunicaciones. Abordó unos 30 puntos del orden del día relacionados con la atribución y compartición de frecuencias para el uso eficiente del espectro y los recursos orbitales, entre los que se encuentran los servicios para las comunicaciones móviles y por satélite, el transporte marítimo y aeronáutico, así como para fines científicos relacionados con el medio ambiente, meteorología y climatología, predicción, mitigación y socorro de desastres.

En la 19.ª Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT PP-14, se llevaron a cabo las elecciones de los principales funcionarios de la estructura de la UIT, eligiéndose en esta ocasión a Houlin Zhao, como Secretario General de la UIT, quien se distingue por su amplia trayectoria por haber ocupado las posiciones de Director de la oficina de Normalización de las Telecomunicaciones y también la de Vice-secretario General dentro de la UIT.

En esta conferencia se reeligió a México como miembro del Consejo de la UIT y en esta ocasión ningún mexicano participó en la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB).

La conferencia también acordó nuevas áreas de trabajo, incluida la adición de un tema en la agenda de la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones sobre asignaciones de espectro para mejorar el seguimiento de vuelos y trabajo colaborativo para aprovechar el poder de las TIC para combatir la epidemia de Ébola y futuras crisis sanitarias globales.

La CMR-15 abordó más de 40 temas relacionados con la asignación y compartición de frecuencias para el uso eficiente del espectro y los recursos orbitales. Los resultados proveen espectro para comunicaciones móviles por satélite, transporte marítimo y aeronáutico, seguridad aérea y vial, así como para fines

científicos relacionados con el medio ambiente, la meteorología y la climatología, la predicción, mitigación y socorro de desastres.

Esta conferencia efectuó sustanciales modificaciones en los procesos reglamentarios establecidos en el reglamento de radiocomunicaciones para la coordinación, acceso y para mantener el reconocimiento y protección internacional de las posiciones orbitales asociadas a bandas de frecuencias para los servicios de comunicaciones vía satélite.

Las modificaciones y adiciones realizadas al Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT permiten que cualquier administración, aplicando las disposiciones modificadas de coordinación y notificación de esta regulación internacional, pueda obtener posiciones orbitales en cualquier posición de la órbita geoestacionaria para proveer servicios satelitales en cualquier región del mundo. Asimismo, al modificarse las disposiciones para mantener el reconocimiento y protección internacional de las posiciones orbitales particularmente las obtenidas por los países en vías de desarrollo, como es el caso de México, se vulnera las posibilidades de conservación y protección internacional de estas posiciones orbitales.

Al estudiar y evaluar las actas finales de la CMR 15 y la lista de las redes satelitales notificadas y en proceso de coordinación ante la UIT, El II Consejo Consultivo del Instituto Federal de Telecomunicaciones (CCIFT), cuyo período abarcó los años de 2016 y 2017, identificó y determinó “que las repercusiones de las modificaciones reglamentarias, acordadas, pueden tener como consecuencia que México, en el mediano y largo plazo, pierda parte de su patrimonio de posiciones orbitales en el arco orbital de 155° W a 49° W”, lo cual se puede constatar en la recomendación en materia satelital emitida por el CCIFT con fecha 07 de marzo de 2017¹. En el cual dicho Consejo Consultivo recomendó:

- *“Se adopten en el corto plazo las acciones y políticas necesarias para que el Ejecutivo Federal cuente con la asistencia de profesionales de alta capacidad técnica con tres objetivos:*
 - a.** *Asegurar el que México cuente con altas capacidades técnicas que se conserven a través de los periodos y vaivenes sexenales, que atiendan en tiempo y forma los diversos aspectos reglamentarios internacionales, con los conocimientos y experiencias necesarias para actuar en las negociaciones internacionales de coordinación tanto en la salvaguarda y protección del patrimonio de las posiciones orbitales mexicanas, como en las negociaciones en las que se actualiza dicha reglamentación internacional y para el incremento de este patrimonio satelital;*
 - b.** *Evaluar y dar atención oportuna a los requerimientos de coordinación que diversos países presentan de manera recurrente a la Administra-*

1 https://consejoconsultivo.ift.org.mx/docs/recomendaciones/Recomendacion_en_materia_Satelital_Consejo_Consultivo_IFT.pdf

ción Mexicana, los cuales puedan afectar la operación de los satélites mexicanos y la vigencia de los derechos de México en las posiciones orbitales que son parte de su patrimonio satelital, como ya ha ocurrido durante los periodos sexenales de 2000-2006 y 2006-2012...;

- c.** *Dar cumplimiento puntual a la aplicación reglamentaria internacional para la renovación y actualización de los satélites mexicanos al tener que remplazarlos, con el objetivo de asegurar la vigencia de los derechos de México respecto de las posiciones orbitales que actualmente ocupan.*
- *El Instituto y la SCT mantengan una vigilancia estrecha de los periodos de tiempo de vigencia de los derechos en la ocupación de las posiciones orbitales geoestacionarias que forman parte del patrimonio satelital mexicano, y teniendo en cuenta el periodo de 7 años para el inicio de los procesos de coordinación establecidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, se proceda a la identificación y diseño de los satélites de remplazo que deberán dar la continuidad a la ocupación de las posiciones orbitales.*
- *El Instituto y la SCT establezcan un plan de acción para mantener los derechos de uso de México en las posiciones orbitales de 113.2W, 114.92W y 116.82W, identificando y teniendo en cuenta las diversas situaciones que se puedan presentar y tener como consecuencia la posibilidad de que se pierdan los derechos de México en el uso y aprovechamiento de las diversas asignaciones de frecuencias asociadas a las posiciones orbitales mexicanas”.*

Estas recomendaciones emitidas por el CCIFT en 2017, siguen siendo válidas a la fecha de la edición del presente libro.

La 20ª Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT (PP-18) 2018, se caracteriza por sus avances en la paridad de género, que a continuación se señalan:

- La elección de la Primera mujer para uno de los cinco puestos directivos de la UIT. Doreen Bogdan-Martin, de Estados Unidos, fue elegida Directora de la Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones de la UIT con 95 votos.
- Cuatro de los siete Presidentes de Comisión de la PP-18 fueron mujeres.
- Se eligieron tres mujeres para la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones.

Chantal Beaumier, de Canadá, con 126 votos

Lilian Jeanty, de Países Bajos, con 165 votos

Sahiba Hasanova, de Azerbaiyán, con 115 votos

- Tres de cada diez participantes en la PP-18 fueron mujeres.



Doreen Bogdan-Martin

Ante las preocupaciones mundiales recogidas por la ONU desde inicios del presente siglo relativas a los problemas globales, como la erradicación de la pobreza extrema y el hambre, la mejora en el acceso a la educación, los problemas de contaminación ambiental y el cambio climático, lo cual dio origen que en 2015, se aprobó la Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030, donde se establecen los **Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)**, divididos en 169 metas, a cumplir en 2030.

La PP-18 estableció en su Plan Estratégico y Financiero para el período 2020-2023, el contribuir con la asociación mundial para fortalecer el papel de las telecomunicaciones/TIC en la aplicación de las líneas de acción de la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información (CMSI) y de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

Cabe resaltar que en esta conferencia fue electo miembro de la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones (RRB) el delegado mexicano Fernando Borjón Figueroa, con el voto de 122 países.

Otro hecho histórico relativo a la equidad de género durante 2018 dentro de los organismos internacionales fue que, por primera vez, una mujer presidió la COPUOS de la Organización de Naciones Unidas (ONU), así como su Cumbre "UNISPACE+50"; en este caso se trató de la mexicana, Rosa María Ramírez de Arellano y Haro, Coordinadora General de Asuntos Internacionales y Seguridad en Materia Espacial de la Agencia Espacial Mexicana (AEM).

Cabe mencionar que para presidir la COPUOS, México fue apoyado por el Grupo de América Latina y el Caribe ante las Naciones Unidas (GRULAC), y electa por el voto de 123 países miembros de la ONU.

En el siguiente link de la COPOUS, www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/history/treaties.html, se señala lo siguiente:

La Asamblea General de las Naciones Unidas ha adoptado varios acuerdos y convenios multilaterales para permitir la realización ordenada de actividades en el espacio ultraterrestre.

La piedra angular de estos instrumentos de gobernanza es el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre de 1967. Entre los principios consagrados en el Tratado se encuentran la libertad de exploración y uso del espacio para el beneficio y el interés de todos los países, la no apropiación del espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, y la prohibición del emplazamiento de armas nucleares u otros tipos de armas de destrucción masiva en el espacio ultraterrestre.

Se adoptaron otros cuatro instrumentos jurídicos para reforzar el marco establecido por el Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre.

- El Acuerdo de Rescate de 1968 exige que los Estados ayuden a un astronauta en caso de accidente, peligro, emergencia o aterrizaje involuntario.
- El Convenio sobre Responsabilidad de 1972 establece los estándares de responsabilidad por daños causados por objetos espaciales.
- El Convenio sobre Registro de 1975 exige que los Estados registren todos los objetos lanzados al espacio ultraterrestre ante las Naciones Unidas.
- El Acuerdo sobre la Luna de 1979 desarrolla las disposiciones del Tratado sobre el Espacio Ultraterrestre que se aplican a la Luna y otros cuerpos celestes.

Cinco conjuntos de principios respaldan ese cuerpo de leyes. Se trata de la declaración de principios jurídicos que rigen las actividades de los Estados en el espacio ultraterrestre (1963), los principios relativos a la radiodifusión internacional directa por televisión (1982), los principios relativos a la teledetección de la Tierra (1986), los principios sobre el uso de fuentes de energía nuclear (1992) y la declaración sobre la cooperación internacional en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre (1996).

Otras resoluciones adoptadas por la Asamblea para fortalecer el marco jurídico incluyen un medio para que los Estados que no son parte en el Convenio sobre Registro proporcionen información sobre sus satélites (1721 B de 1961) y recomendaciones para facilitar la aplicación del concepto de "Estado de lanzamiento". (59/115 de 2004) y para el mejoramiento de las prácticas registrales (62/101 de 2007).

Respecto a las Conferencias UNISPACE, desde el comienzo de la era espacial en 1957, las Naciones Unidas han otorgado gran importancia a la promoción de una mayor colaboración internacional en el espacio ultraterrestre.

Reconociendo el potencial de la tecnología espacial en el desarrollo socioeconómico y para la mejor manera de aprovechar esos beneficios mediante la coo-

peración internacional, las Naciones Unidas han organizado cinco conferencias mundiales sobre la exploración y la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos (Conferencias UNISPACE) celebradas en Viena:

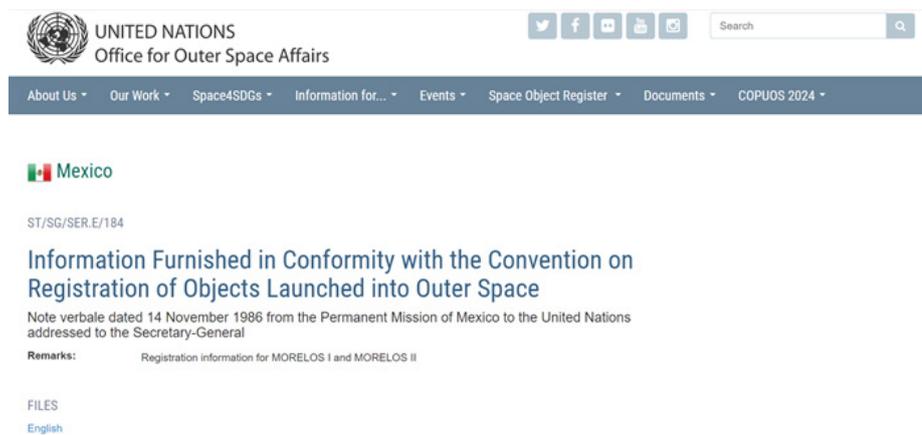
- **UNISPACE I**, del 14 al 27 de agosto de 1968, se centraron en crear conciencia sobre el enorme potencial de los beneficios espaciales para toda la humanidad.
- **UNISPACE II** (o UNISPACE 82) del 9 al 21 de agosto de 1982, abordó las preocupaciones sobre cómo mantener el espacio ultraterrestre con fines pacíficos y prevenir una carrera de armamentos en el espacio ultraterrestre como condiciones esenciales para la exploración y el uso pacíficos del espacio ultraterrestre.
- **UNISPACE III**, del 19 al 30 de julio de 1999, creó un plan para los usos pacíficos del espacio ultraterrestre en el siglo 21. UNISPACE III describió una amplia variedad de acciones para: Proteger el medio ambiente global y gestionar los recursos naturales; Incrementar el uso de aplicaciones espaciales para la seguridad, el desarrollo y el bienestar humanos; Proteger el entorno espacial; Incrementar el acceso de los países en desarrollo a la ciencia espacial y sus beneficios.
- **UNISPACE III+5** del 02 al 04 de junio 2004, revisó la implementación de las 33 recomendaciones de la Tercera Conferencia de las Naciones Unidas sobre la Exploración y Usos del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.
- **UNISPACE +50**, realizado del 20 al 29 de junio de 2018, refiriéndose a los logros alcanzados por la Comisión a lo largo de 50 años, la importante contribución del espacio a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la importancia de la utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos para toda la humanidad y la necesidad de preservar el espacio ultraterrestre para las generaciones presentes y futuras.



México preside la Comisión para la Utilización del Espacio Exterior con Fines Pacíficos (COPUOS) de la ONU y la Cumbre UNISPACE+50. <https://www.gob.mx/aem/prensa/mexico-preside-la-comision-para-la-utilizacion-del-espacio-exterior-con-fines-pacificos-copuos-de-la-onu-y-la-cumbre-unispace-50-164077?idiom=fr>

La COPOUS ha pasado de 18 Estados Miembros en 1958, a 24 en 1959, 28 en 1961, 37 en 1974, 53 en 1980, 65 en 2004, 87 en 2018, 95 en 2021 y 102 en 2023.

Como ejemplo del Registro de los Objetos Espaciales que se realiza ante la COPOUS, en la primera imagen se presenta lo relacionado a los registros de los satélites mexicanos y en la segunda imagen, los registros de los satélites Morelos I y Morelos II.



Arriba <https://www.unoosa.org/oosa/en/spaceobjectregister/submissions/mexico.html>
Abajo <https://www.unoosa.org/oosa/en/osoindex/data/documents/mx/st/stsgser.e184.html>

La 38.ª Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2019 (CMR-19), organizada por el Gobierno de Egipto, identificó bandas de frecuencia adicionales (ondas milimétricas) armonizadas a nivel mundial para las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), incluidas las IMT-2020 (también conocidas como móviles 5G), lo que facilitó diversos escenarios de uso para banda ancha móvil mejorado, comunicaciones masivas de tipo máquina y ultra transmisión. Comunicaciones confiables y de baja latencia. Esto desbloqueó una serie de aplicaciones que facilitarán los sistemas de transporte inteligentes, crearán ciudades inteligentes y harán que las comunidades sean más sostenibles, al tiempo que permitirán una acción climática efectiva, una mejor atención médica, prácticas agrícolas sostenibles y una mayor eficiencia energética.

Al mismo tiempo, se concedieron protecciones al servicio de exploración de la Tierra por satélite (SETS), así como a los servicios meteorológicos y otros servicios pasivos en bandas adyacentes, como el servicio de investigación espacial, para garantizar que la vigilancia espacial de la Tierra y su atmósfera permanezca libre de obstáculos. Los servicios satelitales que apoyan la meteorología y la climatología y cuyo objetivo es salvaguardar la vida humana y los recursos naturales estarán protegidos de las interferencias dañinas de radiofrecuencia, al igual que los sistemas utilizados por los radioastrónomos para la exploración del espacio profundo.

También se adoptaron medidas para garantizar que las estaciones de radioastronomía estuvieran protegidas de cualquier interferencia radioeléctrica perjudicial procedente de otras estaciones espaciales o sistemas de satélites en órbita.

La vigésima primera Conferencia de Plenipotenciarios PP-22 de la UIT, tuvo lugar en Bucarest, Rumania, en 2022. En esta ocasión Doreen Bogdan Martin, de Estados Unidos, fue electa Secretaria General de la UIT (2024-2027), en primera ronda y última vuelta de la elección con 139 votos. Estuvieron presentes y votaron 172 Estados Miembros y la mayoría requerida era de 83 votos.

Respecto a la elección de los miembros de la Junta del Reglamento de Radiocomunicaciones, aun cuando la representante de Países Bajos no se presentó a reelección, se mantuvo la participación de tres mujeres:

- Chantal Beaumier, de Canadá, fue reelegida con 148 votos.
- Sahiba Hasanova, de Azerbaiyán fue reelegida con 114 votos.
- Revathi Mannepalli, de India fue elegida con 139 votos.

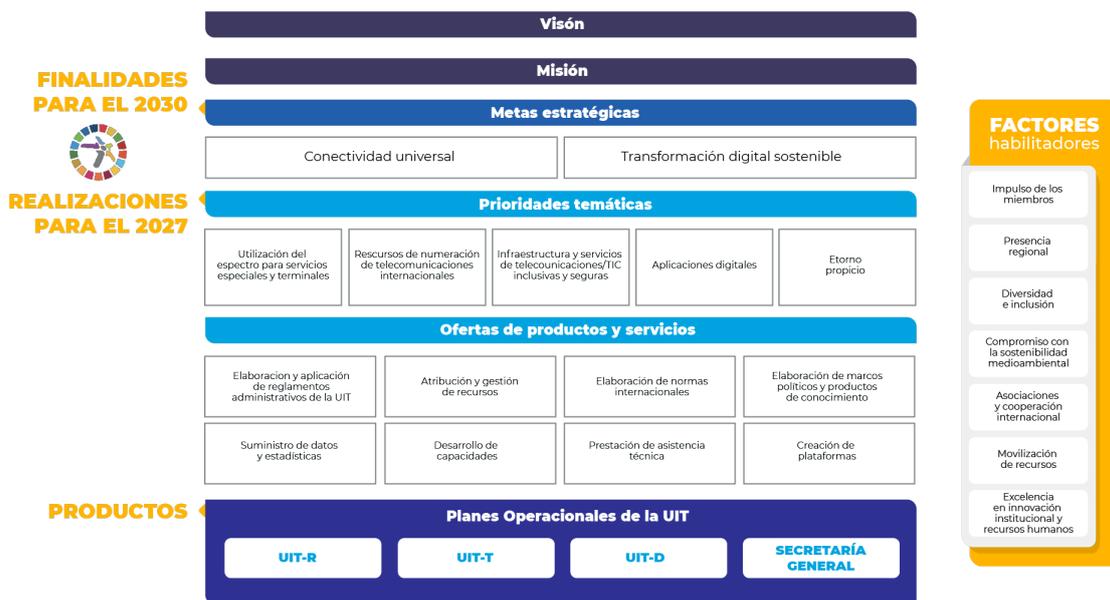
Las decisiones clave acordadas en la conferencia incluyeron resoluciones sobre:

- Aplicar tecnologías de Inteligencia Artificial (IA) para siempre
- Fomento de la confianza y desarrollo sostenible en el espacio ultraterrestre
- Empoderar a mujeres y niñas a través de la transformación digital
- Asignaciones de frecuencias por parte de instalaciones radioeléctricas militares para los servicios de defensa nacional
- Cómo las nuevas tecnologías pueden mitigar, en lugar de exacerbar, la crisis climática
- Cómo las tecnologías pueden proteger contra las pandemias globales

- El Internet de las Cosas (IoT) para ciudades y comunidades inteligentes y sostenibles

Con relación al Plan Estratégico y Financiero para el 2024-2027, se reitera el contribuir con la asociación mundial para fortalecer el papel de las telecomunicaciones/TIC en la aplicación de las líneas de acción de la Cumbre Mundial de la Sociedad de la Información (CMSI) y de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, como se muestra en el siguiente diagrama.

PLAN ESTRATÉGICO DE LA UIT PARA 2024-2027: DIAGRAMA DEL MARCO ESTRATÉGICO



De las actividades realizadas por la UIT, en colaboración con cada uno de los países miembros se obtienen como resultados una gran cantidad de documentos y publicaciones: estudios, decisiones, tratados, reglamentos, estadísticas y mucho más. Los cuales ayudan a tomar decisiones y realizar los acuerdos que sientan las bases para generar el desarrollo del sector de las telecomunicaciones y las tecnologías de la información a nivel mundial, tomando en cuenta la soberanía de cada uno de los miembros, así como el desarrollo del sector aeroespacial, en beneficio de la humanidad.

Para México es de vital importancia formar parte de los miembros que integran a la UIT, así como participar en cada una de las reuniones que tienen un propósito y un resultado bien definido y desempeñan una función particular para el desarrollo tecnológico de cada país tomando en cuenta las recomendaciones internacionales, esto permite que México se encuentre a la vanguardia del desarrollo del sector aeroespacial y de las telecomunicaciones, aprovechando al máximo los avances tecnológicos para el bienestar nacional.

REFERENCIAS

- *Breve historia de la UIT* (1). (2024). Obtenido de <https://www.itu.int/es/history/Pages/ITUsHistory.aspx>
- *Colección relativa a las Conferencias de la UIT*. (s.f.). Obtenido de <https://www.itu.int/es/history/Pages/ConferencesCollection.aspx>
- *Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR)*. (2024). Obtenido de <https://www.itu.int/es/ITU-R/conferences/wrc/Pages/default.aspx>
- *Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información (CMSI)*. (2024). Obtenido de <https://www.unesco.org/es/wsis>
- *Objetivos de Desarrollo Sostenible*. (2024). Obtenido de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/>
- *Reglamento de Radiocomunicaciones*. (2024). Obtenido de <https://www.itu.int/pub/R-REG-RR/es>
- *UNISPACE Conferences*. (2024). Obtenido de <https://www.unoosa.org/oosa/en/aboutus/history/unispace.html>
- *MERCHÁN ESCALANTE, Carlos A.*, Libro “100 años de México en la UIT 1906-2006” Secretaría de Comunicaciones y Transportes México, D.F 2006.
- *MERCHÁN ESCALANTE, Carlos A.*, Libro: “Historia de las Comunicaciones y los Transportes en México”, Capítulo: Telecomunicaciones, Secretaría de Comunicaciones y Transportes, México, D.F 1988.
- *Imágenes del capítulo*: <https://search.itu.int/history/HistoryDigitalCollectionDocLibrary/4.466.43.en.100.pdf>

Capítulo 4

Los satélites mexicanos

Alonso Arturo Picazo Díaz

¿POR QUÉ MIRAR AL ESPACIO?

El reporte recién liberado este año sobre el estado que guarda la economía espacial global de la Satellite Industry Association (SIA) destaca que ronda los 400 billones de dólares (miles de millones, conversión estadounidense), y México forma parte de esta economía desde hace más de 55 años, por lo que, como país, nos conviene reforzar nuestra participación en este sector.

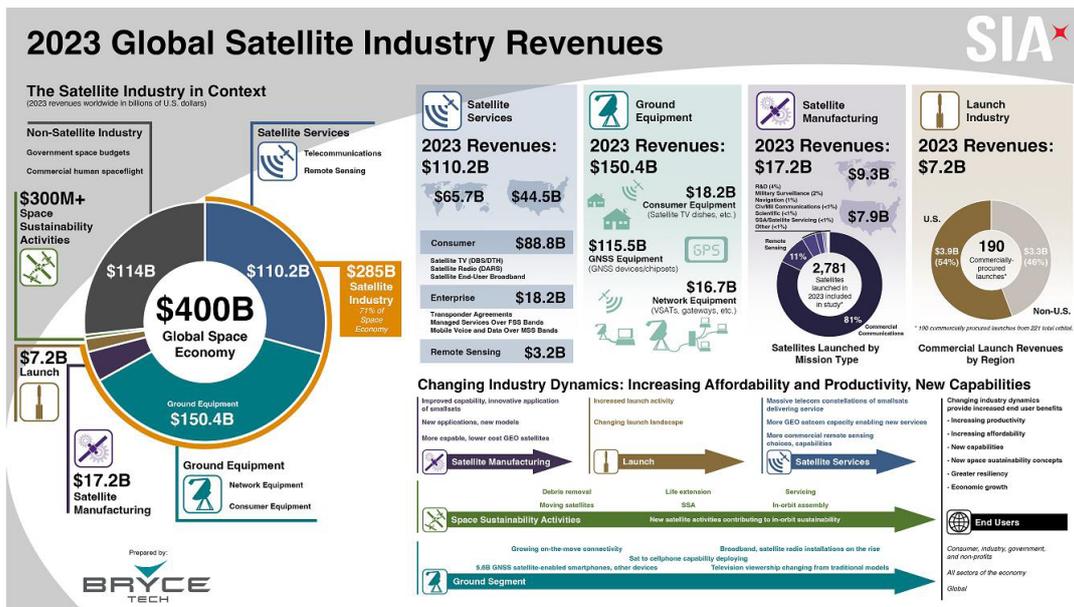


Imagen: The 2024 State of the Satellite Industry Report, <https://sia.org/news-resources/state-of-the-satellite-industry-report/>

Para tener una referencia sobre satélites geoestacionarios (GEOS), cito brevemente el artículo “Extra-Terrestrial Relays” de Arthur C. Clarke, que en 1945 describe cómo con tres estaciones repetidoras ubicadas en el espacio, sobre una órbita geoestacionaria, podríamos comunicar a gran parte del mundo: 30 grados longitud este para Europa, 150 grados este para China y Oceanía y 90 grados Oeste para América.¹

Así nació la órbita satelital geoestacionaria, ubicada sobre el plano del ecuador, latitud cero y a una distancia aproximada a los 36,000 kilómetros, que hoy por hoy está prácticamente saturada (Fig. 1).

¹ Arthur C. Clarke. Extra-Terrestrial Relays. Wireless World, October 1945.

FIG. 1 SATÉLITES DE COMUNICACIONES COMERCIALES. ÓRBITA GEOESTACIONARIA

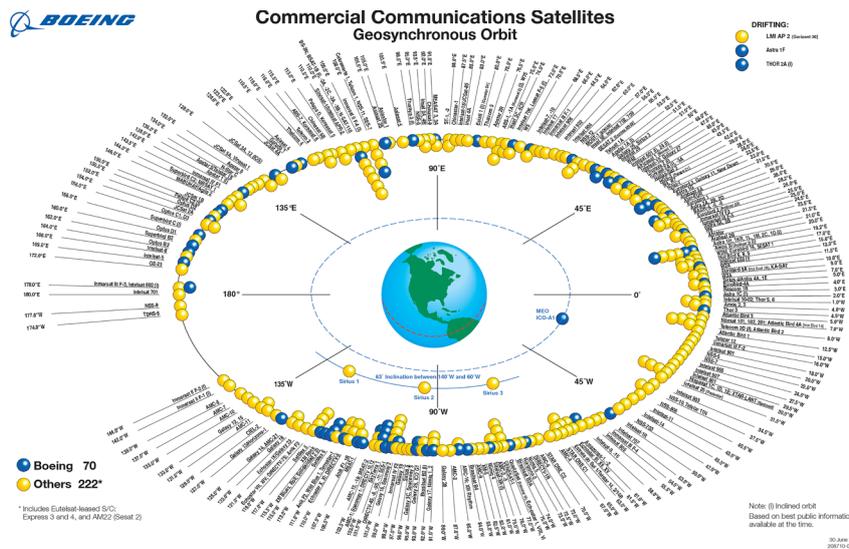


Imagen: https://www.reddit.com/r/space/comments/7515n3/commercial_communications_satellites_in/?rdt=62818

A MANERA DE ACLARACIÓN:

A lo largo de este documento, y para hacer de su lectura más fluida y para algunos, más ágil, nos referiremos a las diferentes bandas de frecuencia con los términos coloquiales como “banda C”; “banda Ku” “banda Ka” y “banda L”, etc. Sin embargo, y toda vez que este documento será parte de los documentos del Instituto Federal de Telecomunicaciones, es imprescindible citar el “Artículo 2 Nomenclatura” del Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (RR), así como a la recomendación específica de la propia UIT en su “Recomendación UIT-R V.431-8 (08/2015) Nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda empleadas en telecomunicaciones”.

En el artículo 2, en los numerales 2.1, se establece una subdivisión de las bandas como se ve en el siguiente cuadro:

Número de la banda	símbolos (en inglés)	Gama de frecuencias (excluido el límite inferior, pero incluido el superior)	Subdivisión métrica correspondiente
4	VLF	3 a 30 kHz	Ondas miriamétricas
5	LF	30 a 300 kHz	Ondas Kilométricas
6	MF	300 a 3 000 kHz	Ondas hectométricas
7	HF	3 a 30 MHz	Ondas decamétricas
8	VHF	30 a 300 MHz	Ondas métricas
9	UHF	300 a 3 000 MHz	Ondas decimétricas
10	SHF	3 a 30 GHz	Ondas centimétricas
11	EHF	30 a 300 GHz	Ondas milimétricas
12		300 a 3 000 GHz	Ondas decimilimétricas

Mientras que en el numeral 2.1 establece que:

“... **2.2.** En las relaciones entre las administraciones y la UIT no deberán utilizarse otras denominaciones, símbolos ni abreviaturas calificativas de las bandas de frecuencias distintas de las especificadas en el número **2.1**...”

La Recomendación UIT-R V.431-8 establece:

En su encomienda 2:

“que las administraciones utilicen siempre la nomenclatura de las bandas de frecuencias y de las longitudes de onda incluidas en el Cuadro 1 y sus Notas 1 y 2, que tienen en cuenta el número 2.1 del Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).”

Este cuadro es muy similar al que aparece en el RR numeral 2.1.

En la Nota 5 de la misma recomendación se establece:

“... No existe actualmente una correspondencia normalizada entre letras y las bandas de frecuencias, pues la misma letra puede designar varias bandas distintas. Se desaconseja utilizar estos símbolos en las publicaciones de la UIT. Sin embargo, si se usa ese símbolo literal, conviene precisar la primera vez que se emplee en un texto dado, los límites de la banda de frecuencias correspondiente, o al menos una frecuencia de la banda, si bastara con esa indicación...”

También incluye el Cuadro 4 “a título informativo”:

Símbolo literal	Utilización en el campo del radar (GHz)		Radiocomunicaciones espaciales	
	Gama del espectro	Ejemplos	Designación nominal	Ejemplos (GHz)
L	1-2	1,215-1,4	Banda de 1,5 GHz	1,525-1,710
S	2-4	2,3-2,5 2,7-3,4	Banda de 2,5 GHz	2,5-2,690
C	4-8	5,25-5,85	Banda de 4/6 GHz	3,4-4,2 4,5-4,8 5,85-7,075
X	8-12	8,5-10,5	Banda de 11/14 GHz Banda de 12/14 GHz	-
Ku	12-18	13,4-14,0 15,3-17,3	Banda de 20 GHz	10,7-13,25 14,0-14,5
K ⁽¹⁾	18-27	24,05-24,25	Banda de 30 GHz	17,7-20,2
Ka ⁽¹⁾	27-40	33,4-36,0	Banda de 40 GHz	27,5-30,0
V	-	-		37,5-42,5 47,2-50,2

1 En las radiocomunicaciones espaciales, las bandas K y Ka se designan frecuentemente por el símbolo Ka

Me atrevo a invitar al lector a consultar el propio Reglamento de Radiocomunicaciones en su artículo 2, entre otros, y la Recomendación UIT-R V.431-8 para el tema satelital. Un buen resumen sobre las bandas de frecuencia y su designación coloquial se pueden encontrar en el documento “Regulación satelital en México”² (pp. 71 y 72).

Así, siguiendo la Recomendación UIT-R V.431-8 Nota 5:

Nombre coloquial de Banda	Tierra-espacio [GHz]	espacio-Tierra [GHz]
Banda C	5.925-6.425	3.700-4.200
Banda Ku	14.000-14.500	11.700-12.200
Banda C extendida	6.425-6.725	3.400-3.700
Banda Ku extendida	13.750-14.000	11.450-11.700
Banda de SRS Ap30 ³		12.200-12.700
Banda de SRS Ap30A ⁴	17.300-17.800	
Banda C AP30B	6.725-7.025	4.500-4.800
Banda Ku Ap30B	12.750-13.250	10.700-10.950 11.200-11.450
Banda Ka	27.000-30.000	17.300-20.300

EL INICIO DE MÉXICO EN LA CARRERA ESPACIAL

El 4 de octubre de 1957 fue lanzado exitosamente el satélite soviético Sputnik 1, desde el cosmódromo de Baikonur. El 3 de noviembre del mismo año fue lanzado el Sputnik 2, con la perra Laika. Vostok 1, con Yuri Gagarin 1961; Vostok 6 Valentina Tereshkova 1963⁵.

El 1 de febrero de 1958 fue lanzado el Explorer 1 de Estados Unidos. Ese mismo año, el 18 de diciembre fue lanzado el primer satélite de comunicaciones, el SCORE (*Signal Communication by Orbiting Relay Equipment*)⁶.

En 1959 y 1960, México, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, lanzó los cohetes experimentales SCT1 y SCT2, respectivamente.

En octubre de 1968, México utilizó los satélites del organismo intergubernamental Intelsat, con la transmisión de los Juegos Olímpicos de México 68. Así dieron inicio las telecomunicaciones vía satélite en México. Para estas transmisiones se habilitó la primera estación terrena internacional en Tulancingo, Hidalgo. Para satisfacer las necesidades de comunicación satelital, en los años setenta, México arrendó capacidad al consorcio de Intelsat. Asimismo, se desarrolló y

² Comisión Federal de Telecomunicaciones, REGULACION SATELITAL EN MEXICO, Estudios y Acciones. (se puede consultar en el sitio del IFT).

³ SRS Ap30: Servicio de Radiodifusión por Satélite, Apéndice 30 del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT. Banda donde se presta el servicio.

⁴ SRS Ap30A Enlace de Conexión del SRS, Apéndice 30A del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT

⁵ Con información de Wikipedia: [wikipedia.org/wiki/SCORE_\(satélite\)](http://wikipedia.org/wiki/SCORE_(satélite))

⁶ Idem 2

fortaleció la llamada “Red Federal de Microondas”. Desde los años sesenta en México se ha utilizado la banda C para comunicaciones vía satélite.

LOS SATÉLITES MORELOS

El 17 de junio de 1985 fue lanzado al espacio el satélite Morelos I, desde Cabo Cañaveral a bordo del transbordador espacial Discovery de la NASA, en la Misión STS-51-G. Actualmente este transbordador se encuentra en el Museo Steven F. Udvar junto al aeropuerto de Dulles, en Washington, D.C.

El 26 de noviembre de 1985, México lanzó su segundo satélite, el Morelos II. También desde Cabo Cañaveral, pero en el trasbordador Atlantis, en la Misión STS-61-B. En esta Misión viajó el primer astronauta mexicano. Este trasbordador está ahora en el Centro espacial Kennedy, en la Florida.

Hacia finales de la década de los setenta, México inició los trámites ante la UIT para obtener una posición orbital geoestacionaria. En el segundo semestre de 1981 se iniciaron los encuentros de coordinación internacional con Canadá y Estados Unidos. Para finales de 1982, y mediante un Acuerdo Trilateral entre México, Canadá y Estados Unidos⁷, se obtuvo las posiciones orbitales 113.5° y 116.5°, para ser utilizadas con las bandas de frecuencia C y Ku. Dada la situación geográfica de México, fue necesario el compartir el arco orbital utilizable con Canadá y Estados Unidos, siendo este último el mayor consumidor del recurso órbita-espectro del mundo. El arco orbital utilizable para México se encuentra prácticamente saturado en las bandas C y Ku desde hace décadas.

Si bien México inició la experimentación del espacio con fines pacíficos a finales de los años cincuenta, es con el lanzamiento de los satélites Morelos en 1985 cuando se consolidó una serie de esfuerzos multidisciplinarios que llevaron a México a formar parte de un selecto grupo de países con activos fuera de la atmósfera. De esta manera se diseñó, construyó, lanzó y operó el Sistema de Satélites Nacionales Morelos.

En 2025 estaremos celebrando 40 años de estos lanzamientos. Consultando el calendario, en menos de tres minutos puedo encontrar que el 17 de junio de 1985 fue lunes, mientras que el 26 de noviembre fue martes. Por cierto, en algunas fuentes aparece que el Morelos II fue lanzado el 27 de noviembre, esto se debe a que el primer lanzamiento fue por la mañana, mientras que el segundo fue hacia la noche, tiempo de México, y en el horario GMT, (-6 horas en la Ciudad de México) ya era 27 de noviembre, mientras que, en México y Cabo Cañaveral, seguía siendo la noche del 26 de noviembre.

⁷ En 1982 México Canadá y EUA, iniciaron las negociaciones para llevar a cabo un Acuerdo Administrativo Trilateral en Materia Satelital donde se asignaron a México dos posiciones orbitales: 113.5° LW y 116.5° LW, utilizando las bandas C y Ku. Este acuerdo sería revisado a finales de los 80's para incluir una tercera posición orbital y nuevamente en el 2003 para intercambiar dos posiciones entre México y Canadá.

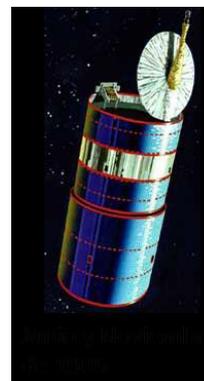
En diversas fuentes bibliográficas, incluso las digitales, podemos encontrar información técnica de las naves espaciales mexicanas, y de muchas otras. Este ensayo además de recopilar información “dura” también tiene como objetivo dar un contexto que hoy en día, con los adelantos tecnológicos con los que la mayoría contamos en el medio de ingenierías o en diversas profesiones, como son los teléfonos inteligentes, o bien las computadoras personales, nos ubican en diferentes tiempos.

Los satélites Morelos, además de ser del tipo “geoestacionario”, contaban con bandas de frecuencias “C” y “Ku”. Hoy para los profesionales de las telecomunicaciones eso no es una novedad. En las telecomunicaciones por satélite comerciales, además de las bandas C y Ku, ahora se explotan las bandas C extendida, Ku extendida, banda Ka en diferentes segmentos, tanto en sistemas geoestacionarios como no geoestacionarios. Ya se tienen planes para utilizar las bandas Q/V para sistemas comerciales. Hace 40 años la banda de mayor aplicación era la banda C, en tanto que la banda Ku satelital era prácticamente experimental. Los satélites de comunicaciones básicamente eran geoestacionarios. Por cierto, si el lector no está familiarizado con las diferentes denominaciones de las bandas, la UIT trata de no utilizar esta nomenclatura y recomienda el utilizar los segmentos de bandas en función a las frecuencias. Esto lo veremos más adelante.

Es importante, por el momento regresarnos a 1985, e incluso mucho antes. En ese periodo estaba en turno la Administración del presidente Miguel de la Madrid (1982-1988) razón por la cual los Satélites se renombraron con Morelos (Siervo de la Nación). Si bien ambos satélites fueron lanzados en 1985, la concepción de los mismos fue durante la Administración del presidente José López Portillo (1976-1982) por eso originalmente se llamaban Ilicahua (Señor de los Cielos en Náhuatl). Y si bien México desde 1968 ya realizaba comunicaciones vía satélite en la banda C a través del consorcio Internacional INTELSAT, fue hasta este periodo que se buscó la posibilidad de contar con satélites propios. Esto además de incluir la manufactura y lanzamiento de los Satélites Morelos, presentó el desafío de encontrar las “posiciones orbitales con sus respectivas bandas de frecuencia asociadas, C y Ku” donde se colocarían nuestros satélites.



izq. Morelos HS 376 Hughes Aircraft
Der. Morelos 1 [Boeing BSS] GUNTER'S SACE PAGE



En una charla amena el Ing. Miguel Eduardo Sánchez Ruiz⁸, en ese entonces Director General de la Unidad de Proyectos Especiales de la SCT, nos relata cómo se obtuvo el lugar para el astronauta mexicano en el transbordador espacial de NASA: “en uno de los viajes de coordinación de los lanzamientos con NASA, encontré en un periódico nacional de Estados Unidos, publicaron una entrevista con el Presidente Ronald Reagan, donde le preguntaban cómo competiría la NASA en materia de lanzamientos con la muy experimentada y acreditada empresa europea Arianespace, a lo que Reagan respondió que la NASA podría incluir un lugar en el transbordador espacial durante la misión de lanzamiento para un astronauta del cliente”. Acto seguido, con periódico en mano, el Ing. Sánchez Ruiz se encaminó a “negociar” con la NASA el lugar para el astronauta mexicano. El resultado es ampliamente conocido, después de un riguroso proceso de selección de entre una cuarteta: Ricardo Peralta y Fabi; Francisco Javier Mendieta, Enrique Fernández Fassnacht y Rodolfo Neri Vela se convirtió en el primer astronauta mexicano en la Misión STS-61-B del transbordador espacial Atlantis. Vale la pena recordar los nombres de los otros tres participantes:



Representación Mural primer astronauta mexicano Rodolfo Neri Vela que se encontraba en el edificio de la SCT.

Como dato curioso es importante resaltar que el astronauta México-estadounidense, José Hernández, también viajó en el STS Atlantis en el periodo agosto-septiembre de 2009 a la Estación Espacial Internacional.

MORELOS
SPACE AND COMMUNICATIONS GROUP

HUGHES

MEXICO'S FIRST NATIONAL SATELLITE

In November 1992, Mexico is a major step toward utilizing the vast and often untapped of the nation's interest in the domestic communications satellite system from Hughes Aircraft Company. The two satellites are versions of the MS-10, the most advanced commercial communications satellite in the world and was launched on the space shuttle Atlantis STS-61-B on November 12, 1992.

The Morelos system is owned by the country's Secretaría of Communications and Transportation and provides satellite communications to meet the most remote parts of the nation. Educational, television, commercial programs, and the national telephone network, weather and facsimile services, and data and business transmissions are carried by the satellite. Mexico alone has teleported programming to originate in at least 32 principal cities. Cultural, educational, and artistic events in and around these cities can be televised nationwide, thereby benefiting regional communities.

Mexico is the first country to use the MS-10 as a payload satellite operating in the frequency bands C and Ku in accordance with the 1979 Int'l. Telecommunication Convention. The Higher Space and Communications Group is the prime contractor for satellite ground-to-satellite link systems. The contract called for flight-to-reception and return-to-ground links, telemetry, and command stations to operate the Morelos system. The station is located about 10 miles southeast of Mexico City in the Toluca valley.

In the launch position with its telescoping solar panels extended and its main antenna reflected backward, Morelos measured 9 feet 4 inches high. On orbit with the panels extended and the antenna aimed, the satellite is 10 feet 8 inches tall. Morelos has a diameter of 1 foot 1 inch and weighs 100 pounds in the configuration of the orbit. Fuel efficiency is one of the satellite's major design goals. Fuel control and attitude control during the satellite's 8-year planned mission life. The low orbit capacity, using 100 cells, generated slightly more than 500 watts of electrical power at beginning of life. The non-rechargeable batteries power the satellite during eclipse operations when it passes through the earth's shadow.

Through the Morelos bus design, a pair of standard RS-27A, the antenna system is linked to meet Mexico's communications needs. The design is the first to require satellite to use a planar array. The two Ku band channels use the planar array for reception and have a bandwidth of 10 MHz with a maximum effective isotropic radiated power (EIRP) of 40 dBW throughout Mexico. The ground and space systems in the C band and the received beams in the Ku band are created by a 6-foot-wide shaped parabolic antenna with two polarization selective antennas. The horn surface is sensitive to horizontally polarized beams. Equipped with dual feed horns, the antenna is used to polarizations. The 12 vertically polarized non-redundant

channels have a bandwidth of 36 MHz, and the six horizontally polarized, independent channels have a bandwidth of 72 MHz. The C band (3.7-4.2 GHz) throughout Mexico. The non-redundant C band transponders use 7-watt traveling wave tube amplifiers (TWTAs) with 14 or 12 redundancy. The standard C band transponders use 100-watt TWTAs with eight for redundancy. The C band transponders use 20-watt TWTAs with six for redundancy.

The satellite uses a 160 Channel Douglas standard analog modulator (MS-10) in an analog channel and later being released from the shuttle. The components of the MS-10 design represent an optimum payload for the shuttle. Sitting in its launch cradle, the satellite used only one-fourth of the shuttle's cargo bay capacity. The satellite carried the satellite to a low earth orbit.

The satellite was opened, and a spin table at the base of the cradle spun the satellite to 100 rpm to provide gyroscopic stability. The ground station the satellite has about 40 antennas lines, an onboard processor from the PAB, A, Morelos Transit Data 200 samples have more than 400 channels and placed the satellite into a circular synchronous orbit. When the satellite was near its operating position, the antenna system and the electronics were checked with respect to earth and orbital data pointing accuracy and a 30-second system. The distributed of the bus and solar panels continue to spin for stability. The satellite entered its final orbit and was placed in operating position through the use of the onboard thrusters. The Morelos satellite was launched at 10:22 PM and 182° W longitude.

A technician inspects the Morelos planar array.

Morelos in the stowed configuration.

MEXICO'S FIRST NATIONAL SATELLITE
SPACE AND COMMUNICATIONS GROUP
HUGHES
1100 BUREAU DRIVE
LOS ANGELES, CA 90008



Fotos: Equipo morelos 1 y parte del primer equipo Morelos capacitado en la planta del fabricante.

8 El Ing. Miguel Eduardo Sanchez Ruiz fue reconocido por el Senado de la Republica como Premio Nacional de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica 2022.

El Morelos I cumplió con su vida nominal de 9 años, concluyó su vida a finales de 1993.

El Morelos 2 inicialmente fue colocado en órbita de almacenamiento u órbita inclinada con inclinación aproximada de 3 grados, lo que permitió iniciar operaciones casi tres años después de ser lanzado, hacia finales de su vida se permitió deriva nuevamente inclinada, con lo que se alargó su vida y fue desorbitado en 2004, cumpliendo 19 años.

SATÉLITES SOLIDARIDAD

- Lanzamiento del satélite Solidaridad 1: 20 de noviembre de 1993.
- Lanzamiento del satélite Solidaridad 2: 7 de octubre de 1994.

La segunda generación de satélites fue diseñada, contratada y puesta en operación durante la administración del Presidente Carlos Salinas de Gortari (1988-1994). Por lo que el origen del nombre de esta generación de los satélites resulta obvio (Programa Nacional de Solidaridad).

Una vez que los satélites Morelos eran muy exitosos, lanzados en 1985, y el Morelos I se aproximaba al final de su vida “nominal” de 9 años, resultaba imperativo la sustitución de este satélite a más tardar a principios de 1994, si todo marchaba bien. Aunado a lo anterior, el equipo de regulación de la administración mexicana había conseguido la tercera posición orbital: 109.2° LO. Así se decidió la contratación de dos nuevos satélites, uno en reposición del Morelos I y uno más para ocupar la tercera posición.

Si bien el lanzamiento de la primera generación de satélites fue un hito en las comunicaciones de México, el lanzamiento de la segunda generación también lo fue, esto a nivel de las Américas, pues esta nueva generación contó con una cobertura regional en nuestro continente.

Son varios los aspectos relevantes del Sistema Solidaridad. Y como dicen por ahí “vamos por partes”:

Estas nuevas naves espaciales, en su momento, contaron con lo último en la tecnología satelital (*State of the art technology*):

Contaba ya con dos “procesadores abordo”: dos computadoras, para tener redundancia 1+1, o como decimos coloquialmente “*una en línea y una de respaldo*”.

Incluyeron tres bandas de operación: banda C; banda Ku, y banda L.

La banda C utilizaba amplificadores de estado sólido (SSPAs), con lo cual se lograban mayores potencias, pero con un peso menor a la carga útil.

La banda C, además de cubrir México, contaba también con coberturas sobre el sur de Estados Unidos, América del Sur y Centroamérica con excelentes niveles de PIRE y G/T (parámetros de Potencia Isótropa Radiada Equivalente).⁹

La banda Ku utilizaba transpondedores con base en amplificadores denominados Tubos de Onda Progresiva (TWT's, por sus siglas en inglés) y anchos de banda de 54 MHz; la mitad del ancho de banda de Morelos y con el reuso de frecuencias en dos polarizaciones lineales.

La banda Ku incluyó coberturas sobre México y diversas zonas en Estados Unidos, como fueron la parte sur y la noreste (Chicago, Nueva York) y California. También con excelentes niveles de PIREs y G/T's.

La banda L, enfocada a sistemas móviles y semifijos para aplicaciones rurales.

En esta etapa se instalaron dos centros de control, uno en Iztapalapa, Ciudad de México, y otro en Hermosillo, Sonora.

En el centro de control de Iztapalapa se instaló un laboratorio de pruebas de carga útil, el cual incluía diferentes etapas de un transpondedor de satélite.

Este programa además contó con componentes de capacitación al personal de operación, básicamente personal de Telecomm y con un programa de transferencia de tecnología que incluyó programas de maestrías y especializaciones en universidades de Estados Unidos y Francia, estancias en las instalaciones de los fabricantes de satélites, así como con de la empresa lanzadora Arianespace.

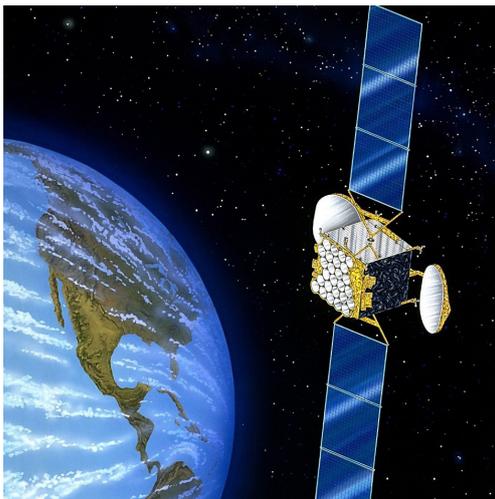
Estas particularidades del sistema tuvieron como resultado un amplio impacto en América Latina, ya que este sistema fue el primero en ofrecer capacidad en estas zonas donde solo el sistema intergubernamental Intelsat (antes de ser privatizado) ofrecía servicios a los países de la región.

El Solidaridad 1 tuvo una falla catastrófica a finales de agosto del 2000. El primer computador o procesador a bordo fallo y para este mes fallo el segundo. Así la capacidad de control del satélite se perdió y el Solidaridad 1 no pudo ser tampoco desorbitado. Hoy este satélite deriva muy cerca de la órbita geoestacionaria y es necesario rastrearlo en todo momento para evitar colisiones con otras naves.

El Solidaridad 2 cumplió con su vida útil y al final de esta se optó por permitirle derivar en órbita inclinada para alargar la prestación del servicio móvil de la banda L. Los expertos de Satmex lograron mantenerlo incluso con operaciones paralelas de otra nave "en la misma caja". La vida útil nominal concluiría en 2004;

⁹ PIRE - Potencia Isotrópica Radiada Equivalente -cantidad de potencia que emitiría una antena isotrópica teórica G/T - G (ganancia de la antena) / T (temperatura de ruido del sistema) ver la Recomendación UIT-R S.733-1 de la UIT "Determinación de la relación ganancia/temperatura de ruido de las estaciones terrenas que funcionan en el servicio fijo por satélite"

sin embargo, con la operación en órbita inclinada el satélite siguió prestando servicios hasta finales del 2013.



Izq. Parte del Equipo Telecomm capacitado en instalaciones del fabricante. Satélite Solidaridad 1.

Der Personal de Telecomm en planta del Fabricante. Satélite Solidaridad 2.

Abajo Satélite Solidaridad Boeing BSS

SATÉLITE SATMEX 5/ EUTELSAT 115A

El 5 de diciembre de 1998, desde Kouru, Guyana Francesa, fue lanzado exitosamente el Satmex 5.

La construcción de esta nave espacial fue contratada a la empresa Hughes Space and Communications International, Inc. en un “contrato de promesa unilateral”, con Telecomunicaciones de México, Telecomm¹⁰. El lanzamiento corrió a cargo de la empresa Ariane en un cohete 42L.

10 La firma de este contrato se da en agosto de 1996, cuando la decisión de desincorporación del Sistema Satelital Mexicano ya se había tomado. La compra de la nueva nave espacial la concluirían los accionistas privados que comprasen a la empresa que se llamaría Satelites Mexicanos, S.A. de C.V.

El modelo de satélite empleado fue el HS-601-HP, satélite estabilizado en tres ejes. En su momento este satélite estaba catalogado como "State of the Art Technology". La capacidad de este nuevo satélite era mayor a 7,000 W, prácticamente 10 veces más que la de los satélites Morelos.



Imagen: SATMEX 5 [Boeing BSS] GUNTER'S SACE PAGE

Este nuevo satélite contenía carga útil en las bandas C y Ku, con coberturas prácticamente continentales, desde la parte sur de Canadá, hasta Sudamérica, incluyendo la parte oeste de Brasil.

A diferencia de los satélites Solidaridad, este nuevo satélite utilizaba tanto en la banda C como en la banda Ku amplificadores del tipo TWT's. Por otra parte, este satélite no contenía carga útil en la banda L.

Otras diferencias/mejoras fueron celdas solares de arseniuro de galio de doble unión, baterías de última generación, sistema de propulsión de iones de xenón (XIPS).

El satélite fue construido en la planta de El Segundo, California, donde ingenieros mexicanos del operador primero de Telecomm, y posteriormente de Satmex, la empresa desincorporada, participaron en la misma construcción, y al mismo tiempo se capacitaron para la operación de esta nueva nave satelital. Evidentemente debido al cambio en la regulación de Estados Unidos, por la implantación de ITAR¹¹, ya la transferencia de conocimientos se tuvo que adaptar a los nuevos tiempos.

Con las grandes ventajas técnicas de este nuevo satélite y su lanzamiento a finales de 1998, con el nuevo perfil de la empresa ya desincorporada, y ahora con una fuerza de ventas altamente competitiva, el éxito comercial del Satmex 5 fue total. La combinación de un satélite como el Satmex 5, la posición orbital y los recursos humanos de Satmex permitieron el éxito en los mercados más competidos de América, como el de Estados Unidos.

A principios de 2010 se reportó la falla de XIPS. Con la gran capacidad técnica del fabricante en materia de dinámica orbital, las fortalezas del equipo técnico del operador mexicano y sus consultores, y tomando ventaja de la carga adicional de combustible químico que se le agregó antes de ser lanzado, la vida útil, después de la falla de XIPS, se le alargó exitosamente.

11 ITAR: International Traffic in Arms Regulations. Las naves espaciales y artículos relacionados, así como los vehículos de lanzamiento fueron incluidos en esta regulación. La industria espacial en general fue incluida, por lo que la información de las empresas estadounidense no puede ser compartida con otros países o personas que no sean ciudadanos de los EUA.

Se reportó que el Satmex 5 fue desorbitado¹² en 2016.

En una plática con el Ing. Lauro González Moreno¹³, el primer CEO del nuevo Satmex ya privatizado nos comentó:

“El éxito del Satmex 5 fue la muestra de la gran transformación de Satmex a una nueva empresa orientada a los mercados nacionales e internacionales con nivel de Clase Mundial. La privatización de Satmex se dio a finales de 1997, el Satmex 5 fue lanzado en diciembre de 1998 y para el primer semestre de 1999 el satélite estaba prácticamente vendido.

Al hacer la compra de la empresa Satélites Mexicanos y comenzar la operación de ésta, nos dimos cuenta del gran legado y acervo de capital humano con el que contaba. Inmediatamente sentimos la gran responsabilidad de, por una parte, preservar y nutrir ese valioso capital humano, y por la otra, la de hacer crecer a esta nueva empresa que nacía a una nueva etapa, la de ser altamente rentable y enfocada a los mercados.

Como parte de los activos, nos encontramos con la gran capacidad del equipo técnico, adquirida prácticamente desde finales de los años 60's y reforzadas desde 1985 con los Morelos, primero y después con los Solidaridad. Este talentoso equipo estaba al nivel más alto de la industria satelital mundial. Operaba la flota satelital más grande y sofisticada de Latinoamérica y superada únicamente en número por la estadounidense. Junto con el equipo de Loral Space, nuestros socios, y de Arianespace, la empresa lanzadora europea, nos enfocamos a continuar con la construcción del Satmex 5 para finalmente, lanzarlo desde Kourou, Guyana Francesa, el 5 de diciembre de 1998.

Este éxito fue la suma de varios aspectos clave, entre ellos:

El lanzamiento exitoso fue la culminación de dos contratos que fueron firmados por Telecomm antes de la privatización de Satmex:

-Contrato de fabricación de la nave espacial, ejecutado por Hugues, después Boeing.

-Contrato de lanzamiento, ejecutado por Arianespace.

Las RFP's¹⁴ de ambos contratos, fueron elaboradas, dirigidas, y supervisadas por personal técnico de TELECOMM y sus asesores externos con soporte

12 Los operadores satelitales de los GEOs tienen la obligación de sacar de la órbita de los satélites geoestacionarios a sus satélites mandándolos a órbitas más altas de más de 250 Km de la órbita GEO, según marque la regulación internacional. Para ello deben reservar suficiente combustible para la “maniobra de desorbitación”

13 El Ing. Lauro González Moreno, es Ingeniero por Texas A&M University y cuenta con un MBA, Strategy and International Business por la Duke University-The Fuqua School of Business

14 RFP por sus siglas en Inglés: Request for Proposals: Invitación para enviar propuestas. En estas se describen los anexos técnicos, financieros, administrativos que deberán cumplir los proveedores interesados.

de la SCT. Posteriormente la ejecución de los contratos fue supervisada por el personal técnico de Satmex, todos técnicos altamente capacitados, con muchos años de experiencia y en su totalidad mexicanos.

El éxito comercial del Satmex 5 se debió al desarrollo de nuevas capacidades organizacionales, de mercadotecnia y de ventas. Fue necesaria la contratación de personal con habilidades comerciales y experiencia en mercados internacionales del continente americano. A su vez y en paralelo, se creó una estructura administrativa con conocimiento y experiencia capaz de cumplir con las obligaciones contables y financieras exigidas por mercados financieros internacionales y sus reguladores como la SEC¹⁵.

El éxito en la presencia comercial del Satmex 5 a nivel continental en los principales mercados de América se debió al grupo de ejecutivos especializados en aspectos regulatorios de la industria satelital internacional. Así fue como entramos a Estados Unidos, el mercado centroamericano, andino, caribeño, argentino, entre otros. Sin estos permisos y concesiones regulatorias nuestra labor comercial hubiera sido imposible. Este equipo de ejecutivos mexicanos altamente especializados fue parte de ese acervo de conocimientos y talento producto de décadas de experiencia en la industria satelital mexicana. Equipo de ejecutivos ahora parte del capital humano de Satmex.

Recuerdo que para el lanzamiento exitoso del Satmex 5, tuvimos que tomar decisiones clave de último momento. Una de ellas fue el continuar con el conteo regresivo o suspenderlo faltando solamente un par de horas para el lanzamiento. Esto debido a diferentes alarmas que presentaba el sistema en ese momento. Gracias a la estrecha colaboración de nuestros técnicos con los diversos proveedores y de la participación de expertos de Telecomm, de Boeing y de Loral Space, se liberó el conteo para concluir con un lanzamiento exitoso. Otra decisión clave fue la de agregar una mayor carga de combustible químico (que su uso era principalmente para las maniobras de la misión de lanzamiento) primeramente para mitigar el posible riesgo de la nueva tecnología de impulsores XIPS¹⁶ que incluía el sistema de propulsión nominal del Satmex 5. Como un segundo posible beneficio de agregar combustible sería el alargar la vida operacional del satélite. A la distancia y años después se pudo constatar que estas decisiones fueron las correctas. El sistema principal de propulsión del Satmex 5 falló y fue gracias a el combustible químico añadido de último momento que esta nave espacial cumplió con su vida por arriba de lo esperado nominalmente.

Como he querido evidenciar con estos ejemplos alrededor del Satmex 5, se tomaron decisiones clave que pusieron a prueba la capacidad de Satmex. En todas esas decisiones, el activo de mayor valor resultó ser el conocimiento y experiencia del capital humano de la empresa y el de

15 SEC: Security and Exchange Commission de Estados Unidos. Comisión de Bolsa y Valores de Estados Unidos.

16 XIPs: Xenon Ion Propulsion System

su trabajo en equipo con sus reguladores y socios. Este equipo técnico mexicano fue el resultado de varias décadas de experiencia y de inversión estatal y privada en la industria satelital mexicana”.

SATÉLITE SATMEX 6, HOY EUTELSAT 113 WEST A

Finalmente, después de un largo viaje por Miami, Florida, por el caribe francés, donde pasamos por Puerto Príncipe, Haití, Pointe à Pitre, Guadalupe, Martinique, aterrizamos en el aeropuerto de Cayenne-Rochambeau.



Img. SatMex6 (SSL) GUNTER'S SPACE PAGE

Más tardamos en desembarcar que las noticias de suspensión de la cuenta regresiva del lanzamiento del Satmex 6 fueran comunicadas al Ing. Sergio Autrey¹⁷. El Ingeniero contestó:

“Venimos a lanzar y no regresaré hasta que cumpla mi misión”.

Realmente la misión del Ing. Autrey en materia satelital había comenzado varios años antes, al ser socio de Space Systems /Loral SSL, primeramente, para desarrollar el sistema Globalstar en México y, posteriormente en 1997 volverse en el presidente del Consejo de Administración de Satmex, al adquirir esta empresa junto con el fabricante SSL. Él también sabía y estaba consciente de la importancia de este lanzamiento, pues la viabilidad de Satmex dependía totalmente de ello. Recordemos que a estas alturas la empresa estaba en Concurso Mercantil y *Chapter 11*. Él nos compartió algunas sus vivencias en tiempos muy complejos:

“Después de un gran trabajo de negociación con nuestros acreedores y aseguradores, logramos no solo obtener los recursos para el pago de la póliza del seguro de lanzamiento y primeros años de vida nominal, sino además obtuvimos el permiso de los tenedores de deuda para proceder al lanzamiento. Estuvimos en este proceso por varios años, en los cuales el satélite prácticamente terminado estuvo almacenado y listo para lanzarse. Durante este tiempo los lanzamientos de Ariane fueron exitosos y con ello las pólizas de seguro bajaron alrededor de 40%, lo cual ayudó a mitigar los costos adicionales que generó el almacenar el satélite en la planta del fabricante y después en el sitio de lanzamiento. Diversas mejoras desarrolladas por Ariane y por SSL fueron incorporadas al Satmex 6.

“Durante este compás de espera también sucedió que el fabricante Loral Space estaba en Chapter 11, los bienes de esta empresa, incluyendo los satélites en fabricación, podrían sufrir alguna decisión del Juez que punie-

17 Ing. Sergio Autrey Maza. Fue el Presidente del Consejo de Administración de Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. También fue el Presidente de Globalstar México y de Optel Telecomunicaciones.

se en riesgo la entrega del Satmex 6, por lo que se logró enviar a las instalaciones de Ariane en Kourou (Guyana Francesa) desde donde se lanzaría.

“Al final cuando se obtuvieron las autorizaciones y recursos necesarios, el satélite tuvo que regresar a la fábrica para un último reacondicionamiento y obtener el ‘ready to fly’ y con ello todos los ‘GOs’ necesarios.

“La suspensión de la cuenta regresiva, que resultó en el retraso de algunos días del lanzamiento, se debió a que Ariane detectó que unos ‘tornillos explosivos’ no estaban en el mejor lugar. Estos tornillos se usarían para separar el satélite del cohete, en este caso del co-pasajero.

“Al final cumplimos nuestra misión, el lanzamiento del Satmex 6 fue todo un éxito. La empresa terminó su reestructura el 30 de noviembre de ese mismo año. Veo con cierta nostalgia que la vida útil del Satmex 6 terminó a principios de este 2024, con lo cual cumplió con mucho con su vida nominal proyectada.

“Pero la mejor anécdota es del Satmex 5, que justo antes del lanzamiento, le falló un termostato y subió la temperatura por 10 minutos a más de 120 F y se activó una alarma y ¡se pospuso el lanzamiento!

Cuando hablamos con los científicos de Boeing, nos comentaron que el giroscopio, cercano al calentador estaba bien y se podría proceder al lanzamiento. El Dr. Enrique Melrose y yo nos quedamos con ellos para indagar más del satélite.

Pregunté de las opciones futuras que teníamos y nos respondieron:

1.- Se pueden prender el calentador desde tierra y apagarlo cuando llegue a 110 F. y proceder con la maniobra correspondiente.

2.- Se puede prender el giroscopio unos minutos antes, hasta llegar a los 110 F, y proceder desde la tierra.

3.- Si todo esto no funciona, existe otro termostato, calentador y giroscopio adicional de remplazo.

De ahí obtuve la siguiente Moraleja:

Una falla en tierra de un termostato de 5 dólares, pospone el lanzamiento.

¡Pero en el espacio hay muchas redundancias en los satélites para cumplir la misión!

Realmente lo que uno compra en un satélite, además de las piezas certificadas para volar en el espacio, es más bien el diseño de redundancias,

tras redundancias, tras redundancias, para cumplir la misión original de vida nominal, ¡en estos casos de 15 años!

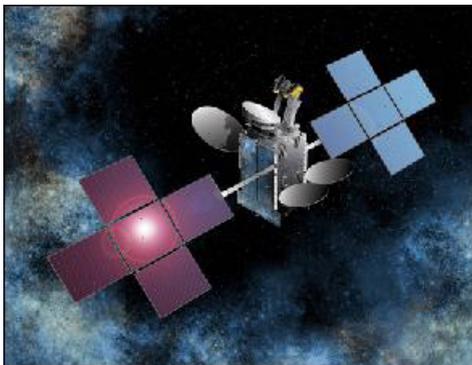
Y como diría el clásico: en satélites 'Failure is not an option!'"

El Satmex 6 fue un satélite construido por SSL y fue el modelo FS-1300X HP. Con una masa de lanzamiento de 5.4 toneladas. Contaba con una potencia eléctrica al inicio de vida de aproximadamente 12 Kw.

A finales de enero de este 2024, el satélite Satmex 6 tuvo una anomalía fatal y fue desorbitado a principios de abril del mismo año.

SATMEX 8 O EUTELSAT 117 WEST A

El satélite Satmex 8 fue lanzado desde el Cosmódromo de Baikonur el 26 de marzo del 2013. Luego de casi ocho meses de espera debido a las fallas de Próton, el lanzamiento fue exitoso. Este satélite también fue manufacturado por Loral Space y prácticamente fue el reemplazo del Satmex 5, mismo que presentaba la falla total de XIP´s. Es un modelo SSL 1300E. Este satélite muestra ya una disposición de los paneles solares característica de los satélites de alta potencia fabricados por Loral Space, esto es en cruceta. Cuenta con una carga en las bandas C y Ku donde en ésta última destaca la carga de 40 transpondedores del tipo TWT´s. Así este satélite cuenta con una carga total de 64 transpondedores y una vida útil de 15 años.



Satmex 8, SSL 1300 E Loral, Marzo 2013, *GUNTER'S SPACE PAGE*

SATMEX 7 EUTELSAT 115 WEST B

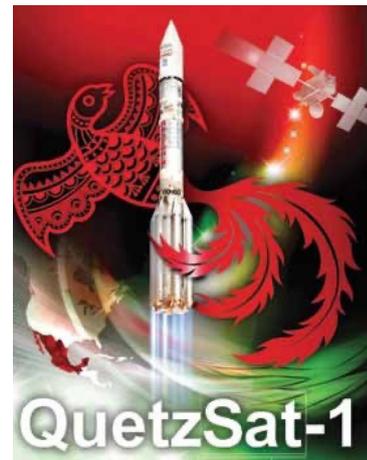
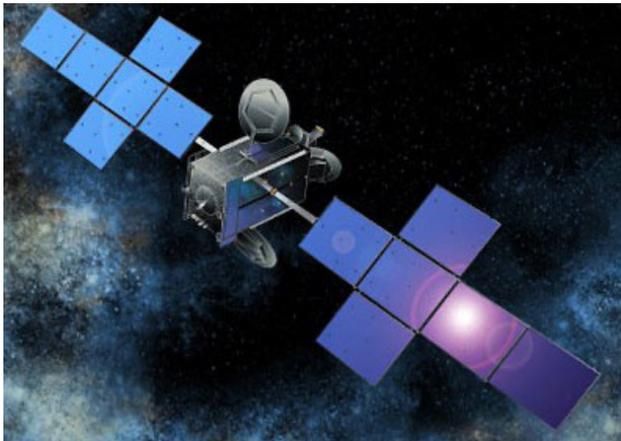
El Satmex 7 es un satélite de última generación del fabricante Boeing. Es de los llamados totalmente eléctricos y de fabricación modular. En un paquete que, con un operador asiático, Satmex y ABS contrataron a la empresa Boeing para la construcción de cuatro satélites de nueva generación, abatiendo así los costos. Estos satélites cuentan con un sistema de XIPS y no cuentan ya con propulsante químico. Así el peso del satélite se reduce y el espacio disponible para carga útil en la plataforma se mejora. Adicionalmente a las innovaciones propias del satélite, el Satmex 7 fue lanzado por la empresa relativamente nueva Space X utilizando un Falcon 9.

Si bien el nivel de riesgo era mayor, los costos de estas tecnologías son sensiblemente menores a los tradicionales. Este satélite fue lanzado el 2 de marzo del 2015. Los satélites anteriores que utilizaban combustible químico tenían un programa de lanzamiento, colocación en la órbita de operación, despliegue de antenas y paneles solares, y pruebas en órbita con una duración de alrededor de un mes. Ahora con satélites 100% XIPS este tiempo se incrementa y la sola deriva del satélite a la posición orbital es de al menos 3 meses y en algunos casos puede ser de hasta 6 meses.



Satmex 7, BSS 702 Boeing, Marzo 2015, GUNTER'S SPACE PAGE

SATÉLITES DE RADIODIFUSIÓN QUETZSAT



Izquierda: QuetzSat 1 [SES Global] GUNTER's SPACE PAGE

Derecha: Cohete Protón-M con el QuetzSat-1 (Khrunichev). QuetzSat-1 Poster conmemorativo

QUETZSAT 1 (SES GLOBAL)

A inicios de la década de los noventa se despertó en América del Norte una fiebre por los servicios de Televisión por Satélite directo al hogar.

Con el lanzamiento de los satélites Solidaridad se desarrolló un sistema en México de los llamados DTH: *Direct To Home*. Esta modalidad utiliza satélites del servicio fijo por satélite y realiza servicios directo a los hogares en una modalidad de suscripción.

Desde varias décadas atrás, se desarrolló el concepto de satélites de radiodifusión que están destinados a dar el servicio de radiodifusión por satélite. La definición de este servicio la encontramos en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT:

“...1.38 Servicio de radiodifusión: Servicio de radiocomunicación cuyas emisiones se destinan a ser recibidas directamente por el público en general. Dicho servicio abarca emisiones sonoras, de televisión o de otro género (CS).

“...1.39 servicio de radiodifusión por satélite: Servicio de radiocomunicación en el cual las señales emitidas o retransmitidas por estaciones espaciales están destinadas a la recepción directa por el público en general. En el servicio de radiodifusión por satélite la expresión ‘recepción directa’ abarca tanto la recepción individual como la recepción comunal...”

El mismo Reglamento incluye dos apéndices que planifican posiciones orbitales con las bandas de frecuencia de radiodifusión asociadas. En un gran esfuerzo de las administraciones participantes en la UIT, en varias conferencias mundiales han dado como resultado un Plan Mundial de Radio por satélite, el cual le otorga prácticamente a todos los Miembros de la UIT canales asociados a diversas posiciones orbitales.

Conferencias donde se elaboró el Plan de Radiodifusión por Satélite.

CAMR SAT-77	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la radiodifusión por satélite (Ginebra, 1977).
	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones encargada de establecer un Plan para el servicio de radiodifusión por satélite en las bandas de frecuencias 11,7-12,2 GHz (en las Regiones 2 y 3) y 11,7-12,5 GHz (en la Región 1), denominada abreviadamente Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones para la Radiodifusión por Satélite (Ginebra, 1977) (CAMR77).
CARR SatR2	Conferencia Administrativa Regional de Radiocomunicaciones encargada de establecer para la Región 2 un Plan para el servicio de radiodifusión por satélite en la banda de frecuencias 12,2-12,7 GHz y para los enlaces de conexión asociados en la banda de frecuencias 17,3-17,8 GHz, denominada abreviadamente Conferencia Administrativa Regional para la planificación del servicio de radiodifusión por satélite en la Región 2 (Ginebra, 1983) (CARR SatR2).
CAMR Orb-85	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan (Primera Reunión - Ginebra, 1985).
CAMR Orb-88	Conferencia Administrativa Mundial de Radiocomunicaciones sobre la utilización de la órbita de los satélites geoestacionarios y la planificación de los servicios espaciales que la utilizan (Segunda Reunión - Ginebra, 1988).

Los apéndices 30 y 30A contienen este plan: AP30 y AP30A

APÉNDICE 30-(REV.CMR-19)	Disposiciones aplicables a todos los servicios y Planes y Lista asociados para el servicio de radiodifusión por satélite en las bandas de frecuencias 11,712,2 GHz (en la Región 3), 11,7-12,5 GHz (en la Región 1) y 12,212,7 GHz (en la Región 2) (CMR03)
APÉNDICE 30ª-(REV.CMR-19)	Disposiciones y Planes asociados y Lista para los enlaces de conexión del servicio de radiodifusión por satélite (11,712,5 GHz en la Región 1, 12,212,7 GHz en la Región 2 y 11,712,2 GHz en la Región 3) en las bandas de frecuencias 14,5-14,8 GHz y 17,318,1 GHz en las Regiones 1 y 3, y 17,317,8 GHz en la Región 2 (CMR03)

En resumen, las posiciones orbitales, o recursos orbitales, contenidas en el plan para México son cuatro, a saber:

° Long. O	Número de Canales
69.2°	16 canales: impares
78°	32 canales: pares e impares
127°	32 canales: pares e impares
136°	32 canales: pares e impares

De ahí que la SCT concluyó en la década de los noventa que, si queríamos utilizar y desarrollar las posiciones del plan, tendríamos que ampliar coberturas, y para que esto tuviese sentido comercial, era muy conveniente incluir a Estados Unidos con niveles de PIRE adecuados. Así se escogió desarrollar la posición de 78° LO y se buscó modificar el Plan para tener una zona de cobertura que incluyese México, Estados Unidos y la frontera sur de Canadá. Sin embargo, ésta última nación tenía asignada en el plan la posición de 82° LO, es decir, a 4 grados de la 78° LO, que en ese momento daría servicio en la misma zona que el satélite canadiense, el plan presumía una separación de 6°, lo que permitía utilizar antenas terrenas con un nivel de apuntamiento menor al de las antenas de SFS.

Finalmente se optó por coordinar la posición de 78° LO en 77° LO, modificando entonces la zona de cobertura y posición orbital, así, al alejarnos un grado de la asignación canadiense, bajarían los niveles de interferencia entre las dos redes.

Después de obtener coordinaciones favorables con los principales afectados, esta posición orbital, con sus bandas de frecuencias asociadas, fue licitada, siendo el ganador la empresa QuetzSat, propiedad de Grupo Medcom y SES Americom Inc. y SES Global. A principios de febrero de 2005 fue entregada su concesión para ocupar una posición orbital y explotar sus bandas de frecuencia asociadas.

Para iniciar operaciones y proteger la posición orbital, SES utilizó varios satélites temporales en lo que fabricaba un satélite a la medida de los expedientes mexicanos notificados ante la UIT.

El 29 de septiembre del 2011, utilizando un cohete Protón, fue lanzado desde el Cosmódromo de Baikonur, en Kazajistán, el Satélite QuetzSat 1 fabricado por la empresa Space Systems Loral. Este es un satélite de Radiodifusión que opera

en las bandas 17.3-17.8 GHz Tierra espacio/12.2-12.7 GHz espacio-Tierra¹⁸. Es un modelo SSL-1300. Cuenta con una potencia de 20 kW, al principio de vida. Cuenta con sistema de propulsión de plasma.

Este satélite es de alta potencia y brinda servicios de Televisión Directa al Hogar en México, Estados Unidos y el sur de Canadá. Este satélite opera en la posición orbital de 77° LW¹⁹.



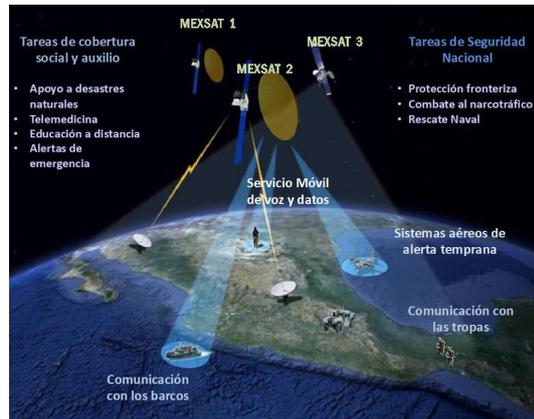
Izq. SSL-1300E Lorax, septiembre 2011



Der Cobertura Satélite Quetzat 1 (Wikipedia)

CENTENARIO (MEXSAT 1) Y MORELOS 3 (MEXSAT 2)

El Centenario y el Morelos ³²⁰ tenían como misión el brindar servicios móviles en la banda L. Utilizaban como enlace de conexión la banda Ku del pan contenido en el Apéndice 30B del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.



Imágenes Sistema Satelital Mexicano MEXSAT

¹⁸ La banda de 17.3-17.8 GHz Tierra espacio/12.2-12.7 GHz espacio-Tierra, está atribuida en la Región 2 (Américas) al Servicio de Radiodifusión por Satélite, de conformidad con el Ap 30 y 30A del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

¹⁹ De conformidad con el Plan de Radiodifusión de la UIT, UIT-R AP 30 y 30A México tiene adjudicadas canales de Radiodifusión en las posiciones de 69°, 78/77°, 121° y 127° LW.

²⁰ Los satélites Centenario y Morelos 3 eran satélites prácticamente gemelos. El diseño del sistema es que uno sería redundante del otro.

Una de las grandes innovaciones de este sistema es que, aprovechando la ventaja de que las terminales en tierra serían móviles, y por lo tanto sus antenas omnidireccionales o con baja directividad, estos satélites (Centenario y Morelos 3) no incluyeron en su plataforma (a bordo del satélite) el control norte-sur y solo se controlaba la excentricidad de la órbita y la deriva este-oeste. Así estas nuevas naves ahorrarán combustible al operar permanentemente en órbita inclinada con una inclinación inicial mayor a los 7° y que con el paso de los años se reducirá a cero para luego crecer nuevamente a 7°, pero en la dirección opuesta, todo esto aprovechando la deriva natural.

Uno de los grandes desafíos tecnológicos a solventar fue el aumentar sustancialmente la sensibilidad a la recepción de la antena del satélite para permitir así terminales del tipo *handset* e incluso menores, para ello se requirió mejorar sustancialmente la G/T^{21} existente en sistemas geoestacionarios. Esto se logró mediante la construcción de una antena de 22 metros de diámetro que en la configuración de lanzamiento estaría empaquetada y tendría que desplegar en órbita.

Con 14 KW en sus paneles solares y la gran Ganancia de la Antena de 22 metros, estos satélites son de los más grandes en su tipo.

El 16 de mayo del 2015, a bordo de un Protón, fue lanzado el Centenario desde el Cosmódromo de Baikonur, teniendo como resultado una falla catastrófica y la consecuente pérdida del Centenario.

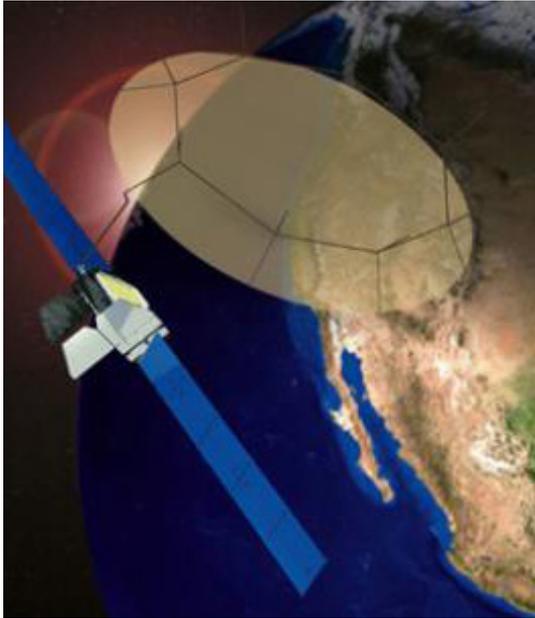
El 2 de octubre de 2015 fue lanzado el satélite Morelos 3 a través de un cohete Atlas. El satélite Morelos 3 es un satélite gemelo del Centenario y prácticamente es su respaldo.



El Satélite Morelos 3 antes de ser lanzado en Cabo Cañaveral Florida, a través del cohete Atlas de la empresa United Launch Alliance (ULA).

BOEING'S 702HP SPECIFICATIONS

21 G/T : G Ganancia de la Antena a la recepción. T Temperatura de ruido del sistema. G/T es un parámetro que en ingeniería de radiocomunicaciones nos permite evaluar cualitativamente la sensibilidad a la recepción de una antena.



Dimensions	
In Orbit	H: 22m, W: 29 m, L: 41 m
Stowed	H: 9 m, W: 3 m, L: 4 m
Mass at Launch	5,400 kg
Mass in Orbit (beginning of life)	3200 kg
Power	
Solar	14 kw, beginning of life 13 kw, end of life
Panels	2-5 panel wings Ultra Triple Junction (UTJ) gallium arsenide solar cells
Batteries	2 Li-ion battery packs Battery Electronics Unit (BEU) Integrated Power Controller (IPC)

EL BICENTENARIO

El satélite Bicentenario²² fue lanzado el 19 de diciembre de 2012, en un Ariane 5ECA23. El Bicentenario opera en las llamadas bandas extendidas C y Ku.

- C Ext.: 3.7-4.2 GHz espacio-Tierra/6.425-6.725 GHz Tierra-espacio
- Ku Ext.:11.450GHz-11700GHz espacio-Tierra/13.75-14.0GHz Tierra-espacio

De esta manera puede ser “co-colocado” (*co-located*) en prácticamente la misma posición orbital de un satélite operando en las bandas C y Ku de las llamadas estándar o tradicionales, como las concesionadas a Satmex²⁴. Así hoy en día se encuentra colocado el satélite Bicentenario en la posición orbital de 114,8° LW, mientras que el Satmex 5 se encuentra en la posición orbital de 114.9° LW.

Si bien las coberturas del satélite Bicentenario se limitan al territorio mexicano incluyendo su mar patrimonial, los niveles de PIRE y G/T²⁵ son de los más altos para esta cobertura, incluyendo las zonas lejanas de las islas de Revillagigedo que no son atractivas para los operadores comerciales.

22 En diciembre del 2010, el Gobierno de México, a través de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, firma con la empresa Boeing, el contrato de adquisición del Sistema de Satélites Mexicanos Mexsat. En este contrato se incluyeron los satélites Centenario (Mexsat 1), el Morelos 3 (Mexsat 2) y el Bicentenario (Mexsat 3).

23 El Bicentenario fue lanzado por Arianespace desde el Centro espacial en Kourú, Guyana Francesa, en un vuelo compartido con el satélite británico Skynet 5D.

24 Un satélite geoestacionario en operación nominal tiene incursiones máximas Este-Oeste de $\pm 0.05^\circ$, por lo que cada $\pm 0.1^\circ$ es posible colocar otro satélite siempre y cuando las bandas de frecuencia no seas las mismas o se cuente con aislamiento en las coberturas de tierra para evitar la interferencia perjudicial.

25 Ver nota de pie 3 en página 18



Bicentenario 19-diciembre-2012

Plataforma Star 2
 Fabricante: Orbital
 Potencia Eléctrica 3.5 kW
 Banda C Ext
 Repetidor: 12 transpondedores activos
 Antena: reflector de 2.3 m
 Banda Ku Ext
 Repetidor: 12 transpondedores activos
 Antena reflector 2.5 x 2.7 m. elíptico
 Estabilización en tres ejes
 Masa al lanzamiento 3,050 kg.



MEXSAT Bicentenario [OSC]
Abajo Der: Lanzamiento por Arianespace 19 de diciembre de 2012.

RESUMEN DE SATÉLITES MEXICANOS GEOS

Satélite	Modelo	Fabricante	Lanzamiento	Vehículo de Lanzamiento	Masa de Lanzamiento	Txp. Banda C	Dist. Banda C	Txp. Banda Ku	Dist. Banda Ku
Morelos I	HS 376	Hughes Aircraft Coorpotration	17-jun-85	Discovery	646.5 Kg	18	12@36 MHz 6@72 MHz	4	4@108 MHz
Morelos II	HS 376	Hughes Aircraft Coorpotration	26-nov-85	Atlantis	646.4 Kg	18	12@36MHz 6@72 MHz	4	4@108 MHz
Solidaridad 1	HP 601	Hughes Aircraft Coorpotration	20-nov-93	Ariane 4	2,776 Kg	18	12@36 MHz 6@72 MHz	16	16@54 MHz
Solidaridad 2	HP 601	Hughes Aircraft Coorpotration	07-oct-93	Ariane 4	2,776 Kg	18	12@36 MHz 6@72 MHz	16	16@54 MHz
Satmex 5	HS 601 HP	Boeing (Hughes)	05-dic-98	Ariane 4	4,135 Kg	24	24@36 MHz	24	24@36 MHz
Satmex 6	LS-1300X	Space Systems Loral	27-may-06	Ariane 5ECA	5,456 Kg	36	36@36 MHz	24	24@36 MHz

Satélite	Modelo	Fabricante	Lanzamiento	Vehículo de Lanzamiento	Masa de Lanzamiento	Txp. Banda C	Dist. Banda C	Txp. Banda Ku	Dist. Banda Ku
Quetzsat 1	LS-1300	Space Systems Loral	29-sep-11	Proton/ MBriz-M	5,514 Kg	NA	NA	32	32@27 MHz
Bicentenario	Star 24	Orbital	19-dic-12	Arane 5ECA	2,935 Kg	12*	12@36 MHz	12**	12@36 MHz
Satmex 8	LS 1300 E	Space Systems Loral	26-mar-13	Proton/ MBriz-M	5,500 Kg	24	24@36 MHz	40	40@36 MHz
Satmex 7	702 SP	Boeing	02-mar-15	Falcon 9	4,861 Kg	12	12@36 MHz	34	34@36 MHz
Centenario	702 HP GEM	Boeing	16-may-15	Proton/ MBriz-M	5,325 Kg	NA***	NA	****	NA
Morelos 3	702 HP GEM	Boeing	0ct-15	Atlas	5,325 Kg	NA	NA	NA	NA

- * Banda C ext
- ** Banda Ku ext
- *** Banda L
- **** Banda Ku Ap 30B

EL ACUERDO TRILATERAL

Primera versión 1982

Para la colocación de satélites de comunicaciones comerciales es necesario cumplir con procedimientos regulatorios contenidos en el Reglamento de la UIT. Sin embargo, dado que el segmento de órbita geoestacionaria que cumpliría para dar servicios sobre México se encontraba prácticamente saturado, seguir los procedimientos del Reglamento no sería suficiente. La elevada ocupación de este arco desde los inicios de la industria satelital por Estados Unidos no dejaba muchas opciones.

Es así como, por las gestiones de México con sus vecinos, Estados Unidos y Canadá, y después de intensas negociaciones que prácticamente se han extendido por décadas, estos países suscribieron un Acuerdo Trilateral, que es la columna vertebral hasta nuestros días de las posiciones orbitales mexicanas en las bandas no planificadas del espectro.

Si bien hay diversas historias expuestas en charlas de café, son pocas las fuentes que documentan de manera detallada el inicio de nuestra industria satelital, sobre todo desde el punto de vista regulatorio. En el inicio no contábamos con posiciones orbitales, y por lo tanto tampoco con las bandas de frecuencia asociadas.

Dentro de la SCT existía un pequeño grupo al que se le confirió el trabajo de obtener posiciones orbitales. Rescatando algunos textos de los protagonistas traigo esta cita:

“...Ante el interés de que México contara con un satélite de comunicaciones domésticas de su propiedad, en 1979 se iniciaron los trámites corres-

pondientes para la obtención de una posición orbital geoestacionaria ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), organismo que regula las telecomunicaciones a nivel mundial.

“Al iniciarse los procesos de coordinación de las primeras posiciones orbitales que en interés inicial planteó México, que eran la de 85° W y posteriormente la de 102° W, con un arco de visibilidad de 49° W a 155° W, se observó que este arco de interés coincidía con el utilizado por Estados Unidos y Canadá para la ubicación de satélites domésticos para satisfacer servicios de comunicaciones en sus territorios nacionales. Canadá y particularmente Estados Unidos ya hacían una ocupación intensiva de las posiciones orbitales disponibles en este arco, lo que limitaba las posibilidades de México para establecer satélites en banda “C” (6/4 GHz), en aquel presente y en el futuro...”²⁶

Y también resulta interesante esta cita de la misma referencia:

“... Después de haberse logrado el acuerdo trilateral, antes mencionado, en octubre de 1982, la Secretaría de Comunicaciones y Transportes (SCT) y la empresa Hughes Communications Internacional firman un convenio con el que se dio inicio a la construcción de los satélites mexicanos denominados inicialmente Ilhuacahua, nombre que posteriormente se cambió al de Morelos.

“Paralelo a esta acción, México comunica a la UIT la información correspondiente, conforme los procedimientos establecidos en el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (RR-UIT), para la etapa de “publicación anticipada”, la cual es publicada el 8 de febrero de 1983 fijándose como fecha límite para recibir comentarios el 8 de julio de 1983.

“Faltando dos días para que concluyera el plazo límite de la etapa de “publicación anticipada”, el 6 de junio de 1983, la administración de Canadá presentó comunicación oficial indicando que de conformidad con sus análisis preliminares de sus redes satelitales existentes y en proyecto, existía un potencial de interferencia inaceptable, y agregaba su disposición para iniciar negociaciones tan pronto se reuniera la información necesaria, a efecto de llegar a una solución satisfactoria para ambas administraciones, con lo cual el proceso de coordinación de los satélites Morelos, que estaban ya en fabricación, quedó en suspenso.

“Con la celeridad que exigía el caso, se procedió a preparar la información para la coordinación, y se analizó la proporcionada por Canadá, determinándose la existencia de niveles potenciales de interferencia en las redes satelitales canadienses por la presencia de los satélites mexicanos, pero igualmente se

26 Ing. Carlos A. Merchán Escalante. Los Satélites Mexicanos. Septiembre 2007.

determinó que los satélites canadienses interferían a los satélites mexicanos, por lo que ambas redes deberían ajustar algunos de sus parámetros.

“Entre el 30 de enero y el 1 de febrero de 1984 México y Canadá se reunieron para coordinar sus redes satelitales, ambas delegaciones ratificaron su intención de apegarse al acuerdo trilateral de 1982, y se tuvo como resultado el “Acuerdo entre México y Canadá para facilitar la coordinación entre los sistemas satelitales Morelos y Anik” en el que se destaca el compromiso de usar estaciones terrenas con lóbulos laterales mejorados en el norte de México y en el sureste de Canadá, áreas detectadas como críticas en el proceso de coordinación.

“Posterior a esta reunión de coordinación y teniendo en cuenta sus resultados, se decidió en la SCT que el primer satélite mexicano se ubicaría en la posición de 113.5° W, y se prosiguió, de conformidad con el RR-UIT, con la etapa de coordinación de frecuencias, con fecha límite para recibir comentarios el 10 de noviembre de 1984. Al no recibirse ninguna objeción en esta etapa de la coordinación, a finales de diciembre de 1984 se procedió a la etapa de notificación e inscripción en el Registro Internacional de Frecuencias de la UIT, para su reconocimiento y protección internacional como posiciones orbitales asociadas a las bandas C y Ku de México...”²⁷

México era el nuevo vecino de la cuadra, el New kid on the block. Desde ese momento y hasta la actualidad, ha sido un trabajo de negociación permanente la obtención, operación y mantenimiento de los llamados “recursos orbitales”²⁸, en particular con Canadá y Estados Unidos, ya que el arco orbital desde la órbita geoestacionaria para dar servicios a la zona de América del Norte, prácticamente es el mismo para los tres países. No debemos perder de vista que el mayor consumidor de todo tipo de artefactos espaciales es Estados Unidos. Esto incluye a los satélites geoestacionarios.

Así que para tener posibilidades de tener acceso a un arco orbital que nos fuese útil, además de cumplir con los procedimientos especificados en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR) de la UIT, se tuvo que entrar en una negociación muy estrecha con nuestros vecinos del norte.

El primer acuerdo trilateral data de 1982, lo que le permitió a México continuar con el proyecto Morelos, concediéndole las posiciones 113.5 grados longitud oeste y 116.5 grados longitud oeste, donde colocaríamos al Morelos I y Morelos II, respectivamente. Ambas posiciones contaban con las bandas asociadas C y Ku y eran contiguas. El acuerdo de 1982, que además tuvo algunas mejoras en 1987 y 1990²⁹, complementado con el trabajo en la UIT, nos permitió lanzar el sistema Morelos de satélites.

27 Idem 1

28 LFTR Art.3 Frac LV

29 Salvador Gómez Olgún. Tesis: Desarrollo del Servicio Fijo por Satélite en México” IPN 1986.

Desde un inicio, la ocupación de los recursos orbitales con los que contaba México fue más eficiente comparado con las otras dos partes, debido a que las naves espaciales eran híbridas desde un inicio, es decir, contaban con las bandas C y Ku. En aquel entonces era todavía experimental la banda Ku y muy pocos satélites incluían “cargas útiles” con ambas bandas para uso comercial.

En conclusión, el acuerdo de 1982 le permitió a México avanzar con su proyecto; le dio la posibilidad de contar con dos posiciones orbitales.

Segunda versión del acuerdo trilateral 1988

Como hemos visto, el primer acuerdo, al poco tiempo de ser firmado, comenzó a tener diversas solicitudes de revisión, estas “observaciones” finalmente desembocaron en una nueva versión del acuerdo en 1988. En esta nueva versión del acuerdo, el equipo negociador mexicano logró incluir la tercera posición orbital. La posición orbital 109.2° LO. Por cierto, este equipo negociador fue el mismo que logró las primeras dos posiciones orbitales.

En la figura 2 podemos ver la transición del primer acuerdo al segundo acuerdo. En este caso las naves espaciales tanto de Canadá como de los EUA ya estaban consolidado las bandas C y Ku en una sola estación espacial.

ETAPAS DE TRANSICION (5)

SITUACION ACTUAL	PRINCIPIOS 1989	MEDIADOS 1990	FINALES 1990 PRINCIPIOS 1991	FINAL DE 1993	PRINCIPIOS DE 1995
103.0° - GSTAR-1	103° - GSTAR-1	103° - GSTAR-1	103° - GSTAR-1	103° - GSTAR-1	103° - SPACENET-1R(3)
104.5° - ANIK-D1	104.5° - ANIK-D1	104.5° - ANIK-D1	104.5° - ANIK-D2	104.5° - ANIK-D2(3)	105° - GSTAR-2
105° - GSTAR-2	105° - GSTAR-2	105° - GSTAR-2	105° - GSTAR-2	105° - GSTAR-2	105° - GSTAR-2
107.5° - ANIK-C1	107.3° - ANIK-C1(1)	107.3° - ANIK-E1	107.3° - ANIK-E1	107.3° - ANIK-E1	107.3° - ANIK-E1
110° - ANIK-C2	110° - ANIK-C2	110° - ANIK-C2			109.3° - MORELOS 111
110.5° - ANIK-D2	110.5° - ANIK-D2	110.5° - ANIK-D2	111.1° - ANIK-E2	111.1° - ANIK-E2	111.1° - ANIK-E2
113.5° - MORELOS I	113.5° - MORELOS I(2)	113.5° - MORELOS I(2)	113.5° - MORELOS I	113.5° - MORELOS I	113.0° - MORELOS-1R
	114.9° - ANIK-C3(1)(2)	114.9° - ANIK-C1(2)	114.9° - ANIK-C1	114.9° - ANIK-C1	114.9° - ANIK-E3(3)
116.5° - MORELOS 11	116.0° - MORELOS 11(2)	116.8° - MORELOS 11(2)	116.8° - MORELOS 11	116.8° - MORELOS 11	116.8° - MORELOS 11
117.5° - ANIK-C3					118.2° - ANIK-C1(4)
120° - SPACENET 1	120° - SPACENET 1	120° - SPACENET 1	120° - SPACENET 1	120° - SPACENET 1(3)	121.0° - GSTAR-1

Fig. 2. Transición de los acuerdos de 1982 al 1988.

ARREGLO ORBITAL

Banda C	Posiciones Orbitales (°W)	Banda Ku
EUA	103.0	EUA
**	105.0	EUA
CAN	107.3	CAN
MEX	109.2 *	MEX
CAN	111.1 *	CAN
MEX	113.0 *	MEX
CAN	114.9 *	CAN
MEX	116.8 *	MEX
CAN	118.7	CAN
**	121.0	EUA
EUA	123.0	EUA

Notas:

- * México y Canadá podrán hacer ajustes a esas posiciones por mutuo acuerdo.
- ** Los Estados Unidos de América acuerdan implementar sólo satélites en banda Ku en esas posiciones.

ACUERDO TRILATERAL EN MATERIA SATELITAL A FINALES DE LOS OCHENTA



Fig. 3. Distribución de posiciones orbitales del Acuerdo Trilateral 1988.

Así, esta primera revisión del acuerdo fue alcanzada el 10 de mayo de 1988³⁰, y proyectaba actividades hasta 1995.

El preámbulo de este acuerdo inicia con la siguiente frase:

“...Con el fin de satisfacer los futuros requerimientos de sus respectivos sistemas de satélites para el servicio fijo, las entidades de telecomunica-

30 Esta primera revisión del acuerdo es llamada anecdóticamente por el Ing. Carlos A. Merchán Escalante, quien encabezó la delegación mexicana como “un acuerdo con mucha madre”, debido a que se firmó el 10 de mayo y a la importante intervención de la Lic. Rosa María Ramírez de Arellano y Haro, quien participó en la delegación mexicana representando a la Dirección de Asuntos Jurídicos de la SCT, quien por su gran capacidad de análisis en temas Internacionales Multilaterales obtuvo los acuerdos internos de la Dirección General de Telecomunicaciones y de la Dirección General de Normatividad y Control de Comunicaciones de la SCT, para que México pudiese aceptar derivar los satélites Morelos, de las posiciones originales de 113.5° LO y 116,5° LO a las nuevas posiciones orbitales 113.0° LO y 116.8° LO, que se establecían en esta revisión del acuerdo trilateral y obtener así, una tercera posición orbital para México en 109.2° LO para un futuro satélite mexicano.

ciones de Canadá, Estados Unidos y México, teniendo en cuenta el artículo 31 del Convenio Internacional de Telecomunicaciones (Nairobi, 1982) han producido este acuerdo que reemplazaría al acuerdo de 1982 sobre posiciones orbitales...”

Es importante mencionar que si bien el acuerdo reconocía posiciones orbitales con las bandas C y Ku asociadas (“3700-4200 MHz, 5925-6425 MHz, 1.7-12.2 GHz y 14.0-14.5 GHz”), a cada una de las tres partes del acuerdo, también se mencionaba en el procedimiento de coordinación lo siguiente:

“... El Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT es la base para la coordinación de redes satelitales. Cuando una Administración desee coordinar una red de conformidad con este acuerdo administrativo, iniciará los procedimientos de publicación anticipada y solicitará la coordinación de conformidad con el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT, tan pronto como sea posible. Seguidamente y de acuerdo con el Reglamento de Radiocomunicaciones, las administraciones harán esfuerzos para efectuar la coordinación de las redes involucradas de tal forma que haya una adaptación mutua y una cooperación oportuna...”

Cuando México presenta el sistema Solidaridad, tuvo un gran impacto para las otras dos partes del acuerdo, ya que este sistema fue disruptivo, al incluir coberturas regionales y dejar atrás las coberturas nacionales (solo México). Además, el nuevo sistema mexicano incluía la banda L que no estaba cubierta por el multicitado acuerdo. La inclusión de la banda L abrió otro gran capítulo en la coordinación de frecuencias de redes satelitales que incluyó otros países, entre estos Canadá, Estados Unidos, México, Reino Unido y la Federación Rusa. Esta es otra historia que veremos más adelante.

Durante la vigencia de esta primera revisión del acuerdo de 1988, México realizó varios cambios en su flota: en 1993 lanzó el Solidaridad 1 (Morelos III) que ocupó la nueva posición 109.2°. Hacia 1994, el Morelos I salió de operaciones y el satélite Solidaridad 2 se ubicó en 113°. El Morelos II se desplazó a 116.8°. El Morelos 1R se ubicaría en 116.8°, según el acuerdo. Este último satélite finalmente se llamaría Satmex 5.

Sin embargo, como el propio acuerdo lo contemplaba, de conformidad con el RR, era necesario llevar los procedimientos de coordinación de frecuencias correspondientes, para así cumplir con los lineamientos de la UIT y obtener la inscripción de frecuencias en la Lista Internacional de Frecuencias, donde se le reconocían los derechos de las administraciones para la operación de sus redes satelitales con las restricciones y protecciones del caso.

Si observamos la figura 5, las tres posiciones de México están alternadas entre las cuatro posiciones de Canadá. Así en la órbita geoestacionaria, nuestras fronteras inicialmente eran con Canadá. Por lo que los procedimientos de coor-

dinación, en primera instancia con el satélite Morelos, y después con Solidaridad, implicaron una estrecha coordinación con las redes canadienses, en este caso con el operador Telesat³¹.

Las intenciones de expansión de México con el sistema Solidaridad implicaron un primer desafío de coordinación entre Telecomm³² y Telesat. Se estima que los operadores satelitales realicen los trabajos de coordinación entre las redes satelitales y una vez alcanzado un “acuerdo de coordinación” este se eleva para ser considerado por las administraciones respectivas, y en su caso, las administraciones proceden a la firma de un Acuerdo dando parte a la BR³³ de la UIT para completar los procedimientos contenidos en el RR³⁴, en particular con lo estipulado en el artículo 9 del mismo.

Telesat propuso llevar a cabo una negociación en “paquete” donde se consideraban las cuatro posiciones canadienses y las tres mexicanas, fijando PIRE´s de satélite máximos a cada una de las posiciones orbitales, tanto para la banda C como para la Ku, para los satélites mexicanos medidos en la frontera sur de Canadá y para los satélites canadienses en la frontera norte de México. Con un acuerdo en paquete como lo proponía Telesat, cada operador podría hacer los cambios y reemplazos a largo plazo sin afectar a la otra parte. Dado que la expansión de los Satélites Solidaridad sobre los EUA fue limitada a solo a algunos transpondedores de en banda Ku y la banda C se extendía solo hacia Sudamérica, el acuerdo, con algunos cambios, era funcional.

Satmex, en cambio, era de la visión de hacer la coordinación entre redes satelitales, coordinando el tráfico de cada red que, en el caso mexicano, podría ser muy diferente, de conformidad con las necesidades particulares de los usuarios en la región. En la visión de Satmex, el tráfico podría cambiar a lo largo del tiempo, sobre todo si existían reemplazos de naves espaciales, y esto conllevaría a solicitar a la otra parte ajustes al acuerdo alcanzado, pues las necesidades de los usuarios de ambas partes y con próximos reemplazos de satélites, podrían cambiar en función del mercado y de los desarrollos tecnológicos.

Una vez privatizada la empresa mexicana, su vocación se tornó hacia los mercados y a buscar la mayor competitividad posible en la región de las Américas. En diciembre de 1998, prácticamente un año después de la privatización, fue lanzado el Satmex 5.

Sin embargo, el acuerdo encontró grandes dificultades para albergar la propuesta mexicana del nuevo Morelos 1R, que finalmente se llamaría Satmex 5.

31 Telesat Canadá: operador satelital canadiense.

32 TELECOMM: Telecomunicaciones de México, Organismo Descentralizado del Gobierno Federal, creado en 1988 y operador de los satélites mexicanos.

33 BR: Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT.

34 RR: Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

Este nuevo satélite consideraría coberturas regionales tanto en banda C como en Ku que incluían prácticamente todo el territorio continental (CONUS)³⁵.

Para 1995-1996, México anunciaría la privatización del sistema satelital mexicano, la cual se concretaría en octubre de 1997. Así las condiciones cambiaron para ambas partes.

Para junio de 1997, poco antes de la privatización de la nueva empresa Satélites Mexicanos, S. A. de C.V.³⁶, se llevó la primera reunión de coordinación con Canadá, que incluyó el relevo del satélite Morelos II.

Los siguientes meses y años fueron caracterizados por un gran desgaste de ambos operadores. Ambos operadores eran ya empresas prácticamente privadas³⁷. Si bien las administraciones se mostraron en todo momento cooperativas, los operadores en su papel de la búsqueda del mercado tanto nacional como la inclusión del mercado de Estados Unidos, tenían posiciones muy distantes y en algunos casos contrarias.

Con el lanzamiento del Satmex 5 y las condiciones de operación de este nuevo satélite, las consideraciones previstas para el acuerdo anterior que consideraban las características de los Solidaridad, ya no fueron suficientes. Mientras los satélites Solidaridad tenían una cobertura limitada en Ku en algunos transpondedores sobre Chicago y el noroeste de Estados Unidos, así como parte de California, incluyendo Los Ángeles, el satélite Satmex 5 cubría todo el territorio continental tanto en banda Ku como en la banda C. De la misma forma, el satélite Satmex 5 cubría tanto en C como en Ku toda América Latina, a excepción de Brasil.

EL satélite Satmex 5, a pesar de haber sido diseñado por Telecomunicaciones de México en el momento de la privatización, fue aprobado por el nuevo comprador y prácticamente no se realizaron modificaciones a la carga útil. Este satélite marcó tendencia de la nueva empresa mexicana recién privatizada, la cual buscaba prestar servicios en el mercado de Centro y Sudamérica, además de participar en el mercado satelital más competido del mundo que era y es el de Estados Unidos.

Sin embargo, para las consideraciones del acuerdo, que asumía que la zona de Estados Unidos era una zona que permitiría el aislamiento entre las coberturas de las diferentes naves separadas a 1.9 ya no era cumplida.

Ambos operadores querían utilizar altas potencias, sobre todo en Ku por arriba de los 50 dBW de PIRE's sobre Estados Unidos.

35 CONUS: Continental US: 48 Estados contiguos localizados al sur de Canadá y al norte de México además del Distrito de Columbia (Wikipedia)

36 La convocatoria para adquirir títulos del capital social de Satélites Mexicanos fue publicada el 1 de agosto de 1997 en el DOF. El fallo de ganador fue hacia finales de noviembre del mismo año.

37 Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. contaba con 25% de capital gubernamental en acciones neutras, por lo que estas acciones no tenían derecho a voto.

En mayo de 2000 se logró firmar un nuevo acuerdo que permitía la operación de los satélites Solidaridad 1 (109.2°), Solidaridad 2 (113.0°) y Satmex 5 (116.8°). Así se cerró una etapa más de este acuerdo.

Desafortunadamente, en agosto de ese mismo año se confirmó la pérdida del satélite Solidaridad 1, a prácticamente la mitad de su vida nominal. Entre muchas otras tareas que implica la pérdida de una nave espacial, fue necesario buscar el reemplazo de la nave espacial. Para ello, existía un avance en los trabajos de reemplazo como parte del plan de contingencia de la empresa. El nuevo satélite sería el Satmex 6.

La propuesta inicial era posicionar el Satmex 6 en 109.2°, donde se encontraba el Solidaridad 1, posición que ahora estaba vacante. Sin embargo, las características del Satmex 6 eran totalmente diferentes a las del Solidaridad 1, por lo que se propuso a Telesat Canadá renegociar el acuerdo con las nuevas características.

Como era de esperarse, ante la propuesta de colocar el Satmex 6 en 109.2° no fue aceptada por Telesat. Entre diferentes sistemas, Telesat estaba desarrollando un sistema DTH38 a lo largo de toda la frontera con EUA.

La planeación de Telesat Canadá incluía el desarrollo de un sistema de tipo DTH a ser desarrollado a lo largo de su frontera con Estados Unidos, considerando las posiciones de 107.3° y 111.1°. Este sistema, por una parte, operaría con altas potencias de bajada a las estaciones remotas. Por la otra, las características a la recepción de las estaciones remotas de un sistema DTH que aspira a ser similar a los satélites de radiodifusión³⁹ del Ap.30 y 30A, que no era el caso, utilizaban antenas con baja directividad, sobre todo en azimuth. Con las consideraciones anteriores vino un conflicto prácticamente insalvable con la posición de 109.2° de México.

Tenemos que recordar que para la banda Ku los niveles de PIRE's sobre CONUS considerados para las posiciones de 109.2° y 113.0° mexicanas eran muy limitadas. Una nave como el Satmex 6 con coberturas continentales y regionales que incluía CONUS eran prácticamente imposibles con el acuerdo del 2000. Las negociaciones entre los operadores fueron desgastantes y con muy poco avance. Después de prácticamente tres años y múltiples reuniones, las administraciones de ambos países se reunieron para la búsqueda de soluciones.

La participación de la administración mexicana estuvo a cargo del subsecretario de Comunicaciones de la SCT, Jorge Álvarez Hoth, y por la Coordinadora General de Asuntos Internacionales de la Comisión Federal de Telecomunicaciones (Cofetel), Salma Jalife Villalón, y por el Presidente Ejecutivo de Satmex, Lauro González Moreno, lo que fue determinante para la solución de este laberinto insalvable.

38 DTH: Direct to Home. Son sistemas desarrollados en las bandas del SFS que asemejan los sistemas de Servicio de Radiodifusión por Satélite. También se les puede conocer como DBS: *Direct Broadcast System*.

39 Los satélites de Radiodifusión del Plan de los Apéndices 30 y 30A del RR operan en la banda de subida de 17.3-17.8 GHz y la bajada es en la banda de 12.2-12.7 GHz.

Por parte de Canadá, el liderazgo estuvo a cargo del Viceministro de Industria de Canadá, Peter Harder; el Asistente Adjunto, David Fransen, y los Vice-ministros Chantal Beaumier⁴⁰, Vassilios Mimis y Ron Amero. En una segunda ronda, los asesores legales Jan Skora, Mike Miller y Diane St-Arnaud. En las dos rondas, y a lo largo de todo este proceso también participó el Presidente Ejecutivo de Telesat Canadá, Larry Boisvert.

Pensando “fuera de la caja”, se identificó la posibilidad de intercambiar posiciones orbitales ya notificadas y/o en Coordinación ante la UIT, entre las administraciones de México y Canadá y realizar un intercambio (*swap*) de la posición 109.2 por la 114.9°. Con esta opción, México, y al final Satmex, contarían con tres posiciones contiguas 113.0°, 114.9° y 116.8°. Por su parte Canadá también tendría tres posiciones contiguas. Así la gestión de las mismas daría mayor libertad a los operadores:

NUEVO ACUERDO

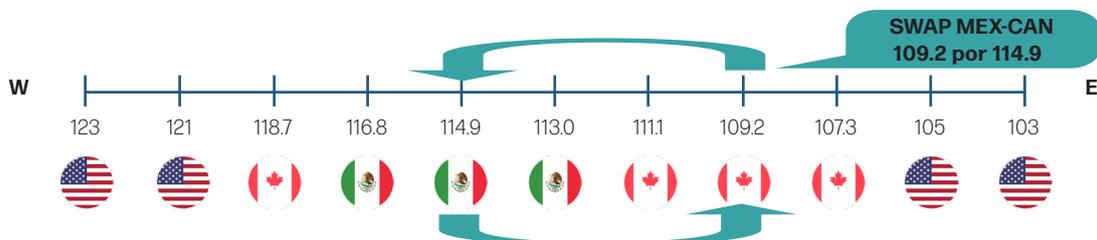
Administración	Grados			
Canadá	107.3	109.2	111.1	118.7
México	113.0	114.9	116.8	

Este acuerdo fue un precedente en la industria espacial y demostró cómo en los asuntos más complejos siempre es posible encontrar una solución que deje a todos igualmente insatisfechos. Moraleja: “en un ambiente de cooperación, nadie puede llevarse todas las canicas, pero tienes que cuidar muy bien las que ya tienes”.

ACUERDO TRILATERAL EN MATERIA SATELITAL (MEX-CAN-EUA) (PRIMERA REVISIÓN 1988)



ACUERDO TRILATERAL EN MATERIA SATELITAL (MEX-CAN-EUA) (SEGUNDA REVISIÓN 2003 CON SWAP)



⁴⁰ Chantal Beaumier, además de ocupar altos cargos en Industry Canadá por varios años fue Jefa de Delegación por la Administración de Canadá en diversos foros internacionales como en la UIT y en la OEA/CITEL. También fue electa por dos ocasiones (2018 y 2022) para ocupar uno de los dos lugares para la Región 2 (Américas) en la Junta de Reglamento de la Oficina de Radiocomunicaciones de la UIT.

EVOLUCIÓN DE POSICIONES MEXICANAS DEL ACUERDO TRILATERAL MÉXICO CANADÁ-EUA, BANDA C Y KU CONVENCIONAL

Instrumentos Regulatorios



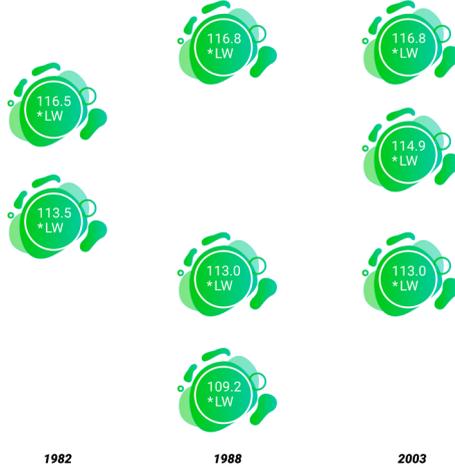
Acuerdo Tribunal Referente al Uso de la Órbita Geostacionaria Alcanzado Entre Canadá México y los EUA

1982, Rev1988, Rev 2003



Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT (RR)

Posiciones orbitales Mexicanas Bandas C y Ku asociadas



La evolución de las posiciones orbitales mexicanas ha sido el producto de una negociación permanente dentro del marco que permite el Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.



Foto. Reunión de Coordinación Técnica México-Canadá. Encuentro realizado en Cocoyoc, México, en junio de 1997 entre la SCT, la Cofetel, Satélites Mexicanos, Industry Canadá y Telesat Canadá.

UN PEQUEÑO RECONOCIMIENTO A LA GENTE:

No hay recurso más caro que el que no se tiene.

El recurso más importante, desde mi óptica, es el capital humano. La gente que ha tenido sueños visionarios y que ha apostado su vida al desarrollo de la industria satelital en México es la que ha creado las oportunidades para el desarrollo de la industria espacial, y en particular de la satelital en México.

Es imposible terminar este capítulo sin mencionar a una serie de personas de diferentes niveles jerárquicos y enfoques profesionales que han contribuido, de manera excepcional, con su trabajo y liderazgo a lo largo de varios lustros y en algunos casos por varias décadas al desarrollo de la Industria Satelital Mexicana. Como se dice la siguiente lista es exhaustiva mas no limitativa, misma que con el tiempo se incrementará año con año, sobre todo porque las nuevas generaciones harán también su aportación para cumplir con su compromiso histórico.

Personas clave en el desarrollo de la industria satelital mexicana:

Eugenio Méndez Docurro, Javier Jiménez Espriú, Clemente Pérez Correa, Miguel Eduardo Sánchez Ruiz, Rafael del Villar, Carlos Mier y Terán Ordiales, José Antonio Padilla Longoria, Leonel López Celaya, Salvador Landeros Ayala, Rodolfo Neri Vela, Héctor Olavarría, Ignacio Peralta, Enrique Melrose, Sergio Viñals, Arturo Robles Robalo, Sergio Autrey Maza, Lauro González Moreno, Carlos Alejandro Merchán Escalante, Jorge Sosa Pedroza, Luis Manuel Brown, Salvador Gómez Olguín, Jesús Banda, Efraín Oropeza, Juan Manuel Zamudio, Adrián Pérez Zúñiga, Arturo Alcalá, José Thomsen Centeno, Miguel Ángel Cruz Chávez, Jesús Gutiérrez, Mauricio Ávila, Francisco Viveros, Miguel Valero y Lucio Adame.

Mujeres clave que han dedicado su vida a la industria satelital y que son motivo de inspiración:

Abogacía y Relaciones Internacionales:

Rosa María Ramírez de Arellano y Haro, Carmen Ochoa Avendaño, Gabriela Hernández Cardoso, Fernanda Palacios, Eurídice Palma Salas y Ángeles Gallego.

Ciencias e Ingenierías:

Salma Jalife Villalón, Mónica Aspe Bernal, Amanda Gómez, Delfina Reyes, Patricia Huesca Baños, Gabriela Roa, Erika Roesler, Ying J. Feria y Chantal Beamuier.

Capítulo 5

Privatización y apertura a la competencia de los servicios satelitales

Eurídice Palma Salas

ANTECEDENTES.

La apertura a la inversión privada y a la competencia de los servicios de comunicación vía satélite se dio a través de tres modificaciones constitucionales (1983, 1995 y 2013)¹; la del Reglamento de Telecomunicaciones de 1990; la emisión de la Ley Federal de Telecomunicaciones de 1995 y del Reglamento de Comunicación Vía Satélite de 1997; la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión de 2014; el proceso de desincorporación de Satélites Mexicanos, y en el ámbito internacional, mediante la celebración de tratados, protocolos bilaterales y compromisos internacionales multilaterales.

La materia satelital se prevé por primera vez en la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, a través de una modificación constitucional con la cual se incorporó al párrafo 4º del artículo 28 la comunicación vía satélite en el sentido de que no constituirían monopolio las funciones que el Estado ejerciera de manera exclusiva² en áreas estratégicas que a partir de esa modificación incluía a la comunicación vía satélite. La reforma fue publicada el 3 de febrero de 1983 en el Diario Oficial de la Federación (DOF) y tuvo como efecto limitar la inversión privada en el sector y desinterés en utilizar las comunicaciones vía satélite³. Es importante mencionar que antes de la reforma de 1983 no había una restricción a la inversión privada en el sector satelital.

Derivado de la restricción impuesta en la Constitución, para encauzar la inversión privada se celebraron convenios con los usuarios, que se sustentaron en interpretaciones al dispositivo constitucional, con objeto de permitir que, en casos de emergencia o seguridad pública, y solo en esos casos, las estaciones terrenas que adquirieran los usuarios privados darían apoyo al Gobierno federal. Al amparo de estos convenios se instalaron las primeras redes satelitales por Banamex y Bancomer⁴. Además, en 1990 se publicó el Reglamento de Telecomunicaciones⁵, cuyo Capítulo V relativo a “Permisos para la Instalación y Operación de Estaciones Terrenas de Comunicación por Satélite” estableció las

- 1 La desincorporación de Satélites Mexicanos S.A. de C.V. concluyó previo a la Reforma constitucional de 2013.
- 2 Específicamente se previó que: “No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las áreas estratégicas a las que refiere este precepto: y la comunicación vía satélite; ...”
- 3 Merchan Escalante, Carlos A, Los Satélites Mexicanos, Septiembre de 2007, página 8.
- 4 Idem.
- 5 DOF del 29 de octubre de 1990.

condiciones para el otorgamiento de permisos para la instalación y operación de estaciones terrenas de comunicación por satélite, abriendo así la operación y explotación de estaciones terrenas a los particulares⁶.

CONTEXTO DE LA APERTURA A LA INVERSIÓN PRIVADA Y A LA COMPETENCIA

El proceso de privatización e inicio de apertura a la competencia de las comunicaciones satelitales se llevó a cabo en el sexenio del presidente Ernesto Zedillo Ponce de León, en un contexto de crisis económica y un elevado déficit de la balanza de pagos⁷, a la par de tendencias mundiales de innovación tecnológica, apertura a la competencia y a la inversión privada⁸.

Ante los montos de inversión necesaria para los satélites y estaciones terrenas, los primeros sistemas satelitales fueron desplegados por organizaciones intergubernamentales con el propósito de estar en posibilidad de brindar acceso “universal” a la capacidad satelital en condiciones no discriminatorias, así surgieron Intelsat e Inmarsat.

La privatización fue adoptada en diferentes países y sus objetivos varían según el contexto, dependiendo de las circunstancias socioeconómicas y la cultura política predominante. Entre sus principales objetivos se encuentran aquellos dirigidos a fortalecer el mercado; por otra parte, pueden perseguir la reducción del déficit de operación del gobierno. Igualmente, los objetivos políticos pueden ser la reducción del papel del Estado en la vida pública, la formación de nuevos grupos de interés, la transferencia de poder a una nueva élite empresarial⁹.

REESTRUCTURACIÓN DEL SISTEMA SATELITAL MEXICANO Y DESINCORPORACIÓN DEL SERVICIO FIJO POR SATÉLITE

Con un proceso que inició en 1995 y se fue desarrollando entre 1996 y 1997 se llevó a cabo la reestructuración de los servicios satelitales que eran operados por Telecomunicaciones de México (organismo público descentralizado tam-

⁶ Merchan Escalante, Carlos A, Los Satélites Mexicanos, Septiembre de 2007, página 16.

⁷ <http://www.equilibrioeconomico.uadec.mx/descargas/Rev2014/Rev14Sem1Art4.pdf> http://conocimientosfundamentales.rua.unam.mx/ciencias_sociales/Text/51_tema_05_5.3.2.html

⁸ Fuente: Síntesis Informativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes y Telecomunicaciones de México (Telecomm), Noviembre de 1996, páginas 4 y 5. Entre las tendencias mundiales se refieren la limitación de posiciones de órbita geostacionaria para SFS en banda C y Ku en el arco de Norteamérica, en bandas C y Ku; satélites geostacionarios cada vez más potentes con cobertura internacional; tecnología de compresión digital capaz de conducir más señales de televisión, radio, datos y telefonía por unidad de capacidad satelital, 10 canales digitales de TV por transpondedor en lugar de un canal analógico; surgimiento de sistemas satelitales de televisión directa al hogar (DTH/DBS); sistemas globales de comunicación móvil personal con satélites en órbita baja (LEO) y órbita media (MEO), desarrollo de la Supervía Satelital de la Información en la Banda Ka; creciente mercado latinoamericano de servicios satelitales; apertura a la inversión privada en Intelsat e Inmarsat, en ese momento organismos intergubernamentales; tendencia mundial a la inversión privada, con ejemplos como Canadá, Argentina, Brasil y uso del mercado de capitales para el desarrollo de nuevos sistemas satelitales.

⁹ Ibarra Muñoz, D (2004): Ensayos sobre economía mexicana, México: Fondo de la Cultura Económica, citado por Carlos Ernesto Arcudia Hernández y otros, en Privatización de las empresas estatales en México 1982-2000, Revista Académica de Investigación Tlatemoani, No. 30-Abril 2019, España ISSN 19899300, página 3.

bién conocido como “Telecomm”, hoy como “Finabien”) y que se componía de los siguientes segmentos:

- a. Servicios Fijos por Satélite (SFS) para la conducción de señales de televisión, voz y datos para redes públicas y privadas de comunicación. El sistema satelital integrado por tres satélites, ubicados en las posiciones orbitales 116.8° W, 109.2° W, 113.0° W, y dos centros de control, uno en Iztapalapa, Distrito Federal (hoy Ciudad de México) y el otro Hermosillo, Sonora.

Además, Telecomm, como signatario del consorcio intergubernamental Intelsat, administraba la capacidad satelital ofrecida por Intelsat.

- b. Telepuertos, para la prestación de servicios de carácter social como televisión educativa y cultural, transmisión de eventos especiales, servicios de telefonía rural y apoyo a la red telegráfica. La red de telepuertos de Telecomm se componía de instalaciones en Iztapalapa, Tulancingo y Hermosillo, para servicios de enlaces nacionales e internacionales de televisión, radio y telefonía y datos vía el sistema de satélites mexicanos e Intelsat, además de doce telepuertos, ocho unidades móviles con estaciones trans-receptoras, que prestaban servicios de enlaces satelitales para eventos especiales.

- c. El servicio móvil por satélite (SMS) que contaba con tres sistemas:

1. El sistema Movisat, para servicios de posicionamiento, transmisión de mensajes y telefonía móvil, con el centro de control del servicio móvil en Iztapalapa y el transpondedor de Banda L y medio transpondedor de Banda Ku, de cada uno de los satélites.
2. El servicio de Inmarsat, prestado a través de Telecomm, como signatario del consorcio, para servicios móviles de tipo marítimo, aéreo y terrestre a nivel mundial.
3. El sistema global ICO, para comunicación móvil personal internacional, cuyo inicio de operaciones estaba programado para 1999, con un sistema de 10 satélites de órbita media.

- d. Posiciones orbitales para satélites de televisión directa al hogar (69° W, 78° W, 127° W, 136° W).

- e. Otras posiciones para nuevos satélites mexicanos. Se llevaban a cabo las gestiones para cuatro posiciones orbitales en las Bandas C y Ku, en los segmentos de banda de frecuencia extendida para las tres posiciones orbitales ocupadas por los satélites Morelos II, Solidaridad 1 y 2. Se preveía la posibilidad de que en un futuro fuera licitado su concesionamiento para instalar nuevos satélites mexicanos.

Asimismo, México había solicitado a la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) diez posiciones orbitales para el sistema de satélites Megasat en la Banda Ka, planteado como una supervía satelital de información con cobertura global.

En la estrategia de apertura del servicio satelital se consideró que el Estado contara con capacidad suficiente para prestar servicios sociales y de seguridad nacional, así como el reconocimiento a la capacidad profesional del personal técnico de Telecomm. Con base en dichas consideraciones se adoptaron las siguientes acciones:

- Telecomm conservó el servicio móvil por satélite (SMS), los telepuertos.
- Se decidió que en el período de 1995 a 1997 se continuaran acciones tendientes a licitar la posición orbital 78° W para el servicio de “difusión” directa.
- Además, en el proceso de desincorporación, el **gobierno se reservó la capacidad satelital** que se empleaba en los satélites que eran propiedad del gobierno, como se explica con mayor detalle a continuación.

Se decidió la desincorporación del servicio fijo satelital (SFS), para lo cual se modificó nuevamente al párrafo cuarto del artículo 28 constitucional, en esta ocasión para prever que la comunicación vía satélite es un área prioritaria para el desarrollo, dejando de ser considerada dentro de las áreas estratégicas y por lo tanto fuera de las funciones que el Estado ejerce de manera exclusiva. Esta reforma se publicó en el DOF el 2 de marzo de 1995¹⁰.

El 7 de junio de 1995 se publicó la Ley Federal de Telecomunicaciones que permitió otorgar concesiones sobre posiciones orbitales asignadas al país y para explotar sus respectivas bandas de frecuencia (artículo 11, fracción III), igualmente para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de bandas de frecuencias asociadas a sistemas satelitales extranjeros que cubran y puedan prestar en el territorio nacional (artículo 11, fracción IV), además de considerar como vías generales de comunicación el espectro radioeléctrico, las redes de telecomunicaciones y los sistemas de comunicación vía satélite. De conformidad con el artículo 12, dichas concesiones referidas en la Ley solo serían otorgadas a personas físicas o morales de nacionalidad mexicana, limitando al 49% la inversión extranjera.

Para el marco jurídico internacional, en 1996 se suscribieron el Tratado entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de los Estados Unidos de América, relativo a la Transmisión y Recepción de Señales Satelitales para la

10 El cuarto párrafo del artículo 28 constitucional fue modificado de la siguiente forma: “No constituirán monopolios las funciones que el Estado ejerza de manera exclusiva en las siguientes áreas estratégicas: correos, telégrafos y radiotelegrafía; petróleo y los demás hidrocarburos; petroquímica básica; minerales radioactivos y generación de energía nuclear; electricidad y las actividades que expresamente señalen las leyes que expida el Congreso de la Unión. La comunicación vía satélite y los ferrocarriles son áreas prioritarias para el desarrollo nacional en los términos del artículo 25 de esta Constitución; el Estado al ejercer en ellas su rectoría, protegerá la seguridad y la soberanía de la Nación, y al otorgar concesiones o permisos mantendrá o establecerá el dominio de las respectivas vías de comunicación de acuerdo con las leyes de la materia.”

Prestación de Servicios Satelitales a Usuarios en los Estados Unidos Mexicanos y en los Estados Unidos de América y el Protocolo Concerniente a la Transmisión y Recepción de Señales de Satélites para la Prestación de los Servicios de Difusión Directa al Hogar por Satélite en los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América (“Protocolo SSR”); en 1997 se firmó el Protocolo concerniente a la transmisión y recepción de señales de satélites para la prestación de Servicios Fijos por Satélite en los Estados Unidos Mexicanos y los Estados Unidos de América¹¹.

Por otra parte, en 1997 se firmó el Acuerdo entre el Gobierno de los Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de la República Argentina concerniente a la Reciprocidad en el Uso de Satélites y la Transmisión y Recepción de Señales desde Satélites para la Prestación de Servicios por Satélite a Usuarios en los Estados Unidos Mexicanos y la República Argentina¹². También como parte de las acciones para lograr la coordinación de satélites mexicanos Solidaridad en la región se adoptaron acciones con países como Venezuela y con el Comité Andino de Autoridades de Telecomunicaciones (CAATEL), de la Comunidad Andina cuyos países miembros son Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Entre otras cosas, CAATEL buscaba la reciprocidad para el otorgamiento de las autorizaciones para la utilización comercial del recurso órbita - espectro. En este contexto, se modificó en 1998 el Reglamento de Aplicación del Principio de Reciprocidad en las Autorizaciones que se Otorgan sobre Partes Específicas del recurso órbita-espectro de los Países Miembros¹³. En el artículo 2 se prevé que se podría condicionar la concesión de las autorizaciones en favor de satélites no andinos al otorgamiento de facilidades equivalentes por parte del tercer país en favor de sistemas satelitales andinos. Además, que sin perjuicio de los compromisos adquiridos en las negociaciones sobre servicios de telecomunicaciones de la Organización Mundial de Comercio (OMC) para aplicar el principio de reciprocidad se tendrá en cuenta que la coordinación de la red satelital del satélite no andino se realice en los términos del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT.

Además, a través del Cuarto Protocolo sobre telecomunicación básica del Acuerdo General sobre el Comercio de Servicios de la OMC, se establecieron compromisos para la apertura a partir de 1998 de los servicios satelitales en los países signatarios.

En dicho protocolo, México estableció la salvaguarda para la apertura de su mercado doméstico para servicios de redes de voz y datos vía satélite a partir de 2002 para el servicio fijo nacional, al prever que los servicios distintos a los de larga distancia internacional que requieran del uso de satélites hasta 2002 deberán utilizar infraestructura satelital mexicana. Ello, previendo que otros países abrirían sus mercados a partir de 1998 y la reserva temporal daría mayor valor al sistema satelital que se licitaría.

¹¹ Publicados en el DOF el 8 de noviembre de 1996, el 7 de abril de 1997 y 17 de marzo de 1998.

¹² Cuyo decreto promulgatorio fue publicado en el DOF el 30 de agosto del año 2000.

¹³ <https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/03/principio-de-reciprocidad-en-sistemas-satelitales-andinos.pdf>

Se establecieron requisitos de nacionalidad y presencia comercial y de autorización, al indicar que se requería concesión para prestar servicios de telecomunicaciones, que solo empresas constituidas conforme a la ley mexicana pueden obtener la concesión y que los gobiernos no podrán participar en una empresa constituida conforme a las leyes mexicanas, ni obtener autorización alguna para prestar servicios de telecomunicaciones; no obstante, se permite la participación de la inversión extranjera directa hasta el 49% en una empresa constituida conforme a las leyes mexicanas.

También cabe mencionar que se incorporó que Telecomm contaba con los derechos exclusivos para los enlaces con Intelsat e Inmarsat y que de los compromisos de México fueron excluidos del ámbito de aplicación de las disciplinas de la OMC los servicios de transmisión satelital de DTH y DBS.¹⁴

PROCESO DE DESINCORPORACIÓN Y APERTURA A LA COMPETENCIA

En el proceso de análisis para la reestructura y decisión de desincorporación, se consideró que la competencia entre sistemas satelitales y terrestres favorecerían al usuario.

Mediante Acuerdo del Secretario de Comunicaciones y Transportes publicado en el DOF, el 28 de febrero de 1996, se creó el Comité de Reestructuración del Sistema Satelital Mexicano, cuyo objeto fue definir la estrategia a seguir sobre aspectos generales y específicos en las diferentes fases del proceso de reestructuración que llevaría a cabo la SCT.

Se optó por la venta de un paquete mayoritario de acciones (un porcentaje) del capital social de la empresa y vender las demás acciones en una o varias colocaciones públicas posteriores, considerando que se atraerían más participantes, menor tiempo para realizarlo, mayor diversificación de capital, menor concentración del mercado y mayores ingresos para el Estado.

Después, el 16 de junio de 1997 se publicaron en el DOF las Bases Generales para la apertura a la inversión privada en el Sistema Satelital Mexicano, mediante "licitaciones públicas". Dichas bases establecieron generalidades sobre el contenido de "las convocatorias para la licitación de los títulos representativos del capital social de las empresas de participación estatal que tengan por objeto actividades relacionadas con el aprovechamiento de la capacidad satelital o con la prestación de servicios de comunicación vía satélite y el otorgamiento de concesiones de acuerdo con lo previsto en el artículo 19 de la Ley Federal de Telecomunicaciones".

14 Lista de Compromisos específicos de México, Suplemento 2, disponible en <https://docs.wto.org/dol2fe/Pages/SS/directdoc.aspx?filename=S:/SCHD/GATS-SC/SC56.pdf&Open=True>

En junio de 1997, se constituyó Satélites Mexicanos S.A. de C.V. (Satmex), de manera transitoria y como empresa de participación estatal mayoritaria; a dicha empresa le fueron transferidos los activos vinculados al SFS.

El 1 de agosto de 1997, dos años después de la Ley Federal de Telecomunicaciones, se emitió el Reglamento de Comunicaciones Vía Satélite, con la regulación para el otorgamiento de concesiones y permisos y para la prestación de comunicación vía satélite, para prever la reserva de capacidad para las redes de seguridad nacional (conocida como capacidad satelital reservada al Estado) y para servicios de carácter social por parte del Estado. Al amparo de dicha reglamentación se otorgaron a Satmex los títulos de concesión.

Convocatoria y Bases de Licitación

El 1 de agosto de 1997, el mismo día de la publicación del Reglamento de Comunicación Vía Satélite, se publicó en el DOF la Convocatoria para la adquisición de títulos representativos del capital social de Satélites Mexicanos S.A. de C.V. (Satmex).

De acuerdo con las bases publicadas, el objeto de licitación era 60% del capital social (Primer Paquete) de Satmex y preveían que el ganador podría optar por adquirir un segundo paquete de hasta 15% al mismo precio ofrecido en el Primer Paquete. Respecto al 40% restante de las acciones, o en su caso el porcentaje que restara una vez ejercida la opción por el ganador, se previó que los conservaría el Gobierno federal para enajenarlo en oferta pública en los mercados de valores previa autorización de la Comisión Nacional Bancaria y de Valores e inscripción en el Registro Nacional de Valores e Intermediarios.

Además, en cuanto al patrimonio de Satmex indicaba que se conformaba fundamentalmente, por:

- Las concesiones otorgadas para ocupar y explotar las posiciones orbitales geoestacionarias 109.2° W, 113.0° W y 116.8° W, en las bandas de frecuencia C y Ku, y derechos de emisión y recepción de señales, así como, en su caso, para instalar, operar y explotar redes públicas de telecomunicaciones;
- Los satélites Morelos II, Solidaridad 1 y Solidaridad 2, con sus respectivos sistemas de telemetría, monitoreo y control, así como las concesiones sobre los inmuebles que alojan los centros de control;
- Los derechos derivados de los contratos de construcción y lanzamiento del satélite que reemplazará al satélite Morelos II;
- Los derechos sobre los contratos de prestación de servicios vigentes y sobre las cuentas por cobrar y,
- Otros activos necesarios para su operación normal.

Entre los derechos de los participantes se previó, una vez satisfechos ciertos requisitos, el recibir información sobre el prospecto descriptivo, los proyectos de títulos de concesión, el proyecto de contrato de compraventa, el acceso a la sala de información, visitas a los centros de telemetría, monitoreo y control. Entre las condiciones se estableció que la inversión extranjera solo podría participar con el 49% del capital social de la Empresa.

Prospecto Informativo

En el Prospecto informativo se proporcionó información relativa a los activos de Satmex, para permitirles comprender con mayor exactitud los alcances de la desincorporación y el valor de los activos.

- Sobre los satélites y los recursos orbitales

El prospecto informativo describió en detalle, entre otros, las ventajas de cobertura sobre el continente americano de las tres posiciones orbitales ocupadas por los satélites Morelos II, Solidaridad 1 y Solidaridad 2, indicando que la huella de Banda C abarcaba América Central, el Caribe y América del Sur, en cuanto a Banda Ku, que la huella cubriera el territorio nacional, el sureste de los Estados Unidos de América (EUA). La vida útil remanente del Solidaridad 1 se estimaba de 10.4 años, la del Solidaridad 2 de 11.8 años. Asimismo, que ante la proximidad del término de la vida útil del satélite Morelos II, se contrató la construcción de un nuevo satélite con Hughes Space and Communications International Inc. y servicios de lanzamiento con Arianespace para su reemplazo. El satélite de reemplazo con Bandas C y Ku y una potencia 10 veces mayor a la del Morelos II, con una huella de cobertura que comprende desde el sur de Canadá, los EUA, México, hasta Chile, Argentina y parte del Sur de Brasil, incluidas Sao Paulo y Porto Alegre.

También se mencionó la capacidad satelital y número de transpondedores en Banda C y Ku de los satélites Solidaridad 1 y 2, aclarando que también contaban con un transpondedor en Banda L, especificando que este no formaba parte de los activos de Satmex y que seguirían siendo utilizados por Telecomm para desarrollar el servicio móvil, y que la administración de los transpondedores de Banda L, se formalizarían en su momento entre Satmex y Telecomm, mediante los contratos correspondientes.

Se describían los avances en la coordinación para la asignación de la posición 109.2 ocupada por el satélite Solidaridad 1.

- Sobre los títulos de concesión

Se adelantaba que serían otorgados dos tipos de títulos de concesión, (a) por una parte para ocupar las posiciones orbitales, y explotar sus respectivas Bandas de frecuencia C y Ku, con sus correspondientes derechos de emisión y recepción de señales, en su caso para instalar, operar y explotar redes públicas

de telecomunicaciones y (b) por la otra para el uso y aprovechamiento de los edificios e inmuebles donde se ubican los centros de control.

Además, se indicaba que en los títulos de concesión se precisaría **la porción de capacidad que debería ser reservada para ser utilizada por el Estado en forma gratuita**, para las redes de seguridad nacional y para permitir la prestación de servicios de carácter social, porcentaje que no sería mayor al total de la capacidad que en ese momento se empleaba para dichas redes y, en su momento, del satélite del reemplazo del Morelos II. Incluso se presentaba una tabla que desglosaba por usuario la capacidad que estaba utilizada en MHz.

Títulos de Concesión

En octubre de 1997 fueron otorgados a Satmex los títulos de concesión:

- a. Tres, para ocupar las posiciones orbitales geoestacionarias 109.2° W, 113.0° W, y 116.8° W, y para la explotación exclusiva de sus respectivas Bandas de frecuencia C y Ku, con sus correspondientes derechos de emisión y recepción de señales, en su caso para instalar, operar y explotar redes públicas de telecomunicaciones. Los títulos indican en la condición 1.2 que serían también objeto de la concesión las Bandas C y Ku extendidas, y que la Secretaría, previa opinión de la COFETEL, autorizaría al concesionario el uso de las bandas sujeto a condiciones, entre otros, la conclusión satisfactoria de los procesos de coordinación. La vigencia de estos fue por 20 años a partir de la fecha de firma del título y que sería prorrogada en una ocasión por un plazo igual, siempre y cuando el Concesionario, haya cumplido las obligaciones del título y acepte las nuevas condiciones que imponga la Secretaría, mismas que no incluirían el pago de una contraprestación económica adicional a las previstas en el título de concesión.

Entre otras cargas regulatorias se previó que el concesionario debería establecer y conservar los centros de control y operación del sistema satelital, principal y alterno, dentro del territorio nacional; la obligación de establecer una fianza para garantizar el cumplimiento de las obligaciones del concesionario; la capacidad satelital reservada al estado, fijando en cada caso el número de MHz de cada banda de frecuencias que sería utilizada por el Estado de forma gratuita, exclusivamente para las redes de seguridad nacional y para servicios de carácter social y que debería mantenerse permanentemente disponible, así como que la calidad de transmisión debería ser igual a la mejor ofrecida en el resto de sus servicios.

También se estableció en los títulos de concesión que, para futuros satélites, la Secretaría definiría la capacidad que deba reservarse para el Estado, bajo los mismos criterios y principios contenidos en el Reglamento y en la Concesión.

- a. Uno, para el uso y aprovechamiento de los edificios e inmuebles donde se ubican los centros de control.

Capacidad Satelital Reservada al Estado

De lo antes planteado se desprende que al igual que el Estado Mexicano conservó la capacidad satelital en banda L para servicios móviles, conservó la capacidad que era empleada por el gobierno para funciones de seguridad nacional y cobertura social, dándole la figura de una carga regulatoria.

En el prospecto informativo se brindó la información para que los licitantes estimaran, al elaborar su propuesta, que la capacidad satelital reservada al estado ascendería a la capacidad que en ese momento se empleaba para redes de seguridad nacional y cobertura social en el sistema satelital en operación y en su momento, del satélite de reemplazo, indicando los principales usuarios de la misma.

El Reglamento de Comunicación Vía Satélite de 1995 incorporó el concepto de la capacidad satelital para la operación de redes de seguridad nacional y cobertura social, en los artículos, 4, fracción V, 5, fracción VII, y 29, que hoy se conoce como capacidad satelital reservada al estado.

- En el artículo 4, se preveía que las concesiones para ocupar posiciones orbitales geoestacionarias y órbitas satelitales asignadas al país, y explotar sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, serían otorgadas mediante licitación pública y que las bases de licitación incluirían entre otros, los términos bajo los cuales será reservada capacidad satelital para la operación de redes de seguridad nacional y servicios de carácter social, en favor del Estado.
- En el artículo 5 se estableció que los títulos de concesión contendrían entre otros, la reserva de capacidad satelital para el Estado.
- El artículo 29, ubicado en el capítulo V, sección Segunda, relativa a los servicios a través de satélites nacionales, indica que los operadores satelitales deberían reservar una porción de su capacidad en cada banda de frecuencias, la que será utilizada por el Estado en forma gratuita, exclusivamente para las redes de seguridad nacional y para servicios de carácter social. Además, que la porción de capacidad que será objeto de reserva en favor del Estado se establecería en el título de concesión correspondiente.

Sin embargo, fuera de los criterios del uso exclusivo para las redes de seguridad nacional y para servicios de carácter social, la gratuidad, la calidad, la disminución proporcional a la disminución permanente de la capacidad del satélite y la gratuidad, tanto el Reglamento de Comunicación Vía Satélite como los títulos de concesión fueron omisos en establecer criterios o principios, fórmulas

y montos máximos o umbrales para que la Secretaría estimara y determinara el monto de la capacidad satelital reservada al Estado y con ello una falta de certeza jurídica para los regulados y para la autoridad.¹⁵

La capacidad satelital reservada al Estado es un tema controvertido en materia regulatoria satelital, como carga regulatoria no existe un referente internacional y si bien tiene como origen que fue la forma de resolver una necesidad cuando el Gobierno mexicano era el propietario de los satélites que desincorporó con Satmex, empresa gubernamental que no contaba con inversión privada, bien pudo establecerse un mecanismo y criterios en el Reglamento de Comunicación Vía Satélite para su determinación para el otorgamiento de futuras concesiones de satélites nacionales sobre bases que dieran certeza jurídica y permitieran medir y mitigar el impacto regulatorio que causara a los concesionarios de satélites nacionales.

Otro motivo de controversia radica en que originalmente, los operadores de satélites extranjeros no estaban obligados a otorgar dicha capacidad (esto cambió con la emisión de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión de 2014) y la carga que se fijó como contraprestación en términos del artículo 11 del Reglamento de Comunicaciones Vía satélite no era comparable, por ser muy baja, con la capacidad reservada al estado fijada para los concesionarios de satélites nacionales.

Contraprestación

Como se mencionó la referencia a la capacidad satelital reservada al Estado se estableció en la sección Segunda relativa a los servicios a través de satélites nacionales.

En el artículo 11 del Reglamento de Comunicaciones Vía Satélite, previsto dentro Capítulo II relativo a las concesiones, en la sección Tercera de disposiciones comunes, fue establecida la facultad del Gobierno de requerir, a través de la Secretaría, una contraprestación económica por el otorgamiento de concesiones de satélites nacionales o para la explotación de señales de satélites extranjeros. Al amparo de este dispositivo reglamentario, la COFETEL autorizaba cobrar en favor del Gobierno Federal, a través de la Secretaría, la contraprestación prevista en el artículo 11 del Reglamento. La contraprestación se fijó por mucho tiempo en especie y correspondía a 8 MHz de capacidad satelital, y en otros casos un porcentaje de los ingresos brutos tarifados por la prestación de los servicios, o en otros un esquema mixto¹⁶ que sería en MHz el primer año y después sería fijada anualmente por la SCT con la aprobación de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público.

¹⁵ Más adelante al referir a la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión de 2014 se menciona el Reglamento de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión publicado en abril de 2024.

¹⁶ Un ejemplo de este último caso está en el título de concesión disponible en <https://rpc.ift.org.mx/vrpc/pdfs/0902526480027fc3.pdf>

Proceso de Licitación y declaración del ganador

Tras la publicación de la Convocatoria se llevaron a cabo los procesos para que los interesados acreditaran su capacidad técnica, jurídica, administrativa y financiera. El 13 de octubre de 1997 se publicó en el DOF el aviso por el que se dieron a conocer los grupos que, por haber constituido sus garantías de seriedad y suscrito compromisos de confidencialidad, habían sido registrados como participantes de la licitación, dichos grupos fueron:

- El grupo conformado por ControlSat, S.A. de C.V. y GE American Communications, Inc.
- El grupo conformado por Telefónica Autrey, S.A. de C.V. y Loral Space and Communications Ltd.
- El grupo conformado por Industrias Peñoles S.A. de C.V. y PanAmsat Corporation.

El 24 de octubre de 1997, se dio a conocer con un comunicado de prensa que el grupo participante integrado por Telefónica Autrey S.A. de S.V. y Loral Space & Communications había presentado la postura ganadora para la adquisición del 75% de las acciones de Satmex, que el Gobierno mexicano conservaría 25% de las acciones sin voto, Telefónica Autrey tendría el control de la empresa con 51% de las acciones con voto y 26% del capital total de la empresa, por su parte Loral sería la dueña del 49% del capital de Satmex.

En la notificación se hizo constar como condiciones especiales que el grupo ganador se obligaba a que en tanto el Gobierno federal conservara 25%, total o en parte, del capital social de Satmex, realizaría los actos jurídicos a su alcance para que el Gobierno no sufriera menoscabo a su patrimonio, como resultado de cualquier operación, no aprobadas por él, que tuvieran como propósito obtener financiamiento para Satmex o para cualquier otro fin, cuyo beneficio se traslade a un tercero, ya que dichos actos fueran realizado por el grupo ganador, por Satmex o por tercera persona.

La adquisición de Satmex se llevó a cabo a través de la sociedad denominada Corporativo Satélites Mexicanos, S.A. de C.V. ("Corporativo"). En diciembre de 1997, Corporativo se fusionó con Satmex. Derivado de la fusión Servicios Corporativos Satelitales, S.A. de C.V. (Servicios), se convierte en propietaria del 75% de las acciones de Satmex. Además, debido a los términos de la fusión el Gobierno federal consideró que actualizaba el supuesto del menoscabo sobre las acciones propiedad del Gobierno federal y Servicios se obligó a pagarle al Gobierno federal, a través de un convenio y un pagaré que se firmaron en diciembre de 1997. En 1999 se llevó a cabo un aumento de capital de Satmex y al no aceptar el Gobierno la suscripción de nuevas acciones su participación se redujo a 23.6%.

Posteriormente, en 2004 Satmex suspendió el pago de créditos y el 27 de mayo de 2005 los tenedores de *Floating Rate Notes* (FRNS) o -notas con tasa flotante, y los *Hight Yield Bonds* (HYBS) bonos de alto rendimiento, presentaron en Nueva York una demanda de quiebra involuntaria con fundamento el Capítulo 11 de la Ley de Quiebras de Estados Unidos, para buscar una reestructura financiera. En diciembre de 2004, Servicios incumplió el pago del Menoscabo, la SCT llevó a cabo las gestiones para el cobro del pagaré sin conseguir el pago. Los activos de Servicios eran primordialmente las acciones de Satmex, por lo que el Menoscabo se encontraba estructuralmente subordinado a toda la deuda de Satmex.

De tal forma, dado el grado de prelación que existía en el Concurso Mercantil de Satmex, y que los únicos activos de Servicios se encontraban garantizando la emisión de deuda de Satmex, se consideró en aquel entonces que el valor del Menoscabo era igual a cero.

Por su parte, Satmex optó por acudir a los tribunales mexicanos, y en junio de 2005 solicitó se le declarara en Concurso Mercantil, para preservar la empresa, el patrimonio y buscar la reestructura de sus adeudos con los HYB y FRNS. En marzo de 2006, los acreedores de Satmex y la empresa llegaron a un Acuerdo de Reestructura. Como resultado de la Reestructura se capitalizaron los HYBS y FRNS, y el Gobierno federal renunció a su derecho a suscribir el aumento de capital. Así la participación del Gobierno federal pasó de 23.57% a 4%. Como parte de la reestructura se acordó que Servicios entregaría al Gobierno federal sus acciones en Satmex en pago del Menoscabo (dentro del concurso mercantil de Servicios). De igual forma, la participación de Servicios (eventualmente, del Gobierno federal) en Satmex, se disminuiría de 70.6% a 16%. Como parte de la reestructura se constituyeron los Fideicomisos, Deutsche y Nafin, a fin de reglamentar el gobierno y control de Satmex, a dichos fideicomisos fueron aportadas acciones de Satmex como patrimonio fideicomitado y el Gobierno federal fue uno de los fideicomisarios; la constitución de fideicomisos fue en preparación de una eventual venta en paquete de las acciones representativas del capital social de Satmex.

A finales de 2009, Satmex inició un proceso de venta liderado por sus asesores financieros Perella Weinberg Partners LP, en la que obtuvo una propuesta por parte de Echostar. Sin embargo, el 27 de enero de 2010, el satélite Satmex 5 presentó fallas graves en el sistema primario de propulsión que redujo la vida útil del satélite a 2 años 7 meses. Derivado de la falla de Satmex 5, Echostar informó a Satmex la modificación a su propuesta para la adquisición de Satmex y de 436 millones de dólares se redujo a 267 millones de dólares.

Una vez obtenidas diversas autorizaciones, entre el 25 y 26 de febrero de 2010, se celebró el contrato de compraventa de acciones de Satmex con Echostar. No obstante, en virtud de no haberse cumplido ciertas condiciones acordadas, con fecha 16 de marzo de 2010, Echostar dio por terminado el contrato.

Satmex contrató a Lazard Freres & Co. LLC, para un nuevo proceso, y eventualmente consiguió que en septiembre de 2010 un grupo de tenedores de las Notas en Segundo Lugar informaran la posibilidad de alcanzar un acuerdo. En noviembre de 2010, el Comité Técnico encargó a NM Rothschild & Sons, en carácter de Banco Aprobado, la elaboración de un dictamen que se emitió el 22 de diciembre de 2010, estimando que el valor del capital social de Satmex ascendía a US\$0 (cero dólares americanos). El Comité Técnico del Fideicomiso aceptó la oferta de los tenedores de Notas en Segundo Lugar por haberse cumplido las condiciones para la venta. Por lo cual se instruyó a los fideicomisos Deutsche y Nafin firmar el Contrato de Compraventa de Acciones a la sociedad denominada Holdsat México, S.A.P.I. de C.V. ("Holdsat"). A principios de 2011 se efectuaron las negociaciones para alcanzar un acuerdo respecto del plan de reestructura que una vez aprobado fue seguido de la presentación de una solicitud de quiebra en los tribunales americanos y aprobado por el juez estadounidense en mayo de 2011.

Finalmente, se dieron efecto a las operaciones del plan de reestructura y los fondos que correspondían al Gobierno federal, derivado de la enajenación de acciones de Satmex, fueron enterados a la Tesorería de la Federación en mayo y junio de 2011 por el Fideicomiso Nafin y Fideicomiso Deutsche, y en virtud del Instrumento de Adhesión celebrado por Servicios y cuyo beneficiario final era el Gobierno federal, a través de la Secretaría. De esta forma concluyó la participación del Gobierno federal, a través de la SCT, como fideicomisario tanto del Fideicomiso Nafin como del Fideicomiso Deutsche, dejando de tener participación directa e indirecta en el capital social de Satmex

Según consta en el Libro Blanco de la "Reestructura financiera y Venta de Satélites Mexicanos de S.A. de C.V. ("Satmex"), (Reestructura de Satmex y Venta de la Participación en carácter de Fideicomisario del Gobierno Federal)¹⁷, se dió continuidad a la prestación de servicios de comunicación vía satélite, prioritarios por ser de interés público, y en beneficio de la población, el Gobierno federal puede ejercer con mejor libertad sus facultades como autoridad ante Satmex sin que al estar involucrado como accionista indirecto de Satmex, se corran riesgos de reclamo de recursos públicos en una empresa que financieramente tenía dificultades.

Limitaciones de la reglamentación mexicana para que México en 1999 pudiera ser administración notificante de los sistemas satelitales de Intelsat

En 1999, durante el proceso de privatización de Intelsat, se llevó a cabo el estudio y selección de los países que pudieran ser las Administraciones Notificantes ante la UIT de las posiciones orbitales de Intelsat para que a dichas administraciones les fuera transferida la "jurisdicción" o registro de las posiciones orbitales y que al amparo de su legislación nacional otorgaran las licencias respectivas a Intelsat ya privatizada. El marco jurídico, y la estructura institucio-

¹⁷ Versión del Libro Blanco al 15 de octubre de 2015 disponible en https://www.sct.gob.mx/fileadmin/_migrated/content_uploads/LB_Reestructura_Financiera_y_Venta_de_Satelites_Mexicanos.pdf

nal mexicanos fueron obstáculo para ser administración notificante como se muestra a continuación.

Intelsat evaluó las posibles jurisdicciones licenciantes estableciendo (A) si cumplían las condiciones previas para ser candidato a jurisdicción de la compañía licenciataria y (B) si se cumplían los criterios para la selección de la jurisdicción de la empresa licenciataria; conforme a los siguientes criterios:

A. Condiciones previas para ser candidato a jurisdicción de la compañía licenciataria de las posiciones orbitales, es decir, donde la nueva Intelsat tendría su sede.

1. Ser miembro de OMC, con régimen de apertura de su mercado en el marco de los Acuerdos del Grupo sobre Telecomunicaciones Básicas de la OMC.
2. Suministro de servicios sin retroarriendo¹⁸, para determinar el nivel de apertura del mercado, se examinaron las posibilidades de que New Skies Satellites atendiera directamente a sus clientes en esos países sin recurrir al mecanismo de retroarriendo de Intelsat.

De la aplicación de los dos criterios previos se determinó que formularon propuestas de apertura de sus mercados en el marco de los Acuerdos del Grupo sobre Telecomunicaciones Básicas de la OMC para los servicios e instalaciones satelitales los siguientes países:

- 27 países: Alemania, Antigua y Barbuda, Australia, Austria, Bélgica, Colombia, Corea, Chile, Dinamarca, El Salvador, España, Estados Unidos, Finlandia, Francia, Guatemala, Italia, Islandia, Israel, Japón, Luxemburgo, Noruega, Nueva Zelandia, Países Bajos, Reino Unido, República Dominicana, Suecia, Suiza
 - Nueve países con entrada en vigor a más tardar en 2002: Bolivia (2001), Canadá (2000), Irlanda (2000), México (2002) Perú (1999), Portugal (2000), República Checa (2001), Singapur (2000), Venezuela (2000).
3. Suministro de servicios sin retroarriendo.
 - Seis países que cumplen la condición previa relativa a la OMC exigen "retroarriendo": Bolivia, Corea, Nueva Zelandia, Perú, Portugal y España.
 - Otros países exigen retroarriendo y no cumplen la condición relativa a la OMC: Argentina, Etiopía, India, Kazajistán, Malasia, Rusia y Sudáfrica.

18 El retroarriendo es una operación a través de la cual el propietario de un bien, mueble o inmueble, lo vende a una agencia de leasing con la que, inmediatamente después, suscribe un contrato de arrendamiento financiero sobre el bien.

B. Criterios de selección de la jurisdicción de la empresa licenciataria.

A los países que cumplieron las condiciones previas de selección, les aplicaron doce criterios para determinar en qué jurisdicción conviene solicitar las licencias.

- a. **Traspaso de las inscripciones existentes.** Disposición de la jurisdicción licenciante a aceptar el traspaso de las inscripciones de Intelsat y a asumir las responsabilidades internacionales que conllevan, posibilidad de proponerse para ser la jurisdicción licenciante para la Nueva Intelsat.
- b. **Representación en asuntos de la UIT.** Confiabilidad de que la jurisdicción licenciante protegerá los intereses de la Nueva Intelsat en los procedimientos internacionales relativos a interferencias y coordinación con arreglo a las reglas de la UIT, y las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones (CMR). Se examinó la experiencia de los países candidatos y se reconoció que países que expiden licencias para un gran número de operaciones satelitales deberían tomar en consideración intereses nacionales opuestos y no podrían prestar a la Nueva Intelsat la dedicación que probablemente recibiría si fuera la única sociedad titular de licencias. Sin embargo, se concedió cierta importancia al volumen de inscripciones anteriores.
- c. **Garantías previas a la privatización.** Disposición de la jurisdicción a ofrecer garantías antes de la privatización y de acuerdo con su legislación nacional, de que a la Nueva Intelsat se le otorgarán las licencias a título no provisional de todas las inscripciones traspasadas de Intelsat.
- d. **Existencia de un marco regulatorio estable y predecible.** Un marco regulatorio con garantías de que la concesión inicial de licencias no se verá perturbada, países que dan continuidad al proceso de concesión de licencias y cuyas decisiones regulatorias se vinculan a la regla del precedente y a examen judicial.
- e. **Condiciones de estructura de capital y gobierno.** Contar con reglas de gobierno corporativo que en la estructura de capital den cabida a la composición multinacional de la Nueva Intelsat y permitan la estrategia tributaria no onerosa.
- f. **“Derechos de licencia” (o “acceso al mercado”).** La capacidad de la jurisdicción anfitriona para reclamar acceso a los mercados en beneficio de la Nueva Intelsat de conformidad con el régimen establecido por el Grupo sobre Telecomunicaciones Básicas de la OMC. Además, dado que la Nueva Intelsat deberá suministrar servicios en países que no han suscrito dicho Acuerdo, también se tomó en consideración la determinación de la jurisdicción anfitriona por hacer lo posible para la buena marcha de la Nueva Intelsat, la importancia comercial a escala internacional de la mencionada jurisdicción y su red diplomática y económica.

- g. Emplazamientos orbitales no asignados:** Al no quedar limitada la concesión de licencias en un país determinado por el Estado en el que se haya constituido la sociedad, la Nueva Intelsat debería procurar aumentar su inversión en activos orbitales aprovechando oportunidades que se presenten.
- h. Importante presencia comercial.** La importancia de la presencia comercial está estrechamente vinculada con las actividades futuras relativas a la UIT y el acceso al mercado, supone una ventaja directa. Se tomó en consideración el volumen de tráfico internacional de telecomunicaciones entrante y saliente de los países candidatos y la existencia de importantes clientes potenciales de la Nueva Intelsat en su territorio.
- i. Países con una importante actividad comercial.** Contar con una intensa actividad comercial y una red diplomática capaz de defender los intereses en materia de entrada en los mercados y derechos de licencia de la Nueva Intelsat, incluso en países no firmantes de los Acuerdos del Grupo sobre Telecomunicaciones Básicas de la OMC.
- j. Estabilidad política y económica.** La jurisdicción anfitriona deberá ofrecer perspectivas de estabilidad regulatoria y operacional en el futuro previsible.
- k. Tributos.** La estructura global de la Nueva Intelsat debe ser eficiente y el régimen tributario de la jurisdicción de la empresa licenciataria admitir la separación de la empresa de servicios y ser compatible con la estructura global.
- l. Gobierno institucional.** Las reglas de gobierno de la jurisdicción de constitución de la empresa licenciataria deberán ser flexibles y estar arraigadas, facilitar su gestión en el marco de la estructura de sociedad holding.

Partiendo de todos estos factores, se evaluaron exhaustivamente ocho (8) jurisdicciones licenciadoras potenciales, aplicándoseles los doce (12) criterios señalados: Canadá, Alemania, Luxemburgo, México, Singapur, Sudáfrica, Reino Unido y Estados Unidos.

C. Resultados del examen

- 1.** Se limitaron las opciones para ser jurisdicción anfitriona a Estados Unidos y Reino Unido. Se descartaron:
 - Canadá, por obligar a contar con 80% directores de nacionalidad canadiense, y un impuesto sobre utilidades con tarifa entre 30% y 45%, elevando la tasa impositiva global a un nivel superior al 15% previsto en el plan empresarial de la Nueva Intelsat.
 - México y Sudáfrica por limitar la participación extranjera en el capital de la empresa licenciataria.

- Singapur, requería que el titular de una licencia de satélites inscritos en nombre de ese país fuera nacional y limita a 73,99% la participación extranjera.
 - Alemania y Luxemburgo, por considerar incierta su capacidad de garantizar el uso de los recursos orbitales traspasados de Intelsat y que la carga tributaria supondría un costo inaceptable.
- 2.** Se hizo un examen más a fondo de Estados Unidos y Reino Unido como las dos jurisdicciones candidatas.
- Ambos cumplen las condiciones regulatorias para ser jurisdicción licenciante.
 - En ambos se ofrece un marco seguro y flexible para el gobierno empresarial.
 - Resumen de efectos tributarios de la constitución o la obtención de licencias:
 - » en Estados Unidos sería posible ajustar los efectos fiscales a los del plan empresarial de NI. Tiene transparencia fiscal, una sociedad de responsabilidad limitada (Limited Liability Company o LLC) no pagaría impuesto sobre utilidades en los EE.UU., ni se aplicaría la retención de 30% a los dividendos distribuidos a su matriz en Bermudas.
 - » en Reino Unido, debería ser posible adecuar los efectos tributarios a los del plan empresarial de NI. La empresa propietaria y operadora podría ser una sociedad por acciones controladora con sede en Bermudas sin constituir la sociedad en el Reino Unido, y no estaría sujeta al impuesto sobre utilidades.
 - Se consideró la posibilidad de que el Reino Unido reclamara una mayor presencia empresarial, en cuyo caso la empresa licenciataria (y la del SCC) estaría constituida como una sociedad de responsabilidad limitada (private limited company) en el Reino Unido, sujeta al pago del impuesto sobre utilidades, y la empresa de servicios en Estados Unidos. Debido a las deducciones aplicables a los satélites en ese país, los impuestos serían bajos o inexistentes hasta al menos el 2005. Además, el conjunto de tratados de doble imposición suscritos por el Reino Unido contribuirían también a reducir las retenciones en concepto de ingresos satelitales.
 - Pocas diferencias regulatorias. Ambos países participan activamente en los procedimientos de la UIT y cuentan con vasta experiencia

en la coordinación, es mayor el número de inscripciones satelitales de los EE.UU. Las licencias previas a la privatización podrían obtenerse más fácilmente en el Reino Unido, aunque la FCC confía en poder tramitar las solicitudes antes que la Asamblea tome una determinación definitiva sobre la privatización. Ambos regímenes regulatorios parecen ser estables y, cuando es necesario, se someten a control judicial.

D. Conclusión y recomendación

- En materia regulatoria, la apertura del mercado resultó ser la mayor diferencia entre Reino Unido y Estados Unidos. Los Estados Unidos calificaron en el primer puesto en el comercio mundial e implantación económica y diplomática. También contó la larga relación de Estados Unidos con Intelsat, la constitución en su territorio de la sociedad de servicios, la presencia del principal inversionista de Intelsat en su territorio y su volumen de tráfico entrante y saliente. Sin embargo, se consideró que sus condiciones regulatorias impiden ofrecer oportunamente garantías efectivas a las inscripciones de Intelsat distintas a las inscripciones en Bandas C y Ku.
- Se recomendó que los Estados Unidos fueran la jurisdicción que otorgara licencias para las inscripciones en Bandas C y Ku, y Reino Unido la jurisdicción para las demás licencias, con algunas condiciones para que si Estados Unidos no ofrecía garantías del otorgamiento oportuno de las licencias se eligiera al Reino Unido como jurisdicción única para la concesión de licencias.

El análisis realizado para seleccionar a la jurisdicción de Intelsat puede resultar de interés también para evaluar, con una necesaria actualización de criterios, en algún momento la situación actual de México y su nivel de competitividad frente a otras administraciones para atraer inversiones y para ser considerado por las empresas privadas para obtener en nuestro país el registro de posiciones orbitales.

Reforma Constitucional de 2013

Dos disposiciones de la reforma constitucional del 2013 son relevantes en materia de apertura a la inversión privada y la competencia. Así el *DECRETO por el que se reforman y adicionan diversas disposiciones de los artículos 6o., 7o., 27, 28, 73, 78, 94 y 105 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en materia de telecomunicaciones*, publicado en el DOF el 11 de junio de 2013 eliminó la restricción a la inversión extranjera directa de 49 % establecida anteriormente, y a partir de esa fecha la permite al 100%.

En su artículo Quinto Transitorio se estableció que a la entrada en vigor del Decreto se permitirá la inversión extranjera directa hasta el 100% en telecomunicaciones y comunicación vía satélite.

Por su parte, el artículo Décimo Quinto Transitorio del Decreto prevé que Telecomunicaciones de México tendrá atribuciones y recursos para promover el acceso a servicios de banda ancha, planear, diseñar y ejecutar la construcción y el crecimiento de una robusta red troncal de telecomunicaciones de cobertura nacional, así como la comunicación vía satélite y la prestación del servicio de telégrafos. Lo anterior, de conformidad con los lineamientos y acuerdos emitidos por el Instituto Federal de Telecomunicaciones.

Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión de 2014

La Ley que fue publicada en el DOF el 14 de julio de 2014 prevé que las concesiones de recursos orbitales para uso comercial o para uso privado, se otorgarán mediante licitación y previo pago de una contraprestación (artículo 92).

Para aquellos casos en los que sea necesario obtener el recurso orbital a favor del Estado mexicano, el artículo 96 y 97 de la ley abren la alternativa de que se manifieste el interés y se presente la solicitud, se fijan los requisitos que incluyen el compromiso de participar y coadyuvar con el Gobierno Federal en todas las gestiones y requisitos y coordinación necesarios para la obtención o registro de recursos orbitales a favor del país.

También está previsto en la ley que se obtenga la autorización para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de satélites extranjeros que presten servicios en el territorio nacional.

Los requisitos y procedimientos para obtener las concesiones y autorizaciones son reguladas con mayor detalle en procedimientos que ha publicado el Instituto Federal de Telecomunicaciones como el órgano regulador del sector¹⁹.

La figura de la capacidad satelital reservada al Estado se mantiene en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión publicada en el DOF de 2014 (artículo 93 fracción VIII) y 94 fracción VI, y en términos del artículo 150 se fija por la Secretaría, aplica a concesionarios de recursos orbitales y de los autorizados para explotar los derechos de emisión y recepción de señales de satélites extranjeros para prestar servicios en el territorio nacional, “como reserva del Estado para redes de seguridad nacional, servicios de carácter social y demás necesidades del gobierno”.

En el segundo párrafo se establece que puede cumplirse en numerario o en especie y que los recursos que se obtengan serán transferidos a la Secretaría para la adquisición de la capacidad satelital correspondiente.

19 Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite, Lineamientos generales para el otorgamiento de las concesiones a que se refiere el título cuarto de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión y Reglas de carácter general que establecen los plazos y requisitos para el otorgamiento de autorizaciones en materia de telecomunicaciones establecidas en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

El 25 de abril de 2024 se publicó en el DOF el Reglamento de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión en materia de Capacidad Satelital como Reserva del Estado, el cual prevé elementos generales para fijar dicha capacidad, los cuales son muy generales, establece supuestos para su modificación, además la posibilidad de que el titular de la concesión o la autorización solicite autorización para que pueda usarla cuando no tengan asignada la CSRE. En el Reglamento se crea un registro de la capacidad satelital como reserva de estado.

Además de las concesiones para ocupar y explorar recursos orbitales para uso comercial o para uso privado, la ley prevé en su artículo 98 la asignación directa de recursos orbitales a dependencias y entidades de la Administración Pública Federal.

De la consulta realizada en el mapa satelital del Instituto Federal de Telecomunicaciones²⁰ se identifica que 21 empresas cuentan con derechos de aterrizaje para sistemas satelitales extranjeros en posición geoestacionaria con cobertura en México, las bandas de frecuencia asociadas a dichos sistemas son la Banda C, Banda C extendida, Banda Ka, Banda Ku, Banda Ku extendida, Banda Ku Apéndice 30B, Banda Ku Apéndice 30/30A, Banda L, Banda S y Banda V. Los países de los sistemas extranjeros Alemania, Brasil, Canadá, España, Estados Unidos, Francia, Japón, Luxemburgo, Pakistán, Papúa Nueva Guinea y Reino Unido.

Por otra parte, se identifica que seis empresas cuentan con derechos de aterrizaje para sistemas satelitales extranjeros de órbita baja (LEO) con cobertura en México, las bandas de frecuencia asociadas a dichos sistemas son la Banda C, Banda Ka, Banda Ku, Banda Ku extendida, Banda Ku Apéndice 30B, Banda Ku Apéndice 30/30A, Banda L, Banda S y Banda VHF. Los países de los sistemas extranjeros son Estados Unidos, Francia, Noruega y Reino Unido.

De esta forma, es claro que nuestro marco jurídico permite hoy la inversión privada y la gubernamental para los servicios satelitales. Se cuenta con una autoridad reguladora autónoma que tiene personal de carrera, y ofrece un canal abierto para hacer consultas previo y durante el periodo del trámite.

Además, como se pudo identificar en la *Consulta Pública de Integración respecto del "Cuestionario sobre prospectiva de solicitud y asignación de Recursos Orbitales en México"*²¹ realizada por el IFT entre noviembre de 2023 y marzo de 2024, se reconoce transparencia en cuanto a los requisitos para obtener autorizaciones y concesiones, excepto por lo que se refiere a aspectos como la contraprestación que debe pagarse para obtener una concesión y la capacidad satelital reservada al Estado, que será fijada para un concesionario o el titular de los llamados *landing rights*. Igualmente se indicó por diversos participantes de la consulta que las altas tarifas del espectro impiden que el sector de las te-

20 Consulta realizada el 9 de abril de 2024 con información actualizada al día lunes 21 de agosto 2023 para satélites geoestacionarios y actualizada al 2 de junio de 2022 para los LEO <https://mapasatelital.ift.org.mx/>

21 Se llevó a cabo del 28 de noviembre de 2023 al 7 de marzo de 2024. Los documentos de la Consulta están disponibles en <https://www.ift.org.mx/industria/consultas-publicas/consulta-publica-de-integracion-respecto-del-cuestionario-sobre-prospectiva-de-solicitud-y>

lecomunicaciones tenga suficiente competencia (contra la tendencia de países de la región que han bajado el precio del espectro para promover la inversión, ampliar la cobertura y beneficiar al usuario), aumente la cobertura de banda ancha y atraiga inversiones.

En la consulta, también se comentó que los costos relacionados con la obtención y el mantenimiento de una posición orbital mexicana son muy elevados en comparación con otros mercados, es decir se manifestó que es poco atractivo ser concesionario de recursos orbitales en México, debido a las cargas regulatorias, como es caso de la capacidad satelital reservada al Estado, la incertidumbre sobre la contraprestación que deberá pagarse para obtener la concesión en el caso de los procesos iniciados a solicitud de parte interesada, así como el alto costo del espectro en México.

Esto pone en evidencia una falta de un piso parejo entre un concesionario de recursos orbitales y el autorizado para explotar los derechos de emisión y recepción de señales y bandas de frecuencia asociados a sistemas satelitales extranjeros en el territorio nacional (también conocidos como *landing rights*).

Una muestra de la falta de incentivos es el caso de los satélites StarOne que operan bajo la bandera brasileña, es decir, recursos orbitales a favor de Brasil, y son propiedad de la empresa Embratel, la cual forma parte de América Móvil, empresa multinacional mexicana de telecomunicaciones, y que tiene seis satélites:

Satélite	Fecha lanzamiento	Vehículo	Estado
Star One C12	2005	Proton-M	Activo
Star One C1	2007	Ariane 5	Activo
Star One C2	2008	Ariane 5	Activo
Star One C3	2012	Ariane 5	Activo
Star One C4	2015	Ariane 5	Activo
Star One D1	2016	Ariane 5	Activo
Star One D2	2021	Ariane 5	Activo

Comentarios finales

Por último, es importante considerar que para promover la inversión privada en el sector satelital en nuestro país es primordial que se garantice la seguridad y certeza jurídica a través del marco jurídico y regulatorio. La certeza es requisito y exigencia fundamental para la inversión en cualquier sector, en el caso de las inversiones satelitales es todavía más sensible y crítico considerando que son proyectos de largo plazo se planean con mucha anticipación, hay retrasos y altos riesgos en los despliegues debido a las inversiones requeridas, a los procesos para la obtención de licencias regulatorias y los lanzamientos, así como que el retorno de la inversión es de largo plazo. La certeza incluye el acceso a un espectro radioeléctrico libre de interferencias perjudiciales porque de otra for-

ma se afectan inversiones y al usuario, quien demanda y preferirá un servicio de calidad, basta pensar por ejemplo en los servicios de uso crítico como pueden ser los servicios de comunicaciones críticas, como son los requeridos para la atención de desastres naturales y otras emergencias. También es esencial el apoyo que se brinde para las iniciativas que promuevan que **el marco jurídico internacional de los tratados internaciones permitan** las condiciones técnicas para operar sin interferencias perjudiciales. La representación o actuación de una administración ante la UIT para los procesos de publicación y registro de recursos orbitales, para los procesos internacionales de coordinación con otras administraciones son requerimiento del operador que busca bajo qué jurisdicción obtendrá el registro de recursos orbitales para sus sistemas satelitales, igualmente, para la celebración o negociación de tratados internaciones y protocolos internacionales (bilaterales o multilaterales). En particular, los tratados, recomendaciones, resoluciones que surgen de la UIT son esenciales para el marco jurídico y operación de la industria satelital.

Otro aspecto fundamental que consideran los inversionistas son las cargas impositivas, la carga regulatoria, el costo del espectro y el costo de trámites, de las licencias (concesiones y autorizaciones), las obligaciones a que están sujetos. Los inversionistas buscan estado de derecho, y por ello, como parte de la seguridad y certeza jurídica que busca la inversión privada, se encuentra el esquema institucional, la expectativa es que se garantice transparencia, competencia económica, imparcialidad, profesionalismo, autonomía y credibilidad de las acciones del órgano regulador.

En relación a las cargas regulatorias, el recientemente publicado (en abril de 2024) Reglamento de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión en materia de capacidad satelital como reserva del Estado, es un avance, pues como se mencionó antes, desde que la capacidad satelital reservada al Estado fue prevista por el Reglamento de Comunicación Vía Satélite, no se previeron criterios para que la autoridad la fijara. También podría aportar transparencia sobre quiénes la aportan y el uso, salvo que la autoridad clasifique como confidencial o reservada la información. Sin embargo, esta carga regulatoria solo existe en nuestro país, y a pesar de la publicación del Reglamento de abril de 2024, se desconoce el análisis y la justificación de los elementos previstos para determinarla. Por otra parte, para dar certeza jurídica tanto a los regulados como a la autoridad que la aplique y por la generalidad de los elementos establecidos, conviene que sean revisados, además falta establecer una fórmula y fijar un tope máximo. La revisión en general de esta carga regulatoria amerita un ejercicio de análisis y consulta pública.

Capítulo 6

El IFT en el sector satelital

Elizabeth Sosa Hernández

Con la Reforma Constitucional en materia de Telecomunicaciones y Radiodifusión (2013), se adoptó la concepción de un “Estado Regulador”, “para atender necesidades muy específicas de la sociedad postindustrial (suscitadas por el funcionamiento de mercados complejos), que deposita en ciertas agencias independientes –de los órganos políticos y de los entes regulados– la regulación de ciertas cuestiones especializadas sobre la base de disciplinas o racionalidades técnicas.” (Pleno de la Suprema Corte de Justicia de la Nación [SCJN], 2014) en lo subsecuente (SCJN).¹

Para el Pleno de la SCJN son dos razones las que articularon la iniciativa de la Reforma Constitucional para incorporar y dotar de facultades al Instituto Federal de Telecomunicaciones (Instituto) como un Órgano Constitucional Autónomo: la primera, una razón estructural para la eficiencia en el mercado y otra, sobre protección de derechos con jerarquía constitucional.

En otras palabras, la creación de un órgano regulador dotado de autonomía constitucional que responde a la necesidad de que su actuación se fundamente en criterios técnicos especializados en un entorno independiente. El propio texto del artículo 28 de la Constitución otorga, entre otras facultades, la regulación, promoción y supervisión del uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico. Asimismo, la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (LFTR) reconoce al Instituto en el artículo 7, sus facultades en lo que respecta a los recursos orbitales, los servicios satelitales, además de otorgar otras facultades en la materia a la hoy Secretaría de Infraestructura, Comunicaciones y Transportes (SICT).

La distribución de la mayoría de las facultades en esta materia entre la SICT y el Instituto, se fundamenta en que, para que un país obtenga el derecho de poner un satélite en una ubicación específica, –es decir, ocupar posiciones geoestacionarias u órbitas con sus frecuencias asociadas–, debe atender las disposiciones de la Constitución y el Convenio de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) y seguir principalmente los procedimientos establecidos en el tratado internacional que regula la utilización del espectro radioeléctrico y las de ubicaciones de los satélites, tanto geoestacionarios como no geoestacionarios, conocido como el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR). Esto implica que esta materia está sujeta a obligaciones y disposiciones convencionales in-

ternacionales que deben ser cumplidas para ser aplicadas dentro del marco jurídico nacional.

De este modo, conforme la ley, es la SICT, con el apoyo y colaboración del Instituto, la dependencia que fija la posición del Estado mexicano ante organismos, entidades internacionales y foros en materia de telecomunicaciones y radiodifusión¹, como se muestra en la siguiente tabla:

Facultades	SICT. (Artículo 9 LFTR)	IFT. (Artículo 15 LFTR)
Obtención de Recursos Orbitales.	VIII. Llevar a cabo con la colaboración del Instituto, de oficio, a petición de parte interesada o a petición del Instituto, las gestiones necesarias ante los organismos internacionales competentes, para la obtención de recursos orbitales a favor del Estado Mexicano, a fin de que sean concesionados para sí o para terceros.	XXXII. Colaborar con la Secretaría en las gestiones que realice ante los organismos internacionales competentes, para la obtención de recursos orbitales a favor del Estado Mexicano.
Coordinación Internacional	IX. Llevar a cabo los procedimientos de coordinación de los recursos orbitales ante los organismos internacionales competentes, con las entidades de otros países y con los concesionarios nacionales u operadores extranjeros;	XXXIII. Colaborar con la Secretaría en la coordinación de recursos orbitales ante los organismos internacionales competentes, con las entidades de otros países y con los concesionarios u operadores nacionales o extranjeros.
Representación del Gobierno mexicano, ante organismos, entidades internacionales y foros.	XIV. Proponer a la Secretaría de Relaciones Exteriores la posición del país y participar, con apoyo del Instituto, en la negociación de tratados y convenios internacionales en materia de telecomunicaciones y radiodifusión.	XXXVI. Participar en foros y eventos internacionales en materia de telecomunicaciones y radiodifusión, sin perjuicio de lo dispuesto en el artículo 9, fracciones XIV y XV de esta ley;
	XV. Participar en representación del Gobierno mexicano, con apoyo del Instituto, ante organismos, entidades internacionales y foros en materia de telecomunicaciones y radiodifusión, y fijar la posición del Estado mexicano ante los mismos.	

Las facultades para actuar en el ámbito internacional entre la SICT y el Instituto son claras en muchos aspectos. Sin embargo, sería importante unificar las atribuciones en los que intervienen ambas autoridades, particularmente en las solicitudes que conllevan procedimientos regulatorios ante la UIT, específicamente en aquellos relacionados con la ocupación de recursos orbitales y sus frecuencias asociadas, así como en la coordinación de estos recursos. Esto fa-

¹ Artículo 9 fracción XIV de la Ley.

vorecería el desarrollo de nuevos proyectos que concluyan con el otorgamiento de concesiones de espectro radioeléctrico, así como en las autorizaciones de aterrizaje de señales y de estaciones terrenas transmisoras.

Un primer escenario es el trámite de obtención de recursos orbitales a favor del Estado mexicano, el cual, según el artículo 97 de la ley, establece plazos para el Instituto. Este procedimiento fue complementado en lo que respecta a su tramo de responsabilidad mediante la emisión de las Disposiciones Regulatorias en Materia de Comunicación Vía Satélite. Sin embargo, la ley no proporciona un marco similar para el tramo a cargo de la Secretaría, lo que podría generar incertidumbre e ineficiencia administrativa.

Un segundo escenario radica en que el artículo 175 de la LFTR establece que el Instituto debe resolver las autorizaciones de satélites extranjeros previstas en el artículo 170 del mismo ordenamiento jurídico en un plazo no mayor a treinta días. De no hacerlo, se configurará la “afirmativa ficta”, una figura que, busca garantizar que las autoridades respondan de manera oportuna y evitar el silencio administrativo.

Para que el Instituto pueda cumplir con este requisito, en las Reglas para el Otorgamiento de Autorizaciones en Materia de Telecomunicaciones (Reglas de Autorizaciones) se establece que, previo a la presentación de la solicitud ante el Instituto, se debe tramitar ante la SICT el “dictamen u opinión favorable de la Secretaría respecto al estado de coordinación de la red satelital extranjera solicitada” (Instituto, 2024). Esto contradice la intención del legislador de establecer una figura que busca evitar la inactividad o pasividad en la respuesta a la solicitud de autorización. Dado que, ese dictamen previo que debe emitir dicha Secretaría no tiene un plazo de emisión, lo que les implica un paso previo a los operadores, en lugar de que el Instituto pudiera realizar esa valoración en paralelo para la resolución del trámite y evitar así una “doble ventanilla”.

Estos dos escenarios podrían estar limitando la posibilidad de lograr una mayor eficiencia administrativa, ante la “doble ventanilla” que se presenta en diversos trámites relacionados con la comunicación vía satélite.

En relación con las actividades ante organismos y entidades internacionales, como la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones (CITEL) y la UIT, así como en la negociación de convenios y tratados internacionales como el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR), la Secretaría y el Instituto han colaborado estrechamente, logrando buenos resultados, como se detallará más adelante.

Otras atribuciones que destacar del Instituto en la materia son: la expedición de disposiciones administrativas de carácter general; elaboración, publicación y actualización del cuadro nacional de atribución de frecuencias; otorgamiento de concesiones; procesos de licitación pública; fijar monto de contraprestaciones; autoridad en materia de competencia; supervisión y verificación; emisión

de programas de uso y aprovechamiento de bandas de frecuencias²; emisión de programas para ocupar y explotar recursos orbitales que serán materia de licitación pública o que podrán asignarse directamente³; así como la administración del espectro radioeléctrico y los recursos orbitales⁴.

En cuanto la Secretaría, las facultades conferidas en la ley son: políticas que promuevan la disponibilidad de capacidad y servicios satelitales suficientes para las redes de seguridad nacional, servicios de carácter social y demás necesidades, objetivos y fines del Gobierno federal; administrar y vigilar el uso eficiente de la capacidad satelital propia, ya sea concesionada o adquirida o aquella establecida como reserva del Estado; procurar la continuidad de los servicios satelitales; adquirir, establecer y operar, en su caso, sistemas satelitales para la prestación de servicios de telecomunicaciones y radiodifusión; promover la generación de inversión en servicios satelitales en el país; finalmente la elaboración de políticas de telecomunicaciones y radiodifusión del Gobierno Federal⁵.

Respecto de esta última atribución, la Secretaría en 2023 emitió la Política en materia satelital de Gobierno federal, integrada con seis ejes y sus correspondientes líneas estratégicas, contemplando la creación de un Consejo Consultivo Satelital de naturaleza no vinculante, a fin de coordinar la implementación de las líneas de acción, conformado por el sector público y privado, instituciones académicas y de investigaciónⁱⁱ.

Otro organismo es la Agencia Espacial Mexicana, cuya misión es formular, proponer y ejecutar la política espacial mexicana, promover una activa cooperación internacional mediante acuerdos que beneficien a las actividades espaciales y que permitan la integración activa de México a la Comunidad Espacial Internacional, así como potenciar el desarrollo de la ciencia y tecnología espacial. Un ejemplo de ello es el impulso que ha dado a las misiones de corta duración en coordinación con el Instituto, a las que haré referencia más adelante.ⁱⁱⁱ

REGULACIÓN APLICABLE A LA COMUNICACIÓN VÍA SATÉLITE

1. Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión

Derivado de la reforma constitucional, la norma sectorial que tiene como objeto regular entre otras cosas, el uso, aprovechamiento y explotación del espectro radioeléctrico, los recursos orbitales y la comunicación vía satélite es la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

Esta norma contempla una serie de disposiciones en la materia, destacando la distinción en su aplicación entre los operadores satelitales nacionales y los ex-

² Artículo 15 fracción I, III, IV, VI, VII, VIII, XVIII y XXVII

³ Artículo 28 fracción IV del Estatuto Orgánico del Instituto Federal de Telecomunicaciones.

⁴ Artículo 54 de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión.

⁵ Artículo 9 fracción IV, X, XI, XII, XVI, XVII

tranjeros. Esta diferenciación obedece al contenido convencional de la materia, dado que; los primeros ocupan posiciones orbitales u órbitas satelitales asignadas a México, mientras que a los segundos solo se les puede habilitar para la explotación o utilización de las bandas de frecuencias asociadas a posiciones orbitales u órbitas satelitales asignadas a otros países.

Los operadores nacionales obtendrán concesiones de recursos orbitales, mientras que los operadores extranjeros recibirán autorizaciones. Los instrumentos jurídicos que regulan los términos, requisitos y plazos relativos a estos trámites, además de la ley, son los Lineamientos Generales para el Otorgamiento de Concesiones mencionados en el Título Cuarto de la ley (Lineamientos de Concesiones) y las Reglas de Autorizaciones correspondientes.

2. Procedimiento a solicitud de parte interesada.

Previo a la Reforma Constitucional, los interesados tenían poca o nula participación en el diseño y obtención de los recursos orbitales, ya que parecía que la Administración de México era quien determinaba las características de estos recursos y acudía directamente ante la UIT a realizar las gestiones necesarias para poner un satélite en una trayectoria específica y una vez que se obtenía el derecho de ocupar órbitas con sus frecuencias asociadas, se diseñaba e implementaba un procedimiento de licitación o de asignación directa.

Esto implicaba que era el Estado, es su calidad de Administración Notificante, quien al identificar las posibilidades de acceder a alguna posición orbital geoestacionaria, en las bandas C, Ku y Ka dentro del arco orbital geoestacionario 140° Oeste a 50° Oeste, que al ser el mismo arco geoestacionario para la ubicación de satélites de Estados Unidos y de Canadá, por lo que regularmente estaba saturado, ante lo cual las autoridades mexicanas determinaban el iniciar los procesos reglamentarios ante la UIT, asumiendo el riesgo de que nadie estuviera interesado en los recursos gestionados, lo que podría resultar en una licitación pública desierta, generando costo para el país, debido a los gastos erogados en la realización de estas acciones, así como el retraso en el desarrollo de la industria satelital, ya que los operadores acudían a otras administraciones para obtener los derechos de explotación del recurso orbital sobre México.

En contraste, el legislador consideró que ante la falta de una alternativa que permitiera a los interesados manifestar un interés expreso por ocupar posiciones orbitales con sus frecuencias limitaba la atracción de inversiones, ya que solo podían acceder a los recursos orbitales si el gobierno mexicano los conseguía y los ponía a licitación. Esto se alejaba de las mejores prácticas internacionales, donde los particulares presentan solicitudes para prestar servicios satelitales y buscan los recursos orbitales correspondientes, como es el caso en Estados Unidos.^{IV}

En este contexto, se introdujo en la ley la figura de la obtención de recursos orbitales a petición de parte interesada, prevista en el artículo 96, el cual estable-

ce que cualquier persona podrá manifestar al Instituto su interés para que el Gobierno federal obtenga recursos orbitales a favor del Estado mexicano. Este trámite es llevado a cabo por el Instituto y la Secretaría conforme a lo establecido en el artículo 97 de la ley, así como en las Disposiciones Regulatorias y los Lineamientos de Concesiones, respecto al actuar del Órgano Regulador.

Mediante este procedimiento se han obtenido los recursos orbitales siguientes:

- **2019 “AztechSat-1”.** Implementado por la Universidad Autónoma de Puebla, A.C. (UPAEP), fue el primer nanosatélite mexicano lanzado desde la Estación Espacial Internacional y consistió en comunicación entre el nanosatélite en órbita baja y los satélites de la constelación GlobalStar.

Se otorgó un título de concesión de recursos orbitales para uso social, con una vigencia de tres años, en una órbita no geoestacionaria (no GEO) asociado a la banda de frecuencias 437.294 - 437.306 MHz, para el servicio de radiocomunicación espacial de sistemas no GEOs con misiones de corta duración. (Instituto, 2019)^v

- **2024 Thumbsat-1.** Proyecto que, tiene como objetivo ofrecer servicios de experimentación satelital a universidades, centros de desarrollo científico, asociaciones de aficionados por satélite y cualquier persona interesada en el sector espacial.

Se otorgó un título de concesión de recursos orbitales para uso comercial, con una vigencia de veinte años, en una órbita no geoestacionaria (no GEO), asociado a la banda de frecuencias 400.5875 - 400.6125 para el servicio de Investigación Espacial. (Instituto, 2024)^{vi}

Respecto lo anterior, debemos considerar que en el RR la asignación de recursos orbitales puede ser a través de uno de los esquemas siguientes:

- **Procedimiento de Coordinación.** Conforme a la banda de frecuencias a utilizar, se hace una distinción entre: **(a)** las redes o sistemas de satélites que están sujetos a coordinación con una duración de hasta 7 años para su conclusión⁶, y **(b)** las redes o sistemas de satélites que no están sujetos a la etapa de coordinación, en estas redes se desarrollan la mayor parte de los satélites pequeños⁷.
- **Asignación Planificada.** Tomando como base el principio de acceso equitativo a los recursos escasos órbita-espectro, además de una inminente desigualdad entre los países que se encuentran con posibilidad de ocupar o no estos recursos. La UIT convocó Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones para la planificación de segmentos específicos del

⁶ Artículo 11, numeral 11.44 del RR

⁷ Artículo 9, subsección IA del RR

espectro radioeléctrico para la adjudicación de posiciones orbitales-espectro específicas a cada país y, en consecuencia, garantizó el derecho de cada país de ocupar posiciones orbitales con sus frecuencias asociadas.

La obtención de recursos orbitales no es una decisión sencilla, suele implicar grandes inversiones, planificación del proyecto, construcción del satélite, modelos de negocio y diversas colaboraciones, como la que se debe tener con el lanzador del satélite (cumplir contratos, plazos y pagos), así como el cumplimiento de la regulación internacional y nacional, con los costos que esto conlleva. Particularmente en cuanto al ámbito regulatorio ante la UIT, si las redes o sistemas de satélites están sujetos a coordinación conforme lo establecido en el RR, esto implica un procedimiento que puede durar hasta siete años.

Indudablemente, esto no es fácil. Sin embargo, debemos preguntar: ¿por qué, si la ley contempla un procedimiento a solicitud de parte, no estamos siendo atractivos para que los operadores satelitales busquen invertir en los recursos orbitales del país?

Existen varias razones que hacen necesario realizar un análisis de las posibles causas. A título personal, considero que uno de los aspectos a revisar es la capacidad satelital como reserva del Estado, tal como está contemplada en el artículo 150 de la ley, la cual es una obligación tanto para los operadores nacionales como para los extranjeros.

Esto se debe a que los artículos 92 y 97 de la LFTR establecen que las concesiones de recursos orbitales se otorgarán previo pago de una contraprestación, independientemente de si se obtienen mediante licitación pública o a solicitud de parte. El pago de la contraprestación se convierte, por lo tanto, en un requisito previo para su otorgamiento. En este sentido, los artículos 93, fracciones VIII y IX, y 94, fracciones VI y VII de la ley muestran que la normativa distingue claramente entre la contraprestación y la capacidad satelital como reserva del Estado.

Por otro lado, en el caso de las autorizaciones, dicha ley no condiciona su otorgamiento al pago previo de una contraprestación. Por consiguiente, el hecho que los operadores nacionales enfrenten una carga adicional por tener que cumplir con el pago de una contraprestación y con la obligación regulatoria de reservar capacidad satelital para el Estado, conforme lo determine la Secretaría, ya sea en numerario o especie, podría estar influyendo en la decisión de los operadores para ocupar recursos orbitales de México, lo que se ha hecho patente en su participación en diversos foros.

3. Disposiciones Administrativas de Carácter General

Desde el texto constitucional, específicamente de acuerdo con el artículo 28, párrafo veinte, fracción IV, el Instituto tiene una facultad regulatoria que debe ejercerse para cumplir con sus fines institucionales.

Así, la facultad del Instituto para emitir Disposiciones Administrativas de carácter general se basa principalmente en “*racionalidades técnicas*”,^{VII} como lo denomina la SCJN. En el caso particular de la comunicación vía satélite, al estar sujeta a un contenido convencional y dada su naturaleza, requiere de una “alta especialización” que no solo sea coherente con los principios y procedimientos internacionales establecidos en diversos instrumentos como el RR, sino que también tenga en cuenta la constante evolución y los avances tecnológicos que el sector satelital ha experimentado en los últimos años, como consecuencia del fenómeno conocido como “*New Space*”, que incluye el surgimiento de una nueva generación de empresas, soluciones tecnológicas y modelos de negocio.

Sin duda, el Instituto, en el ejercicio de sus facultades y sobre determinaciones técnicas, ha emitido diversas disposiciones en la materia, como los Lineamientos de Concesiones, las Reglas de Autorización, las Disposiciones Regulatorias en materia de comunicación vía satélite, entre otras.

4. Disposiciones Regulatorias en materia de comunicación vía satélite

Las Disposiciones Regulatorias, publicadas en el Diario Oficial de la Federación el 23 de enero de 2023, y cuya fecha de entrada en vigor fue el 7 de marzo de 2023^{VIII}, son un marco regulatorio acorde con la realidad del sector que brindan de certeza jurídica al sector satelital y tienen por objeto regular el uso, aprovechamiento y explotación de las posiciones orbitales geoestacionarios, las órbitas satelitales con sus respectivas bandas de frecuencias asociadas, la comunicación con vehículos espaciales, y el Servicio Complementario Terrestre para sistemas satelitales.

A continuación, se desarrollan algunos temas que se consideran de la mayor relevancia en las Disposiciones Regulatorias.

4.1. Operación de Sistemas Nacionales

Nuestro país al cumplir con lo establecido en el RR, tiene el reconocimiento internacional para ocupar recursos orbitales con sus frecuencias asociadas. Para mantener ese derecho es necesario que un satélite esté operando y cumpla con las frecuencias, parámetros y características técnicas notificadas e inscritas en el registro internacional de frecuencias.

Por ello, el Instituto desarrolló las reglas para figuras regulatorias de gran relevancia, tales como: la Falla del Sistema Satelital; Plan de Contingencia; Desorbitación, Reubicación y Operación en Órbita Inclinada y Coubicación y Plan de Reemplazo⁸. Estas figuras tienen como objetivo asegurar la continuidad en la

⁸ Como excepción de la presentación de Plan de Reemplazo se establece el caso de los satélites que operan en órbitas no GEO, “dado las propiedades particulares que las constelaciones de satélites ofrecen, para lo cual, se debe asegurar la continuidad y calidad en la prestación de los servicios a través de otros Satélites que son parte de su Sistema Satelital o reconfiguración de su red”.

prestación de los servicios y garantizar la preservación y el uso adecuado de los recursos orbitales.

Cabe destacar que varias de estas figuras ya fueron aplicadas en su integridad como consecuencia del cese de operaciones del satélite Eutelsat 113 West A, debido a una anomalía ocurrida el 31 de enero del 2024.^{ix}

Particularmente, las obligaciones establecidas para la Desorbitación y el Plan de Reemplazo del satélite Eutelsat 113° West A, fueron acordes a las circunstancias de la asignación de frecuencias y diseñadas para poder cumplir con la reglamentación internacional aplicable, buscando con ello que, en el ámbito de las atribuciones del Instituto, se asegure la preservación de la posición orbital geoestacionaria 113.0° Longitud Oeste a favor del Estado Mexicano.

4.2. Estaciones Terrenas

A medida que la demanda de datos aumenta cada día, el rol de las estaciones terrenas se vuelve cada vez más importante, por lo que están evolucionando para volverse más eficiente en su diseño, uso y capacidades.

Ejemplo de ello, son las estaciones terrenas en movimiento (ETEM) las cuales son capaces de satisfacer demandas de los usuarios de movilidad, como cuando los barcos están en el mar o los aviones cruzan los océanos. A través de estas estaciones, se brinda conectividad confiable y de gran ancho de banda, que incluye servicios de internet.

En cuanto a las estaciones terrenas tipo Dispositivo de Despliegue Masivo y tipo VSAT, se prevé un aumento considerable en despliegue y operación, dada la necesidad de una infraestructura mejorada para soportar nuevas capacidades satelitales. Por ello es tan importante que estas terminales no estén sujetas a una regulación estricta y puedan desplegarse libremente, a fin de que mayor cantidad de personas se conecten.

Precisamente las Disposiciones contemplan la figura conocida comúnmente en la industria como licencia de clase o blanket license, que se atribuye a que en diversos instrumentos jurídicos de distintos países, por medio de una sola licencia, se autoriza el despliegue y operación de diversos modelos de estaciones terrenas transmisoras (ETT).

4.3. Misiones de Corta Duración

Una tendencia significativa en el mercado es la creciente demanda de pequeños satélites que pueden ser alternativas rentables versus los satélites grandes tradicionales. Estos pequeños satélites ofrecen una mayor flexibilidad y un despliegue más rápido, debido a que son proyectos asequibles, que implican diseños sencillos que utilizan componentes disponibles en el mercado, requi-

sitos de lanzamiento flexibles, configuraciones de carga útil modulares, menor latencia por la utilización de orbitas más bajas y facilidad de ampliación, modernización, renovación y sustitución. (UIT, 2024)^x

En el informe UIT-R SA.2312 (09/2014) ^{xi}se clasifican de la forma siguiente:

CARACTERÍSTICAS HABITUALES DE LOS SATÉLITES PEQUEÑOS

Categoría	Masa (kg)	Potencia máxima del mód. de servicio (W)	Coste habitual (USD)	Dimensiones máx (m)	Duración de producción (años)	Órbita	Duración de misión (años)
Minisatélite	100-500	1000	30-200 M	3-10	3-10	GEO MEO LEO HEO	5-10
Microsatélite	10-100	150	10-150 M	1-5	2-5	LEO (HEO)	2-6
Nanosatélite	1-10	20	100 K-10 M	0,1-1	1-3		1-3
Picosatélite	0,1-1	5	50 K-2 M	0,05-0,1	1		<1
Femtosatélite	<0,1	1	< 50 K	0,01-0,1			

La adopción de tecnología relacionada con satélites pequeños “*democratiza*” el acceso al espacio para todas las naciones, independientemente de su situación económica. En este sentido, coincide en que se han reducido significativamente los obstáculos de entrada, principalmente en cuanto al costo, comparado con los satélites clásicos de mayor tamaño. Además, los procedimientos reglamentarios internacionales se han adaptado a las características de estos satélites, como sus cortos ciclos de fabricación y vida útil. Esto se refleja específicamente en la adopción de la Resolución 32 (CMR-19), cuya descripción se encuentra en el siguiente apartado 1 referente a la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019 de este capítulo. Un ejemplo de esto es el “AztechSat-1”, uno de los recursos orbitales obtenidos a solicitud de parte por México, que resultó de una misión con estas características.

Sin embargo, facilitar el acceso a misiones de corta duración, que de acuerdo con la Resolución 32 (CMR-19) no pueden exceder de tres años sin posibilidad de prórroga, significa que la democratización de la tecnología satelital podría darse de manera parcial. Esto se aplica principalmente a ciertos servicios, como la exploración de la Tierra por satélite, la meteorología satelital y el servicio de investigación espacial, entre otros, que aportarán información relevante en áreas como el cambio climático, el calentamiento global, la vigilancia del entorno espacial, la navegación, la educación, la agricultura y la recuperación ante situaciones de catástrofes. Servicios mayormente implementados por universidades y centros de investigación, así como por algunas empresas emergentes.

Esto implica que, aunque se están logrando avances significativos al abrir posibilidades nunca imaginadas, los beneficios de esta democratización de pequeños satélites, generalmente desplegados en órbitas terrestres bajas (LEO) y, en ocasiones, en órbitas medias (MEO), son limitados a ciertos sectores de investigación y a proyectos de corta duración. Pero no así, en cuanto a las grandes constelaciones o mega constelaciones no geoestacionarias (no-GEO) con fines comerciales, cuyas implicaciones se detallan en el apartado Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones de este capítulo.

De este modo, las Disposiciones Regulatorias introducen un marco para Misiones de Corta Duración, basado en la regulación de la UIT, específicamente en la Resolución 32 de la UIT, en armonía de la regulación de la Unión Internacional de Radioaficionados.

Este esfuerzo regulatorio es notable, dado que, en ocasiones anteriores, había incumplimientos o desconocimiento por parte de aquellos interesados en este tipo de proyectos. Por ello, el Instituto diseñó un esquema flexible para facilitar su implementación a través de las Disposiciones Regulatorias, incentivando así el desarrollo de este tipo de proyectos en el territorio nacional.

4.4. Radioaficionados por Satélite.

En las Disposiciones se establece que no requieren de Autorización de Aterrizaje de Señales, Autorización de Estación Terrena Transmisora y concesión de uso privado con propósitos de radioaficionados que prevé el artículo 76, fracción III, inciso b) de la ley, para llevar a cabo comunicaciones con sistemas satelitales que operen en bandas de frecuencias atribuidas o habilitadas al servicio de aficionados por satélite.

Ya que establece que a las personas interesadas en establecer comunicaciones con Satélites que operan en bandas atribuidas al servicio de aficionados por satélite únicamente son “usuarios” del sistema satelital, dado que el uso del espectro para establecer comunicaciones en estas bandas ya ha sido gestionado por la persona responsable del Sistema Satelital, ya sea nacional o extranjero.

Así, ya se cuenta con un marco regulatorio flexible, tanto para los sistemas satelitales que operen en bandas de frecuencias atribuidas o habilitadas al servicio de aficionados por satélite como para los usuarios de dichos sistemas satelitales.

4.5. Vehículos Espaciales

La industria espacial se encuentra en un proceso de transición hacia una nueva generación de vehículos de lanzamiento, impulsado fuertemente por la competencia que ejerce el sector privado. Muestra de ello es que el precio de los lanzamientos LEO ha caído de 65 mil dólares por kilogramo a 1,500 dólares por kilogramo, una disminución de más de 95%^{xii}.

Tan sólo en 2022, 35 por ciento de los lanzamientos orbitales fueron naves espaciales comerciales transportadas por vehículos comerciales, con 18 por ciento adicional de lanzamientos orbitales realizados por empresas que sirven a clientes gubernamentales.^{XIII}

En México, el capítulo respectivo en las disposiciones regula el uso aprovechamiento del espectro radioeléctrico y los expedientes satelitales de los que hagan uso los vehículos espaciales, no así el lanzamiento u operación de los vehículos espaciales, lo que se encuentra fuera de las atribuciones del Instituto.

Un reto, que pudiera estar relacionado con los requerimientos de espectro, actualmente en el Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias (CNAF) es que, únicamente los segmentos 30.005-30.01 MHz, 137-138 MHz, 2025-2120 MHz, 2200-2290 MHz están atribuidos a título primario al servicio de operaciones espaciales. Sin embargo, para un vehículo espacial extranjero las bandas no pudieran coincidir por lo que se tendría que valorar, la posible modificación o no de la atribución en el CNAF.

Otro punto para considerar es que, dichas disposiciones no contemplan un posible escenario en que una empresa lanzadora extranjera requiera transmitir y/o recibir señales en territorio nacional para servicios distintos al de operaciones espaciales o no son claras en caso de que requiera realizar transmisiones a dispositivos particulares, lo que implicaría que no fuera en pocos sitios fijos y controlados, sino en múltiples sitios y posiblemente ubicuos, por lo que en su caso deberá analizarse si se otorga una autorización o se modifica la misma por cada sitio o si se adopta un esquema tipo *blanket license*.

4.6. Servicio Complementario Terrestre

La comunicación vía satélite ha desempeñado un papel crucial; desde 1968 que se comenzaron a usar satélites para la difusión de las olimpiadas, hasta hoy en día en donde su función es pilar para el cierre de la brecha digital de acceso en nuestro país. De acuerdo con la Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información de los Hogares (ENDUTIH) 2023, la disponibilidad y uso de internet se incrementó de forma importante. Para 2023, en el ámbito urbano, 85% de las personas de 6 años o más utilizó internet, comparado con 66% en el ámbito rural^{XIV}.

El desarrollo de la tecnología satelital ha permitido a diversas industrias lograr avances en su búsqueda de una mejor conectividad, como las redes híbridas donde los operadores de satélites pueden aprovechar el ecosistema existente de tecnología móvil y los operadores de redes móviles terrestres pueden aprovechar la ventaja de cobertura de los satélites.

Las conocidas soluciones satelitales son: (i) Conectividad rural mediante puntos de acceso comunitarios Wi-Fi (ii) Banda ancha de consumo, esto es, internet

satelital obtenido de manera privada, residencial o por hogar y (iii) *Backhaul* celular que debe ser con tecnología 3G, 4G y 5G. Siendo la banda ancha de consumo la opción de las economías avanzadas, contrario al *backhaul* celular en los mercados emergentes.^{xv}

En México, el Servicio Complementario Terrestre, cuyas condiciones de operación se encuentran contempladas en las disposiciones regulatorias, es una solución tecnológica híbrida, que busca reducir las zonas de sombra en las zonas de alta densidad poblacional complementando la prestación del servicio móvil por satélite con infraestructura desplegada en tierra, que opera en el mismo segmento de espectro radioeléctrico asociado al sistema satelital.

Actualmente está siendo prestado por Omnispace México S. de R.L. de C.V y HNS de México (2000-2020/2180-2200 MHz), y se encuentra en curso la Licitación No. IFT 13 (Servicio Complementario Terrestre del Servicio Móvil por Satélite) en la banda de frecuencias 2483.5-2495 MHz.^{xvi}

EL ROL DEL INSTITUTO FEDERAL DE TELECOMUNICACIONES EN LA REGULACIÓN INTERNACIONAL

Entre los principales roles del Instituto están participar en las discusiones e influir en las decisiones que beneficiarán a la región de las Américas, así como defender posturas que impacten directamente en los intereses de México. Más aún, dado que la regulación de la comunicación vía satélite se rige por un contenido convencional, que debe observarse y cumplirse tanto en el ámbito internacional como nacional.

Una de las vías para obtener insumos, es el Comité Técnico en materia de Espectro Radioeléctrico (CTER), órgano especializado que permite una interacción entre diversos actores en el que se exponen las necesidades de espectro radioeléctrico actuales y futuras para todos los servicios de radiocomunicaciones. El grupo de trabajo sobre Espectro para Servicios Satelitales es el que recibe más contribuciones para discusión y posterior aprobación relacionadas con la comunicación vía satélite, lo que permite que el IFT cuente con una visión integral de los temas de mayor interés y, en consecuencia, tomar decisiones basadas en una valoración técnica por parte de los servidores públicos del órgano regulador.

Una vez que, se acuerdan las posturas del Estado mexicano con la Secretaría, éstas son presentadas, defendidas y discutidas por servidores públicos de la Dependencia y del Regulador ante diversos organismos internacionales, mayormente ante la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones y ante la UIT.

Históricamente, desde la creación del IFT, la Secretaría y el Instituto han trabajado en estrecha colaboración, para posicionar la postura de México ante los organismos internacionales referidos, teniendo participaciones destacadas como país.

CONFERENCIAS MUNDIALES DE RADIOCOMUNICACIONES

Las conferencias mundiales de radiocomunicaciones (CMR) se celebran cada tres o cuatro años y su labor consiste en examinar y, en caso necesario, modificar el RR, sus apéndices, así como una revisión y emisión de nuevas resoluciones y recomendaciones, los temas a destacar son:

- **Satélites no geoestacionarios.** Según la UIT, desde 2013 se ha registrado un aumento ininterrumpido en las notificaciones para inscribir asignaciones de frecuencia no GEO, formadas por cientos o miles de satélites, no solo en relación con las mega constelaciones, sino también en el caso de los satélites pequeños.

Como muestra de ello, las estimaciones del Informe “Perspectivas para el mercado de pequeños satélites, 9ª Edición”, prevén que se lanzarán alrededor de 26,104 pequeños satélites (<500 kg) entre 2023 y 2032, lo que equivale a 543 toneladas por año, es decir, una tonelada y media por día. Starlink y GuoWang son las empresas que representarán cerca de dos tercios de los pequeños satélites que se lanzarán en la próxima década, (Euroconsult, 2023)^{xvii} a pesar de que los satélites de próxima generación en constelaciones tienden a ser más grandes y con mayor capacidad de comunicación que las primeras generaciones.

Por ejemplo, cada satélite Starlink V2 Mini pesa aproximadamente 800 kilogramos al momento del lanzamiento, casi tres veces más pesado que los satélites más antiguos. También son más grandes en tamaño, con un cuerpo de nave espacial de más de 4.1 metros de ancho, ocupando más espacio de carga útil en el carenado⁹ del cohete Falcon 9 durante el lanzamiento. (Spaceflight Now 2023)^{xviii}

No obstante, a pesar de tener un nuevo diseño y tamaño que busca mejorarlos, estos satélites continúan cumpliendo con las características necesarias para formar parte de las constelaciones o mega constelaciones, y seguirán siendo lanzados para completar su integración.

Hasta julio de 2024, según el astrónomo Jonathan McDowell, Starlink cuenta con 6,281 satélites en órbita, de los cuales 6,206 están en funcionamiento de los 42 mil que se espera lanzar.^{xix} Por otro lado, GuoWang realizó el 6 de agosto de 2024 el lanzamiento inaugural de 18 satélites, los cuales forman parte de una constelación proyectada de 14 mil satélites, con planes de crecimiento a más de 648 satélites para fines de 2025^{xx}. OneWeb, por su parte, tiene 648 satélites en órbita terrestre baja^{xxi}. Telesat, en tanto, ha desarrollado una red global altamente innovadora compuesta por 198 satélites de órbita terrestre baja de última generación, habiendo lanzado hasta la fecha tres satélites^{xxii}. Finalmente,

⁹ El carenado, es una parte de un vehículo aéreo o espacial que cubre y protege partes específicas de la estructura, como la carga útil o los sistemas mecánicos. En el contexto de cohetes y lanzadores espaciales, el carenado se refiere a la cubierta que protege la carga útil (como satélites o vehículos espaciales) durante el lanzamiento y las fases iniciales de ascenso a través de la atmósfera.

Amazon (a través de Project Kuiper) planea integrar su mega constelación con 3,236 satélites, de los cuales dos ya han sido lanzados^{xxiii}.

Los datos expuestos en el párrafo anterior muestran que la tecnología empleada por los satélites no GEO no solo sigue evolucionando para mejorar, sino que para algunos operadores, aún falta mucho para realizar sus primeros lanzamientos y para que otros alcancen su objetivo de implementación. Los retos a los que se enfrentan no son menores, la alta inversión inicial, desafíos tecnológicos en el diseño y la ingeniería, planes para desorbitar y, un sinnúmero de retos de carácter regulatorio a nivel internacional.

Respecto, este último punto se han tenido que modificar las reglas del juego en los procedimientos reglamentarios de los satélites no geoestacionarios para el acceso a los recursos órbita-espectro, así como para que las operaciones sean libres de interferencias, entre otros temas.

Siendo precisamente, en las últimas dos CMR en las que se han discutido y resuelto temas claves para la operación de los sistemas no GEO.

1. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2019

Satélites no geoestacionarios para misiones de corta duración

Una de las características del procedimiento relativo a redes de satélites sujetas a coordinación es el plazo reglamentario de siete años durante el cual se deben poner en servicio las asignaciones. Sin embargo, este lapso resulta incompatible a los avances tecnológicos de los satélites pequeños diseñados para este tipo de misiones, dado que, sus ciclos de fabricación son cortos (de uno a dos años) y su vida útil es limitada (varias semanas y tres años como máximo). Como consecuencia, varias de las misiones se implementaban sin cumplir con la reglamentación internacional.

Por ello, en la Resolución 32 (CMR-19) se establece un procedimiento reglamentario especial para las asignaciones de frecuencias a sistemas o redes de satélites no geoestacionarios identificados como misiones de corta duración. Este nuevo procedimiento permite que el plazo se reduzca significativamente a seis meses y hasta un máximo de siete años. Algunos ejemplos de bandas que podrían adecuarse a la reducción de plazos, por no estar sujetas a coordinación, son **148-149.9 MHz** del servicio de operaciones espaciales (Tierra-espacio) y las bandas **137.175-137.825 MHz** (espacio-Tierra) y **148-149.9 MHz** (Tierra-espacio) (UIT, 2023)^{xxiv}.

Además, en la Resolución 32 (CMR-19) se establecen diversos criterios, entre ellos:

- No exceder los tres años a partir de la fecha de puesta en servicio, sin posibilidad de prórroga;

- Limitar a un máximo de 10 satélites;
- Los satélites deben funcionar en un servicio de radiocomunicación espacial, sujetándose a las condiciones de uso de las bandas de frecuencias;
- Operar de conformidad con la definición del servicio de aficionados por satélite, cuando se utilice el servicio;
- Tener la capacidad de cesar transmisiones inmediatamente para eliminar interferencias perjudiciales.

Métodos por etapas, enfoque basado en objetivos intermedios

Desde el 2011, observó un incremento en sistemas satélites no GEO, caracterizados por una gran diversidad en altitud de plano e inclinación, así como por coberturas globales, lo que evidenció la necesidad de modificar los procedimientos regulatorios (UIT, 2023)^{xxv}

La problemática radicaba en que se validaba una asignación de frecuencias como puesta en servicio cuando se había desplegado un único satélite con capacidad para transmitir y recibir en uno solo de los planos orbitales notificados. Esto significaba que, a pesar de que las constelaciones o mega constelaciones están compuestas por cientos o miles de satélites, el simple hecho de validar uno de ellos era suficiente para considerar que ya estaban en servicio. Esta situación generaba preocupación debido al riesgo de acaparamiento del espectro por lo que se denominaba “satélites de papel”.

Como respuesta a esta problemática, se adoptó la **Resolución 35 (CMR-19)**, que implementa un método por etapas para reflejar en el Registro Internacional de Frecuencias el despliegue real de los cientos o miles de satélites no GEO, estableciendo bandas de frecuencias y servicios específicos para su aplicabilidad. Para ello, se consideraron en todo momento los requisitos operativos relacionados con sistemas de estas características, estableciendo el principio fundamental de modificar los parámetros orbitales en caso de que el sistema de satélites no se despliegue en su totalidad.

El enfoque por etapas se describe en el cuadro siguiente:

	1er objetivo intermedio	2º objetivo intermedio	3er objetivo intermedio
Años	2	5	7
Proporción	10%	50%	100%

2. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2023

Tolerancias orbitales de los satélites no geoestacionarios

El diseño, “el mantenimiento de una separación entre satélites de un mismo sistema o de sistemas distintos para garantizar la seguridad de las operaciones de vuelo y minimizar el riesgo de colisiones y otras consideraciones de funcionamiento pueden llevar a que las administraciones notificantes necesiten desplegar algunas estaciones espaciales en planos orbitales que difieran de los planos orbitales notificados para sus sistemas” no GEO”.^{xxvi} (UIT, 2024)

Esto significa que existen condiciones técnicas en el diseño y en la operación que hacen que los satélites salgan de su trayectoria o carril orbital autorizado, lo que puede tener efectos en el uso eficiente de los recursos de frecuencias, órbitas y espectro. En la práctica, esto implica que los parámetros con los que operan los satélites pueden ser diferentes de los que están inscritos en el Registro Internacional de Frecuencias, es decir, la ubicación que se ha notificado para el sistema de satélites y la ubicación donde se encuentran realmente.

Para facilitar la transparencia en sus operaciones reales y minimizar el riesgo de interferencias en un entorno espacial, cada vez más congestionado, se aprobó la Resolución 8 (CMR-23). Esta resolución es aplicable a los planos orbitales que tienen una excentricidad orbital inferior a 0.5 y una altitud de apogeo inferior a 15 mil kilómetros notificados como parte de un sistema del SFS, el SRS o el SMS no GEO, sujeto a la Resolución 35 (Rev. CMR-23), las administraciones responsables deben informar sobre cualquier discrepancia, justificarla y demostrar que no requieren medidas de protección adicionales. En los casos en que se produzcan interferencias, deberán presentarse cambios en las asignaciones de frecuencias.

Finalmente, se incluye el establecimiento de un límite de 70 kilómetros como separación orbital respecto de las asignadas, durante el despliegue de la constelación, límite que se reducirá a 30 kilómetros posteriormente.

Revisión a la Resolución 35 (CMR-19) Modificándose por Resolución 35 (Rev. CMR-23).

Entre las principales modificaciones a la resolución aprobada hace cuatro años, destacamos que el enfoque por etapas establecido en la CMR-19 prevalece, con modificaciones en el procedimiento a mediano y largo plazo. En específico, se refiere a la posibilidad de ajustar el número de satélites a lo que realmente se ha desplegado o de modificar el número de satélites notificados si estos no son suficientes para la constelación. Para ello, deberán realizarse los cambios pertinentes en las asignaciones de frecuencias a través de los informes estipulados en el procedimiento regulatorio. En este contexto, se establecerán consecuencias en caso de posibles incumplimientos.

Estaciones terrenas en movimiento (ETEMs). Las necesidades de las comunicaciones móviles, incluidos los servicios de banda ancha global, pueden satisfacerse permitiendo la comunicación entre ETEMs marítimas, aeronáuticas y terrestres. Por ello, considerando su importancia, se adoptaron varias medidas reglamentarias que, al mismo tiempo, buscan proteger contra interferencias a los servicios existentes, específicamente en la banda Ka en relación con satélites no GEO y en partes de la banda Ku en satélites geoestacionarios (GEO).

Servicio entre satélites. Aprovechar los satélites en órbitas más altas geoestacionarias y medias como enlaces de retransmisión de datos puede proporcionar a los sistemas en LEO un medio alternativo para transmitir datos en tiempo real, lo que aumenta el valor de la información para aplicaciones de baja latencia, incluidas la utilización científica, la previsión meteorológica y la reducción del riesgo de desastres. Para que este servicio sea viable, se resolvió aprobar en la Resolución 679 (CMR-23) una serie de criterios técnicos para la utilización de las bandas de frecuencias 18.1-18.6 GHz, 18.8-20.2 GHz y 27.5-30 GHz en el contexto del servicio entre satélites.

Navegación Marítima. Emisión de Resoluciones y modificaciones al RR que actualizan la regulación de acuerdo con los requisitos de la Organización Marítima Internacional, acciones que, incidirán en la emisión de disposiciones para la modernización del sistema mundial de socorro y seguridad marítimos (SMSSM) integrado por sistemas a bordo de barcos y tecnología terrenal y satelital, incluyendo un tercer sistema de satélites SMSSM.

Servicio de Radionavegación por satélite. Se entiende como los satélites que proporcionan servicios de posicionamiento, navegación y temporización. Cubre sistemas comúnmente utilizados como el Sistema de Posicionamiento Global (GPS, por sus siglas en inglés) y (GLONASS, acrónimo en ruso) un tipo de sistema de navegación por satélite global.

El servicio de radionavegación por satélite (SRNS) utiliza bandas de frecuencias específicas para las aplicaciones relacionadas con la seguridad de la vida, aplicaciones científicas y otros usos. Por lo que, las interferencias perjudiciales a esos servicios pueden afectar sistemas utilizados por aplicaciones aeronáuticas, marinas y afectar la eficacia de las operaciones de aviación civil. (UIT, 2024)^{xxvii}

Por ende, en la Resolución 676 (CMR23), se establecen una serie de medidas de prevención y atenuación para evitar las interferencias en las bandas de frecuencias 1 164-1 215 MHz y 1 559- 1 610 MHz, como informar los casos de interferencias y un ámbito de colaboración entre reguladores y autoridades aeronáuticas, marítimas y de seguridad.

Servicio de exploración de la Tierra por satélite para las sondas de radar a bordo de vehículos espaciales. En la Resolución 677 (CMR-23), se asignaron frecuencias que van de 40 a 50 MHz al servicio de satélites de exploración de la Tierra. Esta acción es fundamental para las operaciones espaciales, ya que mejora las previsiones meteorológicas y el monitoreo del clima. Además, se reconoce que los sensores de clima espacial son esenciales para la observación de fenómenos y eventos relacionados con el clima espacial, como la radiación solar.

3. La Banda C en las Conferencias Mundiales de Radiocomunicaciones 2015 y 2023.

Las Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT, por sus siglas en inglés) proporcionan diversas posibilidades de utilización, como las comunicaciones móviles de banda ancha mejorada, entre otras. Las bandas medias, como la banda C, que abarca el segmento de 3.4 - 4.2 GHz, son las que, en comparación con las bandas bajas o altas, pueden proporcionar un mejor equilibrio para satisfacer las necesidades de cobertura y capacidad.^{xxviii}

Debido a su potencial, la banda C ha estado sujeta a diversas CMR, con el objetivo de atribuirse a los servicios móviles e identificarse como IMT, a pesar de los servicios satelitales existentes. Estos intentos han sido objeto de discusión en diversas conferencias desde 2007 hasta 2023.

Para GSMA (2021),^{xxix} la banda C son las frecuencias que se han convertido en el lugar de nacimiento del 5G, al ser utilizada como base para las primeras implementaciones a nivel mundial, lo que conlleva un ecosistema amplio y de diversidad de dispositivos.

En el caso particular de México es importante observar cómo se encuentra atribuido el espectro de la banda C en el CNAF.^{xxx}

Bandas de Frecuencias	Atribución CNAF
3300 - 3400MHz	FIJO [5.429C] MÓVIL salvo móvil aeronáutico [5.429C] Aficionados
3.4 - 3.5 GHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Móvil Aficionados MX213 MX213A MX214

Bandas de Frecuencias	Atribución CNAF
3.5 - 3.6 GHz	FIJO FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Móvil salvo móvi aeronáutico Radiolocalización MX213 MX213A MX214
3.6 - 3.7 GHz	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Radiolocalización MX214
3.7 - 4.2 GHz	FIJO POR SATÉLITE (espacio-Tierra) Fijo MX215 MX230A MX230B

Respecto, la utilización de la banda en México, se encuentra asignada de la forma siguiente:

- Se cuenta con un registro de operaciones al amparo de diversos títulos de concesión que habilitan la prestación del servicio de acceso inalámbrico fijo en los segmentos 3.55-3.6 GHz (AT&T) y acceso inalámbrico en 3.35-3.4 y 3.4-3.5 GHz (Telcel).
- Se cuenta con registro de un título habilitante para ocupar la posición orbital geoestacionaria 114.9° Longitud Oeste con las bandas de frecuencias asociadas 11.45- 11.70 GHz, 13.75-14.00 GHz, 3.40-3.70 GHz y 6.425-6.725 GHz, para brindar conectividad a entidades gubernamentales para aplicaciones de seguridad y cobertura social.
- Se tiene registro de ocho operadores satelitales al amparo de títulos habilitantes para el aterrizaje de señales de satélites extranjeros en territorio nacional, cuya canalización comprende bandas adyacentes entre 3600-3700 MHz y 3700-4200 MHz

Por ende, en la CMR-15, a pesar de que la banda de frecuencias 3.4 - 3.6 GHz fue identificada para sistemas IMT, México logró que, antes de la implementación de dichos sistemas, se buscara un acuerdo con los países involucrados y se verificaran ciertos parámetros de operación para proteger el servicio fijo por satélite. Esto se fundamenta en el número 5.431B del Reglamento de Radiocomunicaciones, que también señala que esta identificación no impide la utilización de esta banda de frecuencias para cualquier aplicación de otros servicios a los que está atribuida, ni otorga prioridad alguna en el RR. En consecuencia, el sistema satelital del gobierno federal podrá continuar operando, siempre con la debida protección de los sistemas IMT.

En la CMR-23, también se intervino como Administración para que, a pesar de que en la Región 2 la banda de frecuencias 3600-3700 MHz está identificada para su uso por las administraciones que deseen implementar IMT, se estableció la nota 5.434 que indica que *“esta identificación no impide la utilización de esta banda de frecuencias para cualquier aplicación de los servicios a los que está atribuida, ni establece prioridad alguna en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR)”*. Las administraciones que quieran implementar las IMT deberán obtener el acuerdo de los países vecinos para garantizar la protección del servicio fijo por satélite.

Lo mismo ocurrió para el segmento 3700-3800 MHz, en la nota 5.435B se estableció que, a pesar de estar identificado para IMT en la Región 2 por Paraguay, Perú, Trinidad y Tobago, y Uruguay, esta identificación no impide la utilización de esta banda de frecuencias para cualquier aplicación de los servicios a los que está atribuida, y no establece prioridad alguna en el RR. Por lo tanto, las administraciones que deseen implementar las IMT deberán obtener el acuerdo de los países vecinos para garantizar la protección del servicio fijo por satélite (espacio-Tierra).

Como conclusión puedo decir que, gracias a la participación en las Conferencias, se ha logrado defender la postura de México para proteger los servicios satelitales en la banda C. Por lo tanto, es fundamental contar con una representación de carácter técnico que facilite el alcance de estos objetivos.

4. Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2027

El desarrollo e innovación que está teniendo la tecnología satelital en los últimos años, ha traído desafíos regulatorios que ya se abordaron y muchos más que falta por atender y que hoy son objeto de discusión, no sólo internacional si no también en los ámbitos nacionales y como sucede en la mayoría de las ocasiones, la tecnología está rebasando los procedimientos establecidos hace varios años.

De tal forma que, atendiendo a esa necesidad la CMR27, históricamente tendrá como mayoría puntos del orden del día relacionados con el espacio, algunos ejemplos son: condiciones técnicas para el uso de las bandas Q/V por ETEM; acceso equitativo en las bandas Q/V; antenas pequeñas en la banda de frecuencia Ku; nueva asignación primaria al SFS en la banda Ka; enlaces espacio-espacio entre satélites no GEO y GEO en bandas de frecuencias específicas; SMS de baja velocidad de datos en banda S; protección de sensores meteorológicos espaciales; posibles asignaciones primarias en todas las regiones al servicio de exploración de la Tierra.

Sin duda, todos estos temas son de gran relevancia, pero podemos destacar tres que están siendo objeto de intensas discusiones, cuyos resultados impactarán no solo en los procedimientos regulatorios del RR, sino que también transformarán la forma en que se prestan los servicios como consecuencia de los avances tecnológicos. Por lo tanto, será fundamental estar atentos a los cambios que se avecinan como consecuencia de los temas que se tratarán en la próxima conferencia.

- **Radiofrecuencias lunares.** Realizar estudios para atribuciones nuevas al servicio de investigación (espacio-espacio), o de modificar las existentes, para el futuro desarrollo de las comunicaciones en la superficie lunar y entre la órbita y la superficie lunar.
- **Protección de los intereses nacionales.** Limitar las operaciones no autorizadas de las estaciones terrenas en órbita no GEO, además de las cuestiones conexas relacionadas con el área de servicio de los sistemas de no GEO en los SFS y SMS en sus territorios.
- **Servicios Móviles por Satélite (SMS) directo al Dispositivo.** El avance y desarrollo tecnológico del sector traen consigo nuevos retos que deben valorarse, tales como el *Direct to Device*, mediante el cual, en algunos países, los operadores satelitales, a través del espectro concesionado tradicionalmente a servicio móviles brindan diversos servicios en zonas desatendidas o no cubiertas directamente a dispositivos *smartphone* comunes, sin necesidad de usar costosos dispositivos satelitales, que no permitían una transición simple y natural entre servicios.

Esta solución permite la integración distinta a los sistemas tradicionales que puede transformar la competencia entre redes satelitales y terrestres por una colaboración más estrecha, tiene diversos retos regulatorios, técnicos y operacionales que están causando intensos debates cuyos resultados tendrán impactos significativos en la regulación.

Este tema es de los más controversiales hacia la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 2027, bajo el punto del orden del día 1.13, que busca considerar estudios sobre posibles nuevas atribuciones al SMS para la conectividad directa entre estaciones espaciales y equipos de usuario de la IMT, a fin de complementar la cobertura de la red IMT terrenal.^{xxxI}

CONCLUSIONES

El sector espacial experimenta cambios significativos impulsados por diversos factores, entre los cuales se destacan las innovaciones tecnológicas en la industria satelital. Éstas han sido implementadas en el mercado tradicional de órbita geoestacionaria y en la última generación de satélites, así como en los satélites no geoestacionarios a través de proyectos accesibles de pequeños satélites y el despliegue de grandes constelaciones o mega constelaciones, que no sólo ayudarán a cerrar la brecha digital en cuanto al acceso que, conforme la UIT alrededor de un tercio de la población mundial, o 2 mil 600 millones de personas, sigue sin conexión,^{xxxII} sino también para contar con servicios más asequibles y de mayor calidad, así como para satisfacer las necesidades para aplicaciones de banda ancha.

Sin embargo, los avances tecnológicos también conllevan consecuencias que no siempre son favorables en cuanto a la sostenibilidad del espacio. No obstante, estos temas están siendo discutidos, buscando así alternativas de solución.

Otras consecuencias son altamente beneficiosas y sin duda impactarán el ejercicio de derechos fundamentales, la reducción de desigualdades y el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Además, todos estos cambios están teniendo un impacto relevante en los procedimientos regulatorios, lo que implica repensar la regulación del espectro radioeléctrico y de las órbitas de los satélites geoestacionarios y no geoestacionarios. Lo que conlleva la realización de estudios y discusiones importantes a nivel internacional, cuyos resultados generarán nuevas reglas o la modificación de las ya existentes, lo que no sólo deberá ser observado por los países en el ámbito internacional, si no que esto deberá adecuarse a la regulación nacional.

Sin duda, el Instituto ha sabido reaccionar adecuadamente a los cambios y ha planteado su posición en los debates, fundamentando sus participaciones y decisiones sobre criterios técnicos especializados y en un entorno independiente. No solo en el ámbito internacional, sino que también ha ejercido su facultad regulatoria bajo esos principios, creando beneficios que se traducen en derechos y obligaciones para los operadores nacionales y extranjeros, a través de disposiciones administrativas de carácter general, entre las cuales se encuentran los Lineamientos de Concesiones, las Reglas de Autorización y las Disposiciones Regulatorias en materia de comunicación vía satélite.

Los trabajos cada vez requerirán de un conocimiento exhaustivo de los procedimientos regulatorios del RR y de otros instrumentos internacionales, más aún que la próxima Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones de 2027 tendrá en su mayoría puntos del orden del día relacionados con el espacio, lo que transformará la forma en que se prestarán los servicios, bajo condiciones renovadas como resultado de los avances tecnológicos. Por lo tanto, es necesario contar con un Instituto fortalecido, que, como se ha demostrado hasta ahora, tendrá la capacidad de responder a todos los cambios que se avecinan.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- I Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) (2019). “Controversia Constitucional117/2014” <<https://www2.scjn.gob.mx/consultatematica/paginas-pub/DetallePub.aspx?AsuntoID=175161>>, consultado en julio de 2024.
- II “Acuerdo por el que se establece la Política en materia satelital del Gobierno Federal”, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 21 de diciembre de 2023 en <https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5712152&fecha=21/12/2023#gsc.tab=0>, consultado en agosto de 2024.
- III Ley que crea la Agencia Espacial Mexicana, publicado en el Diario Oficial de la Federación (DOF) el 30 de julio de 2010 en <<https://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/ref/laem.htm>>, consultado en agosto de 2024.
- IV Exposición de motivos de la Iniciativa de Decreto por el que se expiden la Ley Federal de Telecomunicaciones y radiodifusión, y la Ley del Sistema Público de Radiodifusión en México; y se reforman y adicionan y derogan diversas disposiciones en materia de telecomunicaciones y radiodifusión (2014)
- V “Título de concesión para ocupar y explotar recursos orbitales para uso social, sin fines de lucro, que otorga el Instituto Federal de Telecomunicaciones a favor de la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, A.C.” en < https://rpc.ift.org.mx/vrpc/pdfs/98492_190807123658_8382.pdf>, consultado agosto de 2024.
- VI Resolución que emite el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones respecto de la solicitud de concesión para ocupar y explotar recursos orbitales, para uso comercial, a favor de Thumbsat México, S.A. de C.V, aprobada en la XXI Sesión Ordinaria del Pleno de Instituto Federal de Telecomunicaciones, celebrada el 21 de agosto de 2024.
- VII Suprema Corte de Justicia de la Nación (SCJN) “Exposición de motivos del Ejecutivo Federal de 18 de enero de 1995, para reformar el cuarto párrafo del artículo 28 de la Constitución. Decreto publicado el 02 de marzo de 1995 en el DOF, en: <<http://legislacion.scjn.gob.mx/Buscador/Paginas/wfProcesoLegislativoCompleto.aspx?q=b/EcoMjefuFeB6DOaNOimNPZPsNLFqe0s7fey1FqrifyNcMqVq6etpcydPI-4sVCroNEep5/3TrUdlilqt51FdA==>>
- VIII Publicadas en el DOF el 23 de enero de 2023. Las Disposiciones son consultables en: <https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5677587&fecha=23/01/2023#gsc.tab=0> consultado agosto de 2024.

- IX** Comunicado de prensa de Eutelsat (2024) en <<https://www.eutelsatamericas.com/home/news.html#/pressreleases/eutelsat-group-confirms-end-of-operations-on-eutelsat-113-west-a-satellite-3301465>> consultado agosto de 2024.
- X** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2023) Manual sobre satélites pequeños (2023) < https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-65-2023-PDF-S.pdf >, consultado en agosto de 2024.
- XI** Informe UIT-R SA.2312 (09/2014) Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2023) Manual sobre satélites pequeños (2023) < https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-65-2023-PDF-S.pdf >, consultado en agosto de 2024.
- XII** McKinsey (2023) Space launch: Are we heading for oversupply or a shortfall en < <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/space-launch-are-we-heading-for-oversupply-or-a-shortfall#/> > consultado en Agosto de 2024.
- XIII** Bryce Tech (2022) 2022 Launch Year in Review- En < <https://brycetech.com/reports> > consultado en agosto de 2024.
- XIV** Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) (2022). “Encuesta Nacional sobre Disponibilidad y Uso de Tecnologías de la Información en los Hogares (ENDUTIH), 2023” en < https://www.inegi.org.mx/contenidos/saladeprensa/boletines/2024/ENDUTIH/ENDUTIH_23.pdf >, consultado en septiembre de 2023.
- XV** La UIT determina que 3G es el mínimo para ser considerado una conexión de internet de banda ancha y las conexiones 2G quedan limitadas solo al uso de voz y SMS. Euroconsult (2023) “Universal Broadband Access 2023” en < <https://www.euroconsult-ec.com/press-release/2-6-billion-remained-unconnected-to-broadband-at-the-end-of-2022-a-74-billion-untapped-opportunity/> >, consultado en mayo de 2024.
- XVI** Licitación No. IFT 13 (Servicio Complementario Terrestre del Servicio Móvil por Satélite) en < <https://www.ift.org.mx/industria/espectro-radioelectrico/telecomunicaciones/2024/licitacion-no-ift-13-servicio-complementario-terrestre-del-servicio-movil-por-satelite> >, consultado en abril de 2024.
- XVII** Perspectivas para el mercado de pequeños satélites 9ª Edición. Euroconsult (2023) < <https://digital-platform.euroconsult-ec.com/product/prospects-for-the-small-satellite-market/>>, consultado en agosto de 2024.

- XXVIII** Spaceflight Now < <https://spaceflightnow.com/2023/02/26/space-unveils-first-batch-of-larger-upgraded-starlink-satellites/> >, consultado en agosto de 2024.
- XIX** Estadísticas de lanzamiento de Starlink < <https://planet4589.org/space/con/star/stats.html> >, consultado en agosto de 2024.
- XX** SouthChinaMorningPost <https://www.scmp.com/news/china/science/article/3273446/china-begins-work-setting-vast-network-internet-satellites?campaign=3273446_f84d3a10-5a79-11ef-b2a5-ba3012f234f1&module=perpetual_scroll_1_AI&pgtype=article >, consultado en agosto de 2024.
- XXI** ¿Cómo funciona la constelación de satélites OneWeb? < <https://www.groundcontrol.com/knowledge/calculators-and-maps/oneweb-coverage-map/#:~:text=Having%20completed%20its%20launch%20program,services%20will%20continue%20to%20expand.> >, consultado en agosto de 2024.
- XXII** Índice de NewSpace <<https://www.newspace.im/constellations/amazon>>, consultado en agosto de 2024.
- XXIII** Índice de NewSpace <<https://www.newspace.im/constellations/tele-sat>>, consultado en agosto de 2024.
- XXIV** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2023) Manual sobre satélites pequeños (2023) < https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/hdb/R-HDB-65-2023-PDF-S.pdf >, consultado en agosto de 2024.
- XXV** ídem
- XXVI** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2024) “Resolución 8 (CMR-23) “Tolerancias de determinadas características orbitales de estaciones espaciales desplegadas como parte de un sistema en la órbita de los satélites no geoestacionarios de los servicios fijo por satélite, radiodifusión por satélite y móvil por satélite” en < <https://www.itu.int/pub/R-ACT-WRC.16-2024/es> >, consultado en agosto de 2024.
- XXVII** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2024) “Revista de noticias de la UIT” en <<https://www.itu.int/hub/publication/s-gen-news-2024-1/>>, consultado en agosto de 2024.
- XXVIII** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) (2019) Resolución 245 (CMR19) Estudios sobre asuntos relacionados con la identificación de las bandas de frecuencias 3 300-3 400 MHz, 3 600-3 800 MHz, 6 425-7 025

MHz, 7 025-7 125 MHz y 10,0-10,5 GHz para la componente terrena de las Telecomunicaciones Móviles Internacionales.

XXIX GSMA (2021) “3.5 GHz en la era de 5G” en < <https://www.gsma.com/connectivity-for-good/spectrum/wp-content/uploads/2021/10/3.5-GHz-for-5G.pdf> >, consultado en agosto de 2024.

XXX Instituto Federal de Telecomunicaciones (2021) “Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias” en <<https://www.ift.org.mx/sites/default/files/contentidogeneral/espectro-radioelectrico/dofcnaf-2021accesible.pdf#overlay-context=espectro-radioelectrico/cuadro-nacional-de-atribucion-de-frecuencias-cnaf> >, consultado en agosto de 2024.

XXXI Actas Finales de la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones en <<https://www.itu.int/en/publications/ITU-R/pages/publications.aspx?parent=R-ACT-WRC.16-2024&media=electronic>>, consultado en mayo de 2024.

XXXII Measuring digital development Facts and Figures 2023. International Telecommunication Union. Telecommunication Development Sector en <https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2023/>, consultado en mayo de 2024.

Capítulo 7

Telecomunicaciones en el “New Space”

Mauricio Ávila González
Alonso Arturo Picazo Díaz
Carlos A. Merchán Escalante

En las últimas décadas, la industria espacial ha experimentado una transformación significativa impulsada por la aparición de lo que se conoce como “New Space”. Este término se refiere a un enfoque innovador y disruptivo en la exploración y explotación del espacio, que ha revolucionado la forma en que se construyen y utilizan los satélites, así como se prestan servicios de telecomunicaciones. En este ensayo, exploraremos su impacto en el campo de las telecomunicaciones satelitales, analizando las tendencias, desafíos y oportunidades que presenta esta nueva era espacial.

CONCEPTO DE “NEW SPACE”

El concepto de “New Space” ha surgido como una respuesta a la creciente demanda de acceso al espacio por parte de empresas privadas, *startups*¹ y gobiernos. A diferencia del enfoque tradicional dominado por agencias espaciales gubernamentales, el “New Space” se caracteriza por la participación de empresas comerciales que buscan innovar, reducir costos y acelerar el desarrollo de tecnologías espaciales. Esta evolución ha llevado a la aparición de nuevas empresas espaciales, como SpaceX, OneWeb y Blue Origin, que están impulsando avances significativos en la industria.

En el ámbito de las telecomunicaciones satelitales, el “New Space” ha dado lugar a la proliferación de constelaciones de satélites de Órbita Terrestre Baja (LEO, por sus siglas en inglés) para ofrecer servicios de conectividad global. Estas constelaciones, compuestas por cientos o incluso miles de satélites, prometen brindar cobertura de alta velocidad y baja latencia a áreas remotas que carecen de infraestructura terrestre. Ejemplos destacados incluyen Starlink de SpaceX, que busca proporcionar internet de alta velocidad a nivel mundial, y la constelación de OneWeb, que pretende conectar a comunidades rurales y áreas sin acceso a internet.

1 *Startups* - empresas de reciente creación, normalmente fundadas por emprendedores, de base tecnológica, innovadoras y con una elevada capacidad de rápido crecimiento. Página 2 primer párrafo del Anteproyecto de Ley de fomento del ecosistema de Startups de España <https://avancedigital.mineco.gob.es/es-es/Participacion/Documentos/anteproyecto-ley-startups.pdf>.

“es una organización temporal diseñada para buscar un modelo de negocio que sea repetible y escalable” Steve Blank [https://es.wikipedia.org/wiki/Empresa_emergente]



DESAFÍOS DE “NEW SPACE”

Si bien el “New Space” ha abierto nuevas oportunidades en las telecomunicaciones satelitales, también plantea desafíos significativos.

La congestión orbital, la proliferación de desechos espaciales y la competencia en un mercado cada vez más saturado son solo algunos de los desafíos a los que se enfrentan las empresas espaciales. Además, la regulación espacial y la coordinación internacional son aspectos críticos que deben abordarse para garantizar la sostenibilidad a largo plazo del espacio exterior.

RETOS DEL NEW AND OLD SPACE

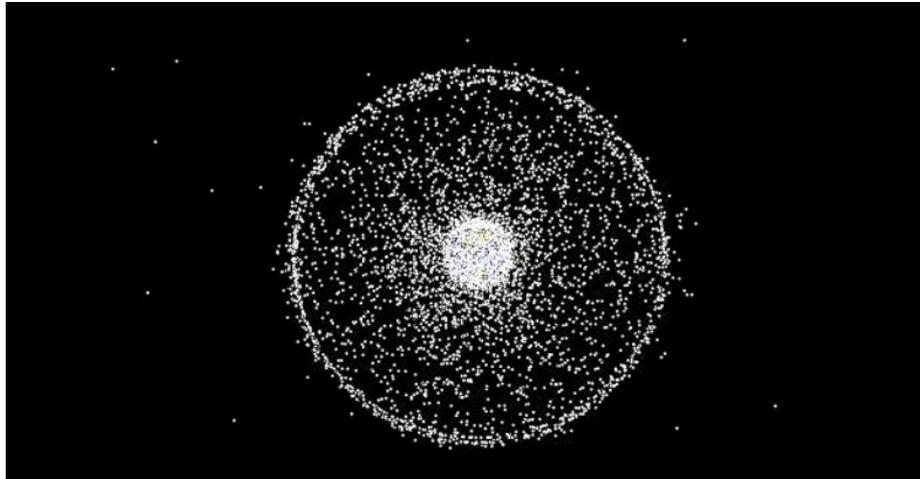


Imagen: <https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/photo-gallery>

“NEW SPACE” TRANSFORMA LA INDUSTRIA ESPACIAL

A medida que el “New Space” continúa transformando la industria espacial, se espera que las telecomunicaciones satelitales jueguen un papel fundamental en la expansión de la conectividad global. Desde la prestación de servicios de banda ancha hasta la habilitación de aplicaciones especializadas como el Internet de las Cosas (IoT) y la telesalud, los satélites seguirán desempeñando un papel crucial en la creación de una infraestructura de comunicaciones robusta y resiliente.

El avance de la tecnología y la disminución de los costos de lanzamiento, permitirá que veamos una mayor adopción de servicios satelitales en áreas como la agricultura de precisión, la monitorización ambiental y la gestión de desastres.

EL "NEW SPACE" FOMENTA UN AMBIENTE DE INNOVACIÓN

Ha fomentado un ambiente de innovación sin precedentes en la industria espacial, impulsando el desarrollo de tecnologías revolucionarias como propulsión eléctrica, fabricación aditiva² e inteligencia artificial aplicada a la gestión de satélites. Además, la colaboración entre actores del sector público y privado está creando nuevas oportunidades para la investigación conjunta, el intercambio de datos y la creación de estándares comunes que impulsen el crecimiento sostenible de la industria.

A medida que el número de satélites en órbita continúa aumentando, la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental se han convertido en temas críticos para la industria espacial. Es fundamental implementar prácticas de diseño eco-amigables, mitigar el riesgo de colisiones y desarrollar tecnologías para la eliminación segura de satélites al final de su vida útil. La cooperación internacional y la adopción de normas de comportamiento responsable son esenciales para garantizar que el espacio exterior permanezca accesible y seguro para las generaciones futuras.

La competencia en el espacio de las telecomunicaciones satelitales ha aumentado significativamente con la entrada de nuevos actores y la expansión de las constelaciones de satélites de órbita baja. Esta competencia ha llevado a una mayor diversificación de servicios y modelos de negocio en el sector, con empresas que ofrecen desde conectividad de banda ancha hasta servicios especializados para mercados verticales como la agricultura, la navegación marítima y la defensa. La diversificación de servicios ofrece oportunidades para atender a una amplia gama de clientes y aplicaciones, impulsando la innovación y el crecimiento en la industria.

EL "NEW SPACE" Y LA REGULACIÓN

El "New Space" está impulsando la adopción de tecnologías emergentes en las comunicaciones por satélite, como la interconexión óptica entre satélites, la inteligencia artificial para la gestión de redes y la miniaturización de satélites. Estas tecnologías permiten una mayor eficiencia operativa, una mejor calidad de servicio y una mayor flexibilidad para adaptarse a las demandas cambiantes del mercado. La rápida evolución tecnológica en el espacio de las telecomunicaciones satelitales está creando nuevas oportunidades para la innovación y la diferenciación en un entorno altamente competitivo.

² Fabricación aditiva - también conocida como impresión 3D, es un proceso que se utiliza para crear un objeto físico (o 3D) mediante la superposición de capas de material a partir de un modelo digital. Wikipedia

La regulación y la política desempeñan un papel crucial en el desarrollo y la operación de sistemas de comunicaciones satelitales. A medida que la industria espacial experimenta un crecimiento acelerado, es fundamental establecer marcos regulatorios claros y actualizados que fomenten la innovación, protejan el espacio exterior y promuevan la competencia justa. La colaboración entre reguladores, empresas espaciales y otros actores interesados es esencial para abordar cuestiones como la asignación del espectro radioeléctrico, la protección del medio ambiente espacial y la resolución de disputas internacionales.

EL PAPEL DEL "NEW SPACE"

En un mundo cada vez más interconectado y dependiente de las comunicaciones globales, el "New Space" está desempeñando un papel fundamental en la evolución de las telecomunicaciones satelitales. La combinación de innovación tecnológica, competencia creciente y colaboración entre actores del sector público y privado está impulsando el desarrollo de soluciones avanzadas para abordar los desafíos actuales y futuros en el espacio. A medida que la industria espacial continúe su rápida transformación, es crucial mantener un enfoque en la sostenibilidad, la responsabilidad y la equidad para garantizar que todos los beneficios del "New Space" se aprovechen de manera responsable y equitativa.

Esta nueva era está creando oportunidades sin precedentes para explorar nuevos horizontes, mejorar la conectividad global y transformar la forma en que interactuamos con el espacio exterior. Al abrazar la innovación, la colaboración y la visión a largo plazo

Está transformando el panorama de las telecomunicaciones satelitales, abriendo nuevas oportunidades para la conectividad global y la innovación tecnológica. Si bien existen desafíos significativos que deben abordarse, el potencial de mejorar la vida en la Tierra y explorar nuevos horizontes en el espacio es inmenso. A medida que la industria espacial continúe evolucionando, es crucial mantener un enfoque equilibrado en la innovación, la sostenibilidad y la colaboración para aprovechar al máximo las oportunidades que el "New Space" tiene para ofrecer.

EL "NEW SPACE" Y SU IMPACTO EN LAS COMUNICACIONES SATELITALES

Este es un tema común en todas las mesas de la industria que sin duda ha cambiado la forma en que conceptualizamos la prestación de los servicios de telecomunicaciones desde el espacio.

En su concepto más general el "New Space" significa la democratización del espacio, promoviendo la reducción de costos, acceso a tecnologías más eficientes y menos costosas, tanto en lanzamientos, como satélites y equipo terrestre.

El "New Space" también significa la estandarización de procesos y su masificación, el lector estaría correcto en cuestionar que en la industria siempre han existido procesos estándar, lo cual es correcto, sin embargo si llegaba el proyecto que tenía como misión cubrir las Américas y necesitaba 5 antenas se usaba un diseño y si llegaba el operador que necesitaba cubrir África necesitaba 6 antenas el diseño cambiaba y si llegaba el asiático que metía otra banda de frecuencias se elaboraba otra misión y su correspondiente diseño, y aunque usaban la misma plataforma la tropicalización para cada posición orbital, cobertura, necesidades de potencia, frecuencias disponibles lanzador seleccionado, etcétera, hacia cada diseño único y prácticamente artesanal y eso lo hacía particularmente caro porque claramente eran diseños a la medida, diseños ad hoc que llevaban muchas pruebas de compatibilidad electromagnética, presupuestos de potencia, estabilidad térmica, distribución de hardware, etc., entonces eso le iba subiendo costos de manera exponencial y se volvía muy caro.

El caso más evidente de estandarización y masificación de tecnología es Starlink, hace su primer satélite y los siguientes mil iguales, su filosofía es *no le muevas*; los satélites son pequeños, de bajo costo y alta capacidad, pero con el control de acceso al espacio no importa si fallan 50 en un mal lanzamiento, pues tienes otros 50 en la línea de producción.

En "New Space" también se han desarrollado diferentes tecnologías como los satélites micro geoestacionarios, que son satélites de ocho a nueve haces en banda Ku o banda Ka producidos en masa, con ocho años de vida útil, procesos de fabricación optimizados y con la que naciones pequeñas o corporaciones muy pequeñas ya van a poder tener acceso a tecnología satelital, sin tener que realizar grandes inversiones de cientos de millones de dólares en satélites, en lanzadores y en seguros.

OLD SPACE VERSUS EL NEW SPACE

Old Space

En un ejercicio muy simplificado para intentar establecer puntos de comparación entre el "Old Space" versus el "New Space" tenemos que en el primero nos encontramos con grandes corporaciones establecidas hace décadas fabricantes de satélites, no solo son grandes en la parte satelital sino también de la exploración espacial y la industria militar, estas empresas generan una cantidad significativa de sus ingresos en programas satelitales gubernamentales y militares, también tienen como clientes a empresas con grandes flotas de satélites.

Uno de los principales paradigmas con los que lucha el "Old Space" es el tema de agilidad contra calidad y precios, es un reto significativo tras décadas para desarrollar técnicas, herramientas, software de pruebas y análisis, pero, no la tienen fácil; seguramente se van a reinventar para parecerse un poco más al "New Space", pero tienen ese reto y que en su ADN está el hacer trajes a la medida, muy sofisti-

cados, muy especializados y, por consecuencia, ante la entrada del "New Space" su base de clientes y sus pedidos se han visto reducidos significativamente.

New Space

El "New Space" básicamente son startups, con un poco más de una década de existencia, más parecidas a las empresas de software actuales, son empresas incluso fondeadas por los mercados financieros.

A diferencia de "Old Space", donde se hacen trajes a la medida, en el "New Space" la tropicalización es mínima o nula, el "New Space" construye constelaciones de satélites con el fin de vender servicios de manera verticalizada, es decir acortan la cadena de valor quitando intermediarios y vendiendo directamente el servicio al usuario final.

El "New Space" a pesar de ser mayoritariamente financiados por capital privado, no se escapan de tener misiones gubernamentales pagadas para el lanzamiento de cápsulas a la estación espacial internacional, programas gubernamentales muy importantes pagados para crecer la cobertura de internet en varios países e inclusive apoyar a países comprometidos en conflictos bélicos aunque no son fundamentales para su subsistencia, su objetivo es masificar servicios, abaratar costos al usuario final y democratizar el acceso a internet.

Entre las características del "New Space" está el que sus presupuestos son mucho menores, uso más intensivo de procesos digitales, sus fábricas y herramientas de pruebas e integración (cámaras de vacío, mesas de vibración, camas de pruebas electrónicas) son una décima parte de aquellas usadas en el "Old Space" son empresas más flexibles aprovechan mucho la nueva tecnología de inteligencia artificial trabaja mucho con visores de tercera dimensión el proceso es más *stream line*, es decir, menos artesanal, más automatizado, con una capacidad de procesamiento mucho mayor.



OTRA CARACTERÍSTICA ES EL ACCESO AL ESPACIO DE BAJO COSTO

La actividad de SpaceX en Cabo Cañaveral, Florida, desde el 2010 a la fecha, ha incrementado el ritmo de lanzamiento gradualmente. Su tasa de lanzamiento originalmente especificaba reutilizar un par de veces sus cohetes para transportar satélites. No obstante, ya han sido empleados en seis ocasiones y su meta es reutilizarlos al menos 20 veces.

Hace casi 10 años, el costo por transportar y colocar un satélite en el espacio ascendía a 150 millones de dólares; hoy para SpaceX es del orden de los 50 a 52 millones de dólares, aproximadamente, lo que confirma que el costo de poner satélites en órbita se ha reducido considerablemente.

El principal paradigma que rompió Starlink es llevar el servicio y la terminal directamente al propio usuario final, configurable mediante el teléfono celular y estar en venta en tiendas departamentales, a costos asequibles.

Operadores geoestacionarios pueden hacer equipo con los sistemas satelitales no geoestacionarios para aplicaciones específicas, donde hay una conjunción y complementación entre los satélites de Órbita Terrestre Baja (LEO, por sus siglas en inglés); Órbita Terrestre Media (MEO, por sus siglas en inglés), y Órbita Geoestacionaria (GEO, por sus siglas en inglés).

Astranis, que también pertenece a este tema de "New Space", es una empresa basada en San Francisco, California, Estados Unidos, que está desarrollando pequeños satélites de comunicaciones geoestacionarios que se caracterizan por:

- Fabricación en serie
- Vida útil 8 años
- Misiones Regionales
- Estandarizados 8 a 9 Beams
- Potencia estándar en toda la línea
- Procesador a Bordo
- Incluye Lanzamiento
- Seguros
- Posiciones Orbitales

- Arrendamiento de capacidad

Otro ejemplo, es el caso de AST SpaceMobile que está construyendo la primera red global satelital de banda ancha celular en el espacio que funcionara directamente con dispositivos móviles estándar sin modificarlos en las frecuencias de 2G, 3G, 4G, LTE y 5G. Están trabajando con operadores de redes móviles de todo el mundo para brindar conectividad opcional vía satélites cuando sea necesario.

BlueWalker 3 es el satélite prototipo de AST SpaceMobile y está diseñado para operar directamente con dispositivos móviles estándar sin modificarlos. La nave espacial se construyó para establecer conectividad directamente con teléfonos celulares a través de frecuencias estándar 2G, 3G, 4G, LTE.

BlueWalker 3 se lanzó a la órbita el 10 de septiembre de 2022 y es un predecesor de los satélites comerciales planificados llamados *BlueBirds* que planean poner en órbita a partir de 2024.

LOS STARTUPS ESPACIALES EN EL "NEW SPACE" EL RETO PARA MÉXICO

Las nuevas tecnologías han revolucionado la forma en la que entendemos el mundo y también cómo desarrollamos muchas de las actividades profesionales en él. Así, el emprendimiento ha ido evolucionando y, gracias a ellas, se presenta bajo el concepto startup. A continuación, te contamos en qué consiste y cuáles son sus principales características.

En el mundo actual, cada día emergen nuevas empresas para ofrecer sus productos y servicios en distintos sectores de la economía. En este nuevo entorno digital, que ya estamos viviendo en México, y con el desarrollo de las tecnologías de la información y comunicación TIC's, la aparición de las llamadas startups es ya una realidad. Las *startups* aparecen en los más diversos sectores como el agrícola, el financiero, el comercio, los servicios, la energía, e incluso en el de las telecomunicaciones. Algunos casos de gran éxito se han logrado desarrollar y convertirse en los llamados Unicornios³ Mexicanos (p.ej. Bitso, Clara, Clip, GBM, Incode, Jokr, Kavak, Konfío, Merama).

¿Pero qué es una startup?

Existe mucha información al respecto, de la página del banco Santander; he seleccionado esta información que es muy clara y sencilla de entender:

3 Startup Unicornio- compañías creadas hace menos de diez años que, sin cotizar en bolsa ni haber sido adquiridas por un tercero, logran un valor de 1.000 millones de dólares o más a nivel mundial.
<https://www.santander.com/es/stories/empresas-unicornio#>

“¿Qué es un startup y cuáles son sus características?”

Un startup es una empresa de nueva creación que, gracias a su modelo de negocio escalable y al uso de las nuevas tecnologías, tiene grandes posibilidades de crecimiento...

En relación con las startups, es frecuente confundirlas con una pyme -pequeñas y medianas empresas con límites, entre otros, en sus recursos humanos y en su volumen de negocio. Sin embargo, no son lo mismo.

Entre las principales cualidades que caracterizan a un startup y la diferencian con una pyme, podemos destacar:

- *Juventud: son organizaciones emergentes y, por tanto, no cuentan con un recorrido y un posicionamiento previo; una jovialidad que no tiene por qué definir a una pyme.*
- *Innovación: aunque las pymes puedan contar con tecnologías de última generación, no basan -a diferencia de las startups- su modelo de negocio en la innovación. En el caso de las empresas emergentes, principalmente esta va asociada a la tecnología, la cual constituye una ventaja competitiva.*
- *Alcance: suelen tener un enfoque más amplio, generalmente geográfico, incluso global; mientras que las pymes tradicionalmente orientan su negocio al mercado local y/o nacional.*
- *Escalabilidad: son negocios que buscan aumentar su magnitud e ingresos en periodos de tiempo cortos, sin que esto conlleve un aumento de sus gastos. Las pymes, por su lado, cuentan con visiones más tradicionales y están en el mercado con el fin de alcanzar una trayectoria más lineal. En consecuencia, estas últimas suelen contar con mayores tasas de supervivencia.*
- *Costes reducidos: no requieren un elevado coste de recursos para poner en marcha ni desarrollar su actividad. Esto les permite crecer más rápidamente y aumentar su margen de beneficios. Muchas de ellas incluso prescinden de un espacio oficial para la organización, sobre todo en sus inicios, optando por fórmulas como el coworking -oficinas compartidas por distintos profesionales que no tienen por qué guardar una relación profesional entre sí.*
- *Financiación: frente a la pyme, donde el capital externo es reducido o inexistente, los startups priorizan la inversión de terceros.*

Así surgen figuras como los business angels, personas físicas que buscan destinar parte de sus fondos a estas organizaciones de reciente creación, así como implicarse en la gestión empresarial -algo que la diferencia de los inversores tradicionales- con el objetivo de contar con una participación en el negocio..."

Así, el nuevo esquema del "New Space" donde la entrada de nuevos jugadores basados en las TIC con enfoques innovadores y globales y demás cualidades de las *startups*, es fundamental, México tiene un gran potencial. El país cuenta con los recursos humanos suficientes para el desarrollo de *startups* que podrían integrarse al nuevo "New Space".

Los enfoques o vocaciones de posibles *startups* basadas en México en la industria satelital pueden ser de lo más diverso. La Industria espacial/satelital requiere de insumos de los más variados, que además tienen que ser integrados a un gran conjunto de sistemas. La fabricación de satélites o partes de ellos, así como la operación y explotación de los mismos, incluso la prestación de los más diversos servicios que nos pueden aportar los satélites, requiere de recursos humanos, materiales, financieros, de investigación y desarrollo, etc.

Dado su enfoque innovador para el desarrollo de tecnología o servicios, su tendencia al crecimiento acelerado y su versatilidad, la constitución, operación, financiación, desarrollo y crecimiento de las *startups* espaciales/satelitales deberían ser parte de las políticas públicas de cualquier país. En México contamos con un buen nivel en los recursos humanos para dar este gran paso.

La llamada democratización del uso y aprovechamiento del espacio en el "New Space" es una gran oportunidad que se abre a países como México. El desarrollo de *startups* mexicanas satelitales nos permitiría mantenernos con una mayor participación en esta nueva Economía del Espacio.

Algunos ejemplos de *startups* que hoy en día se están desarrollando se mencionan en un resumen del artículo publicado en la revista especializada *Vía Satélite* en el artículo titulado "10 Smallsat Startups to Watch in 2024", publicado en su número de agosto 2024:

AIRMO

Airmo es un startup de tecnología climática, con sede en Alemania que busca utilizar la tecnología espacial en beneficio del clima.

ASTROGATE LABS

La industria de startups espaciales de la India ha experimentado un rápido aumento en los últimos años después de que el primer ministro Narendra Modi abriera la puerta a oportunidades espaciales comerciales en 2020. Astrogate

Labs, con sede en Bengaluru, está trabajando para generar un impacto en la naciente industria espacial comercial de la India mediante el diseño de un sistema de comunicación láser para satélites pequeños.

DARK

Dark es un startup francés de seguridad y protección espacial que espera ofrecer una nueva capa de seguridad en órbita a las empresas espaciales. La empresa desarrolló un sistema que proporciona acceso a cualquier punto de la órbita terrestre baja (LEO) en menos de 24 horas para eliminar objetos peligrosos y evitar la propagación de basura espacial

DELOS INSURANCE SOLUTIONS

Delos Insurance Solutions, startup estadounidense con sede en California, que tiene como objetivo utilizar algoritmos para analizar imágenes satelitales y pronósticos meteorológicos de alta resolución para ayudar a las compañías de seguros a brindar seguros a propietarios de viviendas y empresas.

FREEFALL AEROSPACE

FreeFall Aerospace startup estadounidense en Tucson, Arizona, que está trabajando en varios productos de antenas.

K2 SPACE

K2 Space startup estadounidense en Los Ángeles, con enfoque para fabricar satélites.

NARA SPACE

Nara Space startup de Corea del Sur que ofrece servicios integrales de extremo a extremo en nano y microsatélites.

QUASAR SATELLITE TECHNOLOGIES

Quasar Satellite Technologies Startup australiana Con sede en Sydney, Australia, que está trabajando para mejorar el acceso a las estaciones terrestres y el monitoreo de radiofrecuencia.

REORBIT

La startup finlandés ReOrbit está invirtiendo en el futuro del espacio definido por software.

SPACE DOTS

Space Dots startup del Reino Unido con objeto de simplificar el proceso de calificación de materiales espaciales y capacitar a los proveedores de materiales para ingresar con confianza al mercado espacial.

MERCADO SATELITAL EN MÉXICO Y LAS EMPRESAS PRESTADORAS DE SERVICIO SATELITAL

El mercado satelital en México ha experimentado un crecimiento significativo en las últimas décadas, impulsado por la creciente demanda de servicios de comunicaciones, transmisión de datos, televisión digital y acceso a internet áreas urbanas, áreas remotas o de difícil acceso. La geografía montañosa y dispersa del país hace que la infraestructura terrestre sea costosa y difícil de implementar en algunas regiones, lo que ha llevado a un mayor uso de la tecnología satelital para satisfacer las necesidades de conectividad.

Operadores de satélites geoestacionarios

En este rubro caen aquellas empresas que venden la capacidad de sus satélites "en volumen", ya sea en Megahertz o en Megabits por segundo, para después ser integrados en soluciones empresariales, gubernamentales o residenciales.

Dentro de este rubro se tiene:

- **Hispasat**, empresa española con satélites con cobertura en México, con capacidad en Banda Ku y Banda Ka, siendo su satélite más reciente el Alphasat
- **SES**, empresa de Luxemburgo con satélites con cobertura en México, siendo el más reciente el SES 17, satélite de alta capacidad con haces pincel con una carga útil flexible modificable por software.
- **Eutelsat**, operador francés con tres posiciones orbitales concesionadas por el gobierno mexicano, que desafortunadamente perdió control sobre el recurso que operaba en la posición 113 grados Oeste y que arrancó el reloj regulatorio para colocar un reemplazo a más tardar en enero de 2027
- **Hughes Networks Systems**, con satélites sobre México en banda Ka, pensados para soluciones residenciales y empresariales.
- **Intelsat**, empresa estadounidense que surge de la privatización del consorcio gubernamental multinacional, con la tercera flota de satélites más grande y que tiene recursos en banda C, banda Ku y banda Ka sobre México.

Operadores de constelaciones Satélites de Órbita Baja (No Geoestacionario):

- **Starlink**, compañía de origen estadounidense que mediante empresas *startups* se ha expandido en muchos países incluido México, que tiene verticalmente integrada toda la cadena de valor para prestar servicios, desde la fabricación de satélites, lanzamiento al espacio, fabricación de telepuertos, fabricación de terminales de usuario, venta vía internet, diseñada para el mercado masivo de internet sin intermediarios, ni integradores con precios muy bajos, velocidades altas y latencias muy bajas.
- **OneWeb**, empresa de origen inglés y adquirida recientemente por Eutelsat en un intento de proveer una oferta de servicios híbrida geoestacionaria y de satélites de órbita baja, también verticalmente integrada, pero sus piezas de tecnología se han integrado de fabricantes de tecnología satelital como Hughes en los Gateways, Intellian, Hughes y Kymeta en el equipo terminal, y dependen de socios de distribución para llegar al usuario final.
- **Project Kuiper**, es una iniciativa de Amazon para proporcionar internet rápido y asequible a comunidades de todo el mundo que no cuentan con servicios tradicionales de internet y comunicaciones. Amazon desplegará miles de satélites de órbita baja conectados a una red global de antenas, fibra y puntos de conexión a internet en tierra. Se estima que inicie operaciones en América Latina en 2025.

“NEW SPACE” EN MÉXICO

Las empresas prestadoras de servicios satelitales en México ofrecen soluciones innovadoras para satisfacer las necesidades de conectividad de los usuarios en todo el país. Estas empresas desempeñan un papel fundamental en la expansión de la cobertura de servicios de comunicaciones, Internet y televisión en áreas urbanas y rurales, contribuyendo al desarrollo socioeconómico de México.

El crecimiento continuo del mercado satelital en México también está impulsado por la creciente demanda de servicios de alta velocidad y ancho de banda, especialmente en áreas donde la infraestructura terrestre es limitada o inexistente. Las empresas prestadoras de servicios satelitales están invirtiendo en tecnologías innovadoras, como satélites de alta capacidad y redes de próxima generación, para mejorar la calidad y la disponibilidad de sus servicios en todo el país.

La competencia en el mercado satelital mexicano está aumentando, lo que beneficia a los consumidores al ofrecerles una mayor variedad de opciones y precios más competitivos. Las empresas prestadoras de servicios satelitales están expandiendo sus ofertas de productos y servicios, adaptándose a las ne-

cesidades específicas de los diferentes segmentos de mercado y mejorando la experiencia del usuario a través de soluciones personalizadas y de alta calidad.

La apertura del mercado a la inversión extranjera y la promoción de la competencia han contribuido a la expansión de la industria satelital en México y han beneficiado a los consumidores al mejorar la calidad y la disponibilidad de los servicios.

En cuanto al marco regulatorio, el gobierno mexicano tiene hoy un desafío para desarrollar políticas y regulaciones actualizadas que fomentan la competencia, la inversión y la innovación en el sector.

En conclusión, el mercado satelital en México presenta oportunidades significativas para el crecimiento y la innovación en el futuro.

Las empresas prestadoras de servicios satelitales juegan un papel clave en la transformación digital de México, proporcionando soluciones de conectividad avanzadas y confiables que impulsan el desarrollo económico y social en todas las regiones del país.

En conclusión, el mercado satelital en México presenta oportunidades significativas para el crecimiento y la innovación en el futuro.

PRINCIPALES RETOS DEL “NEW SPACE” MUNDIAL

Los satélites juegan un papel crucial en una amplia gama de aplicaciones, desde las comunicaciones hasta la observación de la Tierra, la navegación y la exploración espacial. Sin embargo, el mercado satelital se enfrenta a una serie de desafíos que van desde cuestiones regulatorias hasta tecnológicas y de mercado.

El mercado satelital mundial ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años, incluidos los años de la pandemia, una mayor demanda de servicios satelitales por la sociedad.

El mercado satelital se enfrenta a una serie de desafíos que pueden obstaculizar su desarrollo y crecimiento futuro.

Uno de los principales desafíos que enfrenta el mercado satelital es el marco regulatorio complejo y fragmentado que rige las actividades espaciales a nivel internacional. A medida que el número de actores en el espacio aumenta y la tecnología espacial avanza, es fundamental contar con regulaciones claras y efectivas para garantizar la seguridad, la sustentabilidad y la equidad en el uso del espacio ultraterrestre y del recurso órbita espectro.

La sostenibilidad financiera es otro desafío importante en el mercado satelital, especialmente para las empresas emergentes y los startups espaciales.

En resumen, el mercado satelital mundial enfrenta desafíos complejos, pero no insuperables. Con el compromiso y la colaboración de todas las partes interesadas, podemos superar estos desafíos y aprovechar todo el potencial de los satélites para mejorar nuestras vidas y nuestro mundo.

COMENTARIO FINAL

Considerando que el "New Space" nos aporta principalmente la participación de la incitativa privada en el ámbito espacial a través de startups, con bajos costos, innovación tecnológica, con nuevas visiones para el desarrollo de más servicios e infraestructura, se hace necesario el desarrollo en México de Políticas Públicas que apoyen a empresas del tipo "Startups espaciales" (y no solo financieras⁴) incluyendo las de servicios de telecomunicaciones espaciales. De esta manera, México no solo mantendría, sino que acrecentaría su participación en la nueva Economía del Espacio.

⁴ Hoy en día en México contamos con una Ley Fintech que está enfocada a Servicios financieros.

Capítulo 8

Retos futuros

Arturo Robles Rovalo

La frontera más alta y sofisticada de las telecomunicaciones y tecnologías de la información son, para muchos, los satélites de comunicaciones y el ecosistema espacial que los rodea. Sus sistemas, diseñados para funcionar y proveer servicios tanto en la tierra, mar, cielo y espacio exterior, representan para el mundo científico y tecnológico uno de los mayores desafíos por su complejidad y alta especialización, al grado de denominar “*rocket science*” a los desarrollos más avanzados e innovadores de las distintas vertientes tecnológicas.

Desde el inicio de la era espacial en los años cincuenta, los sistemas de telecomunicaciones han sido fundamentales y parte intrínseca de su desarrollo, tanto para intercomunicar, medir y controlar inalámbicamente los distintos sistemas, elementos y personas, como para la provisión de servicios y aplicaciones desde, hacia o en el espacio.

Al igual que otras tecnologías altamente complejas y que requieren infraestructuras muy costosas y especializadas, las primeras generaciones de tecnologías espaciales y satelitales estaban restringidas básicamente a proyectos gubernamentales de índole científico, militar y de posicionamiento estratégico, empleando centros y agencias gubernamentales nacionales o multinacionales y con la intervención de unos pocos grandes consorcios. Pocos países contaban con satélites y sistemas espaciales propios y los usuarios se limitaban a gobiernos, centros de investigación y algunas empresas.

Varias décadas, y dos generaciones tecnológicas después, han dado como resultado una “nueva era” para los ecosistemas espacial y satelital. En gran medida este punto de inflexión está siendo posible gracias, por un lado, a los avances en el reuso y eficiencia en vehículos y cohetes espaciales y, por el otro, a la miniaturización de los elementos del segmento terrestre (terminales, estaciones terrenas, etc.) y al aprovechamiento de los avances realizados en las comunicaciones inalámbricas terrestres. Dichos factores han permitido una reducción exponencial de precios de los equipos y servicios satelitales que se está reflejando en un incremento sustancial de la oferta y penetración de los servicios.

Esta segunda era del espacio, a la que se le ha denominado también *Nuevo Espacio* (“*New Space*”), involucra no sólo operaciones satelitales, sino también tecnología de defensa, análisis de datos y áreas innovadoras de uso y explota-

ción del espacio como el turismo espacial, la minería de recursos espaciales, establecimientos en la luna y colonias permanentes en otras partes del espacio. Esta era a la que la Organización para la Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE, 2019) define como “el conjunto completo de actividades y el uso de recursos que crean valor y beneficios para la humanidad en el proceso de explorar, investigar, comprender, gestionar y utilizar el espacio” está caracterizada por una nueva generación de empresas privadas y público-privados que están experimentando e implementando tecnologías innovadoras para ofrecer servicios espaciales de próxima generación, logrando con ello un acceso más económico y fácil a los sistemas satelitales y espaciales.

Un ejemplo del *Nuevo Espacio* es la innovadora generación de vehículos de lanzamiento como el Falcon 9 y el Falcon 9 Heavy de Space X, que pueden regresar sus cohetes automáticamente y aterrizar en su base inicial, o empresas como *Relativity Space*, que utiliza impresión 3D para construir sus cohetes. Dichos avances han permitido descensos exponenciales en los precios de lanzamiento para la puesta en órbita de satélites y dispositivos espaciales^I. Como muestra, entre una era espacial y otra, el costo de lanzamiento hasta la órbita terrestre baja (LEO) ha caído de 65,000 dólares por kilogramo a 1,500 dólares por kilogramo, una disminución de más de 95%.^{II}

En la economía de esta nueva era, la liberalización del mercado y el acceso a datos satelitales están acelerando el desarrollo de nuevos productos, servicios, empresas e industrias. Por ejemplo, usuarios como Uber y Didi, entre otros, no habrían podido crecer hasta convertirse en grandes empresas sin aprovechar la movilidad proporcionada por el acceso gratuito a la infraestructura espacial y los datos de los sistemas de navegación por satélite.^{III}

El crecimiento es tan significativo que, según el Foro Económico Mundial (2024), el espacio experimentará una transformación importante en la próxima década. Proyecta que la economía espacial global, conformada por las aplicaciones que denomina “columna vertebral” –proveedores de hardware y servicios espaciales– y las aplicaciones de “alcance”, que son omnipresentes en la vida cotidiana, –desde la entrega de alimentos hasta servicios meteorológicos–, podría alcanzar los 1.8 billones de dólares para 2035. Con una tasa de crecimiento de 9% anual, esto representa el doble de la tasa de crecimiento del PIB proyectada para la próxima década, ya que las expectativas globales están fijadas en 5% anual. Al comparar entre industrias, estas estimaciones son similares a las de los semiconductores, que se estiman en 600 mil millones de dólares en 2021, con un crecimiento anual de entre 6% y 8% hacia la década de 2030.^{IV}

Los beneficios de las nuevas tecnologías espaciales y satelitales no son únicamente económicos; también representan un valor fundamental para la sociedad. Por ejemplo, si bien desde hace décadas se utilizan los satélites para comunicar sitios aislados, remotos o de difícil acceso, hasta hace poco los precios, dimensiones y disponibilidad de los equipos hacían inviable su uso masivo.

Con los nuevos avances, cada vez resulta más asequible utilizar la banda ancha satelital para que aquellos que no están conectados tengan la oportunidad de integrarse en la sociedad digitalizada en la que vivimos, permitiéndoles ejercer diversos derechos fundamentales como la educación, la salud y el derecho a un medio ambiente sano, entre otros. Además, estas tecnologías están extendiendo su uso en aplicaciones de seguridad nacional y en la protección de otras infraestructuras críticas que dependen de los servicios espaciales, como el monitoreo de la superficie para predicciones meteorológicas, incluyendo los impactos del cambio climático, tales como el aumento de las temperaturas oceánicas o las inundaciones.

Sin embargo, todo cambio conlleva importantes retos que tienen un impacto directo, ya sea positivo o negativo, en aspectos sociales, ambientales, económicos y políticos. De ahí que es fundamental que los desafíos sean analizados y discutidos cuidadosamente entre las múltiples partes interesadas. Las soluciones que se implementen se reflejarán en cambios e innovaciones tecnológicas, la adopción de principios y estrategias, así como en la creación y posibles modificaciones de instrumentos convencionales, tanto vinculantes como no vinculantes. Medidas que cada país deberá ajustar de acuerdo con sus necesidades, incorporándolas en sus políticas públicas y en su marco normativo y regulatorio.

Si bien los ámbitos que impactará esta nueva era espacial y satelital son tan amplios como el propio espacio, este capítulo se centrará en dos aspectos que determinarán, en gran medida, la regulación mundial y nacional de los próximos años. Primero se abordarán los desafíos relacionados con la **seguridad y sostenibilidad de las actividades espaciales y satelitales** para, posteriormente, enfocarnos en los **nuevos sistemas de comunicaciones satelitales**, en específico en las soluciones multiórbita y en las redes no terrestres (NTN por sus siglas en inglés) que derivarán en la completa integración de las redes satelitales con las redes terrestres, así como una reconfiguración del papel de los sistemas satelitales dentro del sector de las telecomunicaciones.

SEGURIDAD Y SOSTENIBILIDAD ESPACIAL

El aumento de las actividades de exploración y utilización del espacio ultraterrestre, están generando beneficios y riesgos para la sostenibilidad espacial, definida como “la capacidad de mantener la realización de actividades espaciales indefinidamente en el futuro de modo tal que se logren los objetivos del acceso equitativo a los beneficios de la exploración y utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, a fin de atender las necesidades de las generaciones presentes y, al mismo tiempo, preservar el medio espacial para las generaciones futuras”. (UNOOSA¹, 2021).^v

¹ La Oficina de las Naciones Unidas para la Observación del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) actúa como Secretaría del único comité de la Asamblea General que se ocupa de la cooperación internacional en el espacio: la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos (COPUOS). Página 10, UNOOSA_Annual_Report_2020.pdf https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/stspace/stspace78_0_html/UNOOSA_Annual_Report_2020.pdf

Los desechos espaciales, la gestión del tráfico espacial, la utilización eficaz de los recursos en órbita y el espectro radioeléctrico, los impactos ambientales en la Tierra y la atmósfera, así como el aumento de la luminosidad en el cielo nocturno (OCDE, 2022)^{vi}, son, entre otros, los desafíos actuales y futuros que requieren un entendimiento común sobre su problemática y sus implicaciones. También es indispensable conocer el panorama regulatorio actual, identificando sus deficiencias y necesidades para desarrollar marcos de regulación y de cooperación internacional que garanticen una utilización segura y sostenible del espacio ultraterrestre.

Los desafíos de la sostenibilidad espacial son diversos; sin embargo, por su relación con la normativa y reglamentación mundial, destacan los relacionados con la explotación del espacio y sus recursos, aunada a la gestión de los vehículos y dispositivos espaciales, así como a los desechos espaciales generados por la actividad espacial.

1. Desechos Espaciales

Desde 1957 que se logró con éxito el lanzamiento del primer satélite artificial Sputnik 1, más de 6,710 lanzamientos han llevado alrededor de 19,160 satélites al espacio. Para agosto de 2024, cerca de 10,100 se encuentran activos.^{vii} Siendo en la última década que se ha presentado un aumento anual de objetos² lanzados al espacio, pasando de 120 en 2010, 586 en 2019 a 1274 en 2020 y alcanzando 2,664 en 2023 (OurWorldInData, 2024).^{viii}

Este aumento significativo se debe, principalmente, a las constelaciones o mega constelaciones formadas por decenas, centenas o miles de satélites pequeños iguales o similares, que crean una “red” alrededor de la Tierra, generalmente desplegadas en órbita terrestre baja (LEO, por sus siglas en inglés) y, para algunas misiones, en una órbita terrestre media (MEO). La creciente adopción de tecnologías relacionadas con satélites pequeños se debe a las múltiples ventajas que ofrecen, como la reducción de costos y la disminución en los tiempos de construcción y de lanzamiento, que pueden realizarse en un plazo de 18 meses, en comparación con los satélites Geoestacionarios (GEO) convencionales, que pueden necesitar de hasta cinco años.

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) clasifica estos sistemas de satélites no geoestacionarios (no GEO), en:

- a.** Misiones de larga duración. Suelen estar formados por grandes constelaciones que principalmente prestan servicios de comunicaciones de banda ancha, Internet de las Cosas (IoT) y comunicaciones máquina a máquina (M2M) con fines comerciales.

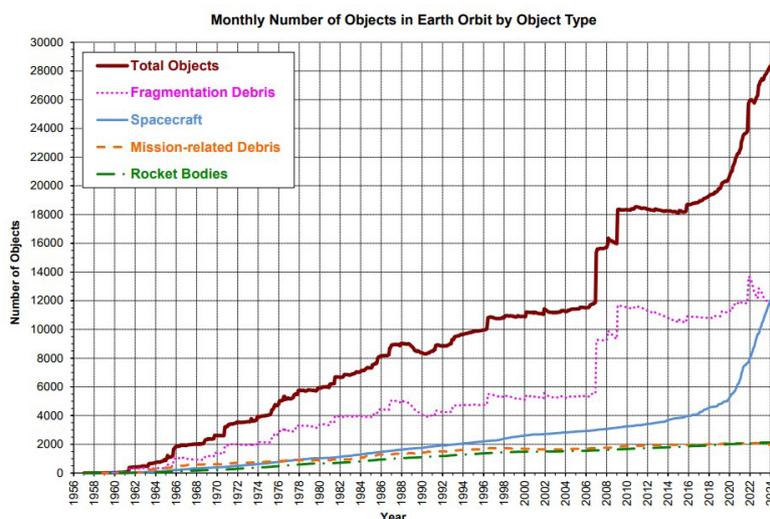
2 Esto incluye satélites, sondas, módulos de aterrizaje, naves espaciales tripuladas y elementos de vuelo de estaciones espaciales lanzadas en órbita terrestre o más allá.

- b. Misiones de corta duración. Suelen constar de un satélite o de una constelación formada por pocos satélites, para el servicio de operaciones espaciales, el servicio de exploración de la Tierra por satélite, el servicio de meteorología y de investigación espacial, habitualmente para fines no comerciales.

Una característica relevante de estos sistemas es que tienen una vida útil más corta, en comparación con la de los satélites GEO, que oscilan entre 15 y 20 años. Específicamente, la vida operativa de los satélites destinados a aquellas misiones de corta duración varía entre varias semanas y tres años, lo que coincide con su período máximo de validez conforme la UIT, que no debe ser superior a tres años. En contraste, un satélite de Starlink fase 1 (con 4.400 satélites)^x tiene una vida útil de aproximadamente cinco años, mientras que se estima que la vida útil de los satélites de segunda generación de *OneWeb* sea de siete años.

A medida que los satélites pequeños y los cientos o miles de satélites que conforman las grandes constelaciones llegan al final de su vida operativa, se incrementa el riesgo de explosiones y colisiones. Esto incluye no solo colisiones entre satélites inactivos, sino también entre satélites activos, naves espaciales y otros desechos, como los objetos que se expulsan durante una misión. Además, la implementación de operaciones rutinarias y las posibles pérdidas de equipos durante las operaciones, así como los desechos naturales del espacio, son algunas de las diversas causas que contribuyen a la acumulación de desechos espaciales, definidos como “todos los objetos artificiales, incluidos sus fragmentos y los elementos de esos fragmentos, que están en órbita terrestre o que reingresan a la atmósfera y que no son funcionales”. (UNOOSA)^x

Como muestra del crecimiento de los desechos espaciales, desde 2006 hasta junio de 2024, se puede observar el gráfico titulado “Número mensual de objetos en órbita terrestre por tipo de objeto” (julio de 2024),^{xi} de la NASA.



Número Mensual de Objetos Catalogados en Órbita Terrestre por Tipo de Objeto a partir del 9 de junio de 2024. Este gráfico presenta un resumen de todos los objetos en órbita terrestre que han sido oficialmente catalogados por la Red de Vigilancia Espacial de Estados Unidos. Los “desechos de fragmentación” incluyen los restos de satélites que se desintegran y los desechos de eventos anómalos, mientras que los “desechos relacionados con la misión” incluyen todos los objetos dispensados, separados o liberados como parte de la misión planificada.

Los riesgos asociados con los desechos espaciales representan una amenaza significativa para la seguridad de las actividades en el espacio ultraterrestre y, no será necesario esperar a que se genere más basura, ya que, conforme la Agencia Espacial Europea (ESA), incluso de interrumpirse los próximos lanzamientos, las simulaciones indican que en unas décadas los fragmentos generados por colisiones comenzarán a predominar, en órbitas de entre 800 y 1400 km de altitud. En el escenario más probable, “los fragmentos colisionarán inicialmente con objetos grandes e intactos. Luego, los fragmentos resultantes de cada colisión comenzarán a impactar con otros objetos grandes e intactos, y así sucesivamente. Finalmente, los fragmentos de colisión chocarán entre sí hasta que todos los objetos restantes se reduzcan a tamaños subcríticos”. A este fenómeno se le conoce como “síndrome de Kessler”.^{xii}

Además, tienen implicaciones económicas, políticas y sociales. En términos económicos, esto se debe a los costos presentes y futuros que enfrentan los operadores como resultado de posibles incidentes con desechos espaciales, así como de las medidas de protección y mitigación, tanto actuales como futuras. En cuanto a las implicaciones políticas y sociales, éstas se vinculan con la interrupción temporal o la pérdida permanente de servicios satelitales, lo que afectará derechos fundamentales e incluso resultará en la pérdida de vidas y daños a la infraestructura, ya que no se contarían con los tiempos de aviso necesarios para una mejor preparación ante inundaciones, tormentas y otros fenómenos meteorológicos severos. Asimismo, se verían comprometidos los servicios que los gobiernos ofrecen para seguridad nacional, servicios de carácter social y otras necesidades gubernamentales.

En consecuencia, es prioritario establecer políticas de mitigación y un marco regulatorio que compile las directrices vinculantes y no vinculantes para preservar el espacio ultraterrestre. Medidas que se están impulsando desde hace tiempo en diversas plataformas con la colaboración de todas las partes interesadas y entidades que exploran y utilizan el espacio.

Las primeras medidas internacionales de mitigación de desechos espaciales, de carácter no vinculante, fueron emitidas en 2001 y actualizadas en 2007 por el Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales. Estas son las “Directrices de Mitigación de Desechos Espaciales”, que deben considerarse en la planificación de las misiones, así como en las fases de diseño, fabricación y operación (lanzamiento, misión y eliminación) de las naves espaciales y en las etapas orbitales de los vehículos de lanzamiento.

En 2002 se emitieron las “Directrices de Mitigación de Desechos Espaciales” por el Comité de Coordinación Interinstitucional de Desechos Espaciales (IADC por sus siglas en inglés), las cuales establecen las métricas para definir un entorno espacial sostenible. Seguir sus recomendaciones es de los métodos más eficaces para reducir los impactos ambientales a largo plazo. Con el fin de verificar su efectividad y monitorear continuamente su nivel de implementación, el

IADC publica su “Informe sobre el Estado del Entorno de Desechos Espaciales”, siendo el más reciente correspondiente a enero de 2024^{xiii}

Por parte de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), en 2010 se emitió la Recomendación ITU-R S.1003.2 Protección medioambiental de la órbita de los satélites geoestacionarios, la cual tiene como objetivo reducir al mínimo la liberación de desechos durante el despliegue de satélites y en la retirada de esos desechos a la órbita cementerio, evitando al mismo tiempo interferencias con otros satélites activos.^{xiv} Además, se destaca la Norma ISO 24113:2023 de la Organización Internacional de Normalización, que establece los requisitos en materia de reducción de los desechos espaciales en sistemas espaciales.

En este contexto, es importante destacar la cumbre de Hiroshima (2023) donde los líderes del G7 se comprometieron en promover el uso seguro y sostenible del espacio ultraterrestre, dada la creciente dependencia de los sistemas espaciales. Reafirmando el apoyo a la aplicación de las “Directrices relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre” (UNOOSA, 2021)^{xv}, las cuales se consideran urgentes y necesarias, ya que establecen un marco para las políticas y la regulación de las actividades espaciales, la seguridad en las operaciones espaciales, la cooperación internacional, la creación de capacidades, la sensibilización, así como la investigación y el desarrollo científicos y técnicos.

Recientemente en la “Declaración de Lisboa sobre el Espacio Ultraterrestre” (2024) se estableció que la Cumbre del Futuro y el Pacto para el Futuro son iniciativas fundamentales para fomentar una mayor cooperación y coordinación en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre.^{xvi}

Por su parte, la Agencia Espacial Europea (ESA, por sus siglas en inglés) tiene ocho recomendaciones para lograr cero residuos en 2030, que incluyen: garantizar una eliminación exitosa; reducir a menos de cinco años el tiempo que un objeto puede permanecer en órbita; prevenir colisiones; implementar técnicas de monitoreo de salud y robustas técnicas de pasivación; prevenir la liberación intencionada de desechos espaciales, y garantizar cielos oscuros y tranquilos, entre otras.^{xvii}

Mientras tanto, la NASA en el “Plan Nacional de Investigación y Desarrollo sobre Desechos Orbitales” (2021)^{xviii} describe tres métodos amplios para reducir los riesgos asociados con los desechos: mitigar la creación de nuevos desechos; mejorar el seguimiento y la caracterización de los desechos, y remediar los desechos que ya se han generado.

En definitiva, existe cooperación internacional para la emisión y fortalecimiento de un marco que garantice la seguridad y la sostenibilidad del espacio ultraterrestre, el cual se encuentra en constante actualización y medición, dados los cambios continuos del sector y, ésta deberá ser fortalecida no solamente desde una visión técnica, si no también desde lo económico, político y social.

Otro punto importante para considerar es que esta colaboración entre las diversas partes interesadas debe tener una visión holística que no frene la innovación y, por ende, los beneficios que las tecnologías espaciales aportaban a la sociedad, en particular con respecto a la comunicación, la navegación, la predicción meteorológica y la gestión de desastres.

Por su parte, los Estados, además de trabajar en la elaboración de un marco regulatorio que se adapte a sus contextos nacionales, también están implementando acciones específicas para mitigar los desechos espaciales. Por ejemplo, la Agencia Espacial del Reino Unido y otras agencias adquieren servicios comerciales para rastrear los satélites bajo su jurisdicción. En 2023, la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC por sus siglas en inglés) emitió su primera multa, por incumplimiento de las reglas de disposición post-misión, cuando el proveedor de TV satelital Dish Network no pudo mover un satélite geoestacionario a una órbita asignada de “cementerio” debido a falta de combustible. (OCDE, 2024).^{xix}

1.1. Desechos espaciales en México

El numeral 69 inciso c) de las Disposiciones Regulatorias en materia de Comunicación Vía Satélite (Disposiciones Regulatorias), establece que los Concesionarios de Recursos Orbitales que presenten solicitud de autorización ante el Instituto Federal de Telecomunicaciones (Instituto) para la Desorbitación de Satélites, deberán manifestar que cumplen con la normatividad aplicable en materia de desechos espaciales y, en su caso, la documentación que lo acredite.

Si bien las Disposiciones establecen como condición para autorizar la desorbitación la inclusión de una “manifestación” de cumplimiento, en la práctica el Instituto no cuenta con las facultades y elementos para realizar el seguimiento posterior a la desorbitación (cuando ya no emplea la órbita concesionada ni las frecuencias asociadas) por lo que se basa en el principio de buena fe del operador satelital para acreditar su cumplimiento.

De este modo, México no cuenta con un mecanismo vinculante que obligue a los Operadores Satelitales Nacionales a cumplir con el marco internacional de desechos espaciales. En contraste, algunos países integran las medidas de mitigación en su legislación y, en consecuencia, en los procesos de licenciamiento de recursos orbitales (como en Canadá, Francia, Corea, el Reino Unido y Estados Unidos). Otra práctica efectiva para incentivar a los operadores a evitar prácticas perjudiciales desde un inicio y garantizar que quienes producen los desechos cubran los costos de limpieza, es el seguro de responsabilidad civil que es obligatorio en algunos países como Francia, Japón y el Reino Unido.^{xx}

Como se ha expuesto, existen diversas directrices a nivel internacional en las que México podría apoyarse para crear un marco adecuado que promueva prácticas responsables de acuerdo con las necesidades del país, sin que ello

represente un obstáculo para el desarrollo del sector espacial nacional. Además, apoyándose de las “Directrices relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre” podría establecer acuerdos con otros Estados y organizaciones internacionales para obtener conocimientos especializados e información sobre la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre, lo que le permitiría contar con la capacidad técnica para implementar medidas adecuadas para los operadores nacionales actuales y futuros.

Como en el resto de países con interés en el espacio exterior, ante el resurgimiento del ecosistema espacial y satelital, la explotación responsable y la reducción de desechos espaciales deben ser un objetivo primordial para nuestro país para conseguir su sostenibilidad. A modo de ejemplo, un objeto de un milímetro podría destruir la capacidad de una nave espacial para encenderse o alcanzar cierta altitud, un objeto de diez milímetros podría desintegrar un satélite, un objeto de un centímetro podría perforar los escudos protectores que resguardan la Estación Espacial Internacional.^{XXI}

2. Gestión del Tráfico Espacial

No existe una definición única sobre la gestión del tráfico espacial; sin embargo, diversas organizaciones internacionales ofrecen visiones y aproximaciones similares. Tal es el caso de la Comisión Europea, quien establece que el objetivo de la gestión del tráfico espacial (STM, por sus siglas en inglés) es mantener las operaciones espaciales seguras, las órbitas espaciales utilizables y el acceso al espacio durante las próximas décadas, al tiempo que se asegura y fomenta la competitividad de la industria de la Unión Europea. Para ello, está implementando un plan de acción, centrado en cuatro elementos: evaluar los requisitos e impactos civiles y militares; fortalecer su capacidad tecnológica; establecer el marco normativo y legislativo adecuado y, crear asociaciones internacionales en la gestión del tráfico.^{XXII}

Otro ejemplo es la Agencia de Exploración Aeroespacial en Japón (JAXA por sus siglas en inglés) que cuenta con el sistema de gestión denominado “conciencia situacional espacial”, el cual incluye acciones para el monitoreo de desechos espaciales, la compilación de bases de datos sobre sus órbitas, el análisis de su aproximación a los satélites y la predicción de su reingreso a la atmósfera.^{XXIII}

Cabe señalar que la gestión del tráfico espacial está relacionada con el conocimiento de la “situación” en el medio espacial y los servicios en órbita, por lo que para nuestro país es fundamental establecer mecanismos de coordinación que faciliten el intercambio de información de monitoreo y trayectorias de los objetos en el espacio así como la implementación de alianzas para, por ejemplo, el uso de sensores de seguimiento de desechos o el intercambio de datos entre entidades tanto públicas como privadas.

3. La utilización eficaz de los recursos órbita espectro radioeléctrico

El artículo 44 de la Constitución de la UIT, establece que las órbitas con sus frecuencias asociadas son recursos limitados que deben utilizarse de forma racional, eficaz y económica, de conformidad con lo establecido en el Reglamento de Radiocomunicaciones (RR).

Sin embargo, en la última década una nueva generación de actores está cambiando las reglas del juego poniendo en riesgo el acceso equitativo a las órbitas con sus frecuencias asociadas. Esto se debe a que se registra un número creciente de notificaciones para sistemas de satélites no geoestacionarios (no GEO), compuestos por cientos o miles de estaciones espaciales y múltiples configuraciones que conforman las grandes constelaciones, como se muestra a continuación:

Constelación	Tamaño planeado de la constelación	Tamaño actual de la constelación	Primer lanzamiento
Starlink (SpaceX)	11,908 aprobados; los registros totales comprenden más de 34,000 satélites.	4 762	2018
OneWeb (Eutelsat OneWeb)	7 088	624	2019
Kuiper (Amazon)	3 232	2	2023
GuoWang (China SatNet)	12 992		2024
Hanwha (Hanwha Systems)	2 000		2024
Cinnamon-937 (E-space)	337 323		?

Tabla 1 Proyectos de grandes constelaciones. Situación al mes de febrero de 2024.

Fuente: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE, 2024), *The Economics of Space Sustainability: Delivering Economic Evidence to Guide Government Action*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/b2257346-en>.

Este tipo de sistemas continuarán su crecimiento exponencial durante los siguientes años, y con ello también los riesgos relacionados no solo con la basura espacial, sino con el acceso equitativo a los recursos orbitales y bandas asociadas. Al respecto, los procedimientos establecidos en el RR de la UIT, como la coordinación de las asignaciones de frecuencias y la determinación de medidas para evitar interferencias, están siendo herramientas útiles de observancia mundial que se suman a las diversas acciones implementadas para abordar la sostenibilidad del espacio.

En la Conferencia de Plenipotenciarios de la UIT de 2022 se aprobó la Resolución 219 (BUCAREST, 2022) sobre la sostenibilidad del espectro de frecuencias radioeléctricas y los recursos asociados de las órbitas de satélites utilizados por los servicios espaciales, en la cual, con carácter de urgente, se solicita hacer estudios sobre: el uso creciente en las órbitas no GEO; la sostenibilidad a largo plazo de esos recursos y la utilización racional y compatible de los recursos de espectro y de órbita GEO y no GEO y el acceso equitativo a ellos.^{xxiv}

Adicionalmente, la Asamblea de Radiocomunicaciones aprobó en 2023 la Resolución UIT-R 74 en la que se solicita continuar con las actividades técnicas, en particular las relacionadas con la evaluación de la interferencia y las técnicas de reducción de la interferencia entre sistemas no GEO. También propone elaborar un manual sobre mejores prácticas para la utilización sostenible de las frecuencias y órbitas no GEO asociadas con los servicios de radiocomunicación espacial que incluya experiencias individuales y directrices adoptadas por los Estados Miembros y los miembros del sector. Del mismo modo, plantea la elaboración de una nueva recomendación que proporcione orientación sobre estrategias y metodologías de desorbitación y/o eliminación segura y eficiente de las estaciones espaciales no GEO al final de su vida útil centrándose en los recursos de órbita y espectro.^{xxv}

De esta manera, la UIT tiene una oportunidad relevante para que los resultados obtenidos de los trabajos encomendados en las resoluciones mencionadas permitan que los sistemas de radiocomunicaciones por satélite sigan utilizando el espacio de manera eficiente.

En el Foro de Sostenibilidad Espacial de la UIT, de septiembre 2024, se debatieron y analizaron prácticas, directrices y estrategias relacionadas con la maximización de los beneficios sociales y económicos de los servicios satelitales; acciones para lograr que el espacio sea sostenible en órbita (operaciones espaciales y coexistencia); enfoques de sostenibilidad espacial y el desarrollo e implementación de políticas, entre otros temas.

En este sentido, es fundamental que como país no solamente seamos observadores, sino que participemos activamente en las discusiones y en la formulación de alternativas para que las directrices finales se construyan de acuerdo con las necesidades específicas de una mayoría y no solo de unos pocos.

4. Recursos Espaciales

Esencialmente son cinco los tratados de las Naciones Unidas que rigen el espacio ultraterrestre en específico: el tratado sobre los principios que deben regir las actividades de los Estados en la exploración y utilización del espacio ultraterrestre, incluso la Luna y otros cuerpos celestes (Tratado del Espacio); Acuerdo que Debe Regir las Actividades de los Estados en la Luna y otros Cuerpos Celestes (Acuerdo de la Luna); Acuerdo de Salvamento; Convenio de Responsabilidad y Convenios sobre el Registro de Objetos Lanzados al Espacio Ultraterrestre.

A pesar de los avances tecnológicos y del incremento de la actividad espacial en las últimas décadas, estos tratados se han mantenido sin modificaciones desde su emisión; tan sólo el Tratado del Espacio es de 1967 y el Acuerdo de la Luna de 1979, y esto se debe esencialmente a la falta de consenso internacional, lo que es difícil lograr dados los intereses de cada país.

Uno de los temas en los que existe mayor controversia es el relacionado con la utilización de recursos espaciales *in situ*³ (ISRU, por sus siglas en inglés), identificándose tres tipos principales de recursos espaciales: los lugares especiales (por ejemplo, los polos lunares); la energía solar y los materiales planetarios (por ejemplo, el oxígeno). En el Informe sobre la Gestión y la Sostenibilidad de las Actividades en el Espacio Ultraterrestre (UNOOSA, 2024)^{xxvi} se proyectó un plazo de 10 a 20 años para la aparición de actividades de recursos espaciales a gran escala, que dependerían fundamentalmente de la tecnología, la financiación y la regulación.

Tanto Estados Unidos como China tienen interés en el polo sur lunar, rico en recursos minerales, para sus futuras misiones tripuladas y actualmente ambos están reforzando el apoyo adicional para sus respectivos programas y estableciendo asociaciones con otras naciones. Tan solo China, junto con Rusia, están planificando una Estación Internacional de Investigación Lunar (ILRS, por sus siglas en inglés) que han declarado estará “abierta a todos los países interesados y socios internacionales”.^{xxvii}

Al respecto, el Tratado del Espacio establece que el espacio ultraterrestre, incluida la Luna y otros cuerpos celestes, está abierto a la exploración y utilización por todos los Estados sin discriminación y con libertad de acceso a todas las regiones de dichos cuerpos celestes, pero también establece que estos no pueden ser objeto de apropiación nacional mediante reivindicación de soberanía, uso u ocupación, ni de ninguna otra manera. De igual forma, este principio de no apropiación se reafirma en el Acuerdo sobre la Luna.

A pesar de la existencia de estos tratados, desactualizados y diseñados para la primera era espacial, han surgido interpretaciones y debates sobre si es posible hacer una distinción entre la apropiación de un cuerpo celeste en su totalidad y la apropiación de los recursos que se extraen de él. Ciertos Estados, especialmente aquellos más avanzados en la exploración espacial, interpretan que sí es posible la explotación de recursos espaciales, incluso por parte del sector privado.

Por ejemplo, “ispace” recibió una licencia del gobierno japonés para llevar a cabo actividades comerciales en la Luna a partir del 4 de noviembre de 2022. La empresa podría convertirse en la primera en realizar una transacción comercial de recursos espaciales al transferir la propiedad de los recursos lunares a la NASA^{xxviii}.

La misma interpretación está asumiendo algunos países para emitir sus normativas internas, como Luxemburgo que aprobó una ley que permite a las empresas extraer y utilizar recursos espaciales, estableciendo derechos de propiedad para los operadores sobre los recursos extraídos de cuerpos celestes. Esto im-

3 Para la NASA consiste en aprovechar los recursos naturales locales en los destinos de las misiones, en lugar de llevar todos los suministros necesarios desde la Tierra, para mejorar las capacidades de la exploración humana. Conforme New Space Economy el concepto abarca una variedad de actividades, desde la minería y la extracción de agua del suelo lunar o marciano, hasta la producción de combustible, aire y materiales de construcción para su uso en misiones espaciales o colonias.

plica que las empresas que realicen actividades de minería espacial pueden poseer y comercializar los recursos que obtengan^{xxix}.

Como se puede observar, resulta indispensable establecer un marco jurídico internacional integral y actualizado que defina clara e inequívocamente los principios internacionales sobre las actividades de exploración, explotación y utilización de los recursos espaciales, así como un criterio claro respecto al “principio de no apropiación”.

Los resultados de este marco serán fundamentales, ya que se deberán abordar cuestiones como la gestión y acceso al espacio y a los cuerpos celestes, y resolver preguntas que en la actualidad no tienen respuesta clara: ¿quién debería asumir la responsabilidad en caso de un uso indebido?, en cuanto al acceso equitativo ¿qué pasará con los países que no tengan la capacidad para llevar a cabo misiones de este alcance? Hoy solo unos pocos países están desarrollando la tecnología para extraer y beneficiarse de los recursos, dejando atrás a aquellos que carecen de los recursos y los sistemas necesarios para lograr tales misiones, como es el caso de México.

NUEVOS SISTEMAS DE COMUNICACIONES SATELITALES

Conforme la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), aproximadamente un tercio de la población mundial, es decir, cerca de 2,600 millones de personas, sigue sin acceso a internet, y estima que 81% de la población urbana lo utiliza, en comparación con solo 50% de las personas en áreas rurales.^{xxx}

Más allá de las cifras, la persistente brecha digital de acceso tiene profundas implicaciones, como la exclusión, lo que exacerba las desigualdades sociales. En este contexto, los satélites son fundamentales debido a su naturaleza de amplio alcance, ya que tienen el potencial de conectar áreas rurales de difícil acceso o con condiciones geográficas desafiantes. También ofrecen una diversidad de servicios esenciales para los ciudadanos en tierra, mar, aire y espacio exterior sin necesidad de infraestructura conectada vía terrestre.

De acuerdo con el Foro Económico Mundial (2024), la conectividad de banda ancha será el principal motor de crecimiento de las comunicaciones satelitales. Se estima que si el sector continúa con la tendencia de asequibilidad y disponibilidad actual para conectividad ubicua y aplicaciones de movilidad, la demanda de datos vía satélite podría aumentar en 60% entre 2023 y 2035.

Los nuevos sistemas de comunicaciones por satélite serán clave no solo para satisfacer la demanda futura, sino también para lograr la conectividad universal. En la actualidad, destacan por sus potenciales beneficios y capacidad de reconfigurar el sector de las telecomunicaciones, las innovadoras soluciones multiórbita, así como las redes no terrestres.

1. Soluciones Multiórbita

El enfoque de los sistemas multiórbita utiliza una combinación de satélites en diferentes órbitas y altitudes para aprovechar al máximo las características de cada una en términos de cobertura, capacidad de transmisión, latencia y facilidad operativa (GSOA, 2024).^{xxxI}



Tabla 2 Capacidades de las redes híbridas GEO/LEO

Fuente: EUTELSAT TO COMBINE WITH ONEWEB. A leap forward in Satellite Connectivity (2022), <https://www.eutelsat.com/files/PDF/investors/2021-22/Eutelsat%20Strategic%20Update%20-%20vF2.pdf>

Adicionalmente, al utilizar múltiples órbitas los operadores pueden optimizar el rendimiento de sus diferentes redes satelitales y, al mismo tiempo, les permite ofrecer una mayor gama de servicios. Según Spytex, es una solución clave, ya que pueden combinar “la mayor capacidad GEO, al tiempo que incorporan enlaces mPOWER o un terminal de Starlink, integrando todas las rutas de conectividad para que, si una falla, el cliente aún mantenga sus comunicaciones de red”.^{xxxII} Por su parte, el operador SES considera que esta solución satisface diversas necesidades, desde conectar a las tripulaciones de plataformas petroleras con sus familias hasta permitir la transformación digital de industrias enteras.^{xxxIII}

Para reglamentar e impulsar esta solución tecnológica, la pasada CMR23 aprobó la Resolución 679 (CMR-23) que establece una serie de criterios técnicos para la utilización de las bandas de frecuencias 18.1-18.6 GHz, 18.8-20.2 GHz y 27.5-30 GHz en el contexto del servicio de enlace entre satélites, tecnología que permite que estos se comuniquen directamente entre sí sin tener que enviar señales a través de una estación terrestre.

Por su versatilidad y capacidad de escalamiento, se espera que en los próximos años su uso se incremente exponencialmente y que múltiples empresas establezcan este tipo de soluciones.

REDES NO TERRESTRES

La agrupación de asociaciones dedicada a la estandarización de sistemas de telecomunicaciones móviles, conocida como 3GPP (3rd Generation Partnership Project), define las Redes No Terrestres (NTN, por sus siglas en inglés) como “redes o segmentos de redes que utilizan sistemas de aeronaves no tripuladas operando normalmente entre 8 y 50 km. de altitud, incluyendo plataformas de gran altitud (HAPs, por sus siglas en inglés) o satélites en diferentes constelaciones para llevar un nodo de retransmisión de equipo de transmisión o una estación base”. (3GPP, 2024)^{xxxiv}

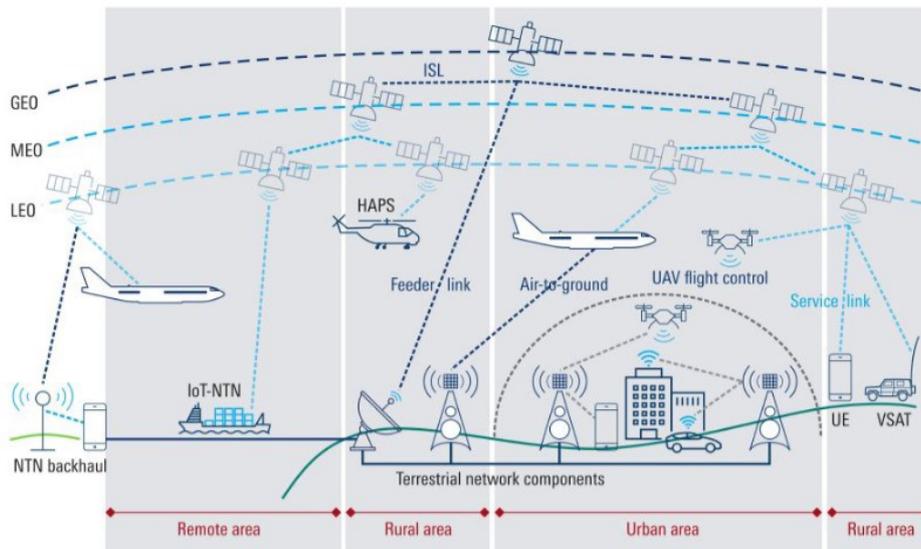


Tabla 3 Esquema general de la conectividad de las redes no terrestres,

Fuente: ROHDE&SCHAWARZ. Connecting the world with 5G NTN, https://www.rohde-schwarz.com/ca/solutions/wireless-communications-testing/wireless-standards/5g-nr/non-terrestrial-networks-ntn/non-terrestrial-networks-ntn_256719.html

La estandarización de las Redes No Terrestres permite que los protocolos basados en el Nuevo Radio (NR) para banda ancha y para Internet de las Cosas (IoT, por sus siglas en inglés) masivo (NB-IoT y eMTC) se utilicen sobre comunicaciones satelitales, integrando las arquitecturas para asegurar que las redes satelitales puedan interoperar con las redes móviles terrestres existentes.

Las aplicaciones previstas para las NTN incluyen conectar áreas remotas, servicios de emergencia, control remoto de infraestructuras críticas, banda ancha e IoT, entre otras. Por sus avances actuales y beneficios esperados nos enfocaremos en las aplicaciones de satélite Directas al Dispositivo, mejor conocidas como D2D:

- 1. Direct to Device en bandas atribuidas al Servicio Móvil por Satélite (D2D en SMS).** La Asociación Global de Operadores de Satélites (GSOA, 2024) refiere que esta aplicación “utiliza el espectro atribuido al SMS y generalmente aprovecha las especificaciones estándar NTN de 3GPP, permitiendo características que se implementan tanto en la Red de Acceso

Radio (RAN) como en el Equipo de Usuario (UE), asegurando compatibilidad e interoperabilidad multivendedor, y eventualmente integración entre interfaces de radio terrestre y no terrestre.”^{xxxv}

En la actualidad, el D2D en SMS es proporcionado por empresas como Globalstar en asociación con Apple utilizando las bandas S y L satelitales. Esta tecnología permite que celulares comerciales de esta marca (a partir del iPhone 14) se conecten directamente y envíen mensajes a uno de los 24 satélites LEO que hoy conforman la constelación de Globalstar. A grandes rasgos, el sistema consiste en que, una vez el celular envía el mensaje al satélite, este es dirigido a estaciones terrenas que a su vez lo envían a servicios de emergencia o, en caso de que los servicios locales no puedan recibir los mensajes, a un centro de emergencias de Apple.^{xxxvi}

Hay que mencionar que el D2D en SMS es objeto de importantes discusiones y análisis, en las cuales México participa activamente, dentro de dos Puntos del Orden del Día (POD) de la próxima Cumbre Mundial de Radiocomunicaciones 2027. El primero (POD 1.12) propone considerar, basándose en los resultados de los estudios, posibles atribuciones al servicio móvil por satélite y posibles medidas reglamentarias en las bandas de frecuencias 1 427-1 432 MHz (espacio-Tierra), 1 645,5-1 646,5 MHz (espacio-Tierra) y (Tierra-espacio), 1 880-1 920 MHz (espacio-Tierra) y (Tierra-espacio) y 2 010-2 025 MHz (espacio-Tierra) y (Tierra-espacio) necesarias para el futuro desarrollo de sistemas no geoestacionarios del servicio móvil por satélite de baja velocidad de datos, de conformidad con la Resolución **252 (CMR-23)**. Por su parte, el POD 1.14 plantea considerar la posibilidad de otorgar atribuciones adicionales al servicio móvil por satélite, de conformidad con la Resolución 254 (CMR-23);

- 2. Direct to Device D2D en bandas atribuidas al Servicio Móvil (D2D en SM).** La GSOA indica que las aplicaciones Direct to Device permiten que los satélites se conecten directamente a los dispositivos celulares existentes utilizando espectro bandas atribuidas al servicio móvil terrestre e identificadas como Telecomunicaciones Móviles Internacionales (IMT), lo que actúa como una solución complementaria a la cobertura y capacidad de las redes celulares terrestres, especialmente en áreas donde el servicio celular es deficiente o inexistente.

El Foro Económico Mundial (2024) prevé que los chips de D2D se incorporarán en todos los nuevos modelos de *smartphones* de gama alta para 2035, lo que representará aproximadamente 40% del mercado. En cuanto a los precios de los datos transmitidos en este servicio también se anticipa que desciendan en 40% respecto a 2023, aunque se reconoce que podrían seguir siendo más altos a la mayoría de las alternativas terrestres.

Según fuentes especializadas en el sector, el servicio de D2D en SM comenzará a prestarse en Estados Unidos en el último trimestre de 2024 por parte de SpaceX en colaboración con T-Mobile. El operador satelital ha lanzado recientemente 100 satélites de D2D y tiene planes de lanzar cientos más durante los próximos meses. Esto podría representar una ventaja sobre otras empresas de constelaciones satelitales como AST SpaceMobile que ha realizado alianzas con los operadores móviles AT&T y Verizon.

En cuanto a la regulación mundial, el D2D en SM es objeto de importantes discusiones y análisis dentro de POD 1.13 de la próxima Cumbre Mundial de Radiocomunicaciones 2027, el cual plantea posibles nuevas atribuciones al SMS para la conectividad directa entre estaciones espaciales y equipos de usuario de IMT, a fin de complementar la cobertura de la red IMT terrenal, de conformidad con la Resolución 253 (CMR-23).

En cuanto a las normativas nacionales que han establecido algunas administraciones, la FCC emitió en febrero de 2024 un marco regulatorio para lo que la Comisión denominó como “Cobertura Suplementaria desde el Espacio” (SCS, por sus siglas en inglés). Posteriormente, en agosto de 2024, realizó una modificación a la regulación relacionada con los requisitos internos de enrutamiento de llamadas y mensajes de texto al 911. De esta disposición de la FCC para el servicio D2D en SM (SCS) se destaca lo siguiente:

- Se modificó la Tabla de Frecuencias de Estados Unidos para autorizar operaciones bidireccionales del Servicio Móvil Satelital a título secundario en ciertas bandas SM (600 MHz, 700 MHz, 800 MHz, PCS y AWS-H); no pueden causar interferencias y no tienen derecho de protección contra cualquier servicio primario. Además, los operadores satelitales y terrestres deberán consultar las reglas para cada banda, así como cualquier limitación. También se estableció que el hecho que una banda se encuentre habilitada para SCS no garantiza la autorización, para ello se deberán realizar los análisis pertinentes caso por caso por la FCC.
- Colaboración mediante arrendamiento. En ciertas bandas designadas para SCS, se autoriza el SCS únicamente cuando uno o más operadores terrestres, que poseen todas las licencias en el canal relevante dentro de un área geográficamente independiente (GIA), arrienden el espectro terrestre a un operador satelital, cuya licencia deberá incluir tanto las frecuencias como la GIA. En caso de interferencias el arrendatario es quien deberá responder ante la FCC.
- Se requerirán licencias para dispositivos terrestres como estaciones terrenas de SCS que se comuniquen con una red satelital con fines de SCS.
- Imposición de reglas técnicas y recomendaciones para mitigar interferencias.

- Las interferencias transfronterizas estarán regidas por el Artículo 4.4 del RR que establece “las administraciones de los Estados Miembros no asignarán a una estación frecuencia alguna que no se ajuste al Cuadro Nacional de Atribución de Bandas de Frecuencias (CNAF) incluido en este capítulo o a las demás disposiciones del presente Reglamento, excepto en el caso de que tal estación, al utilizar dicha asignación de frecuencia, no produzca interferencia perjudicial a una estación que funcione de acuerdo con las disposiciones de la Constitución, del Convenio y del presente Reglamento ni reclame protección contra la interferencia perjudicial causada por dicha estación.”
- La protección a la radioastronomía y a las ciencias del espacio, se hará caso por caso. Es decir, en el momento de la autorización del SCS se harán las valoraciones pertinentes.

En el ámbito nacional, México se prepara para identificar las opciones de regulación específica para D2D en SM. Uno de los principales desafíos radica en que los operadores satelitales utilizarán espectro concesionado para el SM, pero no para el SMS. Además, es necesario establecer una figura jurídica que permita a los operadores satelitales a utilizar el espectro de los operadores móviles que ya cuentan con una concesión.

Para abordar el primer reto, se podría considerar una opción similar a la utilizada por la FCC. En este sentido, bajo las consideraciones técnicas necesarias se podría atribuir el SMS a título secundario en bandas destinadas para el SM fundamentándose en el artículo 15, fracción III de la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (Ley), el cual provee de las atribuciones necesarias para modificar el CNAF.

Tal y como lo hizo recientemente al modificar el CNAF, el Instituto puede autorizar el uso aprovechamiento de bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico para cualquier servicio de radiocomunicación independientemente de su atribución en la tabla de atribuciones del CNAF, tratándose de concesiones para uso privado con propósitos de experimentación y de autorizaciones de uso secundario.

Para ello, el regulador considerará una serie de elementos, entre los cuales están que no se prevean interferencias perjudiciales a los incumbentes, además “de que los servicios a considerar se encuentren previstos en la normativa regional o internacional como lo es el RR de la UIT, o bien, que se encuentren bajo estudio en preparación para futuras Conferencias Mundiales de Radiocomunicación, con el objetivo de buscar la armonización en el uso del espectro radioeléctrico a nivel nacional, regional o internacional”.

De esta forma se abre la posibilidad de que aquellos interesados en realizar pruebas en México para la D2D en bandas del SM puedan hacerlo solicitando al IFT una concesión para uso privado con propósitos de experimentación.⁴

En cuanto al acuerdo entre el operador móvil y el satelital, la ley en el artículo 104 contempla la figura del arrendamiento de espectro radioeléctrico y se emitieron unos Lineamientos Generales para autorizar esta figura. Por lo tanto, el Instituto contempla hacer análisis jurídicos para definir la viabilidad de establecer una regulación ad hoc para el D2D en bandas del SM al amparo de la figura de arrendamiento.

No obstante, México tendrá que evaluar sus propias condiciones para emitir un marco que se adapte a las necesidades regulatorias, técnicas y operativas del país. Más aún cuando no se puede dejar de observar el contenido convencional relacionado con los recursos órbita-espectro a través de diversos Organismos Internacionales como la UIT.

CONSIDERACIONES FINALES

Los avances del “nuevo espacio” seguirán transformando al ecosistema satelital y espacial durante los próximos años y se reflejarán en prácticamente todos los sectores de la sociedad y de la economía cambiando así la relación de la humanidad con el espacio exterior. Estos adelantos reconfigurarán el sector de las telecomunicaciones, la radiodifusión y de los servicios digitales que se proveen a través de ellas.

Los retos futuros que trae consigo esta nueva era son diversos y complejos, e implican desafíos importantes tanto para garantizar la seguridad y sostenibilidad del espacio como para asegurar que los beneficios de estos desarrollos lleguen a todos los habitantes del planeta y consideren la participación, protección y necesidades de todas las regiones y países que lo conforman.

Así, las actividades espaciales están proyectadas para generar beneficios socioeconómicos y políticos. Sin embargo, si continuamos como hasta ahora, es posible que no garanticemos una utilización segura y sostenible del espacio ultraterrestre debido a las explosiones y colisiones a gran escala que podrían generar los desechos espaciales. Aunque esto podría no representar una gran catástrofe en dadas las dimensiones infinitas del espacio, sí podría tener graves consecuencias para nuestro planeta, no solo por las pérdidas económicas de la destrucción de los dispositivos y satélites en el espacio ultraterrestre, sino por el impacto ambiental y en las posibles afectaciones a infraestructuras críticas para la protección a la vida como la predicción de desastres, la navegación marítima y aérea y la conectividad a servicios de telecomunicaciones.

4 Conforme el artículo 76 fracción III, inciso b) En este tipo de concesiones no se confiere el derecho de usar, aprovechar y explotar comercialmente bandas de frecuencias del espectro radioeléctrico de uso determinado ni de ocupar y explotar recursos orbitales, y

Como describe H. G. Wells en “La Estrella”, la Tierra es solo una pequeña parte de todo lo que queda por explorar en el universo. Y es por ello relevante que ante los nuevos desarrollos satelitales y espaciales, la comunidad internacional analice y responda cuestiones fundamentales como: ¿estamos preparados para hacerlo en beneficio común o solo satisfacen los intereses de unos pocos?, ¿quiénes son los principales actores en estas discusiones?, ¿se diseñarán los principios y políticas considerando las perspectivas y necesidades de toda la comunidad internacional?

En el ámbito nacional, también es necesario preguntarnos ¿cuál es el papel de México en el futuro de las actividades espaciales y satelitales? Actualmente, si bien el país es un gran usuario de estos servicios y participa en la maquila y fabricación de algunos materiales y productos, no somos desarrolladores de tecnologías o soluciones propias, ni desarrollamos proyectos espaciales o satelitales importantes, pero considerar la necesidad de serlo así como el camino para lograrlo será clave si queremos participar en las decisiones del futuro. Solo así podremos contar con las capacidades técnicas y normativas para fijar posturas y proponer soluciones. De lo contrario, seremos meros espectadores de la transformación y uso del espacio ultraterrestre y las decisiones estarán en manos de unos pocos.

Por su parte, en cuanto a los nuevos servicios y aplicaciones satelitales, los retos futuros se centran en las soluciones innovadoras que buscan aprovechar las ventajas competitivas de la nueva generación espacial. Tal es el caso de las soluciones multiórbita y las aplicaciones de Redes No Terrestres directas al dispositivo (D2D en SMS y D2D en SM). Dada la capacidad de estas y las próximas generaciones satelitales, tanto para lograr la anhelada cobertura universal que permita conectar a la población en aquellos donde aún no llegan los servicios de telecomunicaciones como para contar con opciones tecnológicas que permitan recobrar rápidamente las comunicaciones tras alguna contingencia o situación de emergencia (sismos, huracanes, cortes de energía), resulta imprescindible realizar todos los ajustes necesarios para que la regulación y la normativa permitan su implementación en el menor tiempo posible. En tal virtud, es crucial que el Instituto continúe trabajando en la implementación de acciones técnicas y regulatorias a nivel internacional y nacional, que promuevan la prestación de este tipo de servicios de acuerdo con las necesidades del país.

En la actualidad, como parte del Estado mexicano, el IFT participa activamente en las discusiones y decisiones a nivel internacional, y las integra sistemática y armónicamente en el marco normativo y regulatorio nacional. Además, cuenta con herramientas de participación colaborativa como las consultas públicas y espacios de discusión como el Comité Técnico en materia de Espectro Radioeléctrico y el Comité Técnico en Materia de Despliegue 5G. Todo esto permite al regulador tener una visión holística y multipartes, necesaria para construir disposiciones que impulsen los nuevos modelos tecnológicos, así como para apuntalar las políticas satelitales y espaciales que establezca el Gobierno federal.

Considero vital y urgente que se establezca un diálogo entre las múltiples partes interesadas para definir el futuro de las actividades satelitales espaciales en nuestro país. Este diálogo debería reflejarse en una nueva política espacial y satelital que considere los avances actuales y que trace diversas directrices, incluyendo el camino a seguir para la implementación acciones interinstitucionales, desarrollo proyectos nacionales y el incremento de inversiones para la investigación e innovación delimitando los temas prioritarios en los que se concentrará el país en los próximos años.

BIBLIOGRAFÍA

- I McKinsey (2023) “Space launch: Are we heading for oversupply or a shortfall” en <<https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/space-launch-are-we-heading-for-oversupply-or-a-shortfall#/>> consultado en agosto de 2024.
- II Thomas G. Roberts (2022) “Space Launch to Low Earth Orbit: How Much Does It Cost?” en <<https://aerospace.csis.org/data/space-launch-to-low-earth-orbit-how-much-does-it-cost/>> consultado en septiembre de 2024.
- III Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2024), “The Economics of Space Sustainability”, Paris, en <https://www.oecd.org/en/publications/the-economics-of-space-sustainability_b2257346-en.html>, consultado en agosto de 2024.
- IV Foro Económico Mundial, McKinsey & Company “Space: The \$1.8 Trillion Opportunity for Global Economic Growth” en <https://www3.weforum.org/docs/WEF_Space_2024.pdf>, consultado en agosto de 2024.
- V Oficina de las Naciones Unidas para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) (2021) “Directrices relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.” en <https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/stspace/stspace79_0_html/st_space79S.pdf>, consultado en agosto de 2024.
- VI Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2022), “Earth’s Orbits at Risk: The Economics of Space Sustainability”, Paris, en <<https://doi.org/10.1787/16543990-en>>, consultado en agosto de 2024.
- VII Agencia Espacial Europea (ESA) (2024) en: <https://www.esa.int/Safety_Security/Space_Debris/Space_debris_by_the_numbers>, consultado en agosto de 2024.

- VIII** Edouard Mathieu and Max Roser (2024) “Space Exploration and Satellites” OurWorldInData.org. en: <<https://ourworldindata.org/space-exploration-satellites>>, consultado en agosto de 2024.
- IX** Space.com (2024) “Starlink satellites: Facts, tracking and impact on astronomy” en <<https://www.space.com/spacex-starlink-satellites.html>>, consultado en agosto de 2024.
- X** Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales “Directrices para la reducción de desechos espaciales de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos”, en <<https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf>>, consultado en agosto de 2024.
- XI** Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) (2024), “Número mensual de objetos en órbita terrestre por tipo de objeto” en <<https://orbitaldebris.jsc.nasa.gov/quarterly-news/pdfs/ODQNv28i3.pdf>>, consultado en agosto de 2024.
- XII** Agencia Espacial Europea (ESA) (2024) “Preguntas frecuentes sobre desechos espaciales” en: <https://www.esa.int/Space_Safety/Space_Debris/Space_Debris_FAQ_Frequently_asked_questions#:~:text=Any%20of%20these%20objects%20can,destroy%20subsystems%20on%20a%20satellite.>, consultado en agosto de 2024.
- XIII** Comité Interinstitucional de Coordinación en materia de Desechos Espaciales “Directrices para la reducción de desechos espaciales de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos”, (2024) en <<https://www.unoosa.org/documents/pdf/spacelaw/sd/COPUOS-GuidelinesS.pdf>>, consultado en agosto de 2024.
- XIV** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) “Protección medioambiental de la órbita de los satélites geoestacionarios” en <https://www.itu.int/dms_pubrec/itu-r/rec/s/R-REC-S.1003-2-201012-I!!PDF-S.pdf>, consultado en agosto de 2024.
- XV** Oficina de las Naciones Unidas para los Asuntos del Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) (2021) “Directrices relativas a la sostenibilidad a largo plazo de las actividades en el espacio ultraterrestre de la Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Pacíficos.” en <https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2021/stspace/stspace79_0_html/st_space79S.pdf>, consultado en agosto de 2024.

- XVI** Comisión sobre la Utilización del Espacio Ultraterrestre con Fines Específicos (2024) “Declaración de Lisboa sobre el Espacio Ultraterrestre” en <https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2024/aac_105I/aac_105I_338add_7_0_html/AC105_L338Add07S.pdf>, consultado en agosto de 2024.
- XVII** Agencia Espacial Europea (ESA) (2024) “ESA’s Zero Bebris approach” en <https://www.esa.int/Space_Safety/Clean_Space/ESA_s_Zero_Debris_approach>, consultado en agosto de 2024.
- XVIII** La Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio (NASA) (2021) “Plan Nacional de Investigación y Desarrollo sobre Desechos Orbitales” <[ARES | Orbital Debris Program Office \(nasa.gov\)](https://www.nasa.gov/ares-orbital-debris-program-office)>, consultado en agosto de 2024.
- XIX** Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (2022), “Earth’s Orbits at Risk: The Economics of Space Sustainability”, Paris, en <<https://doi.org/10.1787/16543990-en>>, consultado en agosto de 2024.
- XX** Ídem.
- XXI** McKinsey&Company (2023). What is space junk? en < <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-space-junk> > consultado en agosto de 2024.
- XXII** Comisión Europea (2024) Gestión del Tráfico Espacial en < https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-space/space-traffic-management_en> consultado en agosto de 2024,
- XXIII** Agencia de Exploración Aeroespacial en Japón (JAXA por sus siglas en inglés) “Conciencia situacional espacial” accesible en <https://global.jaxa.jp/projects/ssa/index.html>.
- XXIV** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Resolución 219 (Bucarest, 2022) Sostenibilidad del espectro de frecuencias radioeléctricas y los recursos asociados de las órbitas de satélites utilizados por los servicios espaciales en <https://www.itu.int/dms_pub/itu-s/opb/conf/S-CONF-ACTF-2022-PDF-S.pdf> consultado en agosto de 2024.
- XXV** Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), Resolución UIT-R 74 (Dubái, 2023) “Actividades relacionadas con la utilización sostenible del espectro de frecuencias radioeléctricas y los recursos de órbita de satélite conexos. utilizados por los servicios espaciales” en < <https://www.itu.int/pub/R-RES-R.74-2023/es>> consultado en agosto de 2024.

- XXVI** Comisión sobre la Conferencia de las Naciones Unidas y Portugal sobre la Gestión y la Sostenibilidad de las Actividades en el Espacio Ultraterrestre (UNOOSA) (2024) <https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2024/aac_105I/aac_105I_338add_7_0_html/AC105_L338Add07S.pdf> consultado en agosto de 2024.
- XXVII** Scientific American (2024) “China Makes History with First-Ever Samples from the Moon’s Far Side” en <<https://www.scientificamerican.com/article/china-returns-first-ever-samples-from-the-moons-far-side/>> consultado en agosto de 2024.
- XXVIII** Ispace “Ispace Receives License to Conduct Business Activity on the Moon from Japanese Government” en <<https://ispace-inc.com/news-en/?p=3829>> consultado en agosto de 2024.
- XXIX** Space News “Luxembourg adopts space resources law” en <<https://spacenews.com/luxembourg-adopts-space-resources-law/>> consultado en agosto de 2024.
- XXX** Measuring digital development Facts and Figures 2023. International Telecommunication Union. Telecommunication Development Sector en <<https://www.itu.int/itu-d/reports/statistics/facts-figures-2023/>> consultado en agosto de 2024.
- XXXI** Global Satellite Operators Association (GSOA) (2024) “New Satellite Technologies for Transformative Connectivity” en https://gsoasatellite.com/reports_and_studies/new-satellite-technologies-for-transformative-connectivity/ consultado en agosto de 2024.
- XXXII** Via Satellite (2023), LEO, MEO, GEO: Operators Chart the Multi-Orbit Path Forward <<https://interactive.satellitetoday.com/via/october-2023/leo-meo-geo-operators-chart-the-multi-orbit-path-forward/>> consultado en agosto de 2024.
- XXXIII** SES (2024) Our Multi-Orbit Strategy en <<https://www.ses.com/insights/expertise/our-multi-orbit-strategy>> consultado en agosto de 2024.
- XXXIV** 3rd Generation Partnership Project (3GPP) (2024), Non-Terrestrial Networks (NTN) en <<https://www.3gpp.org/technologies/ntn-overview>> consultado en agosto de 2024.
- XXXV** Global Satellite Operators Association (GSOA) (2024), “The Future of Satellite Connectivity: Various Approaches to Direct-to-Device Services” en <https://gsoasatellite.com/reports_and_studies/the-future-of-satellite-connectivity-various-approaches-to-direct-to-device-services/> consultado en agosto de 2024.

XXXVI Apple (2022) Emergency SOS via satellite on iPhone 14 and iPhone 14 Pro lineups made possible <<https://www.apple.com/newsroom/2022/11/emergency-sos-via-satellite-made-possible-by-450m-apple-investment/>> consultado en agosto de 2024.

Testimonial

**Participación de mujeres en el desarrollo
satelital de México**

Eurídice Palma Salas

Los proyectos satelitales y espaciales son complejos, de alto riesgo, en su mayoría de largo plazo, por lo que cuando se trata de proyectos nacionales trascienden los periodos sexenales, la tecnología satelital tiene diferentes usos y aplicaciones que comprenden y no se limitan a las telecomunicaciones; para el diseño, planeación, ejecución de dichos proyectos se requiere trabajo en equipo y la participación de muchas personas, hombres y mujeres, de distintos perfiles y funciones o roles.

Existe una brecha de género en la ciencia, en la tecnología, en la ingeniería y en las matemáticas (STEM, por sus siglas en inglés). Estudios del Instituto Mexicano para la Competitividad (IMCO) refieren que solo tres de cada 10 profesionistas en STEM son mujeres. El IMCO analizó la matrícula de hombres y mujeres en carreras STEM entre 2012 y 2022 y destacó que, en todos los estados, las mujeres en carreras STEM tendrían que aumentar en al menos 71% para alcanzar un nivel similar al de los hombres.

En el desarrollo del sistema satelital Mexsat, el entonces Director Técnico y del Mexsat del organismo público descentralizado denominado Telecomunicaciones de México, hoy Financiera del Bienestar o FINABIEN, estableció que para la integración del personal encargado de la operación del sistema se buscara un equipo de profesionales de universidades de todos los estados del país, con diversidad de edades y experiencias, incluidos recién egresados y con equidad de género. Cabe recordar que Telecomunicaciones de México fue designado por la entonces Secretaría de Comunicaciones y Transportes como el operador del sistema Mexsat. La brecha de género y la falta de carreras ad hoc en las universidades de varias entidades federativas fueron impedimentos para alcanzar el objetivo.

Es inviable incluir nombres sin riesgo de incurrir en omisiones. En este capítulo se destaca la participación de mujeres en eventos y acciones relevantes del sector satelital y espacial de nuestro país, dada la complejidad y carácter multidisciplinario de los proyectos satelitales y espaciales y la diversidad de aplicaciones de estas tecnologías se mencionan a mujeres en posiciones de liderazgo en el sector con el propósito de dar visibilidad a la participación de mujeres que pueden ser un relevante referente para nuevas generaciones y para promover el interés por aportar al sector desde las diversas profesiones.



Foto: Lanzamiento del satélite Morelos III, el 2 de octubre de 2015.



Foto: Entrega del Sistema Meksat al Gobierno mexicano.

La contribución de mujeres en proyectos y acciones para el sector satelital, y espacial en nuestro país, comprenden posiciones de liderazgo y perfiles que incluyen, pero no se limitan a las carreras STEM, como ejemplo, en el periodo de diciembre de 2007 a noviembre 2020, hubo cuatro subsecretarías de Comunicaciones, y la Directora Jurídica de Telecomunicaciones de México; se presenta a continuación una breve reseña de sus aportaciones.

- **Purificación Carpenteyro**, abogada, quien fue titular de la Subsecretaría de Comunicaciones de septiembre de 2008 a enero de 2009, periodo en el cual impulsó la participación de las entidades de seguridad nacional para el proyecto del sistema satelital mexicano Meksat.

- **Gabriela Hernández Cardoso**, abogada, quien fue Directora General de Política de Telecomunicaciones y Radiodifusión, de diciembre de 2007 a febrero de 2009, y posteriormente Subsecretaria de Comunicaciones, de febrero de 2009 a junio de 2010. Con su liderazgo en ambas posiciones se estableció el Comité de Especialistas en Comunicaciones Satelitales por el Consejo de Seguridad Nacional; se realizaron los análisis, y se definieron por los usuarios del entonces proyecto del sistema satelital Mexsat los aspectos técnicos y de gobernanza del sistema Mexsat para seguridad nacional y cobertura social; también se implementó el proceso de acompañamiento por la Secretaría de la Función Pública y el Órgano Interno de Control para contribuir a la auditoría y rendición de cuentas durante el proceso de adquisiciones del sistema satelital Mexsat y su ejecución; se obtuvo la inscripción del proyecto Mexsat en el Registro de Inversiones de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público y **se desarrolló** un proyecto de política satelital de largo plazo; también se defendió el espectro de la banda L ante distintas administraciones de otros países y se presentaron los expedientes (*filings*) para los recursos órbita-espectro del sistema Mexsat ante la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT); se implementaron acciones para prolongar la vida útil del satélite Solidaridad 2, que podría haber concluido en 2008 sin tener oportunidad de contar con un reemplazo a tiempo y con el riesgo de perder la prioridad del recurso orbital. También impulsó acciones fundamentales para el re-diseño institucional del sector telecomunicaciones en nuestro país.



Gabriela Hernández Cardoso

- **Mónica Aspe Bernal**, politóloga, quien fue Coordinadora de la Sociedad de la Información y del Conocimiento (CSIC) del periodo de 2011 a 2015, desde donde dirigió el proyecto de conectividad social México Conectado, al cual fue asignada parte de la capacidad del satélite Bicentenario del sistema Mexsat. Posteriormente, fue Subsecretaria de Comunicaciones, de 2015 a 2017; entre sus acciones, se dio la consolidación del Sistema Satelital Mexicano Mexsat, además de promover la implementación de políticas públicas derivadas de la Reforma de Telecomunicaciones de 2013. Los proyectos satelitales, además de complejos implican riesgos, uno de los momentos de mayor riesgo es el momento del lanzamiento, y

como Subsecretaria enfrentó uno de los momentos más complicados del proyecto Mexsat, con la pérdida del satélite Centenario en el lanzamiento, en mayo de 2015.

- **Salma Jalife Villalón**, ingeniera en Computación; fue reconocida en 2024 con el Premio Nacional de Ingeniería 2023 por el Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas (CIME), y es de subrayarse que esta es la primera ocasión en que una mujer obtiene esta distinción. Fue Subsecretaria de Comunicaciones y Transportes, de diciembre de 2018 a noviembre de 2020; continuó con la consolidación del sistema Mexsat. También, desde la Subsecretaría, apoyó con su equipo a la Secretaría de Economía para la defensa del Gobierno mexicano en el arbitraje que se inició con un reclamo de la empresa Eutelsat por la negativa de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes a reducir la capacidad satelital reservada al Estado, reclamo presentado al amparo del Acuerdo de Promoción y Protección Recíproca de Inversiones (APPRI) México-Francia. En septiembre de 2021, el tribunal arbitral determinó que México no incumplió sus obligaciones emanadas del APPRI México-Francia y desestimó las reclamaciones sobre el fondo del asunto. Su participación en el sector satelital data de los procesos de coordinación de la banda L para los satélites Solidaridad y ha tenido una participación destacada en la UIT.



Salma Jalife Villalón

- **Elvia Salas Guerrero**, abogada, de 2005 a 2015 fue la Directora Jurídica de Telecomunicaciones de México (ahora FINABIEN); participó en el proceso de coordinación de la banda L que se sigue entre operadores satelitales, en términos del Reglamento de Radiocomunicaciones de la UIT en las reuniones que se sostuvieron entre 2008 y 2010; desarrolló contratos para la prestación de servicios, incluidos los de servicios satelitales que se prestaban desde las estaciones terrenas del organismo descentralizado; estableció procesos para hacer más eficientes la contratación y el cobro por servicios, a fin de garantizar la situación patrimonial de Telecomm; fue encargada del despacho de la Dirección General del organismo de agosto a octubre 2009.



Elvia Salas Guerrero

- **Amanda Gómez Ajaba**, ingeniera en Comunicaciones y Electrónica, aporta información testimonial sobre su experiencia en las telecomunicaciones en México y al sector satelital como mujer entre 1980 y 2020:

“Soy egresada de la carrera de Ingeniería en Comunicaciones y Electrónica en la Universidad de Guadalajara, Generación 72-77, en la cual éramos cuatro mujeres y 46 hombres; más adelante cursé la maestría en Ciencias, Física Aplicada, Instrumentación Electrónica y Telecomunicaciones, en el Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada, entre 1979 y 1981, siendo la primera mujer egresada del área de Física Aplicada.

“Inicié mi doctorado en Telecomunicaciones en la UNAM en 1986, y al no haber sido aprobado todavía el programa, lo retomé en 1991 cuando fui parte del Programa del Quinto Centenario en España. Trabajé en parte de la antena de la banda Ku de los primeros satélites españoles (geoestacionarios) Hispasat 1A y 1B, diseñados en Construcciones Aeronáuticas, en colaboración con Matra y la Universidad Politécnica de Madrid, que fueron lanzados en septiembre de 1992, y operaron 11 años, es decir, dejaron de operar en 2003.

“A mi regreso a México, en 1993, me integré al equipo asesor del Instituto Mexicano de Comunicaciones, comandado por el ingeniero Eugenio Méndez Docurro, para el diseño de los satélites Solidaridad 1 y 2 en las instalaciones de Hughes, en Pasadena, California, donde durante dos años trabajé en las pruebas de desempeño de la antena de banda L de los satélites Solidaridad.



Foto: Grupo de asesores de los satélites Solidaridad. **Imagen de Amanda Gómez.**

“Posteriormente, en 1996, trabajé en la entonces recién fundada Comisión Federal de Telecomunicaciones, en el área de Ingeniería y Tecnología, a cargo del Dr. Enrique Melrose Aguilar; participé en los procesos de las coordinaciones internacionales para los diferentes segmentos espaciales del espectro radioeléctrico, realizando dos eventos de suma importancia, el primero, fue la coordinación de posición orbital con Canadá, en las reuniones de acuerdos y firma del acuerdo bilateral en Ottawa, Canadá; el segundo evento de gran impacto, fue la participación en la Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones (CMR/97) para satélites de órbita baja y los niveles de interferencia aceptables, quedando el nombre de México y su delegación como un grupo de personas capaces y que trabajamos en colaboración.



Foto: Conferencia Mundial de Radiocomunicaciones 1997. **Imagen de Amanda Gómez.**

“Durante esa época, y gracias a la visión del Dr. Javier Castellanos Coutiño, entonces Subdirector General Medico del ISSSTE y del Dr. Enrique Melrose, se realizó el diseño de la Red Nacional de Telesalud del ISSSTE, iniciando en 1994 y con la que se lograron instalar 22 antenas de reflector parabólico (para los satélites Solidaridad) en hospitales de segundo y tercer nivel de atención, para con videoconferencias, voz y datos de equipos periféricos para realizar teleconsultas; con ello se logró abatir más de 40% de los traslados innecesarios con un número potencial de más de 2 millones de derechohabientes; se atendieron aquellos que por falta de especialistas u otros motivos, debieran trasladar o subrogar los ser-

vicios, y debido a los gastos que con el uso de la plataforma se lograron evitar; se consiguió que el programa fuera autosustentable en un periodo de 2.3 años. Además, para la sustentabilidad de la Red Nacional de Telesalud del ISSSTE, se sumaron el apoyo de la empresa Hughes para el diseño de la red, como parte del programa de los Satélites Solidaridad de intercambio, y al ser la salud un programa prioritario, se empleó para su operación la capacidad reservada del Estado, logrando con esto la colaboración completa y gubernamental de Salud y Telecomunicaciones¹. Este programa fue reconocido por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como el primer programa mundial de telemedicina en salud pública.



Foto: Programa de Telesalud. Imagen proporcionada por Amanda Gómez.

“La Agencia Espacial Mexicana se creó en 2010 como un organismo descentralizado del Gobierno federal, y me incorpore a su equipo desde su creación.

“Uno de los proyectos en los que participé fue en la aplicación de tecnología espacial que se realizó junto con 10 instituciones académicas del país y con apoyo de la CONACYT, para el programa “Tele-epidemiología para enfermedades transmitidas por vector”; nos enfocamos a atender la chinche de Chagas que transmite una enfermedad que provoca malestares graves en el estómago y en el corazón debido al tripanosoma crusi, y cuyo agente trasmisor es una chinche que tiene un hábitat determinado y que fue posible detectar desde un satélite de percepción remota y con manejo de software libre, lo que permitió que se identificaran zonas de riesgo en San Martín Hidalgo, Jalisco, y debido a ello se pudo recomendar a la población un cambio de tipo de arbolado y condiciones donde vive la chinche y así disminuir la transmisión.

Además, de que hasta el momento y pese a que existía la Norma Oficial Mexicana NOM-032-SSA2-2010 para la vigilancia epidemiológica, prevención y control de enfermedades transmitidas por vector; publicada en el Diario Oficial de la

1 Información adicional sobre este programa puede consultarse el artículo Sistema de Salud Vía Satélite del ISSSTE, Teleconsulta, Innovación en la atención médica. Revista CONAMED, Año 2, Número 6, 1998, páginas 34 a 38.

Federación del 1 de junio de 2011, y que fue reemplazada posteriormente por la NOM-032-SSA2-2014, para la vigilancia epidemiológica, promoción, prevención y control de las enfermedades transmitidas por vectores, la recomendación de manejo de la enfermedad no se utilizaba porque el medicamento no estaba accesible, lo que impedía el tratamiento adecuado. Bajo este panorama se dio seguimiento desde la Cámara de Diputados, con el entonces Secretario de la Comisión de Salud, Dr. Antonio Sansores Sastré, y se logró que el medicamento pudiera llegar a las personas que sufren este daño y evitar daños mayores como la cardiopatía Chagásica, entre otros.

“Otro proyecto en el que se aplicó tecnología espacial fue la identificación de la contaminación del río Bitzal, en Tabasco, causante de la muerte de manatíes en 2018; a través de la aplicación de satélites de teledetección (*remote sensing satellites*). En el área natural protegida conocida como la Reserva de la Biósfera de los Pantanos de Centla se incrementó de manera inusual la tasa de mortalidad de los manatíes. Entre el 18 y 26 de octubre de 2018, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, en conjunto con la Comisión Nacional del Agua y la Procuraduría Federal de Defensa al Ambiente encontraron 48 carcasas de manatíes en estado de descomposición avanzada. Las imágenes satelitales de la plataforma Landsat 8 se emplearon como herramienta para monitorear la zona y se realizó el análisis de las imágenes disponibles entre los meses de enero a octubre de 2018 en conjunto con el análisis de otros elementos de información como las temperaturas, el índice de diferencias de la vegetación, cuerpos de agua, la radiación electromagnética que reflejan en la superficie de la tierra los objetos y que se puede obtener a través de las imágenes satelitales. Como resultado del análisis efectuado se identificó la contaminación.²

“Con lo anterior, queda claro que al ser ingeniera no debemos reducirnos a nuestro campo directo y propio de esta profesión, ya que las mayores aportaciones se logran cuando se trabaja con equipos transdisciplinarios como médicos, abogados, agrónomos, biomédicos, etc.”

Este capítulo es solo una muestra de aportaciones con trascendencia en México realizadas por mujeres en el sector satelital, y permite dar a conocer muy diversas posibilidades para contribuir en distintas etapas al desarrollo satelital y a la utilización de la tecnología satelital en diferentes actividades y aplicaciones. También tiene como objetivo despertar el interés e inspirar a mujeres de cualquier edad y profesión para aprender sobre la tecnología satelital, las telecomunicaciones, sus usos, aplicaciones y beneficios, sus retos financieros y su marco jurídico, entre otros aspectos.

2 Hidalgo Rodríguez, Ricardo Adolfo, Gómez González, Amanda Oralía, Arreola Santander, Mario Manuel. Manatees Mortality Analysis at Los Bitzales, Tabasco, by Remote Sensing. *International Journal of Latest Research in Engineering and Technology (IJLRET)* ISSN , 2454, Volume 05, Issue 01, Enero 2019, páginas 01 a 15.



INSTITUTO FEDERAL DE
TELECOMUNICACIONES



/IFT.mx @IFT_MX iftmexico IFTmx iftmexico

WWW.IFT.ORG.MX

ISBN: 978-607-26717-0-6



9 786072 671706

