



197
201
**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO**

FACULTAD DE CIENCIAS POLITICAS Y SOCIALES

**LA UNAM EN ORBITA
REPORTAJE DEL SATELITE UNAMSAT**

T E S I N A
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
LIC. EN CIENCIAS DE LA COMUNICACION
P R E S E N T A :
LAURA LUCIA ROMERO MIRELES

DIRECTORA DE TESINA: MARGARITA YEPEZ HERNANDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA.

1997.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

**A Dios, por regalarme la vida,
lo que soy y lo que tengo, porque
siempre, en donde quiera que estoy,
está conmigo.**

**A mis padres, Adelita y Rodolfo por
darme lo mejor de sí, su amor, apoyo
y comprensión, con toda mi admira-
ción y gratitud infinita.**

**A Edith y Miguel, por su generosa
ayuda.**

**A mi abuelita María, mi tía Vicky,
Elisa, Bren, Fer y Eri, con cariño.**

A la Universidad Nacional Autónoma de México, la cual me acogió para formarme y hacer de mí una persona útil a mi patria; porque a diario me da la oportunidad de conocerla y por ser motivo de mi orgullo.

A la Facultad de Ciencias Políticas y Sociales y a mis maestros, por crear en mí una conciencia crítica, por enseñarme a aprender.

A la Dirección General de Información de la UNAM, y en especial, al ingeniero Leonardo Ramírez Pomar, por su apoyo y estímulo para alcanzar esta meta.

A las profesoras Margarita Yépez y Francisca Robles, por su orientación y consejos invaluable para la realización de este trabajo.

ÍNDICE

Introducción	I
* Aclaraciones Metodológicas	V
Primera parte. <i>El primer satélite mexicano</i>	1
* Lo hecho en México está bien hecho	2
* Pero ¿qué es un satélite?	3
* Anecdótico espacial puma	7
* El cosmos: realidad cercana	10
Segunda parte. <i>...y la tecnología se hizo</i>	13
* PUIDE: ¿lo urgente vs. lo importante?	13
* Primero fue el UNAMSAT	16
* El nacimiento del PUIDE	18
* Mucho más que un cubo	20
* Funciona, luego existe	23
* Ecos de meteoritos, siguiendo la pista a la materia oscura	25
* Perdido en el espacio	29
* Preparándose a volar	30
* La cuenta regresiva	34
* La explicación	37
* Ecos del lanzamiento	39
Tercera parte. <i>...3...2...1 ¡UNAMSAT-B en órbita!</i>	44
* El gemelo: nueva esperanza	44
* Buenas nuevas desde Plesetsk	48
* Lanzamiento y periodo orbital	51
* El festejo	55
* ¡Que viva México!	57
* Oír, hablar, pensar ... y más del UNAMSAT-B	58
* El UNAMSAT-B charla desde el espacio	61
* Ecos del lanzamiento II	68
A manera de conclusión	73
Bibliografía y hemerografía	77

INTRODUCCIÓN

Con el paso de los años las implicaciones de la era espacial se han hecho más evidentes, abarcando los ámbitos económico, político, cultural y jurídico; ejemplo de ello es el uso, a nivel mundial, de satélites con funciones de telecomunicaciones, lo cual conlleva no sólo la entrada a los hogares de todo tipo de imágenes con impacto cultural, sino la creación de normatividades y el establecimiento de acuerdos comerciales entre naciones y empresas internacionales.

Con el inicio de la era espacial, hace casi 40 años, también se abrió la posibilidad de ampliar el conocimiento científico hasta horizontes nunca imaginados, no solamente referidos al Universo sino a nuestro planeta. El desarrollo de la astronáutica ha sido paralelo al de la ciencia y la tecnología.

Sin embargo, eso ha ocurrido casi exclusivamente en los países desarrollados. En el resto, incluido México, la práctica común es la conocida como transferencia de tecnología, es decir, la compra de ésta sin importar que haya sido creada, en muchas ocasiones, en condiciones particulares y para aplicaciones específicas de esas naciones.

La transferencia de tecnologías espaciales a las naciones con menos desarrollo se ha debido a la creencia de que ese proceso significa ahorro de tiempo, dinero y esfuerzo, y permite alcanzar con mayor celeridad el nivel de los países que las exportan, según explica en diferentes escritos Ruth Gall, investigadora de la UNAM, coordinadora del actualmente desaparecido Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales de la UNAM y divulgadora de la ciencia.

El sólo hecho de adquirir datos y equipo para procesarlos, así como antenas y estaciones para su recepción y trasmisión, y la capacitación de personal para el uso de dichos instrumentos debe ir más allá, es decir, a la generación de tecnologías acordes con la capacidad económica de cada país, para acceder a una mayor autosuficiencia y por ende, mayor independencia de los países tecnológicamente más avanzados.

La infraestructura científica, a consideración de la doctora Gall, puede contribuir a democratizar la estructura social y mejorar la calidad de vida de las capas sociales más desprotegidas, en tanto se pongan al servicio de la población, aplicaciones satelitales como los servicios meteorológicos o la exploración de recursos naturales locales.

La realización de investigaciones y la creación de tecnologías espaciales en los países como el nuestro es una recomendación de organismos internacionales como el Comité de Investigación Espacial (COSPAR) y las Naciones Unidas, los cuales, en reuniones efectuadas en 1982, sugirieron la formación de científicos especializados y la generación de una política de gobierno que permitiera el impulso de las actividades espaciales y alcanzar mayor autosuficiencia.

Asimismo, el desarrollo de tecnologías alternativas que estuvieran de acuerdo con las condiciones sociales y las necesidades económicas de cada país y el apoyo de la puesta en marcha de investigaciones del cosmos, puesto que ellas representan la base para la formación de recursos humanos (Ruth Gall. *Las actividades espaciales en México. Una revisión crítica*, p.10-11)

Han pasado 14 años desde entonces y muy poco se ha logrado al respecto. La mayoría de la tecnología que se importa es costosa y sofisticada, y las crisis económicas impiden el apoyo al desarrollo de la ciencia y la tecnología.

En este contexto, dentro de la Universidad Nacional Autónoma de México, institución comprometida con la sociedad en la que se halla inmersa, se creó en

1990 el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), conjunción de la capacidad de investigación y desarrollo en el área espacial existente en diferentes institutos, centros de investigación universitarios y algunas divisiones de estudios de posgrado, entre ellas, el Instituto de Astronomía, la Facultad de Ingeniería y la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico.

Se trataron de aprovechar los recursos humanos y materiales -infraestructura y equipo- de la UNAM. A estos motivos hubo que añadir la capacidad universitaria para formar especialistas, en tanto se cuenta con los recursos y la mayor tradición de estudios relativos al cosmos en todo México. Era necesario consolidar lo ya existente para adaptar, o bien, generar nuevos conocimientos y tecnologías de punta, especialmente las viables y oportunas para la Universidad y el país.

Así, el PUIDE, dependiente de la Coordinación de la Investigación Científica (CIC) de la UNAM, se encaminó al desenvolvimiento de proyectos de interés y a formar especialistas en el área espacial.

Sin embargo, las tareas, objetivos, funciones, proyectos y logros del Programa han sido poco difundidos. Uno de sus proyectos principales es el de diseño y construcción de satélites denominado UNAMSAT; en esta investigación se difunde y explica el desarrollo de este proyecto, que ha crecido a la par del PUIDE, a fin de mostrar la importancia que puede revestir para el país la puesta en órbita del primer satélite de manufactura mexicana.

Desde que el UNAMSAT-B fue colocado en el espacio se abrió para México una nueva etapa de desarrollo tecnológico debido a que por primera vez se generó tecnología espacial. En este trabajo se explica qué es un satélite y el proceso que se emplea para ponerlo en órbita, pasando por su construcción y funciones. También se mencionan los primeros estudios que, dentro de la casa

de estudios, se emprendieron para entender el Universo y la Tierra, y conocer mejor el territorio nacional.

Asimismo, se exponen las causas de que el primer intento de poner en órbita el satélite universitario fracasara y se detalla cómo se logró finalmente colocar en el espacio un instrumento que lleva impresa en su manufactura el sello de la UNAM. Así, se abarcan los aspectos financiero, técnico, científico y humano del proyecto UNAMSAT.

Aclaraciones metodológicas

Por sus características, la investigación se desarrolla en forma de reportaje, que por su tema y tratamiento puede clasificarse como científico. Este es un género periodístico poco abordado, ya que, con excepción de publicaciones especializadas, es difícil encontrarlo en los diarios, debido a la dificultad que representa explicar fenómenos relacionados con la ciencia y al poco interés de los medios por abordar estos temas.

Por ello, esta investigación pretende ser una explicación sencilla y clara, del proyecto científico y tecnológico UNAMSAT, a la vez de que se ejemplifica un reportaje de ese tipo.

El reportaje se define de diversas maneras. Para Máximo Simpson, se trata de un género que además de interpretar, informa, y cuyos objetivos son proporcionar antecedentes, comparaciones, derivaciones y consecuencias de un problema social. Se trata del "reportaje profundo".

El reportaje responde, principalmente, a las preguntas por qué y para qué, ya que éstas establecen un objetivo más del género: la explicación de los hechos. Para explicar, se deben analizar los hechos particulares en su interrelación con el contexto y con la coyuntura social y política en que determinados

acontecimientos se producen, es decir, abordar el presente como historia. El reportaje, continúa Simpson, constituye la investigación de un tema de interés social que contiene antecedentes, comparaciones y consecuencias, con estructura y estilo periodístico.

Es el más completo de los géneros periodísticos; implica, según él, abordar un objeto de estudio desde sus múltiples interrelaciones, ya que únicamente de esta manera adquieren significación.

Para Concha Fagoaga, en su libro *Periodismo Interpretativo*, el tratamiento de la información produce una explicación en un relato que, además de ser informativo, contextualiza los hechos, no sólo los describe (p.14). Se trata de un periodismo que busca explicar tan bien como informar, por lo que en el relato intervienen datos antecedentes que proporcionan una situación de fondo; el análisis o datos que intentan explicar los hechos referidos, y la valoración o datos estimativos que intentan prever consecuencias de los mismos hechos.

Se presenta con la finalidad de proporcionar al lector los elementos de juicio necesarios para que sea él quien valore: el periodista no hace valoraciones personales, no emite juicios, no aporta estimaciones. El recurso está en recoger las valoraciones de expertos, de autoridades representativas, de personas involucradas en los hechos analizados.

Considerando al reportaje como un trabajo de investigación que tiene por objetivo explicar los sucesos alrededor de un hecho concreto, se recurrió a fuentes accesibles y manejables para abarcar desde que se creó el PUIDE hasta la puesta en órbita del UNAMSAT-B. Se reconstruyen hechos que permiten "llevar" al lector al lugar en que ocurrieron.

La metodología incluye, dentro de las técnicas documentales de investigación, la consulta de libros, revistas y periódicos y, dentro de las técnicas de campo, entrevistas a personas directamente involucradas con el proyecto como el

encargado del mismo, ingeniero David Liberman, y dos de sus estudiantes, José Luis García y Eloy Martínez.

Se hace uso de la aplicación de un cuestionario, entre un pequeño grupo de personas, a fin de conocer qué tanto conocimiento existió del proyecto UNAMSAT. Asimismo, en el inicio de cada parte de la investigación se hace una pequeña entrada para dar una idea general del tema a abordar.

LA UNAM EN ÓRBITA
Reportaje del Satélite UNAMSAT.

Primera parte

EL PRIMER SATÉLITE MEXICANO

Todo parecía un sueño lejano. Sin embargo, en un laboratorio de la Universidad Nacional Autónoma de México, un reducido grupo de universitarios se empeñó en hacerlo realidad.

Se trataba, en primera instancia, de formar a la primera generación de ingenieros aeroespaciales para nuestro país. Además, se quiso diplomarlos de manera notable: con un satélite artificial que, girando alrededor de la Tierra, llevara en alto el nombre de la UNAM y de México.

El 5 de septiembre de 1996 se puso en órbita el primer satélite mexicano: el UNAMSAT-B, de manufactura universitaria. De esta manera, finalmente, el diploma fue otorgado.

Los beneficiarios de este hecho no sólo son los estudiantes que participaron en el proyecto, sino la propia UNAM que así se convierte en una de las primeras instituciones educativas en contar con un satélite propio; y el país entero, que así ingresa a la reducida lista de naciones que no sólo consumen sino producen tecnología espacial y por lo tanto, participan más directamente de la era iniciada con el lanzamiento del satélite ruso *Sputnik I*, el 4 de octubre de 1957.

No es casualidad que sea en la UNAM en donde surge la iniciativa de crear tecnología espacial, ya que fue ahí en donde se iniciaron los primeros estudios cósmicos a nivel nacional (Ruth Gall, et al. *Las actividades espaciales en México. Una revisión crítica*, p.63)

Lo hecho en México está bien hecho

El ingeniero David Liberman, integrante del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) de la UNAM y encargado del proyecto de diseño y construcción de satélites UNAMSAT, nacido a la par de ese programa en 1990, asegura que se debe distinguir entre usar y hacer tecnología espacial. Hasta ahora, México se había limitado a comprar, por ejemplo, imágenes satelitales sin tener nada que ver con los instrumentos que las generan.

Con el UNAMSAT, la puerta de creación de tecnología espacial se ha abierto para México, y la Universidad Nacional se convierte en la segunda universidad en contar con un satélite hecho por estudiantes. La primera institución educativa en lograrlo fue Weber College, en Utah, Estados Unidos, la cual puso su instrumento en órbita en enero de 1990, con una diferencia de días con respecto a la creación del PUIDE en nuestra casa de estudios.

Existe una institución más que cuenta con un instrumento en el espacio: University of Surrey, en Inglaterra; en ella se creó, en 1985, una compañía comercial que fabrica satélites llamada *Surrey Satellite Technology Limited* (SSTL). Sin embargo, quienes ahí colaboran no son estudiantes, sino ingenieros contratados. Eso, en opinión del ingeniero Liberman, descalifica a esta universidad como tal y la lleva a sumarse al apartado de producción espacial empresarial.

La tarea no ha sido fácil. El lanzamiento del satélite universitario mexicano es producto de la formación de recursos humanos en el área espacial, hecho que se contrapone al argumento de que México, por la crisis que padece, no está en posibilidad de realizar actividades espaciales y "en donde se gasta en

tecnología sin obtenerla". Por ello, puntualiza Liberman, era necesario dar el primer paso para crearla, ya que no hacerlo resulta mucho más caro.

En cuanto a la primera generación de ingenieros espaciales en México, casi la totalidad de ellos (cinco de siete estudiantes de la Facultad de Ingeniería quienes participaron en el proyecto) ya se han graduado de la licenciatura, han concluido sus estudios de maestría y esperan realizar una estancia en el extranjero para obtener el grado.

Pero ¿qué es un satélite?

"¿Qué es un satélite? No, no sabría decirle ...bueno, tengo una idea, pero muy bien, no sé. Creo que son los que se usan para hacer funcionar a la televisión ¿no?." Esta es tan sólo una de las visiones de la gente con respecto a la existencia de instrumentos en el espacio exterior, asociados la mayoría de las veces a las telecomunicaciones.

En una céntrica colonia de la ciudad de México, Jardín Balbuena, lugar de residencia para algunos y de trabajo para otros, se llevó a cabo un pequeño sondeo para aportar tan sólo una idea de lo que significa para la opinión pública, no sólo la puesta en órbita del primer satélite hecho en nuestro país, sino la existencia misma de instrumentos espaciales.

La muestra, por lo tanto, fue de 20 personas, con diferentes ocupaciones y edades, y cuyo único punto en común es, quizá, haber sido interrogadas acerca de un tema tan poco cotidiano y a la vez tan presente como el espacio exterior.

De la totalidad de los interrogados, 11 respondieron "no" a la pregunta "¿sabe qué es un satélite artificial?", en tanto que seis dijeron que sí lo saben y tres que "lo imaginan".

Dedicados a ocupaciones tan heterogéneas como la actuación, la cerrajería, el comercio, el estudio, el hogar, la vigilancia, la medicina o la ingeniería civil, las edades de los encuestados, 8 mujeres y 12 hombres, fluctuaron entre los 18 y los 65 años.

El 90 por ciento de ellos (personas que caminaban por calles que los domingos se vuelven un tanto solitarias ante la ausencia vehicular) se mostró interesado en conocer los avances científicos y tecnológicos en nuestro país, y en el caso del UNAMSAT, del cual apenas se ha oído hablar, saber en qué consiste su tarea, ya que "es una vergüenza no conocer de tan importante suceso para el país y del gran esfuerzo que realizan los científicos mexicanos", según dijo una de las personas interrogadas.

¿Cuál es el origen de los satélites? En el antiguo Oriente, en el año 500 antes de Cristo, aproximadamente, los emperadores eran escoltados por guardaespaldas, quienes a su vez eran dirigidos por un capitán llamado *satele*. De esta palabra se derivó la de satélite que posteriormente se utilizó para denominar a un hombre que estaba al servicio de otro. Finalmente, los astrónomos utilizaron el término para nombrar a un objeto celeste que gira alrededor de otro, al cual se encuentra ligado por su atracción, según explica Albert Ducrocq en el libro *Los satélites artificiales y el espacio*.

Hasta 1957, cuando se inició la era espacial, sólo existían en el universo objetos naturales. A partir de esa fecha el espacio exterior comenzó a poblarse de objetos creación de la mente humana; el primero de ellos fue el *Sputnik*, que en ruso quiere decir "compañero".

Un satélite artificial acostumbra ser un conjunto de instrumentos sostenidos por un armazón metálico; de él sobresalen antenas y paneles. Cuenta con una cobertura exterior que lo protege de la acción de los micrometeoritos y de los

efectos de las radiaciones solares directas y su forma es variable: un cubo, un cilindro, etcétera.

"En general -se asegura en la obra *Los satélites artificiales*-, las estructuras de los vehículos espaciales están construidas con base en aleaciones metálicas ligeras (aluminio o magnesio) aunque se han fabricado también satélites de acero, de plástico luminizado o de fibra de vidrio" (p.39).

La idea de alcanzar el espacio no es tan reciente. Ya desde el siglo pasado se habían hecho cálculos para establecer la velocidad necesaria para que un objeto saliera hacia el espacio exterior. De esta manera, el astrónomo Camilo Flammarion señaló que si una nave se desplazara a una velocidad cercana a los ocho kilómetros por segundo, podría sobrevolar de manera indefinida los continentes y los océanos (Op. cit, p.16). A esa velocidad, la atracción ejercida por la Tierra sobre el vehículo sería neutralizada por la fuerza centrífuga, producto de su movimiento; así, permanecería separado del globo terráqueo.

Luego del lanzamiento del *Sputnik*, se consideró que los satélites artificiales tenían importancia en tanto permitieran preparar viajes a la luna y otros planetas, y no en sí mismos. Sin embargo, con el paso del tiempo la situación se invirtió. Con el incremento de los usos del espacio, aumentó el número de satélites alrededor de la Tierra y disminuyó la cantidad de experimentos de exploración a espacios lejanos.

Tanta ha sido su importancia, que en los primeros 25 años de la era espacial más de dos mil 700 satélites fueron lanzados, hecho que representó un promedio de dos artefactos por semana (Albert Ducrocq, op. cit, p.22).

Pero ¿qué países han estado en posibilidad de lanzar satélites al espacio? Los que mayoritariamente lo han hecho han sido los Estados Unidos y la ex Unión Soviética que, ahora dividida, continúa teniendo en naciones como Rusia, el mayor promedio de lanzamientos por año, naciones a las cuales se suman en la

actualidad China, Japón, Francia, Israel y Brasil, esta última con un sólo lanzamiento.

Así, el propio Ducrocq señala que en 1957 los soviéticos enviaron al espacio los primeros satélites, pero entre 1958 y 1965 los estadounidenses alcanzaron mayor número de lanzamientos.

Y a todo esto ¿para qué sirven los satélites? Pues bien, con el estudio del espacio se abrió la posibilidad de ampliar el conocimiento científico, no solamente relativo al espacio, sino a la misma Tierra.

Entre las aplicaciones de estas nuevas tecnologías figuran la teledetección mediante satélites de percepción remota -o técnica de detección aplicada a la exploración de nuestro planeta-, la telecomunicación vía satélite, la exploración meteorológica y climatológica, la investigación mareográfica, etcétera, según se enumera en el libro *Las actividades espaciales en México: una revisión crítica* (p.14).

Las tecnologías espaciales también se usan en el área médica, ya que la comunicación por satélite permite equipar unidades móviles de diagnóstico que pueden utilizarse en zonas remotas.

Además, existen satélites que permiten hacer predicciones del clima o explorar recursos naturales, pero también los que funcionan, mediante las comunicaciones, para unir diferentes territorios, o bien, para vigilarlos o como "cazasatélites" en el caso de los de uso militar (hasta hace una década la mayor parte de los instrumentos en órbita, el 75 por ciento aproximadamente, era de este último tipo, según la fuente citada).

Otra de las funciones de los satélites es la ciencia. En efecto, los instrumentos científicos que rondan el espacio son numerosos debido a que, en sí mismo, el Universo es poco conocido. Con el paso de los años, los investigadores se han interesado en conocer la distribución de las radiaciones que abarcan todo el

espectro, es decir, el conjunto de rayos procedentes de la descomposición de la luz, desde los rayos X a las ondas de radio o campos magnéticos de origen terrestre, solar e interplanetario.

"El conjunto de datos científicos aportados por los satélites dan una imagen de enorme complejidad en torno a nuestro planeta. Y se complica aún más si se tiene en cuenta que se trata de un cuadro dinámico, en continua evolución", se explica en el libro *Los satélites artificiales*, de la Biblioteca Salvat de Grandes Temas (p.82).

Entre los instrumentos diseñados para obtener información acerca de nuestro hogar, la Tierra, se encuentran los dedicados a investigaciones astronómicas, especialmente en el campo de la radioastronomía.

Cuando las radiaciones de determinadas longitudes de onda, de procedencia interplanetaria, son filtradas por la atmósfera, no pueden ser captadas en la superficie terrestre por los radiotelescopios, por lo que una manera de detectarla es por medio de equipos receptores colocados encima de esa capa que cubre la Tierra. Además, hay satélites dedicados al estudio del Sol, a sus manchas, sus tormentas y su viento, así como a la fotografía estelar.

Existen muchas más funciones que los satélites pueden realizar, científicas, militares o comerciales (estas últimas destacan por su número y rentabilidad, especialmente en aplicaciones como la comunicación telefónica y la televisión continental y transocénica), pero aquí sólo se han mencionado algunas de las más importantes.

Anecdótico especial puma

Corría el año de 1962 y apenas había transcurrido un lustro desde que el multicitado *Sputnik I*, primer satélite artificial con un diámetro de 58 centímetros,

había sido puesto en órbita. En esa época de cambios y conflictos políticos en todo el mundo, los soviéticos tomaban la delantera de la carrera espacial, hecho demostrado en 1959 cuando el *Lunik* fue enviado a la Luna y cuando Yuri Gagarin, primer cosmonauta de la historia, dio una vuelta alrededor de la Tierra, el 12 de abril de 1961.

"Es imposible detener los vuelos al cosmos. Eso no es una ocupación de una persona ni de un grupo de gente. Es un proceso histórico al que se aproximó legítimamente el género humano en su desarrollo", declaró el cosmonauta (Yaroslav Golovanov. *Nuestro Gagarin*, p.10).

Desde entonces, por razones científicas, el conocimiento básico y el aprovechamiento de las tecnologías espaciales resultaron de interés en la Universidad de México, en donde se iniciaron formalmente las investigaciones en esta área del conocimiento a nivel nacional. De esta manera se creó el Departamento del Espacio Exterior (DEE), dependiente del Instituto de Geofísica, en 1962.

Para introducir las ciencias espaciales en nuestro país se requería contar con científicos de alto nivel académico y con una institución que realizara investigaciones en áreas afines. La UNAM cumplía con los requisitos: en la década de los cincuentas ya existían la Facultad de Ciencias (fundada en 1939) y los institutos de Astronomía, Matemáticas, Física, y Geofísica, creados en 1929, 1935, 1938, y 1949, respectivamente. A este tipo de investigaciones, posteriormente, se incorporaría con gran fuerza la Facultad de Ingeniería.

La física de los rayos cósmicos fue, por aquel entonces, la disciplina precursora de las ciencias espaciales básicas; se llevó a cabo en los institutos de Física y Geofísica, hasta llegar a ampliarse al estudio de otras materias como la física solar, lunar y de los cometas, la planetología y los espacios interplanetarios, entre otros (Ruth Gall, op.cit. p. 63-69).

Desde su creación el DEE se planteó participar en las diversas ramas de las ciencias espaciales y formar, para la UNAM y para México, a un conjunto de especialistas en el área con alto nivel académico. Para alcanzar tal objetivo, por ejemplo, se puso en marcha la estación de rayos cósmicos en Ciudad Universitaria y, en 1968, se comenzaron a impartir cursos espaciales a nivel de licenciatura y maestría en la Facultad de Ciencias.

En 1976 el DEE cambió su nombre por el de Departamento de Estudios Espaciales; sus siglas no se modificaron. Sin embargo, el espacio, por la complejidad de su estudio y las consecuencias de las actividades que éste implica, requería ser abordado desde más de una perspectiva disciplinaria, hecho que llevó a investigadores de la Universidad Nacional a reunirse, el 4 de abril de 1984, para sentar las bases de un "grupo universitario capaz de intervenir, de manera efectiva, en el aprovechamiento de las ciencias y tecnologías espaciales para el progreso de la nación", dice la investigadora Ruth Gall.

El entonces rector de la UNAM, doctor Jorge Carpizo, firmó el acuerdo de creación del Grupo Interdisciplinario de Actividades Espaciales (GIAE), en julio 25 del año siguiente (1985).

Antecedente inmediato del PUIDE, el GIAE se conformó por las coordinaciones de la Investigación Científica y de Humanidades, así como por investigadores universitarios representantes de las áreas de comunicación, historia, derecho internacional espacial, y expertos en tecnología espacial alternativa, percepción remota (detección mediante imágenes de recursos naturales renovables y no renovables, agrícolas y bióticos, energéticos, etc.), meteorología y astronomía. El GIAE surgió de la inquietud de promover la inventiva tecnológica en el área espacial, acorde con las condiciones nacionales. México, se decía, debía contar con satélites construidos en el territorio nacional, a la vez que era necesario

convencer al público de que los asuntos espaciales tienen mucho menos que ver con el Universo y más con la Tierra y sus problemas sociales.

Ampliar la capacidad de ahorrar divisas por la importación de equipo, disminuir la brecha económica y financiera entre los países más avanzados y los que están en desarrollo y, especialmente, aprovechar la infraestructura científica y tecnológica existente, fueron algunos de los objetivos de este grupo.

El cosmos: realidad cercana

La puesta en práctica del conocimiento ha sido una realidad en la investigación espacial que se realiza en la Universidad Nacional. Los primeros experimentos universitarios relacionados con el área fueron los encaminados a ser efectuados en un orbitador de la National Aeronautics and Space Administration (NASA), de los Estados Unidos, en 1986, para lo cual se contó con el financiamiento de la Secretaría de Comunicaciones y Transportes, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, de la UNAM y del Instituto de Investigaciones Eléctricas (IIE).

Como explicaron los investigadores universitarios Francisco Mendieta y Ricardo Peralta, en su participación en el simposio efectuado hace diez años para evaluar la era espacial en México, se trató de un trabajo realizado durante siete meses en el Centro de Ingeniería Espacial de la Universidad Estatal de Utah, en el que una decena de integrantes de los institutos de Física, Geofísica, Materiales y de Investigaciones en Matemáticas Aplicadas y en Sistemas, de la UNAM, y del IIE, aprovechando las condiciones del ambiente espacial (microgravedad y alto vacío) estudiaron, entre otras características, la solidificación y temperatura de la aleación zinc-cobre, combinación de zinc, aluminio y cobre que fue desarrollada en la propia Universidad Nacional.

Estos estudios, ubicados en la especialidad de materiales, formaron parte del programa *Pequeños experimentos autónomos* de la NASA. Sin embargo, la culminación de los experimentos se vino abajo con la explosión del transbordador espacial *Challenger*, en 1986.

Esta situación no detuvo a los investigadores universitarios quienes, en una segunda fase, prepararon experimentos de percepción remota por medio de cámaras de video, así como otros relativos al comportamiento en el ambiente espacial de celdas solares de fabricación nacional y de aleaciones entre otros materiales

Desde los primeros experimentos se obtuvo el reconocimiento de expertos extranjeros en tecnología espacial, tanto por la calidad de los trabajos, como por su rapidez y bajo costo.

Estos primeros intentos de aplicación práctica espacial resultaron ser la base que, cada vez con mayor fuerza, fundamentaron subsecuentes investigaciones y experimentos.

Se trataba entonces como ahora, de contribuir no sólo a la autodeterminación real de México, sino de aprovechar la calidad del aparato científico nacional existente.

Una vez desarrolladas estas actividades se confirmaba la capacidad de la UNAM para iniciar un programa de investigación espacial directa, y la posibilidad de que sus investigadores desarrollaran tecnología relacionada con el área .

Respecto a la actividad del doctor Rodolfo Neri Vela, egresado y catedrático de la UNAM, y primer astronauta mexicano quien viajó en el transbordador *Atlantis* de la NASA el 26 de noviembre de 1985, cabe añadir que los experimentos en el área de la Física que efectuó en el espacio, cerraron un capítulo en la historia de la investigación espacial en México y se constituyen en una aportación más

al avance del área, aunque no tuvo relación con el proyecto de construcción de satélites UNAMSAT.

A esos experimentos no se les dio continuidad debido a causas que el propio doctor Neri desconoce (*Revista Ingeniería* LXVI 2/4, p.81), pero que principalmente atribuye a argumentos como la débil economía mexicana. lo cual propició, paralelamente, un alejamiento con la National Aeronautics and Space Administration.

Segunda parte

... Y LA TECNOLOGÍA SE HIZO

Hace seis años en la UNAM se creó el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE). Desde su origen, éste estuvo ligado al Proyecto UNAMSAT de satélites, y ambos se desarrollaron y crecieron hasta lograr generar tecnología espacial mexicana.

Una vez que eso fue un hecho, se requería, como toque final, culminar el proyecto con la colocación del satélite en el espacio, para lo cual hubo que viajar a tierras lejanas, desde donde fuera posible hacerlo. Rusia fue el lugar elegido, como resultado de un convenio académico entre la UNAM y el Instituto Sternberg de la Universidad Estatal de Moscú.

PUIDE: ¿lo urgente vs. lo importante?

México es un país subdesarrollado. Aquí, como en el resto de las naciones pobres, el crecimiento tecnológico, especialmente el que puede considerarse de punta, y dentro del cual se ubican los instrumentos espaciales, no ha sido apoyado debido a sus altos costos.

En este marco, las instituciones de educación superior han sido las encargadas de efectuar, en la medida de sus posibilidades, no sólo la investigación básica, sino la aplicada, a diferencia de los países tecnológicamente más avanzados, en donde participan el gobierno y las empresas privadas.

Así, la UNAM, mediante el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), ha asumido la tarea de vincular el trabajo académico con las

necesidades presentes y futuras del país, una de las cuales es, precisamente, disminuir la dependencia tecnológica y científica que padece México en relación con las grandes potencias.

Dentro del PUIDE, organismo dependiente de la Coordinación de la Investigación Científica de la UNAM, que durante seis años, desde su creación en 1990, ha dado cauce a la inventiva tecnológica y científica en el área espacial, existen varios proyectos tendientes a lograr dicha meta.

¿Por qué existen proyectos espaciales en la UNAM? ¿Por qué en un país que está en crisis? El doctor Gianfranco Bisiacchi, director del PUIDE se pregunta y responde él mismo mucho más que simples justificaciones, porque para él son los argumentos que significan la motivación de su trabajo y la de muchos otros universitarios que colaboran en el Programa.

El país, afirmó, tiene una estructura científica pequeña pero fuerte; el sector más débil es el de la tecnología. Hace falta más *Know how*, es decir, tener conocimientos básicos, pero también aplicarlos y materializarlos en instrumentos capaces de, por ejemplo, realizar experimentos.

La conquista del espacio, explicó en una conferencia dictada el 30 de noviembre de 1995 en el Museo de las Ciencias, *Universum*, ha sido el motor de impulso de las nuevas tecnologías, reflejadas en productos como la microelectrónica, nuevos combustibles o pegamentos, actualmente usados de manera cotidiana.

Empero, dentro de la carrera espacial, nuestro país se había estancado en la línea de salida, bajo el pretexto de que participar en ella representaba "un lujo" que México no podía darse. Sin embargo, según lo explicó Fátima Fernández Christlieb en el *Simposio de evaluación y perspectivas de la era espacial en México*, realizado hace una década, "en el espacio están ocurriendo una gran cantidad y variedad de fenómenos en momentos en que la crisis

económica haría pensar a quienes toman decisiones nacionales, que los recursos disponibles deberían destinarse a necesidades urgentes. En circunstancias como la presente, conviene que la comunidad científica fortalezca su convicción de que no es posible relegar lo importante para centrar las energías en lo urgente."

Aún de mayor relevancia que solventar las urgencias, opina la comunicóloga, es garantizar proyectos con futuro, por lo que la Universidad -sin que ello signifique irresponsabilidad con el presente-, debe apoyar proyectos emergentes "que le vienen de fuera".

En el PUIDE se desarrollan proyectos o áreas de investigación como los de detectores de microondas, el diseño de cohetes y el uso de tecnología espacial para medicina, cada uno de los cuales significa un motor que impulsa el desarrollo tecnológico mexicano en cómputo, comunicaciones, electrónica, materiales, etcétera.

Actualmente se desarrollan cohetes de investigación de bajo costo con el objetivo de que nuestro país tenga imágenes de percepción remota o fotografías desde órbita, ya que éstas se obtienen de compañías internacionales como *Lansat* o *Spot*, a precios elevados, dice David Liberman.

Las imágenes se pueden obtener por medio de un cohete que lleva en su estructura una cámara infrarroja y al estar a cien kilómetros de altura es capaz de fotografiar cualquier parte del territorio nacional, cuando así se necesite. Como parte de este proyecto ya se cuenta con el combustible y el diseño del motor, aunque no se descarta la posibilidad de construir un satélite dedicado a tal fin.

Por eso, la iniciativa, abrir brechas, son características de la Universidad Nacional, según palabras del doctor Bisiacchi. En su seno ha sido posible

desarrollar tecnología a bajo costo, debido en gran parte a las limitaciones financieras, que entonces como ahora, persisten.

La formación de recursos humanos es una de las tareas primordiales de una universidad por lo que en el PUIDE no sólo se ha alcanzado la meta de forjar a los primeros especialistas mexicanos en el área espacial, sino que ello se ha logrado bajo un esquema multidisciplinario, en el cual los alumnos aprenden mucho más de lo que se les enseña. El primer escalón al cosmos está firmemente establecido; la carrera espacial para México se ha iniciado.

Primero fue el UNAMSAT

El ingeniero David Liberman, encargado del proyecto de mayor relevancia del PUIDE, el UNAMSAT -por ser pionero a nivel nacional en la construcción de satélites-, relata el desarrollo de sus trabajos que, de cierta manera, son los del programa universitario mismo.

Entrevistado en su laboratorio del Centro de Instrumentos -de cuyas paredes penden multiplicidad de carteles relacionados con el espacio, con frases como "Love your planet"; entre cables, computadoras e instrumentos que permiten rastrear a los satélites que se hallan navegando en el espacio-, el ingeniero Liberman explica que siempre ha estado interesado en ese vacío inmenso y sin límite, a través del cual se mueven los objetos celestes.

Con un interés de toda la vida y con una experiencia de 26 años en el trabajo con satélites, el especialista refiere que inició su trabajo en los Estados Unidos con el grupo AMSAT (Radio Amateur Satellite Corporation), ahora con integrantes en países como Canadá, Japón e Inglaterra.

AMSAT tiene dos comunes denominadores: es un grupo de radioaficionados porque eso les permite construir satélites y utilizar bandas o frecuencias del

espectro radioeléctrico no controladas por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés); y su núcleo técnico está formado, en su mayoría, por personas que trabajan en la industria aeroespacial, pero que al tener limitadas las tomas de decisiones respecto a un proyecto de gran envergadura, deciden participar en trabajos pequeños.

Lieberman califica a la mencionada asociación como una gran escuela para el interesado en la tecnología espacial: en una semana de sesiones acerca del diseño de satélites, se enfrentan todos los problemas por resolver.

Ya fuera en su casa, con AMSAT, e incluso en laboratorios de la NASA en estancias temporales, realizando trabajos teóricos, de experimentación con instrumentos ya puestos en órbita, de diseño y fabricación de los mismos, el ingeniero amplió su experiencia hasta que un día, con un resumen de un proyecto de construcción de satélites, se acercó al entonces coordinador de la Investigación Científica de la UNAM, doctor Juan Ramón de la Fuente.

El doctor De la Fuente, en su calidad de médico, no pudo juzgar el plan de trabajo del ingeniero Lieberman, por lo que se lo envió al reconocido astrónomo Arcadio Poveda, para su evaluación.

Interesado, el doctor Poveda llamó a Lieberman quien le expuso todas sus ideas; luego de infinidad de juntas en las que intervino personal del Instituto de Astronomía y de la Dirección General de Servicios de Cómputo Académico (DGSCA), entre otras dependencias universitarias, se tomó una decisión: valía la pena intentarlo.

En una oficina de reducidas dimensiones en DGSCA, David Lieberman estudió qué tipo de satélite era viable construir con base en los recursos universitarios disponibles. Paralelamente impartió un curso de tecnología espacial, en agosto de 1988.

Dos meses después acude a AMSAT, asociación con la cual ha tenido estrecha relación, para solicitar asesoría tecnológica; se debería construir un satélite en poco tiempo y costo reducido. Así, se entregaron unos planos básicos, los cuales fueron modificados según consideraron conveniente los ingenieros mexicanos.

Una condición adicional, impuesta por el doctor Poveda, fue que el artefacto contara con un experimento con validez científica que se pudiera adaptar a las características -y restricciones- del propio instrumento; él mismo se encargó de proponer el de conteo de meteoritos o fragmentos de material rocoso provenientes del espacio, que ingresan a la atmósfera terrestre.

El UNAMSAT tomaba forma. Con base en la ingeniería propuesta por AMSAT, en los recursos y en las nuevas ideas, un año después, en agosto de 1989, se inicia la fabricación del primer satélite mexicano.

El nacimiento del PUIDE

Con cinco meses de trabajo como aval, se crea el PUIDE en enero de 1990. Tengo la idea, afirma el ingeniero Liberman, de que el rector José Sarukhán pensó que era necesario darle un marco formal a las actividades espaciales que ya estábamos efectuando.

El Acuerdo que crea el PUIDE, el 25 de enero de 1990 (fecha de su publicación en *Gaceta UNAM*, p. 9 y 10) se expidió con fundamentos legales universitarios. La Ley Orgánica y el Estatuto General de la UNAM sirvieron para dar un marco formal a la nueva dependencia universitaria.

Para la creación del Programa se tomaron en cuenta los antecedentes de estudios en materia espacial y puntos a considerar como los siguientes:

- Que se deben promover acciones concretas para participar en el desarrollo de las tecnologías de frontera, sobre todo en aquellas que se manifiestan viables y oportunas para la Universidad y para el país, y
- Que es necesario analizar las relaciones científicas, técnicas, económicas y sociales inherentes a la actividad espacial y contar con mecanismos eficientes de vinculación y articulación entre investigadores, tecnólogos y usuarios en esta área.

El Acuerdo, firmado por el doctor José Sarukhán, rector de la UNAM, marca como objetivos del PUIDE, entre otros:

- Contribuir a una creciente capacidad y autodeterminación en materia de investigación y desarrollo espacial en beneficio de la nación.
- Formar recursos humanos hasta el más alto nivel, para cubrir las necesidades crecientes del país en las ciencias y las tecnologías espaciales.
- Difundir la cultura y la información espacial en beneficio de la sociedad mexicana.
- Promover y aprovechar la cooperación internacional en el área espacial, en beneficio de la Universidad y nuestro país.
- Proporcionar asesoría a organismos nacionales responsables de instrumentar políticas relacionadas con actividades espaciales.
- Promover la transferencia de los conocimientos y desarrollos tecnológicos realizados en esta área al sistema económico nacional.

Quizá sobre decirlo: el primer director del programa fue el doctor Poveda, quien a su ingreso como miembro de la Junta de Gobierno de la UNAM, fue sustituido por el doctor Alfonso Serrano, quien al renunciar al cargo, fue reemplazado por el actual director, el también doctor Gianfranco Bisiacchi.

Mucho más que un cubo

Se integró un equipo de trabajo estudiantil en donde intervinieran especialistas de diferentes ramas. Para conformarlo, el ingeniero David Liberman no utilizó criterios rígidos; más allá de los promedios de calificación o situaciones por el estilo, se interesó en que la primera generación de ingenieros espaciales -siete estudiantes de la Facultad de Ingeniería que se incorporaron al trabajo en diferentes momentos y circunstancias- fuera realmente apasionada del cosmos, y lo logró.

El equipo quedó conformado por ingenieros en electrónica, mecánica y de sistemas, de entre 23 y 27 años. Ellos son José Luis García, Eloy Martínez, Saúl de la Rosa, Luis Bustamente, Gabriel García, Héctor Sosa y Juan Antonio Ascencio, así como Juan Ramón Reveles quien se separó del grupo para cursar estudios de maestría en Manchester, Inglaterra.

La construcción del satélite dio inicio. Este instrumento, además de los sistemas básicos de funcionamiento, contará los meteoritos que entran a la atmósfera como función primaria, y podría, de manera secundaria, comunicar las estaciones sismológicas, vulcanológicas y mareográficas que la Universidad tiene en todo el país y que son de muy difícil acceso.

La línea fundamental que se eligió fue la de los microsátélites por los siguientes motivos: se pueden fabricar con recursos limitados; debido al corto tiempo de construcción que conllevan, es posible aplicar en ellos la tecnología más avanzada; la complejidad, producto de sistemas de seguridad disminuye, y pueden ser llevados como carga secundaria al momento del lanzamiento con el consiguiente ahorro de costos, asegura Liberman.

La meta trazada fue construir un satélite de no más de 50 kilogramos de peso, es decir, un microsátélite, y en un tiempo no mayor a cuatro años, bajo la

premisa de que la única manera de reducir gastos era mediante una mayor calidad en la ingeniería del instrumento.

Las características del UNAMSAT son 10.7 kilogramos de peso, un volumen de 10 decímetros cúbicos y un presupuesto energético de 10 watts, en números cerrados, explicó el doctor Bisiacchi.

Para construir los satélites, ya que paralelamente se crearon dos artefactos, el UNAMSAT-1 y el UNAMSAT-B, no se partió de cero. La ingeniería básica, o sea, los aspectos de diseño y control técnico, fueron proporcionados, mediante un convenio, por la asociación civil AMSAT y modificados según convino, ya que este tipo de artefactos se han utilizado para manejo de paquetes de comunicación de datos. Los universitarios son los primeros con un experimento científico a bordo. Para construirlos se utilizaron 500 planos que indican las diferentes piezas y tarjetas de computación.

Los microsátélites -se señala en el trabajo de tesis de Eloy Martínez, Saúl de la Rosa y Luis Ernesto Bustamante, tres de los jóvenes mecánicos electricistas en el área de electrónica que participaron en el proyecto-, tienen diversos objetivos tecnológicos, entre los que se encuentran la eliminación de los ameses de cables o recubrimientos metálicos, por el tiempo de fabricación que implican y porque son fuente de fallas.

Asimismo, "crear una estructura mecánica que pueda ser ensamblada y desensamblada en menos de 30 minutos; diseñar un arreglo de paneles solares de rápida instalación en el satélite y que minimicen la posibilidad de daño durante su manejo", además del "balance energético en órbita mediante el ajuste dinámico de la potencia de salida del transmisor, y desarrollar una computadora de comunicaciones que requiera menos de un watt de potencia máxima y con una capacidad mínima de 4 Megabytes de memoria" (Tesis *Diseño y construcción de un receptor y de un sistema de control para el*

experimento de detección de ecos de meteoritos en el módulo experimental del satélite UNAMSAT-1, p. 14)

Es decir, se trató de crear una estructura en la que existiera un equilibrio de energía (cuando haya un exceso de ésta, automáticamente, se gastará mediante el transmisor), en donde se incluye una computadora con un gasto energético mínimo que cuenta con una capacidad alta de trabajo.

En Ciudad Universitaria, en el Centro de Instrumentos y en el Instituto de Física (en este último se cuenta con una fresa -instrumento cortante con dientes que proporciona gran precisión- controlada por computadora que permitió hacer cuatro piezas), se construyó la serie UNAMSAT, tanto en su aspecto electrónico como mecánico, incluido, claro, el experimento científico de conteo de meteoritos, todo lo cual se materializó en un cubo de 222.8 milímetros por lado, constituido por cinco chassises o módulos de aluminio -material muy ligero- con un tratamiento de conversión química para mejorar su conductividad térmica y eléctrica, contruidos de una sola pieza para evitar uniones y soldaduras que pudieran causar algún problema al ser sometidos a vibraciones y cambios de temperatura.

Esto se debe a que cuando el satélite se pone en órbita, la estructura debe resistir durante unos minutos la aceleración del cohete portador, y una vez en el espacio, debe mantener unidos los diferentes módulos del instrumento.

El mejoramiento de la conductividad térmica y eléctrica, es decir, de la conducción del calor y la electricidad, es necesaria porque al recorrer su órbita, el satélite "pasa alternativamente de la zona iluminada por el Sol al cono de sombra proyectado por la Tierra, para volver a entrar, a continuación, en la zona solar", se manifiesta en el libro *Los satélites artificiales* (p. 40).

Se explica que el instrumento oscila entre temperaturas de 100 grados centígrados, después de unos minutos de estar expuesto a la luz solar, y hasta

menos 50 ó 60 grados, en sombra o eclipse. A ello hay que sumar que dentro del satélite también se genera calor, por lo que debe emitir al espacio la misma cantidad de energía que recibe para mantener estable su temperatura interna.

Además del aluminio, elegido por la resistencia que presenta, característica propia para aplicaciones aeroespaciales, se escogió el acero inoxidable diamagnético -que rechaza el imán-, resistente a la corrosión, para la fabricación de las barras roscadas que sirven de ensamble entre los módulos, aseguran los ingenieros en su trabajo de tesis.

Para el soporte de las antenas, rondanas y piezas aislantes se usaron polímeros -teflón y delrin-, los cuales no pierden sus características en presencia de rayos invisibles como la luz ultravioleta ni se gasifican en el vacío.

La forma y dimensiones del satélite no son gratuitas. La primera se debe a que permite colocar paneles solares de arseniuro de galio cubiertas con un delgado cristal de cuarzo -variedad natural de óxido de silicio- como protección contra la erosión en las seis caras, sin necesidad de instalar otros paneles plegables que requieren de mecanismos adicionales; y las segundas, a que con el tamaño de casi 23 centímetros por lado, se dejan de lado problemas de resonancia acústica con el cohete, o sea, de sonidos que resultan de otros.

Funcions, luego existe

La distribución de los circuitos del UNAMSAT en los cinco módulos es producto de causas operativas: así, los circuitos de radiofrecuencia (receptor y transmisor) fueron colocados en la parte superior e inferior, con el objetivo de facilitar su conexión con las antenas respectivamente colocadas en la tapa y en la base de los citados módulos, explican los ingenieros en su tesis (Diagrama 1).

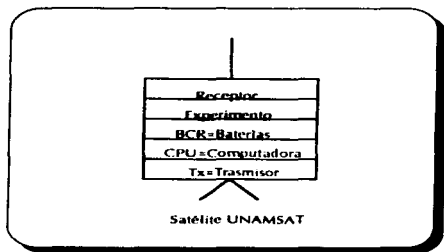


DIAGRAMA 1
MÓDULOS DEL SATÉLITE

En el módulo central se hallan el circuito regulador y cargador de baterías y los transistores mismos, constituyéndose como la parte con mayor masa del microsátélite (porque las baterías son las más pesadas), por lo cual se le colocó en el centro geométrico del cubo, para evitar que durante el vuelo el artefacto dé tumbos.

El primer módulo del satélite, puntualizan, lleva en su interior dos transmisores formados por un excitador y un amplificador de potencia cada uno, con circuitos que controlan dicha potencia y una tarjeta AART, es decir, una interfase de comunicación entre los módulos -existe una en cada parte del satélite, y aunque todas comparten la misma línea de transmisión y recepción de información

proveniente de la computadora, sólo una es capaz de responder y ser comandada; además, contiene un regulador de voltaje que proporciona a cada módulo 2.5 voltios-.

El módulo 2 contiene la computadora del satélite, un microprocesador endurecido a la radiación, y bancos de memoria, uno con el código indispensable para que la computadora mantenga al satélite funcionando en caso de que sufra una alteración su programa mayordomo, el cual controla el funcionamiento del satélite y que se encuentra protegido. El otro banco es para datos de memoria del instrumento y un tercero resguarda a dicho programa principal.

La computadora, especifican los ingenieros espaciales, al manipular las tarjetas AART, controla todos los módulos del satélite y recupera la telemetría que en ellos se origina, la cual es digitalizada por un convertidor analógico digital y procesada por la computadora para permitirle tomar decisiones.

En el módulo 3, justo en medio del satélite, se encuentra el módulo regulador recargador de baterías de níquel-cadmio por medio de las cuales el satélite recaba energía y trabaja cuando está en eclipse. Cuando los paneles solares no reciben energía del sol las baterías ofrecen sus voltajes para que el UNAMSAT siga en funciones, manifiestan ellos mismos.

Ecos de meteoritos, siguiendo la pista a la materia oscura

El cuarto módulo es el que contiene el experimento. Para explicar cómo funciona, Eloy Martínez interrumpe su trabajo frente a una computadora del laboratorio del PUIDE en el Centro de Instrumentos.

Con voz pausada manifiesta que su integración al Proyecto, hace casi cuatro años, se dio por una invitación de un profesor de la Facultad de Ingeniería, pero

primero debió demostrar sus capacidades durante mes y medio. Una vez superada la prueba se le asignó la tarea de diseñar el receptor de ecos de meteoritos.

Pero ¿cuál es la información que puede proporcionar un objeto celeste de este tipo? Pues bien, se trata de la "materia oscura" del Universo, es decir, la que no emite luz u otro tipo de radiación y que por lo mismo es inobservable. Se ha calculado que para que exista un equilibrio entre la masa y la energía en el espacio, debe existir cierta cantidad de esa materia aún no vista.

Los "objetos de masa faltante" componen la "materia oscura"; ellos se manifiestan en perturbaciones gravitacionales en el movimiento de estrellas en el contexto de una galaxia, o de una galaxia dentro de un aglomerado de las mismas, dice Eloy Martínez.

Se ha estimado que en la vecindad solar, cerca de la mitad de la masa existe en forma de materia oscura, en tanto que en la galaxia, nueve de diez partes se presentan de esa manera, y en términos del Universo, puede llegar a ser del 99 por ciento, como explicó el propio ingeniero en electrónica junto con sus colegas, en su trabajo de tesis.

Cercana a nuestro Sol se halla materia oscura que podría estar compuesta por rocas, cometas y meteoritos, y existe la posibilidad de que ellos choquen contra la Tierra como ya ha ocurrido en el pasado, dependiendo de su tamaño y distribución, aseguran los ingenieros espaciales.

Los meteoritos, que se pueden clasificar de acuerdo con el material del que están compuestos en rocas, metal y una combinación de ambos, al estrellarse contra la atmósfera terrestre producen ciertos efectos que permiten percatarse de su presencia, como es una traza altamente ionizada (es decir, un rastro semejante a la cola de un cometa), producto de la fricción que tienen con las moléculas atmosféricas y que es utilizada por los radioaficionados, por ejemplo,

para rebotar radioondas. Entre los 80 y los 120 kilómetros de altura la atmósfera o termósfera es ionizada -o sea, se forma por iones o partículas atómicas con carga eléctrica- al tener contacto con esos objetos celestes (meteoritos).

"En el mismo módulo 4, asevera Eloy, hay un transmisor que envía un pulso de radiofrecuencia fija que a su vez se refleja en la traza del meteorito; la señal regresa con un cierto corrimiento de frecuencia en caso de haber encontrado un objeto celeste de ese tipo". A semejanza de un sísmógrafo que modifica su línea recta cuando registra un temblor, el satélite capta que el pulso que ha sido enviado, rebota modificando la frecuencia de la señal misma (ver Diagrama 2).



DIAGRAMA 2

El corrimiento puede ser hacia arriba o hacia abajo de la frecuencia original dependiendo de si el meteorito se acerca o se aleja del satélite, fenómeno que se conoce como *Efecto Doppler*.

Luego, el receptor compara ambas señales y de acuerdo con el corrimiento se calcula la velocidad de entrada de esos objetos a la atmósfera de nuestro planeta para determinar si provienen del Sistema Solar (cuando entran a alrededor de 32 kilómetros por segundo), o fuera de él (a 72 kilómetros por segundo, aproximadamente). La rapidez con la que alcanzan la Tierra se relaciona con la velocidad de escape que alcanzan al momento de ser

expulsados desde algún lugar del Sistema Solar, pero cuando nos visitan desde fuera de éste, se considera también la velocidad de rotación de nuestro planeta, la velocidad de la Tierra alrededor del Sol y de éste dentro de la Vía Láctea, nuestra galaxia, especifica Eloy Martínez.

También es factible establecer el número de entrada de meteoritos a nuestro planeta por día, semana o mes. Estos estudios, además de tener gran importancia científica, tienen relevancia para la seguridad de los viajeros en el espacio, ya que "una partícula meteórica de pocos miligramos de peso puede ser mortal para quien se enfrente a ella" (Patricia López, "Una mirada a través del Unamsat", en "Investigación y Desarrollo" Suplemento mensual. La Jornada, octubre 1996).

Cabe añadir que las estimaciones, hasta ahora realizadas, relativas a la "materia oscura" han sido teóricas y con base en datos obtenidos desde la Tierra, con las limitaciones que eso conlleva. Desde el satélite se observa 15 veces más, lo cual dará celeridad al análisis estadístico y a las investigaciones al respecto, asegura el ingeniero Liberman.

De acuerdo con el orden numérico de exposición de las características y funciones de los módulos del UNAMSAT, que bien pueden ser de la versión 1 o de la B, no resta sino el último módulo, el que resguarda al receptor de cuatro canales. Este dispositivo mecánico permite la comunicación desde la Tierra con propósitos de carga de software -o de programas para la computadora- y de comando directo.

Para iniciar el proyecto UNAMSAT, la Dirección General de Asuntos del Personal Académico proporcionó cien mil dólares al PUIDE. Después de ocho años de trabajo, esta cantidad fue suficiente, no para uno sino para dos instrumentos espaciales, los cuales se construyeron casi simultáneamente, dice David Liberman, siendo que un satélite como el universitario, en el mercado,

construido y vendido por una empresa, tiene un precio de un millón y medio de dólares, entre 10 y 15 veces más que el costo que tuvo la construcción de los instrumentos gemelos por parte de estudiantes.

La parte relativa al manejo "humano" del satélite, o sea, la manera en que intervienen los ingenieros para el funcionamiento del aparato, será descrita en la tercera parte de la investigación.

Perdido en el espacio

Corría marzo de 1995. Todos los esfuerzos de los integrantes del proyecto UNAMSAT finalmente tenían forma, la de una pequeña caja que, con su preciado contenido, sería puesta a girar alrededor del planeta desde Rusia.

Todo estaba preparado, la emoción aumentaba a cada instante, sin embargo, en el último momento algo falló y con la explosión del cohete que transportaba al primer satélite mexicano, se esfumaron también las esperanzas de ponerlo en su órbita; un trabajo de años, en tan sólo un segundo quedó destruido.

Pero de las cenizas resurge el Ave Fénix y, como ella, el UNAMSAT volvería pronto a volar y dejaría, en quienes participaron en su construcción, grandes experiencias y un conocimiento capaz de reproducirse, cuantas veces fuera necesario, en otro instrumento y en la persona de otros jóvenes interesados en contribuir al desarrollo tecnológico nacional.

A continuación, con base en los testimonios de los ingenieros José Luis García y David Liberman, y de documentos como la *Memoria 1994* de la UNAM, la revista *The Amsat Journal* y la *Gaceta UNAM*, se reconstruye el primer viaje del grupo espacial universitario a Rusia.

Preparándose a volar

Por fin se había fijado la fecha del lanzamiento, después de dos aplazamientos. La tercera, dice el dicho, era la vencida. El acuerdo final para la puesta en órbita del UNAMSAT-1 se alcanzó sobre la base de un convenio de cooperación académica entre el PUIDE y el Instituto Sternberg de la Universidad Estatal de Moscú de M.L. Lemonosov (MGU), en donde también intervino la empresa espacial rusa *Progress*, en el marco del convenio Rumex de cooperación espacial entre Rusia y México, el cual funcionó únicamente para el lanzamiento del primer satélite universitario y por el cual sería posible su puesta en órbita.

Dicha colaboración ofrecía la ventaja, sobre un acuerdo comercial, de que el costo era muy reducido y se obtenía la colaboración del grupo espacial de dicho instituto en el diseño y acoplamiento entre el satélite y el cohete ruso.

Entre los puntos en contra se hallaba que al ser el satélite carga secundaria, el lanzamiento del microsátélite estaba sujeto a los tiempos propios del programa espacial ruso, lo cual produjo, antes del colapso, dos aplazamientos, a diciembre de 1993 y a junio de 1994.

Los responsables del programa espacial ruso habían garantizado por escrito que el último sería marzo de 1995. Y, desgraciadamente para los universitarios, así fue.

Los preparativos para el viaje habían iniciado en la última semana de febrero relata el ingeniero David Liberman. Parecía increíble que después de siete meses de trabajo continuo en el cuarto limpio, hubiera todavía tantos detalles por atender.

Para viajar, se cumplieron las especificaciones de la asociación AMSAT, y se enlistaron los objetos que era necesario llevar y tener a la mano en caso de que

hicieran falta, como transistores. Dos días antes de partir, todo estaba empacado, incluidos los dos satélites.

La mañana del 15 de marzo parte del equipo llegó muy temprano al laboratorio, y con dos vehículos de "equipaje" partieron rumbo al aeropuerto de la Ciudad de México, en donde el resto esperaba. Todos, Eloy Martínez, José Luis García, Saúl de la Rosa, Luis Bustamante, Gabriel García, Héctor Sosa y Juan Ramón Reveles (quien después sería sustituido para el segundo lanzamiento por Juan Antonio Ascencio), encabezados por Gianfranco Bisiacchi y Liberman, con la colaboración del personal de Aeroflot, colocaron cuidadosamente el equipo en la cabina del personal de la línea aérea.

El viaje México-Moscú, con dos escalas, una en Miami y la otra en Shannon, Irlanda, tuvo una duración de 16 horas. Arribaron el 16 de marzo y realizaron una serie de pruebas en las instalaciones de la Universidad de Moscú.

Luego, se trasladaron por vía férrea al cosmódromo de Plesetsk, sitio en el que el UNAMSAT fue acoplado al cohete, del cual debía desprenderse el 28 de marzo.

El aparato que se encargaría de poner en órbita al UNAMSAT-1 era un cohete que originalmente fue un misil para transportar armas nucleares; sin embargo, luego de la firma del convenio Start entre Estados Unidos y Rusia, ambas naciones se comprometieron a destruir estos cohetes o a desmantelarlos y utilizarlos en actividades civiles o para aplicaciones pacíficas.

Esos días los recuerda el ingeniero Liberman así: "El equipo de lanzamiento del UNAMSAT llegó al Aeropuerto Internacional de Sheremetevo a las 16:00 horas, tiempo local. El avión se detuvo próximo a una plataforma, todos los pasajeros descendieron y entonces pudimos bajar los instrumentos sin ningún problema".

Luego de realizar los trámites de migración y con la ayuda de los integrantes del Instituto Sternberg colocaron el equipo en camiones de la propia institución.

Entonces viajaron 50 kilómetros al centro de Moscú, al observatorio en donde hicieron algunas pruebas e instalaron en el satélite el mecanismo de separación del cohete.

La capital rusa estaba blanca, cubierta con 10 ó 20 centímetros de nieve -en su mayoría, los jóvenes universitarios nunca habían observado este espectáculo de la naturaleza- y a 5 grados bajo cero, lo cual fue terrible para los universitarios, quienes habían dejado la Ciudad de México con el termómetro en 22 grados.

Los mexicanos fueron alojados en un edificio que MGU tiene destinado a los estudiantes y profesores visitantes. Ésta es probablemente una de las universidades más "internacionales" del mundo, en la que se pueden ver estudiantes de China, Filipinas, Venezuela, Corea, Arabia Saudita, Canadá, Estados Unidos, Japón, España, Cuba, Grecia y Alemania.

Esa construcción se localiza en una colina desde la cual la vista de la ciudad es inmejorable. Se pueden apreciar las construcciones con estilo stalinista de tres torres, la central siempre más alta que las otras dos, así como la cubierta dorada de la Catedral de San Basilio, localizada en un costado de la Plaza Roja. Al día siguiente de la llegada de los universitarios a Moscú, el ingeniero Liberman eligió a un grupo de cinco personas quienes deberían viajar al cosmódromo de Plesetsk. Los elegidos fueron el doctor Eugene Mosalenko, de Sternberg; Eugene y Genadi, de la compañía *Progress*, José Luis García, uno de los estudiantes, quien había trabajado durante meses en el software del UNAMSAT, y el propio ingeniero.

El satélite y los implementos necesarios para integrarlo al cohete fueron empacados. El nombre de México y el de UNAMSAT fueron borrados de las cajas del equipo para evitar problemas con el personal militar en Plesetsk.

El grupo dejó MGU para llegar a la estación ferroviaria en la tarde; a las 16:30 comenzó el viaje hacia el norte en un tren que recorre un total de 1,200 kilómetros y cuya travesía concluye en Archangelsk, en el Mar Blanco.

Esa noche hubo luna llena. Valía la pena pasar mucho tiempo viendo los campos y los bosques cubiertos de nieve con la luz del compartimiento apagada. Así lo hicieron.

Luego de cruzar el río Volga y de pasar por diversas áreas industriales e infinidad de campos, transcurridas 18 horas, llegaron a Plesetsk, a 859 kilómetros de Moscú. Hubo que añadir 30 minutos más, los necesarios para llegar de la estación del tren a la base militar y a un pueblo llamado Miirny, en el que un gran porcentaje de la población se dedica a trabajar en las fábricas de la milicia y en las instalaciones espaciales del área.

Ahí, en uno de los seis edificios históricos, ahora convertido en hotel, se instalaron. "Naturalmente -comenta Liberman- nosotros no podíamos utilizar las cámaras mientras no fuera dado un permiso explícito para hacerlo".

Imprevistamente, al día siguiente del arribo a Plesetsk, el 19 de marzo, fueron programados para la integración al cohete SS25, el "Topol" soviético. De inmediato el satélite UNAMSAT-1 debería estar listo, aún sin ser preparado en un "cuarto limpio", sino en la habitación del hotel, labor que llevó casi toda la noche y las pruebas de vibración se hicieron sobre un modelo del satélite, y no sobre el UNAMSAT-1 mismo, lo cual sorprendió al creador del instrumento universitario.

Por la mañana, se dirigieron a las instalaciones en donde se habría de integrar el satélite al cohete; éste se encontraba en posición horizontal dentro de una enorme construcción. David Liberman y José Luis fueron invitados a ver la colocación del UNAMSAT dentro del cohete.

Los técnicos rusos preguntaban a los universitarios acerca del experimento de los meteoritos; estaban impresionados del tamaño y la capacidad del UNAMSAT. Luego de estrechar las manos de los especialistas, David Liberman firmó el libro de operaciones de la base, con lo que se convirtió en el primer extranjero en hacerlo, marcando un momento histórico para Rusia, en su intento por abrirse al mundo.

Mientras el día del lanzamiento llegaba, hubo la oportunidad de hacer algunos intercambios culturales, de esquiar y visitar el Museo de Miirny, y asistir a la integración del satélite israelí, Techsat-1 (que acompañaría en el viaje al UNAMSAT-1), al cohete.

El lunes 27 de marzo visitaron un escuela de artes y manualidades en Miirny. Ahí, el ingeniero Liberman compró una pequeña flauta. Conforme a las creencias en el norte de Rusia, si se toca el instrumento al mismo tiempo que se pide un deseo, éste se hace realidad. A petición de todos, David, como lo llaman sus amigos, pidió que el cielo estuviera despejado en el momento del lanzamiento. Al siguiente día, el martes 28, el cielo estaba completamente limpio.

La cuenta regresiva

De Moscú llegaron en avión cuatro estudiantes del grupo mexicano a Plesetsk, quienes viajaron dos horas más hasta la plataforma del lanzamiento; a cuatro kilómetros de distancia de la misma se colocaron para ver la realización de un sueño: el UNAMSAT en su viaje al espacio.

Sin embargo, quizá como un augurio, el cielo estaba para entonces en un 80 por ciento cubierto de nubes y las probabilidades de ver al cohete por más de

algunos segundos eran mínimas. A las 13:00 horas, tiempo local, el cohete SS25 fue lanzado al espacio mediante una explosión en el contenedor.

El ruido era muy fuerte y se podían sentir las vibraciones en el cuerpo a una frecuencia muy alta. La altitud y la velocidad del cohete fueron anunciadas en ruso.

Todo iba bien hasta la tercera de cinco etapas del cohete; sin embargo, sin aviso alguno, sólo se le pudo observar introduciéndose en una nube, y la trayectoria de humo que él mismo dejaba a su paso.

De regreso en la plataforma de lanzamiento, después de momentos de confusión entre los grupos israelí y mexicano, se dio una conferencia a los medios de comunicación presentes en el cosmódromo, como la cadena norteamericana de televisión CNN, las agencias de noticias UPI e Itar-Tass (estadounidense y rusa, respectivamente) y varios canales de televisión israelíes.

Autoridades militares rusas, encabezadas por el general Yuri Yashin explicaron que habían algunos problemas de telemetría o comunicación. Hasta las 16:00 horas sería posible tener más información acerca del resultado del lanzamiento. Los jóvenes universitarios regresaron a Moscú, sumidos en un gran silencio. Liberman les había pedido rastrear las frecuencias del UNAMSAT-1 y del Techsat-1 en la estación instalada en MGU.

De regreso al hotel y después de intentarlo en muchas ocasiones, el ingeniero se comunicó vía telefónica con el doctor Gianfranco Bisicacchi, director del PUIDE, quien había monitoreado las frecuencias de ambos satélites sin suerte. Entonces el temor de que el UNAMSAT-1 se había perdido era un hecho.

A las 23:00 horas abordaron el tren de regreso a Moscú; 18 horas sin noticias hicieron el viaje infinitamente largo. El ingeniero Liberman sabía que la UNAM

les daría todo el apoyo para continuar trabajando, pero estaba preocupado por el lado humano del proyecto: los estudiantes.

En MGU se encontraban sentados en el suelo, muy tristes. No habían recibido ninguna señal, pero sí una llamada para darles la peor de las noticias: una falla en la cuarta etapa (Diagrama 3) no había permitido al cohete poner en órbita al UNAMSAT-1, el cual posiblemente habría caído -incinerado luego de reingresar a la atmósfera- en el Mar de Okotsk, al sur de la península de Kamchatka.

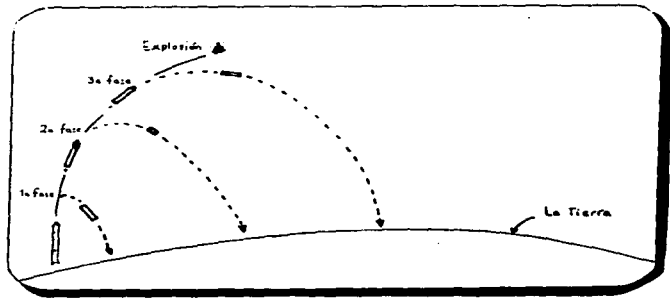


DIAGRAMA 3

En ese momento, todos reunidos, decidieron continuar con el proyecto. "Existió tristeza y desilusión, pero se tomó el compromiso de terminar el otro satélite y de ponerlo en órbita lo más pronto posible", asevera José Luis García.

"El viaje fue inolvidable -recuerda él mismo- y a pesar de que el satélite no llegó a órbita, de que el cohete falló, a mí me quedó un grato sabor de boca porque sé que di mi mejor esfuerzo y lo que sucedió no estuvo en mis manos evitarlo".

La explicación

Un año siete meses después del fracaso de la misión, David Liberman explica que por tratarse de un cohete que antes fue militar, no se pudieron obtener datos mayores que expliquen lo que sucedió. Sin embargo, queda claro que explotó en la cuarta etapa.

El SS25 "Topol" pondría al UNAMSAT en órbita en cinco etapas. Eso es una locura, califica Liberman, mientras reconoce que de haber tenido más información de ese artefacto antes del lanzamiento, no hubieran aceptado mandar el satélite universitario en él.

Lo que pasó, narra, es que la Universidad de Moscú consiguió ese lanzamiento, pensó que era bueno y nos lo propuso sin dar más detalles; aceptamos por la urgencia de lanzar al UNAMSAT. Fue muy mala experiencia.

El lanzamiento no fue resultado de un contrato comercial. Fue posible gracias a un convenio que considera diversas tareas comunes en los campos científico y cultural, en cuya intención la Universidad aportaría 60,000 dólares. Una de sus expresiones había sido la orbitación del satélite universitario por gestiones de la contraparte rusa y como esto no tuvo lugar, la tercera de tres exhibiciones en que se pagaría la aportación mexicana ya no se hizo.

Inmediatamente al lanzamiento fallido, el ingeniero Liberman hizo algunas citas en industrias relacionadas con el espacio para conseguir un nuevo lanzamiento y acudió al Moscow Aviation Institute (MAI) y a Lavotchkin Association -una de

las más prominentes compañías constructoras de satélites-. Nació una nueva esperanza: el UNAMSAT-B.

En la tarde del 31 de marzo hubo una reunión en el Instituto Sternberg, presidida por su director, quien prometió colaborar con cualquier nueva aventura que los universitarios emprendieran. En aquella ocasión, el doctor Michael Belayev, integrante de la empresa *Progress*, anunció que la Junta de Directores de la Federación Cosmonáutica había decidido condecorar al doctor Gianfranco Bisiacchi y al propio ingeniero Liberman con el más alto premio: la Medalla de Oro *Yuri Gagarin*. Es un honor que no esperábamos, rememora el segundo; nos tomó por sorpresa. Fue un reconocimiento al trabajo hecho por todos.

La vuelta a casa fue el 5 de abril. Dos días después en el laboratorio esperaban, vía correo electrónico, alrededor de 800 mensajes de apoyo y "condolencias" por lo sucedido, provenientes de todo el mundo, los cuales el ingeniero Liberman trató de responder uno a uno.

El próximo paso era hacer, esta vez sí, un sueño realidad. Unos cohetes se abastecen de hidracina (compuesto de hidrógeno y nitrógeno); el nuestro, de amistad y madurez, derivada del hecho de que podemos vivir en paz con las cosas que no podemos cambiar. Pero si podemos trabajar tan duro como sea necesario para hacer las cosas que queremos o necesitamos hacer, dice David Liberman.

Con este principio la historia continúa. El final de una etapa marcó el inicio de otra, que esta vez concluiría exitosamente; el UNAMSAT-B llegaría, finalmente, a órbita.

Ecos del lanzamiento

Cuando fracasó la primera misión espacial mexicana se publicaron o transmitieron al aire diversas informaciones, entre ellas, notas informativas y artículos de opinión que dejaron ver diversas posturas con respecto al Proyecto UNAMSAT en su primera fase.

En conferencia de prensa ofrecida por el doctor Arcadio Poveda, reconocido astrónomo y miembro de la Junta de Gobierno de la UNAM, y por el coordinador de la Investigación Científica, doctor Gerardo Suárez, el 27 de marzo de 1995, un día antes del lanzamiento del UNAMSAT-1, se mencionaron los objetivos y funciones del instrumento espacial.

Así lo demuestra la nota publicada en el diario *Excelsior*, el día 28, en donde se asienta que "el satélite representa una plataforma de desarrollo espacial, y sobre todo, un proyecto docente, pues en su construcción participaron estudiantes de la Facultad de Ingeniería..." (p. 14-A)

Asimismo, desde Moscú se dio a conocer el lanzamiento del satélite a las 13:00 horas, tiempo local (09:00 GMT) y que el equipo trabajaba a marchas forzadas para dejar en óptimas condiciones el sistema de comunicación del aparato. De manera superficial se mencionó el funcionamiento del experimento de meteoritos y las funciones secundarias del UNAMSAT-1, así como los lugares en los cuales el grupo universitario laboraba.

Al día siguiente, el periódico *Reforma* llamó telefónicamente al doctor Bisiacchi hasta Rusia quien afirmó que si no se lograba separar el satélite del cohete, su pérdida sería inminente.

Al momento de escribirse la nota informativa las estaciones en Tierra no habían logrado establecer contacto con el primer satélite mexicano. Bisiacchi explicó desde la ex Unión Soviética, de manera extraoficial, que había algún problema

en el último estadio del cohete, "pero no tenemos un análisis cuidadoso de los datos técnicos de por qué no se dio la separación" y al inquirirle acerca de su estado de ánimo declaró estar deshecho de cansancio "porque la tensión fue francamente violenta durante todo el día".

La Agencia Francesa de Prensa emitió un cable la tarde del lanzamiento en donde informó el fracaso del intento ruso de poner en órbita los satélites transportados, según información de la televisión rusa captada por los servicios de la BBC de Londres. Este comunicado citó a la agencia Itar-Tass, la cual a su vez señaló, erróneamente, que Rusia debería pagar a sus clientes mexicanos e israelíes si los satélites no habían entrado en órbita.

El error fue completamente atribuido a los rusos. En una nueva conferencia de prensa, los doctores Poveda y Suárez informaron que las fuerzas armadas rusas habían aceptado una falla en el cohete (Televisión Azteca, *Presencia Universitaria*, 31 de marzo de 1995).

En cuanto a la percepción de la opinión pública al respecto, el diario *Reforma* llevó a cabo una encuesta entre la comunidad universitaria dada a conocer en una nota titulada *¿UNAMSAT-1? Por mi raza hablará la ignorancia*, publicada el primer día de abril, en donde se pone en evidencia el rechazo de la gente al proyecto, consecuencia del desconocimiento que de él se tuvo -y se tiene- y la falta de difusión, por parte de la UNAM, para dar a conocer el trabajo realizado.

En la misma nota se pone en evidencia el desconocimiento entre profesores y alumnos no sólo del fracaso del lanzamiento del primer satélite mexicano, sino de su existencia misma, y aún más de sus funciones o características, mediante opiniones que consideraron al proyecto como "un gran logro para la UNAM", aún desconociéndolo, o bien, como un fracaso debido al intento de los Estados Unidos por detener el desarrollo tecnológico nacional.

Con base en la encuesta, la autora de la nota, María Luisa López, señala: "el suceso parece no tener mayor trascendencia para la comunidad universitaria", entre la cual la "desinformación estuvo por delante".

Algunos de los encuestados asociaron el nombre del UNAMSAT-1 a un satélite mexicano, aunque no supieron qué había pasado con él; unos aceptaron desconocer su existencia, y otros más se congratularon de la existencia de un proyecto como el que ocupa esta investigación, aunque no supieran bien a bien en qué consistía el mismo.

Entre los que se mostraron extrañados por la existencia de un satélite mexicano, estuvieron dos integrantes del Instituto de Física y estudiantes de las facultades de Odontología y Ciencias, uno de los cuales manifestó con respecto a la pérdida del satélite lo siguiente: "¡Pues qué tontos! y qué desperdicio de dinero, porque no se fijaron que el cohete estaba mal hecho o que tenía un desperfecto".

El periódico *La Jornada*, y otros como *El Día*, el 2 de abril publicaron información de la Agencia Notimex proveniente de Moscú, en la cual Liberman declaró que unos meses después se tendría listo al gemelo del UNAMSAT-1. Los errores de nombres y números han estado presentes en algunas de las informaciones. Tal es el caso de esta nota reproducida en varios medios en donde se nombra como "Romplex" y "Komplex" a la empresa *Progress*, la cual intervino en el fallido lanzamiento, o el cohete militar "Topos" en realidad denominado "Topol", así como en la etapa de la falla en el vehículo espacial: cuarta, quinta o sexta, dependiendo del periódico.

Aquí no se aportan datos nuevos; únicamente declaraciones de funcionarios rusos relativos a que "tanto mexicanos como israelíes conocían el alto riesgo existente en el vuelo experimental y pese a ello insistieron en continuar con la misión", situación negada por los universitarios.

Para finalizar un escueto recorrido por lo que los medios de comunicación dieron a conocer con respecto al UNAMSAT-1, cabe mencionar dos columnas periodísticas. La primera, en el diario *El Universal* publicada el 3 de abril, llamada *El rincón astronómico. Perdidos en el espacio*, en la cual Eloy Martínez Rojas hace un recuento de las misiones espaciales fracasadas desde el inicio de la era espacial, las cuales han pertenecido a países como Estados Unidos o la Unión Soviética.

"El lanzamiento de satélites es una historia larga de pérdidas y frustraciones. Los factores involucrados en el buen funcionamiento de una misión son múltiples, por lo que una pequeña falla puede traducirse en una gran tragedia... El fracaso de la misión UNAMSAT-1 se suma así a las misiones perdidas en el espacio", concluye el columnista (Sección cultural, p.3).

Otra opinión fue la de Ivonne Melgar, en el espacio de *En la torre y demás facultades* del periódico de educación superior *U2000*. La periodista elogia el trabajo realizado por el grupo de ingenieros universitarios y critica la falta de participación en el proyecto de organismos como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes.

Añade: "Los expertos en linchar a la principal universidad pública del país, al igual que sus malintencionados, ingenuos o ignorantes voceros, se apresuraron a dejar entre líneas el mensaje de que "¡Oh, qué despilfarro! ¡Qué chasco! ¡Qué pretensiosos!... El UNAMSAT-1 se nos ofrece como metáfora de la incomprensión social y nacional de que es objeto la casa de estudios; frente al escándalo y lo sonoro, todos están presentes. Pero antes y después quién dice yo".

Asimismo señala que se trató de un problema político, porque el rector José Sarukhán requería de un acto científico espectacular para materializar a nivel

emblemático sus esfuerzos y serios apoyos a la ciencia, pero tuvo "mala suerte".

Las autoridades universitarias se manifestaron en el sentido de que la causa de la destrucción del UNAMSAT-1 se debió a fallas técnicas del cohete en donde viajaba el instrumento.

Los doctores Gerardo Suárez y Arcadio Poveda, así como el rector José Sarukhán, expresaron que aunque el accidente en el lanzamiento fue un hecho "muy lamentable", ello no significaba un obstáculo para trabajar en proyectos espaciales.

El lanzamiento fallido no fue tomado como tal, sino como una experiencia que permitió crear infraestructura satelital y preparar científicos para construir instrumentos espaciales (Presencia Universitaria, TV Azteca, 31 de marzo de 1995).

Tercera Parte

...3 ...2 ...1 ¡UNAMSAT-B EN ÓRBITA!

Tras de la muerte prematura del UNAMSAT-1, el equipo espacial universitario no perdió la seguridad en su trabajo, así que las gestiones para lanzar al cosmos a la versión gemela del satélite se iniciaron de inmediato.

El ingeniero David Liberman, como se ha mencionado, tuvo acercamientos con instituciones rusas orientadas a tal fin. De esta manera el trabajo de años, las jornadas de 24 horas en el laboratorio para construir los satélites, volvían a tener sentido. La esperanza muere al último, y en el UNAMSAT-B estaba cifrada una buena cantidad de ella.

A pesar del fracaso, la experiencia adquirida resultaba ahora de gran valor. Los errores, las imprecisiones y las dudas ya no tendrían lugar dentro del proyecto de lanzar el satélite, el primero hecho en México, al espacio. Sólo restaba "poner a punto" al satélite gemelo del UNAMSAT-1 ... y emprender el vuelo.

Del proyecto satelital universitario no sólo hubo opiniones -y desinformación- al interior de la Universidad, sino en los medios de comunicación que dieron a conocer a la sociedad el suceso y por medio de los cuales también fue posible mostrar el desconocimiento entre la opinión pública del trabajo de los primeros ingenieros espaciales.

El gemelo: nueva esperanza

De regreso al laboratorio del Centro de Instrumentos, luego del extenuante viaje por la gélida Rusia, todos los esfuerzos se centraron en el UNAMSAT-B. El

equipo de jóvenes ingenieros, liderados por el ingeniero Liberman, habían recibido un fuerte golpe del que era necesario recuperarse, aunque para ello, naturalmente, emplearon algunos meses.

Debido a que este satélite es una versión gemela del UNAMSAT-1, no existen diferencias entre uno y otro con respecto a las dimensiones, partes y funciones. Sin embargo, con seguridad en sus palabras, David Liberman señala: "tengo la impresión de que el UNAMSAT-1 era mejor que el UNAMSAT-B. Siempre lo fue."

Lo que sucede, por ejemplo, es que de los varios transmisores de telemetría contruidos, se eligieron los dos mejores para el primer satélite, mismo que se perdió.

No es que las partes que conforman al UNAMSAT-B sean de mala calidad; se trata simplemente de que las primeras, quizá, eran mejores. Pero eso no se puede probar porque el primero ya no existe. Sin embargo, reflexiona el encargado del proyecto, la tecnología es un arte de repetición, de ejercitación, y en ese sentido es posible que al continuar el trabajo, el segundo satélite haya mejorado.

La construcción de ese instrumento se encontraba avanzada en un gran porcentaje cuando el 24 de agosto de 1995 la empresa de telecomunicaciones AT&T donó al PUIDE un primer paquete de apoyo por 25 mil dólares para terminar la construcción y poner en órbita al UNAMSAT-B.

"Fue una sorpresa. Cuando regresamos del lanzamiento fallido nos encontramos con mensajes de la empresa; querían platicar con nosotros. En un acto verdaderamente sorprendente dijeron que estaban muy interesados en donarnos 120 mil dólares para ayudarnos a rehacer el satélite, lo cual, por supuesto, aceptamos. Todo funcionó muy bien y AT&T no puso mayores

condiciones. Realmente querían ayudar", explica David Liberman con agradecimiento.

En el acto de entrega del primer paquete de ayuda, el doctor Gianfranco Bisiacchi, director del PUIDE, externó que el aporte de la empresa "es significativo no sólo por el aspecto económico, sino también porque demuestra que en algunos sectores de la iniciativa privada de nuestro país existe conciencia de que estos trabajos de frontera realizados por la Universidad son fundamentales para el desarrollo futuro de México."

En tanto, el señor Jorge Escalona, presidente de AT&T México, indicó que "para nuestra empresa es motivo de orgullo anunciar este acuerdo de cooperación, el cual no tiene precedentes para impulsar el desarrollo de las telecomunicaciones y de la investigación científica de frontera en México... En el futuro buscaremos mayores acercamientos con la comunidad científica mexicana, que incluirán, además del apoyo económico, intercambio científico."

El rector José Sarukhán hizo notar la importancia del hecho de que AT&T apoyara y reconociera el esfuerzo de los universitarios y de México en el área espacial, en donde "estamos empezando a dar los primeros pasos". Además, externó su deseo de que el siguiente lanzamiento fuera un éxito para "tener la satisfacción de haber cumplido nuestra meta, aunque lo más importante es que el grupo de la Facultad de Ingeniería ya está capacitado para construir satélites." (Matilde López. *Gaceta UNAM*, 31 de agosto de 1995)

Para que el UNAMSAT-B estuviera en condiciones de viajar al espacio se requirió de un trabajo de acondicionamiento que básicamente consistió en fabricar una nueva computadora que no mostrara ningún tipo de inestabilidad; también se revisaron todos los receptores y se fabricaron nuevos transmisores de telemetría, explicó David Liberman en una conferencia de prensa previa al viaje a Rusia dada a conocer en la *Gaceta UNAM* el 5 de agosto de 1996 (p.6)

Paralelamente a los trabajos de acondicionamiento del satélite se continuaba buscando un lanzamiento. Finalmente se consiguió mediante un contrato comercial que se firmó entre cuatro instituciones: la compañía Lavochkin, la agencia espacial militar rusa BKS, la fábrica de cohetes Polyot -con sede en la ciudad de Omsk- y la UNAM.

Como en la anterior ocasión, la principal ventaja de esta colaboración fue el bajo costo de acoplamiento con el cohete y del lanzamiento. Una vez más, el UNAMSAT viajó como parte de una misión rusa, hecho que disminuyó los gastos, dice Liberman.

Cien mil dólares de la donación de AT&T se utilizaron en el primer pago de lo que sería el segundo lanzamiento. Si todo resultaba bien se pagarían 120 mil dólares más. De esta manera para la Universidad de México no tendría ningún costo otra misión fallida, empero "¡todos -los integrantes del PUIDE- queríamos pagar esa segunda cantidad!", enfatiza el director del proyecto.

Todo estaba listo. El grupo volvería a Rusia con ilusiones renovadas. La explicación del por qué se eligió en dos ocasiones a ese país asiático para llevar el instrumento al espacio fue que las posibilidades de conseguir un lanzamiento son mucho más grandes que en otras naciones.

Durante los quince días que pasó en el cosmódromo de Plesetsk durante el primer viaje, el ingeniero Liberman se percató de que cada semana se hacen lanzamientos. La cantidad de cohetes que despegan es tan grande que el tiempo de espera para los usuarios se reduce.

En Estados Unidos, continúa, mandan al espacio un cohete cada tres o cuatro meses y los costos son muy altos -los propios integrantes de la NASA viajan a Rusia para buscar la posibilidad de lanzar-, en tanto que las misiones de *Ariane*, en Francia, se dedican el 99 por ciento de los casos a poner en órbita satélites geostacionarios, es decir, los que giran junto con la Tierra de manera que

siempre permanecen en la misma referencia con respecto a la superficie terrestre, y los chinos detuvieron dos años su programa de lanzamientos luego de que tuvieron varios accidentes consecutivos. Rusia, no es la última opción: es realmente la más adecuada, por la confiabilidad y el costo "justo", manifiesta el ingeniero Liberman.

El equipo universitario llegó al segundo lanzamiento con una idea clara de lo que se necesitaba. Los cohetes rusos COSMOS han sido lanzados con un margen de éxito de 97 por ciento, lo cual significa una de las mejores calificaciones a nivel mundial; en uno de ellos, el UNAMSAT podría, por fin, alcanzar su órbita.

Buenas nuevas desde Plesetsk

A finales de agosto, el grupo de ingenieros universitarios viajó otra vez a Rusia. Volver a estar en contacto con ese país y su cultura resultaba emocionante, sin embargo, se dio una mezcla de ilusión por que tantos años de trabajo culminaran de manera adecuada, y de temor por que algo fallara, pues de suceder así, no habría un tercer instrumento para volver a intentar la hazaña de llegar al espacio, dice José Luis García.

En 1994 el rector del Moscow Aviation Institute (MAI), doctor Alexander Matveenko, visitó la UNAM y dictó dos conferencias. Para aprovechar su visita también se firmó un convenio de colaboración académica entre las dos instituciones.

En MAI existen 12 facultades, entre las que se encuentran las dedicadas a los cohetes, satélites y helicópteros, y todo lo que tenga que ver con la aviación y el espacio. "La relación del PUIDE con esta institución ha sido estrecha y el rector

quisiera ver a algunos universitarios mexicanos estudiando allá", añade David Liberman.

En cada una de las visitas a Rusia, relata, se contó con el apoyo de MAI -el cual integra a 27,000 personas entre estudiantes y maestros- y en el segundo viaje, fueron alojados en el edificio en donde viven los alumnos de la candidatura, es decir, los que están próximos a obtener el grado de maestro o doctor, y los docentes visitantes.

Ese fue un regalo de MAI; realmente el costo por la estancia lo fue, pero se hicieron otro tipo de gastos, como la alimentación y el transporte desde el límite citadino moscovita a cualquier otro lugar ya que después de ese edificio no existen más que bosques.

Diariamente el grupo mexicano viajó del MAI a la compañía Lavotckin, en donde se le asignó un laboratorio para que trabajara y ultimara detalles para el lanzamiento. Así fue durante 10 días hasta que todo estuvo listo. Se empacó el satélite para ir a la estación del tren y emprender el viaje de 18 horas a Plesetsk.

El cosmódromo y la realidad de un sueño se acercaban cada vez más. Pero antes se hicieron algunas pruebas al UNAMSAT-B, que salido de su caja blanca con un logotipo en forma de águila en color rojo, fue sometido a exámenes de dos tipos: de vibración y de termovació.

Las primeras, dice David Liberman, comprenden acoplar el satélite a una máquina que reproduce las vibraciones a que éste es sometido cuando asciende al espacio, cuando el cohete cruza la atmósfera terrestre. Esta prueba es muy difícil porque se simula el movimiento con aceleración de hasta 10 veces la gravedad terrestre.

Al momento de que este examen se realizó Saúl de la Rosa expresó en voz muy baja "ahora entiendo", refiriéndose a una diapositiva que David Liberman les

había mostrado a sus alumnos en donde se observa a un científico de la NASA llorando junto a su experimento al momento de ser sometido a las vibraciones. Así, con un nudo en la garganta y un vacío en el estómago incluso surgió la idea de regresar a México con el UNAMSAT-B, antes de que quedara totalmente deshecho. Empera, todos los exámenes fueron superados, incluido el de termovacio realizado en una cámara en la que se simula el vacío espacial y las variaciones de temperatura que el satélite experimenta en órbita, puntualiza el ingeniero.

Por ello los expertos rusos felicitaron a los mexicanos y luego de un pequeño discurso de agradecimiento de David Liberman, empacaron y partieron al cosmódromo.

Ya en Plesetsk hubo que resolver algunos trámites burocráticos, pero nada importaba con tal de alcanzar el espacio. Al fin llegó el día de la integración del UNAMSAT-B al cohete COSMOS, el cual se encontraba en posición horizontal; sin autorización para tomar fotografías de nada, los universitarios se acercaron para colocar en el vehículo espacial al preciado cubo, el cual fue aislado del satélite ruso que lo acompañaría en el viaje, mediante cobijas térmicas. El aparato se cerró y esa fue la última vez que el grupo vio su creación.

Posteriormente el cohete fue transportado por ferrocarril hasta la plataforma de lanzamiento. Ahí debió ser puesto en posición vertical para quedar dentro de un edificio hueco que le sirvió de albergue por dos días. Esta vez, expresa José Luis García, todos pudimos estar presentes; fue una experiencia emocionante.

El jueves 5 de septiembre, día del lanzamiento, el grupo se dirigió por la tarde a la plataforma de lanzamiento 132 del cosmódromo, de la cual permanecieron alejados un kilómetro y medio. Se anunció en ruso el despegue y la cuenta regresiva principió. Los motores se encendieron y el cohete se elevó con el UNAMSAT-B en la punta.

El cielo, que había estado nublado, entonces se abrió. En unos momentos el COSMOS alcanzó 600 metros; sólo se podía observar para entonces la flama que dejaba a su paso. Después, detrás de una nube, se escondió. Hasta ahí fue posible verlo, recuerda emocionado Liberman. La misión había sido exitosa.

Lanzamiento y periodo orbital

Situar un cuerpo en órbita alrededor de la Tierra puede parecer un asunto sencillo, sin embargo deben cubrirse ciertos requisitos. La dificultad radica en que, para lograrlo, el proyectil debe desplazarse a 8 kilómetros por segundo -28 mil kilómetros por hora-, según se explica en el libro *Los satélites artificiales* (p. 23)

A esa velocidad el simple rozamiento del aire basta para reducir a cenizas el vehículo en unos cuantos segundos. Por eso, la condición básica para colocar en órbita un satélite es sacarlo de la atmósfera.

Dicha velocidad, conocida como de "escape", garantiza que el objeto no volverá a la Tierra porque la atracción del planeta es neutralizada por la velocidad del movimiento (Diagrama 4). Sin embargo, si la velocidad alcanza más de 11.2 kilómetros por segundo es posible que la órbita se abra en forma de hipérbola, sin retorno al punto inicial, como se observa en el Diagrama 5.

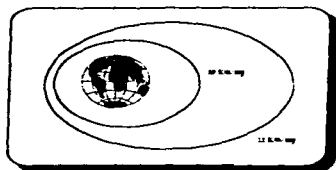


DIAGRAMA 4

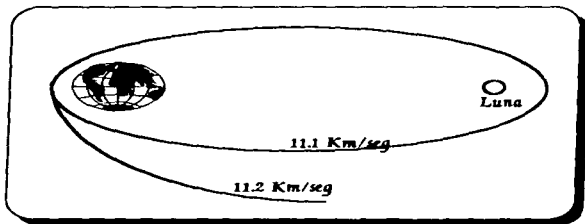


DIAGRAMA 5

Para trasladar un satélite artificial al espacio "sólo existe un medio: el cohete, único vehículo concebido para moverse en un ambiente sin aire", se aclara en el mismo libro.

Los cohetes están provistos de diferentes fases, cada una con su propulsor y sus reservas de combustible; cuando éstas se agotan hacen que la parte correspondiente se desprenda y caiga, entonces la siguiente fase entra en

acción. Así el UNAMSAT-1 fue transportado en un cohete SS25 de cinco etapas, y el UNAMSAT-B, en un COSMOS de únicamente dos fases.

"Impulsado por sus diferentes fases, el cohete, con el satélite acoplado en su cono de proa, gana velocidad mientras su trayectoria se hace más horizontal. Al final del vuelo propulsado, vuela ya casi paralelo a la superficie de la Tierra. Si en ese momento se ha alcanzado ya la velocidad para mantenerse en órbita, sus motores pueden apagarse: el satélite ya no caerá" (Op.cit. p.27). Es decir que el instrumento no cae porque su peso está compensado por la fuerza centrífuga que actúa sobre él cuando gira alrededor del planeta.

La velocidad que hay que comunicar al satélite, cabe aclarar, no depende de su masa, es decir que no importa que pese 10 kilogramos, como es el caso del UNAMSAT o 100 toneladas, debido a que dicha velocidad está determinada por la altura de vuelo. Entre más alto sea éste, menor velocidad se requerirá para mantener en órbita un objeto.

Un dato extra: el cohete COSMOS que colocó en su órbita al UNAMSAT-B pesa 109 toneladas, gran parte de las cuales se constituyen por el combustible que utiliza, se informa en el boletín *SpaceNews* de la asociación AMSAT, del 8 de julio de 1996.

La órbita de un satélite artificial no es otra cosa que el recorrido que realiza alrededor de un cuerpo celeste y su duración depende de la distancia media que tenga con respecto a dicho cuerpo, explica Ducrocq, y que en este caso sería el camino del UNAMSAT-B en el contorno de la Tierra.

Ese recorrido se determina por cuatro parámetros: apogeo, perigeo, periodo orbital e inclinación con respecto a un plano de referencia. Se denomina apogeo al punto más alto que alcanza el satélite en el transcurso de su órbita. Este término tiene un origen astronómico: se deriva del griego *apo* (seguro, lejos de) y *geo* (Tierra). En sentido inverso perigeo (*peri*, cerca de) designa el punto en el

cual el satélite se encuentra más cerca de la Tierra (Diagrama 6), señala el propio Ducrocq (p.20).

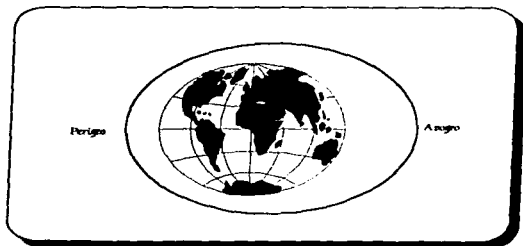


DIAGRAMA 6

El periodo orbital es el tiempo que tarda el satélite en dar una vuelta completa alrededor del cuerpo celeste correspondiente y la inclinación de la órbita es el ángulo que forma su plano con el del Ecuador (Biblioteca Salvat, Op. cit. p. 31). José Luis García refiere que el protagonista de esta historia, el UNAMSAT-B, se encuentra a mil kilómetros de altura respecto al nivel medio del mar -con un máximo o apogeo de mil 23 kilómetros y un mínimo o perigeo de 988-, viaja a una velocidad de 26 mil 800 kilómetros por hora, tiene un periodo orbital de 104,9 minutos y una inclinación de 82 grados.

A esa altura es posible realizar de mejor manera los experimentos y disminuye la atracción ejercida por la Tierra, lo que facilita el desplazamiento del satélite a la velocidad mencionada, expresaron los ingenieros mexicanos en su paso por Moscú, en el viaje de retorno a México, al corresponsal de la Agencia Mexicana de Noticias, Notimex (*Gaceta UNAM*, 12 de septiembre de 1996).

Debido al movimiento de nuestro planeta, el UNAMSAT-B surca los cielos del Distrito Federal de cuatro a seis veces por día, aunque generalmente se le capta dos veces en la mañana y dos más en la tarde. "Cuando regresamos de Rusia estuvimos en el laboratorio durante las noches para comprobar que todo funcionara bien. Actualmente sólo lo monitoreamos durante el día", agrega José Luis.

El festejo

Este relato tiene su continuación en el momento en que el satélite emprendió su viaje al espacio. Pasaron 3,800 segundos para que el satélite militar ruso, de aproximadamente dos mil kilos de peso que llevaba adherido al UNAMSAT-B, se separara "dolorosamente" del cohete, una vez alcanzada su órbita, declara David Liberman.

Los dos satélites, unidos, dieron tumbos al momento de dejar la última fase del cohete. En ese instante comenzó a estabilizarse el instrumento ruso, es decir, a adquirir una posición fija -sin desarrollar ningún tipo de rotación- y durante cinco vueltas a la Tierra tuvo a su lado al primer satélite de manufactura mexicana.

Luego, los tumbos los comenzó a dar el UNAMSAT-B -durante aproximadamente 10 días-; el riesgo de que chocaran los dos instrumentos hubiera sido alto de haberse separado de inmediato, por lo que no hubo otra manera de realizar la maniobra. Había que esperar 525 minutos, y así se hizo.

Al satélite mexicano, dice el encargado del proyecto, le fue instalado un interruptor que se encendería a los diez y medio minutos después de la separación del satélite ruso, con el objetivo de comenzar a enviar datos de telemetría, hecho que, según los cálculos de los ingenieros, ocurriría 22 minutos antes de que el satélite surcara los cielos de Plesetsk, en donde se instaló una estación portátil para rastrear al único ejemplar de tecnología espacial mexicana.

A las 23:30 horas el UNAMSAT-B debería de cruzar el cosmódromo. La confirmación del éxito estaba cerca. El satélite llegó prendido, como se esperaba, y el sonido característico de la telemetría se pudo percibir claramente. Todos, sin excepción, gritaron de emoción, de gusto, de felicidad. Era un sueño hecho realidad, narra Liberman.

La reacción del grupo al saberse en el espacio fue tal que incluso ninguno de los ingenieros espaciales se atreve a relatarla; "está censurada" coinciden en señalar.

Los brindis no se hicieron esperar. Lo primero fueron unas bebidas llamadas "jugo de cohete" compuestas básicamente de alcohol etílico; luego vino el vodka en un banquete organizado para celebrar el éxito del lanzamiento, llevado a cabo en el propio cosmódromo.

La primera generación de ingenieros espaciales tenía ya su diploma, no en las manos, sino en el cosmos. Esa era la mejor recompensa al trabajo de años dedicado al proyecto.

El ingeniero Liberman desmiente la versión de la Agencia Mexicana de Noticias, Notimex, relativa a que los jóvenes mexicanos hayan sido reconocidos por parte del gobierno ruso. Hubo un malentendido en una entrevista realizada a él mismo cuando declaró que el grupo de estudiantes de la Facultad de Ingeniería era pionero en el área de la ingeniería aeroespacial mexicana.

A pesar de no recibir medallas o diplomas, el equipo universitario fue reconocido por los especialistas rusos, directivos e ingenieros, que quedaron impresionados por el trabajo realizado por los jóvenes mexicanos, quienes fueron felicitados una y otra vez por el éxito de la misión. Las ilusiones y temores se convirtieron en una enorme satisfacción.

¡Que viva México!

Mientras tanto en México, y más específicamente en el laboratorio del PUIDE en el Centro de Instrumentos, en Ciudad Universitaria, cuatro estudiantes universitarios dirigidos por el físico Gabriel Reséndiz, secretario técnico del Programa, esperaban la señal del UNAMSAT-B, se reseñó en la *Gaceta UNAM* del día 12 de septiembre.

Preparados desde un día anterior al lanzamiento, recibieron la señal a las cinco de la mañana del 7 de septiembre. "¡Viva México!" fue el primer mensaje que desde el espacio emitió el satélite mexicano para el Centro de Instrumentos.

El día siguiente, domingo 8 de septiembre a las 16:00 horas y durante 17 minutos, se logró uno de los mejores registros de señal logrados hasta ese momento, cuando el UNAMSAT-B viajaba a mil 200 metros de altura a una velocidad de 7.3 kilómetros por segundo. Ese fin de semana se captaron tres señales al día.

Los integrantes del proyecto UNAMSAT arribaron a la ciudad de México el miércoles 11 de septiembre procedentes de Moscú. A las 11:20 horas, en el aeropuerto internacional de la Ciudad de México, un nutrido grupo de personas los esperaban con pancartas y lanzando porras de felicitación.

Se trataba de integrantes del PUIDE, familiares, amigos y conocidos que ahí se reunieron para dar la bienvenida a los ingenieros espaciales. "Fue emocionante después de un mes de estar fuera ver otra vez a mi familia y comer lo que me gusta", relata José Luis.

Y añade: "yo no venía pensando en el recibimiento, por eso fue más agradable. Hubo mariachis y brindis; todo terminó muy bien... fue como en los cuentos de hadas."

El ahora profesor de la Facultad de Ingeniería sintió que más que el final de una etapa, era el comienzo de una nueva, mejor. El reto para todos, dice, es seguir avanzando hasta donde sea posible.

Para Eloy Martínez formar parte de la primera generación de ingenieros espaciales "es una gran satisfacción pero también una gran responsabilidad. Era un meta del Programa y del Proyecto poner en órbita el satélite y lo logramos. Ahora esperamos que los nuevos proyectos se concreten."

El jueves 12, el rector de la UNAM, doctor José Sarukhán, visitó el laboratorio del PUIDE, en donde dio la bienvenida a los integrantes del proyecto satelital universitario que viajarán a Rusia, una vez reanudadas sus actividades.

Ahí expresó que es un orgullo para esta casa de estudios y para el país contar con un instrumento de este tipo en el espacio, "pero lo es más aún el grupo de jóvenes ingenieros que participaron en el proyecto; ellos son el tesoro más grande que tenemos." (*Gaceta UNAM*, 17 de septiembre de 1996)

Oír, hablar, pensar ... y más del UNAMSAT-B

La etapa de la puesta en órbita del UNAMSAT-B se concluyó exitosamente. La siguiente consiste en la verificación y prueba de sus sistemas y su uso como instrumento científico desde el espacio.

José Luis García explica detalladamente su labor a lo largo de estos años de trabajo, la cual se relaciona estrechamente con la comunicación que se tiene día con día con el satélite en el cosmos.

Apasionado desde pequeño de todo lo relacionado con el espacio (incluso desde que era casi un bebé lo impactó la llegada del hombre a la Luna), se integró al proyecto en marzo de 1992, luego de enterarse que en la Universidad existía el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE) y de que asistió a unas conferencias organizadas por esta dependencia.

Cuando hubo de elegir un tema para su tesis de licenciatura, mientras cursaba los últimos semestres de la carrera de ingeniería eléctrica, decidió ofrecer sus servicios dentro del proyecto UNAMSAT. El ingeniero Liberman le dio la oportunidad de colaborar y él la aprovechó.

Entonces se involucró con el proyecto hasta que se le asignaron tareas específicamente suyas. Su labor ha consistido en colaborar en el diseño, construcción e instalación de los aspectos de transmisión del UNAMSAT, sus antenas y circuitos de acoplamiento, es decir, lo relacionado con la comunicación del instrumento.

José Luis se encarga de la estación de monitoreo del satélite, de recibir y enviar señales y de darle mantenimiento a las dos antenas instaladas en la azotea del Centro de Instrumentos, las cuales deben estar orientadas de manera que puedan rastrear al satélite.

Él participó en la fabricación de los transmisores, el hardware de la computadora, el transmisor del experimento y las antenas del UNAMSAT-1 y su gemelo. Para explicar cómo funciona todo eso, realiza una analogía entre el satélite y un humano. De esta manera resulta que el UNAMSAT-B escucha, habla, piensa, se alimenta, trabaja y también, en aproximadamente cuatro años y medio, morirá.

El instrumento habla mediante sus transmisores, los cuales son el medio de comunicación espacio exterior-Tierra; sus "oidos" están constituidos por los receptores, que reciben las señales enviadas desde la estación en Ciudad Universitaria.

El proceso inteligente está dado por la computadora, la cual interpreta las señales recibidas por los receptores y toma decisiones de acciones a seguir. En tanto el trabajo que realiza o "carga útil" del satélite es el experimento científico de conteo de meteoritos.

La "alimentación", es decir, la energía, la proporcionan las baterías, que tienen 25 mil ciclos de carga y descarga. Si se considera que el satélite tiene un periodo orbital de aproximadamente 105 minutos, basta multiplicar esa cantidad por dicho número de ciclos -bajo el supuesto de que en cada vuelta a la Tierra sufre un eclipse, o sea que no recibe energía solar- para obtener el tiempo durante el cual el satélite vivirá, es decir, cuatro años y medio. Sin embargo, se espera que dure un tiempo mayor, explicó el ingeniero Liberman en una entrevista para Radio UNAM (8 de octubre de 1996, programa *Por pura curiosidad*).

José Luis señala que para que estos procesos se efectúen hacen falta antenas integradas tanto en el satélite como en la estación terrestre. Así, el UNAMSAT-B tiene dos antenas y existen dos más en el Centro de Instrumentos, para recibir y enviar señales, en pares.

Las señales se envían de forma electromagnética a través del espacio y se reciben en las antenas para ser convertidas en voltajes que contienen la información.

El UNAMSAT-B charla desde el espacio

¿Qué le dicen al UNAMSAT-B? ¿Qué dice él? José Luis responde que antes de darle cualquier instrucción se le pregunta "¿cómo estás?" y él responde enviando información de telemetría, es decir, su temperatura, voltajes y corrientes eléctricas, parámetros específicos que indican cómo es su "salud".

Cada uno de los cinco módulos, indica, lleva consigo termistores, es decir, dispositivos que miden temperaturas y las convierten en voltaje. Así se puede localizar si hay más o menos calor en ciertas partes del satélite, descubrir las causas de que eso ocurra y en función de esos datos indicarle lo que debe hacer, aunque independientemente de eso el UNAMSAT-B lleva un programa principal o mayordomo que, con base en ciertos parámetros, monitorea siempre el funcionamiento general del instrumento.

El día 18 de octubre, día de la entrevista con José Luis, las baterías del satélite estaban "bajas" debido a que el sol no estaba alimentando los paneles. Si se observa, por ejemplo, que la energía es crítica, muy baja, se deja de transmitir o de realizar el experimento para no gastarla más. Jerárquicamente se dejan de realizar funciones.

En tanto, si recibe mucha energía del sol se requerirá que suba la potencia de los transmisores de manera tal que esa energía se gaste y no haya sobrecalentamientos.

Eso lo hace el satélite de manera automática, pero además se le pueden enviar, según se requiera, otros comandos, como el de mandar los datos de conteo de meteoritos a un determinado archivo de la computadora que los recibe.

Diariamente José Luis monitorea el UNAMSAT-B y si todo va bien no se le envía ninguna instrucción en especial. En este momento (el de la entrevista) el

experimento no se lleva a cabo porque se necesita que el satélite se caliente más.

En este caso no queda más que esperar a que el Sol haga su labor, involuntaria, de calentar el cubo. Mientras tanto, diariamente se recibe una buena cantidad de datos de telemetría "que comprueban que nuestro trabajo está activo, está funcionando en órbita", asegura Liberman.

Él mismo declara que un satélite no comienza a trabajar inmediatamente después de ser puesto en órbita pues debe primero estabilizarse mecánica y térmicamente. Lo primero se resuelve mediante cuatro imanes instalados en las esquinas del cubo que se alinean con el campo magnético de la Tierra y permiten un movimiento ordenado (ver Diagrama 7).

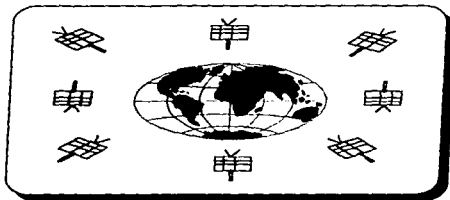


DIAGRAMA 7
COMPORTAMIENTO DEL SATÉLITE UNAMSAT EN ÓRBITA

Un problema que en principio afecta al UNAMSAT-B es su temperatura baja ("está muy frío el pobre" expresa espontáneamente Liberman). Pero del 10 al 28

de noviembre el trayecto que recorrerá es tal que estará expuesto al Sol; entonces estabilizará su temperatura y podrá contar los meteoritos que ingresan a la atmósfera terrestre, su función principal.

Y según dijo ante los micrófonos de Radio UNAM, el satélite debe también perder todo el gas que lleva adherido de la atmósfera terrestre, proceso que no es de "golpe", sino paulatino, para poder dar inicio al experimento científico.

José Luis García, quien expresa, sin quejarse, que el tiempo invertido en el proyecto ha sido mucho, pues implica un trabajo a conciencia, muestra en la pantalla de la computadora, la cual funciona como un simulador de la trayectoria del satélite, datos como el tiempo en órbita del instrumento y parámetros como el voltaje de cada batería, la potencia del transmisor, la temperatura de cada una de las caras del satélite, etcétera.

El sistema de simulación de los satélites se adquirió, una vez más, con el apoyo de AMSAT, en donde uno de sus integrantes diseñó el paquete para computadora que permite rastrear no sólo al satélite de la UNAM, sino a todos los que navegan en el espacio exterior de la Tierra. Tiene un costo reducido, de 50 dólares, porque esa asociación no tiene fines de lucro, ya que en otras partes llega a alcanzar un precio de hasta 4 mil dólares, especifica García.

El simulador funciona de la siguiente manera: se puede seleccionar de entre una gran cantidad de satélites artificiales. En la pantalla aparece un planisferio y una circunferencia; todo lo que queda dentro de ella es lo que el instrumento seleccionado "observa", dice José Luis.

Si el satélite estuviera, por ejemplo, viajando en los cielos de Australia indicaría el tiempo restante para su arribo a México, en este caso de 50 minutos, y la dirección de su llegada. En la misma pantalla aparece una línea ondulatoria, la cual limita el día de la noche.

Este programa permite elegir entre diferentes vistas para observar cuál es la ubicación del satélite, no sólo en un planisferio, sino con respecto a otras constelaciones, porque muchas veces los satélites se alinean apuntando hacia una estrella, además del Sol o la Tierra, aunque ese no es el caso del UNAMSAT-B.

Asimismo, manifiesta José Luis, se informa la órbita del satélite que se observa y la altura a la que viaja, la longitud y la latitud, así como el azimuth y la elevación a la que deben estar las antenas para localizarlo.

El azimuth no es sino la orientación de las antenas, las cuales tienen dos movimientos: uno, hacia el norte, el sur, el este o el oeste, y otro, de elevación en grados -cero al norte, 90 al este, 180 al sur y 270 al oeste-.

Para captar la señal, añade, también debe conocerse el *Efecto Doppler*, o la variación de la frecuencia con respecto a la velocidad, el cual funciona como cuando un tren toca su silbato; empieza en la lejanía agudo y termina grave cuando se acerca.

Debido a que se trata de señales de radio captadas en ciertas frecuencias, hay que sintonizarlas "sumando" o "restando" el *Doppler*, que es resultado del movimiento de los satélites; ese proceso se hace de modo automático, pero no debe perderse de vista.

José Luis accedió amablemente a ubicar en el simulador al UNAMSAT-B. Viajaba en ese momento exactamente por el Distrito Federal, sin embargo sólo fue posible verlo en la pantalla de la computadora, ya que sintonizar su señal en el radio, en las frecuencias de 437.206 MHz y 437.138 Mhz en la banda UHF, y 145.815, 835, 855 y 875 Mhz en la banda VHF, no se pudo porque, como ya se ha mencionado, el satélite estaba apagado para mantener el gasto energético en el nivel adecuado.

Empero, el satélite de la asociación AMSAT, Oscar 16, con funciones de correo electrónico, a su paso por Ciudad Universitaria ejemplificó los sonidos que se perciben cuando pasa el instrumento mexicano o cualquier otro. Es como cuando se escucha la radio mal sintonizada y de repente cambia de tono y un pequeño foco rojo se enciende: el satélite se está comunicando.

En una computadora personal portátil (Lap Top) se decodifican los datos de telemetría, como por ejemplo los días de vuelo del satélite (el Oscar 16, en este caso, tenía hasta el 18 de octubre, 761 días trabajando); luego, simplemente la fuerza de la señal en el radio disminuye hasta que se hace débil y desaparece.

La información que transmitirá el UNAMSAT-B relativo al experimento de meteoritos será remitida al Instituto de Astronomía de la Universidad Nacional, pero esa no será la única función del instrumento ya que de forma secundaria podrá unir las estaciones sismológicas, vulcanológicas y mareográficas que esta casa de estudios, mediante el Instituto de Geofísica, tiene en todo el país.

Estas tareas, asevera David Liberman, serán de gran utilidad pues hasta ahora esta información se obtenía directamente de los volcanes, de las boyas que colocan los buques *Justo Sierra* o *El Puma*, del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología en el océano, o en su caso, de las estaciones de medición de los movimientos del suelo, por ejemplo en el volcán Popocatepetl. De esta manera los usuarios directos del UNAMSAT-B serán más universitarios que los pertenecientes a las áreas de la ingeniería o la astronomía.

La señal emitida por el satélite puede ser captada e incluso interpretada por cualquier equipo de radioaficionados, aunque su información es de uso exclusivo de los integrantes del proyecto.

José Luis García informa además que para enero, el UNAMSAT-B contará con un sistema de correo electrónico abierto a todo el público, con el cual se podrán enviar y recibir mensajes de otras partes del mundo.

La entrevista con el joven ingeniero no podía concluir sin que comentara algunas de sus experiencias dentro del proyecto. De frente a una fotografía del lanzamiento del cohete que llevaba al UNAMSAT-1, que destaca junto con otras de David Liberman vestido de cosmonauta, refiere que al momento de construir el primer satélite todo resultaba nuevo.

Mientras, con el segundo, "todo fue más tranquilo"; se trató de un trabajo de mejoramiento de la versión gemela en el cual se enfrentaron problemas que, con base en la experiencia adquirida con anterioridad, pudieron ser resueltos sin dificultades, aunque para ello se invirtieron sesiones de hasta doce horas en el laboratorio durante todos los días de la semana.

En opinión de José Luis y a título personal, considera como el mayor reto que ha enfrentado durante estos años el hecho de haber sido fiel a la actividad que le gusta desarrollar, lo cual le trae una satisfacción interna, aunque no sea así en el aspecto "material", porque la investigación y la creación de tecnología no son tan bien remuneradas como otro tipo de actividades.

Dice que con el paso del tiempo dentro del grupo se ha dado un buen ambiente, conjunción de distintos caracteres que, incluso, se buscan para salir juntos de vacaciones.

Aprender a trabajar en equipo es difícil, afirma, pero da una fortaleza muy grande; el grupo que laboró en el UNAMSAT es "sólido" y "valemos sólo por eso". Como es natural, no siempre existe acuerdo entre ellos, pero sí un trato amable, lo cual les permite llegar a consensos. Hay también intereses propios y preferencias diferentes, por ejemplo, para seguir estudiando: por mencionar sólo a algunos, Saúl de la Rosa desea ir al MAI, en Rusia, y Eloy Martínez a la Universidad de Utah, en Estados Unidos.

Entre las metas inmediatas de José Luis se encuentra realizar una estancia de investigación en Estados Unidos que le permita obtener el grado de maestro en

ingeniería, como integrante de un equipo de trabajo en satélites. Luego, dar comienzo al doctorado.

Satisfecho de ser de los primeros ingenieros espaciales mexicanos, desea continuar trabajando en esta área del conocimiento para que en nuestro país llegue a ser más significativa y se refleje aún más en la vida cotidiana de la población en general.

Y opina que desarrollar tecnología en México es "extraordinariamente difícil" por la falta de apoyo y comprensión al área; sin embargo, existe una lucha constante por alcanzar deseos, sueños e ilusiones, y aunque tal vez para mucha gente esa pelea no tenga sentido, o no sea significativa o de gran impacto, para él conlleva todo su esfuerzo y la certeza de no vivir con la duda de lo que hubiera pasado de no haberlo intentado.

"Para mí es una gran satisfacción saber que pude hacer algo por mi país, que traté y lo mejor: que lo logré", asegura el actual catedrático de la materia de Electrónica para Comunicaciones que se imparte en el noveno semestre de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Facultad de Ingeniería.

Sobrevivir a los ataques que se le hacen a los estudios espaciales, superar la idea generalizada de que ellos son "pérdida de tiempo", seguir soñando sin importar los calificativos de fantasioso, e incluso loco, todo eso es importante en tanto permite el avance de la ciencia y la tecnología.

Con el tiempo, la ciencia ficción se convierte en realidad, dice José Luis, para quien el espacio es siempre un tema interesante y más... una pasión.

Ecos del lanzamiento II

A pesar de que el UNAMSAT es un proyecto científico y tecnológico importante, no ha sido debidamente conocido por la sociedad, e incluso dentro de la comunidad universitaria misma por la falta de información.

El sólo hecho de que México ha entrado a la era espacial con un satélite propio, es de gran importancia, y pudiera decirse que hasta histórico, pues de él se hablará durante mucho tiempo, en opinión del ingeniero David Liberman.

"Encuentro un poco extraño el comportamiento de la prensa: la atención durante el accidente fue mucho mayor a la prestada en el lanzamiento exitoso", dijo en Radio UNAM. Parecería más importante el fracaso que la capacidad universitaria para construir un satélite artificial.

Liberman señaló que a través de los medios de comunicación se expresa una incomprensión de la importancia real que tiene la investigación científica y el desarrollo tecnológico en México, manifestada en la prácticamente nula difusión y divulgación de esos temas, aún en los umbrales del Siglo XXI. Ante ese panorama, dijo no tener definido a quien atribuirle mayor culpa, a los científicos por no insistir en divulgar su actividad, o a la prensa, que cuando "divulga" lo hace obedeciendo a intereses ajenos a los académicos.

Sin embargo es importante que la sociedad conozca el trabajo científico realizado en el país, porque es, en muchas ocasiones, de importancia mundial; para eso los medios informativos deben estar dispuestos a colaborar.

En cuanto al medio académico, cabe señalar que el ingeniero David Liberman ha sido requerido por diversas universidades, entre ellas una en Sudáfrica, que desean contar con un programa de desarrollo espacial como el PUIDE, en donde sean los alumnos quienes desarrollen la tecnología.

A nivel nacional se han acercado a la UNAM instituciones como el Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM); sin embargo no hay que perder de vista que más de la mitad de la investigación científica en México, se desarrolla en la propia Universidad Nacional, y en este sentido, instituciones sin programas encaminados a la ciencia o el desarrollo tecnológico, difícilmente saben cómo participar, por lo cual nada ha resultado de esos encuentros.

En cuanto al "UNAMSAT-II", como lo llamaron los medios de comunicación, desde el 26 de febrero de 1996 se dio a conocer la puesta en órbita del satélite en septiembre, según informaciones de Gerardo Suárez, coordinador de la Investigación Científica (*La Prensa*, p.12 y *Diario de México*, p. 8).

En agosto 29, *El Nacional* (sección Ciencia, p.40) reprodujo un boletín de la agencia Notimex en el cual se esperaba el lanzamiento del "Unamsat-B" entre el 3 y el 5 de septiembre. En su calidad de gemelo del "Unamsat-1" se mencionan sus dimensiones, peso y funciones; se añade la información relativa al donativo de "100,000 dólares" de AT&T y de la empresa contratada para el lanzamiento, Lavotchkin, la cual no fue la misma que en la ocasión anterior.

La Dirección General de Información de la UNAM, emitió un boletín el 2 de septiembre. Se señaló como fecha de lanzamiento del UNAMSAT-B el día 5 a las 16:00 (hora local de Moscú), 07:00 horas de México, en un cohete portador llamado Cosmos Polyot.

Una vez más, se reprodujo la información de Notimex, fechada el 3 de septiembre en Moscú. Nikolai Ivanov, funcionario de la entidad científica "Lavochkina", explicó que los preparativos para el lanzamiento del "UNAMSAT-2" avanzaban de modo normal, de acuerdo con lo planeado (*Excelsior*, P. 5-A). La misma agencia cita, el día del lanzamiento -5 de septiembre-, al informativo de la televisión rusa "Vestí", en donde se destaca que las "fuerzas militares

especiales de Rusia se encuentran listas a cooperar con todos los países de Latinoamérica interesados en enviar sus satélites al cosmos".

En un segundo comunicado se informó de la realización del lanzamiento de manera "normal". Por primera vez en la historia militar rusa, un satélite extranjero "es enviado al espacio exterior desde un cohete militar de la Federación".

Al día siguiente el doctor Miguel Angel Herrera, secretario técnico de divulgación del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial de la UNAM, fue entrevistado en el noticiario *Punto por Punto*. Ahí confirmó el éxito de la misión y explicó algunos aspectos técnicos de la misma.

En *El Financiero* (Suplemento especial, septiembre de 1996, p.3), Emma Galván hace un recuento, con base en la información de la *Gaceta UNAM* y de agencias de noticias, de lo acontecido en Rusia y el Centro de Instrumentos durante el lanzamiento, en la nota titulada *Máximos honores a jóvenes universitarios en el cosmódromo de Plesetsk*.

Finalmente, una de las notas más recientes es la de *El Sol de México* (14 de octubre de 1996, p.6-A) la cual da cuenta de que el UNAMSAT-B no realizará el experimento de meteoritos sino hasta alcanzar su estabilidad correcta, dato tomado de la entrevista concedida por David Liberman a Radio UNAM (aunque sin citar la fuente informativa).

El rector José Sarukhán, durante una visita al laboratorio del PUIDE en el Centro de Instrumentos, luego del lanzamiento exitoso expresó que es un orgullo para la UNAM y para el país contar con un satélite en el espacio construido con recursos propios.

"Pero lo es aún más el grupo de jóvenes ingenieros que participaron en el proyecto", añadió, según información publicada en *Gaceta UNAM*, el 17 de septiembre de 1996 (p.14).

Opiniones externas de especialistas también se han dejado escuchar. Asur Cortés Gómez, catedrático e investigador de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica (ESIME), Unidad Ticomán, del Instituto Politécnico Nacional, manifestó que es vital que nuestro país incursione en la construcción de pequeños satélites.

"Además de la formación de recursos humanos de alto nivel en el campo de la ciencia aeroespacial, para países en desarrollo como México, resulta de vital importancia que se incursione en la construcción de pequeños satélites, dada su amplia gama de aplicaciones científicas en respaldo de las estrategias del desarrollo nacional".

Los trabajos, como el UNAMSAT, contribuyen al avance de la independencia tecnológica nacional. Además de la innovación tecnológica que implican y el amplio potencial de uso comercial, la construcción de microsátélites representa el punto de partida para nuevos y más importantes proyectos en el campo aeroespacial, opinó.

El investigador politécnico sostuvo que al desarrollar la capacidad para producir microsátélites, se fomenta no sólo la formación de recursos humanos altamente calificados, sino también se propicia la generación de tecnología propia que gradualmente puede sustituir la importación de este tipo de bienes con el consiguiente ahorro de divisas.

Cortés Gómez aseguró que corresponde a las instituciones educativas y a todos aquellos organismos relacionados con la investigación y la innovación científica y tecnológica, dar los primeros pasos para concretar ese tipo de proyectos, en cuya realización se requiere el apoyo de los sectores público y privado (Comunicado de prensa B-104 del IPN. División de Comunicación Social, 3 de mayo de 1997).

Como puede observarse, este acontecimiento tecnológico, coloca las bases para que en el futuro, quizá próximo, se continúe de manera más intensa, con la elaboración de satélites en nuestro país.

La construcción y puesta en órbita del UNAMSAT-B permite en este sentido desterrar el temor al reto de la creación tecnológica; la industria espacial puede ser un sector en que las áreas productivas del país participen. Los cimientos están contruídos: el primer satélite hecho en México está en órbita.

A manera de conclusión

Este trabajo, como todo, tiene una conclusión. Sólo resta por decir que el trabajo en el Programa de Investigación y Desarrollo Espacial (PUIDE), como la investigación misma y el avance en el desarrollo científico y tecnológico es una historia sin fin, gracias a lo cual fue posible llevar hasta su órbita al UNAMSAT-B, después de más de seis años de un arduo trabajo.

A lo largo de la investigación es posible percibir el crecimiento de este proyecto universitario que de manera formal se inició hace más de un lustro pero que tiene detrás de sí otros estudios e investigaciones, que si bien quizá no fueron retomados de manera particular, sí sirvieron de antecedente en su conjunto.

En el marco del avance de la ciencia y la tecnología llevada adelante especialmente por las naciones ricas, la era espacial ocupa un lugar determinante. En las últimas décadas han surgido infinidad de innovaciones, muchas de las cuales tienen su origen en requerimientos espaciales, como ya se mencionó.

Por eso, era una inquietud universitaria llevar a cabo actividades que coadyuvaran al ingreso de nuestro país al grupo de naciones generadoras de su propia tecnología espacial.

El establecimiento del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial sirvió para dar bases sólidas a proyectos diversos, entre los cuales, claro, se ubica el de construcción de satélites, sobresaliente por la vanguardia que conlleva a nivel nacional.

A pesar de que la idea de construir satélites no es novedosa en esta casa de estudios, sí lo es su concreción; ésta fue posible gracias a la iniciativa de David

Liberman, quien dirigió el trabajo de los estudiantes de la Facultad de Ingeniería, que se convirtieron en los primeros ingenieros espaciales de México. La fabricación de los instrumentos se efectuó sobre bases científicas y académicas, como corresponde a un proyecto universitario. El UNAMSAT-B es el primer microsátélite con un experimento científico a bordo, construido con los recursos humanos y materiales de la Universidad Nacional, lo cual puede considerarse un logro, por lo limitado de estos últimos.

Como se pudo observar, el desconocimiento de la existencia y funciones de los satélites en general, y del instrumento universitario en particular, es imperante entre la sociedad. Lo es aún más cuando se habla de los trabajos relativos al espacio anteriormente realizados dentro de la Universidad.

A pesar de navegar, la mayoría de las veces, contra corriente y de que casi siempre el proyecto UNAMSAT fue desconocido y por lo tanto no entendido por la opinión pública, al final, todo resultó un éxito; a pesar de ello, alrededor de él, una vez más, desafortunadamente, imperó la desinformación.

Respecto a eso, se puede mencionar que los medios de comunicación cumplen el fundamental papel de dar a conocer lo que acontece en la sociedad y el mundo. Sin embargo, como fue evidente, en México no existe el interés por difundir la actividad científica a nivel masivo de manera tal que sea posible para cualquiera conocer lo realizado en esa área, proyectos grandes y pequeños, y más allá de sonados fracasos.

Los medios deben ponderar la importancia del trabajo de los científicos y acercarse a sus tareas cotidianas para que la sociedad en su conjunto tenga acceso a ellas y las valore.

En este sentido cabe también recomendar a las autoridades universitarias una labor de divulgación y difusión mucho más intensa, no sólo relativa a proyectos científicos y tecnológicos de gran envergadura (como podría calificarse al de

creación de satélites UNAMSAT), sino de otros más que encierran en sí mismos un avance para la ciencia y el desarrollo nacionales, y no sólo entre la comunidad universitaria, sino en la sociedad mexicana en general.

Asimismo, sería recomendable que la investigación básica y aplicada, dentro y fuera de la UNAM, contara con un apoyo decidido del gobierno por medio de instituciones como el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, y de la iniciativa privada, de manera tal que los avances en el área se incrementaran y llegaran con mayor facilidad y rapidez, a todos los sectores de la población.

De lograr la ciencia, y específicamente el área espacial, el apoyo de la sociedad en su conjunto, sería posible pensar en la creación de un programa nacional relativo al cosmos o de una agencia espacial mexicana, producto de la necesidad de dar continuidad a un trabajo que significa apenas el inicio de un largo camino por recorrer.

A pesar de todas las vicisitudes y cualquier otro aspecto negativo, en el Laboratorio del PUIDE en el Centro de Instrumentos, ya trabaja la segunda generación de ingenieros espaciales mexicanos a quienes David Liberman dedicará su tiempo con el objetivo de seguir impulsando el desarrollo espacial y tecnológico en nuestro país, que tanta falta hace.

Un aspecto central del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial y del proyecto UNAMSAT, es la formación de recursos humanos para contribuir, por medio de su estudio y trabajo, al desarrollo nacional. Los primeros ingenieros espaciales mexicanos, sin duda, lo han logrado.

Así, una vez expuestas las circunstancias de las que surge esta labor pionera de importancia a nivel nacional e internacional, así como su crecimiento y desarrollo hasta llegar a ser una realidad tangible, del lector depende juzgar si vale o no la pena seguir adelante en el intento universitario de dar a México

mayor autodeterminación, más soberanía, mediante el avance científico y tecnológico, en beneficio de la población.

Finalmente, realizar esta investigación y darle forma de reportaje me permitió tratar con detalle, pero sin entrar en tecnicismos no entendibles, un tema de corte científico que además no había sido abordado con profundidad y desde diversos puntos de vista, como el técnico y el humano.

A eso se suma la satisfacción de contribuir, aunque sea en un mínimo porcentaje, al incremento del conocimiento relativo al trabajo de quienes colaboran al desarrollo de México con su labor cotidiana, y que en muy pocas ocasiones son reconocidos.

Bibliografía

Biblioteca Salvat de Grandes Temas
Los satélites artificiales
Salvat Editores
Barcelona, 1974, 140 pp.

Bustamante Munilo, Luis Ernesto, et al
Diseño y construcción de un receptor y de un sistema de control para el experimento de detección de ecos de meteoritos en el módulo experimental del satélite UNAMSAT-1.
Tesis. Facultad de Ingeniería.
UNAM, 1994, 296 pp.

Conacyt, SEP, UNAM
Memoria del Simposio Evaluación y perspectivas de la era espacial en México
Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática
México, 1987, 313 pp.

Ducrocq, Albert
Los satélites artificiales y el espacio
Alhambra Mexicana, Conacyt.
México, 1987, 59 pp.

Eco, Umberto
Cómo se hace una tesis. Técnicas y procedimientos de investigación, estudio y escritura.
Ed. Cédisa
Madrid, 1992, 267 pp.

Fagoaga, Concha
Periodismo Interpretativo
Ed. Mitre
Barcelona, 1982, 127 pp.

Gall, Ruth
Las actividades espaciales en México: una revisión crítica
Fondo de Cultura Económica, SEP, Conacyt
México, 1986, 134 pp.
Serie *La Ciencia desde México*

Golovanov, Yaroslav
Nuestro Gagarin
Editorial Progress
Moscú, 1979, 330 pp.

Memoria UNAM 1994
Secretaría General de la Universidad Nacional Autónoma de México.
México, 1995, 930 pp.

Simpson, Máximo
Reportaje, objetividad y crítica social. El presente como historia
S.E., S.F., pags. 143-151

Homerografía

"Acuerdo que crea el Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Espacial", en *Gaceta UNAM*, 25 de enero de 1990, p. 9 y 10.

Aicántara, Estela. "En octubre el UNAMSAT-B comenzará sus primeros trabajos de experimentación", en *Gaceta UNAM*, 17 de septiembre de 1996, p. 3 y 4.

Bertrán, Antonio. "UNAMSAT-1, perdido en el espacio", en *Reforma*, 29 de marzo de 1995.

Dirección General de Información. "Nota informativa sobre el lanzamiento del satélite UNAMSAT-B". Boletín 149/96.

Galván, Emma. "Máximos honores a jóvenes universitarios en el cosmodromo ruso Plesetsk", en *El Financiero*, suplemento especial, septiembre de 1996, p. 3.

Guzmán, Fernando. "Casi listo el primer satélite universitario de investigación", en *UNAM-Hoy*. Dirección General de Información, UNAM, junio de 1992, p. 44-48

Instituto Politécnico Nacional. División de Comunicación Social. Comunicado de prensa B-103. 3 de mayo de 1997.

Liberman, David. "A first try: launching UNAMSAT-1 from Plesetsk. Russia: a travelogue", en *The Amsat Journal*, volumen 18, número 4. Julio-Agosto de 1995, Estados Unidos. P.1 y 5-11.

López, María Luisa. "Por mi raza hablará la ignorancia", en *Reforma*, 1 de abril de 1995.

López, Melide. "Otorga AT&T apoyo económico para orbitar el UNAMSAT-B", en *Gaceta UNAM*, 31 de agosto de 1996, p. 1 y 3.

- López, Patricia. "Una mirada a través del Unamsat", en "Investigación y Desarrollo", suplemento mensual de *La Jornada*, octubre de 1996, p. 1 y 7.
- Lozada, Ana María. "Lanzará la UNAM un satélite detector de meteoritos", en *Diario de México*, 26 de febrero de 1996, p. 8.
- Lugo, Guadalupe. "El 28 de marzo en Moscú se lanzará al espacio el primer satélite hecho en México", en *Gaceta UNAM*, 27 de febrero de 1995, p. 7 y 9.
- Lugo, Guadalupe. "Propone el rector instalar una réplica del satélite universitario en Universum", en *Gaceta UNAM*, 17 de septiembre de 1996, p. 4.
- Lugo, Guadalupe. "Viva México, primer mensaje emitido a través del UNAMSAT-B", en *Gaceta UNAM*, 13 de septiembre de 1996, p. 8.
- Martínez Rojas, Andrés Eloy. "Perdidos en el espacio", en *El Universal*, 3 de abril de 1995, p. 3, Cultura.
- Meigar, Ivonne. "En la torre y demás facultades...", en *U2000*, 7 de abril de 1995, p. 13.
- Notimex. "Apoya Rusia investigación espacial latinoamericana". Boletín. 5 de septiembre de 1996.
- Notimex. "La UNAM tendrá otro satélite en órbita", en *El Día*, 2 de abril de 1995, p.4. Sección Cultura.
- Notimex. "Partió rumbo al espacio el satélite mexicano unamsat-b". Boletín. 5 de septiembre de 1996.
- Notimex. "Preparan lanzamiento de satélite de la UNAM", en *El Nacional*, 29 de agosto de 1996, p.40. Sección Ciencia.
- Notimex. "Tiene la UNAM otro satélite para ponerlo en órbita este año", en *La Jornada*, 2 de abril de 1995, p. 9.
- Notimex. "Todo listo para el lanzamiento del UNAMSAT-2", en *Excelsior*, 4 de septiembre de 1996, p. 5-A.
- Orozco, Fernando. "Gradúan con máximos honores a ingenieros especiales mexicanos", en *Gaceta UNAM*, 12 de septiembre de 1996, p. 9.
- Romero, Esther. "Este agosto será lanzado al espacio el satélite UNAMSAT-B", en *Gaceta UNAM*, 5 de agosto de 1996, p. 6.
- Ruiz, Patricia. "Cuatro años de vida tendrá el UNAMSAT-1", en *Excelsior*, 28 de marzo de 1995, p. 1.A y 14-A.
- Sin autor. "Este año se lanzará al espacio el primer satélite de manufactura mexicana", en *Gaceta UNAM*, 24 de junio de 1993, p. 3 y 4.

Sin autor. "Este año lanzará UNAM al espacio el UNAMSAT-II", en *La Prensa*, 26 de febrero de 1996, p. 12.

Sin autor. "La UNAM aún sin reporte oficial ruso sobre la muerte de UNAMSAT-1", en *El Día*, 2 de abril de 1995, p. 5.

Sin autor. "Se inician gestiones para lanzar la versión gemela del UNAMSAT-1", en *Gaceta UNAM*, 30 de marzo de 1995, p. 5.

SpaceNews, boletín de la Asociación Amsat. 8 de julio de 1996, p. 1 y 2.

Xantomila, Gabriel. "Hasta dentro de dos meses llegarán las señales del satélite Unamsat.b", en *El Sol de México*, 14 de octubre de 1996, p. 6-A.

Otras fuentes informativas

Entrevistas

Ingeniero David Liberman. Realizada el 16 de octubre de 1996.

Ingeniero José Luis García. Realizada el 18 de octubre de 1996.

Ingeniero Saúl de la Rosa. Realizada el 18 de octubre de 1996.

Testimonios recopilados en el laboratorio del PUIDE en el Centro de Instrumentos, Ciudad Universitaria.

Otros

El proyecto UNAMSAT. Conferencia del doctor Gianfranco Bislacchi, director del Programa Universitario de Investigación y Desarrollo Especial, en el Museo de las Ciencias, *Universum*. 30 de noviembre de 1995.

Por Pura Curiosidad, Radio Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 8 de octubre de 1996. Programa de divulgación científica.

Presencia Universitaria, TV UNAM, México, D.F. Canal 13, Televisión Azteca. 31 de marzo de 1995. Programa informativo.

Punto por Punto. Ramón Fregoso y Jesús Díaz. México, D.F. Canal 5, Televisa. 6 de septiembre de 1996. Programa informativo.