

**Convocatoria para apoyo de proyectos semilla de la Red de Ciencia y Tecnología Espaciales del
CONACYT (REDCYTE) 2012
Propuesta nueva**

**Protocolo
PROYECTO SATELITAL QUETZAL**

Resumen

El desarrollo de tecnología satelital fue prácticamente abandonado desde que el Programa Universitario de Inv. Espacial fue cancelado (1997). Salvo algunos esfuerzos en nano satélites y el proyecto del Instituto de Ciencia Nucleares JEM EUSO, la tecnología espacial ha estado ausente de la agenda Universitaria. Se conformo en la UNAM recientemente la Red Universitaria del espacio y dentro de sus actividades se han definido diferentes proyectos para iniciar de manera coordinada el desarrollo tecnológico y la investigación aplicada en materia espacial. En la Facultad de Ingeniería se ha desarrollado el proyecto CONDOR UNAM MAI, en cuyo programa se capacitaron especialistas en el área de diseño satelital y tecnología espacial, se está haciendo el esfuerzo de repatriarlos e incorporarlos a la plantilla académica.

En colaboración con profesores del MIT se ha planteado el proyecto para el desarrollo de una plataforma satelital que nos permita realizar el monitoreo de la columna de aire y sus contaminantes en puntos críticos de la geografía mexicana, como son el DF, la cuenca del Popocatepetl, entre otras partes.

El monitoreo que lleva a cabo actualmente se hace con satélites como MOPIT, que son auténticos laboratorios orbitales en el rango de 6 toneladas de masa. Estos laboratorios hacen tomas de mediciones en ciudades europeas y de USA, sin embargo la mecánica orbital y las órbitas en las que se desplazan no permiten tener un monitoreo con la frecuencia que sería deseable para hacer investigaciones de los efectos de varios fenómenos transitorios sobre la contaminación. Por ejemplo, erupciones y fumarolas, lluvias, etc.

Ocasionalmente, laboratorios satelitales orbitan sobre territorio nacional, sin embargo la disponibilidad de la información y la periodicidad del muestreo sobre territorio nacional no han permitido a los científicos de ciencias de la atmosfera hacer corroboraciones de sus modelos y teorías con mayor precisión. Se busca tener muestreos de al menos vez al día sobre la cuenca del Valle de México.

El plantear un satélite que nos permita tomar muestras del territorio nacional, ofrecer la información a estudiantes y científicos y poder estudiar fenómenos propios de nuestra geografía y dinámica social hacen atractivo el desarrollo de una misión espacial.

Los retos tecnológicos que se plantea para esta misión, bautizada "Quetzal" son los siguientes:

- Reducir la instrumentación de tamaño y peso, los espectrómetros de masas para estos fines están sobre los 60 Kg de peso y no existen referencias de equipos de menor tamaño que se utilicen en misiones espaciales.
- Definir si un satélite o una constelación de satélites nos van a dar la frecuencia de paso necesaria para cubrir la misión de monitoreo.
- El diseño de la plataforma, que debe estar entre los 50 y 70 Kg, es muy compacto.
- Se requiere desarrollar varios subsistemas en el país e integrar soluciones tecnológicas que están vigentes para satélites de este tamaño.

El proyecto cuenta actualmente con apoyo del fondo MISTI del MIT, a cargo del Dr. Paulo Lozano y el desarrollo nos permitirá tener los primeros prototipos de ingeniería de algunos subsistemas satelitales, así como el diseño de la plataforma satelital.

Nos permitiría desarrollar tecnología satelital en la UNAM, sintetizar la experiencia de dos instituciones líderes (MIT USA y MAI Rusia).

Nos permitiría desarrollar la documentación necesaria para buscar el financiamiento de toda la misión de manera internacional.

Objetivo

Generar las capacidades para desarrollar tecnología espacial a nivel nacional a través del desarrollo del proyecto satelital que involucra la participación de diferentes instituciones académicas y centros de investigación que aportan sus capacidades específicas dentro de diferentes áreas de conocimiento con la colaboración instituciones internacionales que cuentan con una larga trayectoria y experiencia en el desarrollo de este tipo de proyectos.

El objetivo planteado concuerda plenamente con todos los objetivos de la Red.

Objetivos específicos

- Obtener el diseño de la misión espacial para el monitoreo de contaminantes atmosféricos sobre ciudades mexicanas.
- Desarrollar los primeros prototipos de ingeniería para integrarlos en una plataforma satelital mexicana para misiones científicas.
- Desarrollar la métrica de comparación entre el satélite diseñado conceptualmente con una plataforma satelital que haya sido usada exitosamente en alguna misión parecida y que ya haya sido enviada al espacio (CASTOR).
- Establecer los mecanismos de colaboración para desarrollar el proyecto con el apoyo del grupo de propulsión espacial del Massachusetts Institute of Technology.
- Integrar estudiantes de licenciatura y posgrado en el desarrollo de tecnología satelital en el área de microsátélites dentro de un programa formal de investigación y desarrollo.

Los objetivos específicos del proyecto también concuerdan plenamente con los objetivos de la Red

Impacto

La misión del satélite Quetzal se definió con base a las necesidades actuales para el monitoreo de contaminantes atmosféricos sobre ciudades mexicanas y de Latinoamérica.

Se busca correlacionar las fuentes humanas y naturales en el impacto de la contaminación. El impacto social directo viene de acciones para mitigar las condiciones de contaminación debido a las emisiones generadas por los automóviles, volcanes, parques industriales, etc.

Además con las mediciones obtenidas se podrán reforzar los trabajos de investigación en el área de contaminación atmosférica que actualmente se llevan a cabo en diferentes instituciones como el Centro de Ciencias de la Atmósfera de la UNAM; aportando una valiosa información a las dependencias correspondientes para generar planes de acción para mitigar, corregir o prevenir problemas de salud, contaminación ambiental, etc.

Miembros participantes

Participante	Institución	Miembro REDCYTE	No. Miembro
Saúl Daniel Santillán Gutiérrez	Centro de Alta Tecnología FI UNAM	Sí	166500
Carlos Romo Fuentes	Centro de Alta Tecnología FI UNAM	Sí	166427
José Alberto Ramírez Aguilar	Centro de Alta Tecnología FI UNAM	Sí	166507
Emilio Ataulfo Sánchez Medina	Centro de Alta Tecnología FI UNAM	Sí	166715
Saúl de la Rosa Nieves	Centro de Alta Tecnología FI UNAM	Sí	166606
Jorge Alfredo Ferrer Pérez	Centro de Alta Tecnología FI UNAM / University of Notre Dame	Si	167636
Michel Grutter de la Mora	Centro de Ciencias de la Atmósfera UNAM	No	
Jorge Prado Molina	Instituto de Geografía UNAM	Sí	172087
Alvar Saenz Otero	Instituto Tecnológico de Massachusetts	No	
Paulo Lozano	Instituto Tecnológico de Massachusetts	No	
Ramón Muraoka Espiritu	Centro de Investigaciones Científica y Educación Superior de Ensenada	Sí	170935
Roberto Conte Galván	Centro de Investigaciones Científica y Educación Superior de Ensenada	Sí	170277
Raúl Loo Yu	Centro de Investigación y de Estudios Avanzados – Campus Guadalajara	No	
J. Fernando Baquero Herrera	Centro de Tecnología Avanzada	No	
Vicente Bringas Rico	Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial	No	
Salvador Echeverría Villagómez	Centro Nacional de Metrología	No	
Enrique Pacheco Cabrera	Agencia Espacial Mexicana	Sí	172672
Jorge Sánchez Gómez	Agencia Espacial Mexicana	Sí	166199

Se están incorporando más instituciones, como el CIATEQ, CIDESI, CENAM, para participar dentro del proyecto, las cuáles también pertenecen a la REDCYTE.

Antecedentes

El desarrollo de tecnología satelital fue prácticamente abandonado desde que el Programa Universitario de Investigación y desarrollo Espacial (PUIDE) fue cancelado (1997). Salvo algunos esfuerzos en nano satélites en el Instituto de Ingeniería, mesas de simulación de control de orientación y estabilización satelital en el Instituto de Geografía y el proyecto del Instituto de Ciencia Nucleares JEM EUSO, la tecnología espacial ha tenido una tenue presencia en la agenda Universitaria.

En el año 2003 se inició un programa para la formación de un grupo de ingeniería aeroespacial en la Facultad de Ingeniería, con la capacidad de desarrollar proyectos en el área, tanto de investigación aplicada como de innovación tecnológica industrial. Se llevo a cabo junto con el MAI (Instituto de Aviación de Moscú) un programa en dos fases, la primera relativa a la formación académica de especialistas en el área, de la cual se han captado a 3 especialistas y la segunda etapa, que es el desarrollo conjunto de una misión espacial satelital.

Este grupo actualmente está participando en el proyecto CONDOR UNAM MAI; que es el desarrollo de un satélite para monitoreo de fenómenos de la ionosfera y percepción remota. El proyecto está planteado para que se termine el satélite en 2013 y a partir de ahí se busque la ventana de lanzamiento.

Desde el año de 2005 se presentó ante la Cámara de Senadores una iniciativa para la creación de la Agencia Espacial Mexicana (AEM), la cual está en vías de concluir su proceso de establecimiento del Plan Nacional para el Desarrollo Espacial. La UNAM es uno de los participantes de la junta de gobierno y su influencia científica y tecnológica es muy importante dentro de la agencia.

Reconociendo la importancia del trabajo en Ciencia y Tecnología Espacial, en la UNAM se conformó recientemente la Red Universitaria del Espacio (RUE) y dentro de sus actividades se han definido diferentes proyectos para iniciar de manera coordinada el desarrollo tecnológico y la investigación aplicada en materia espacial.

Uno de estos programas es el desarrollar la tecnología necesaria para tener la capacidad de diseño, construcción y pruebas de plataformas satelitales de uso científico o industrial. En este contexto, se han ido ampliando las actividades del grupo de Ingeniería aeroespacial; de tal forma que se han hecho alianzas estratégicas con el Instituto de Ciencias Nucleares para el establecimiento de un laboratorio de pruebas conjunto entre las instalaciones que para la validación del JEM EUSO desarrolla en el campus CU, con las instalaciones de desarrollo e integración que se contemplan dentro del programa Centro de Alta Tecnología, que es el nombre de la Unidad Académica de la Facultad de ingeniería en el campus Juriquilla.

El centro de Alta Tecnología es una unidad de vinculación industrial que trabaja con alumnos de posgrado e integra las áreas de diseño mecánico, ingeniería automotriz, ingeniería aeroespacial y diseño de productos en plástico. La unidad se encuentra en el proceso de construcción en el Campus Juriquilla de la UNAM, la cual contará con un laboratorio de electrónica, cuarto limpio, laboratorio de vibraciones, laboratorio de CAD, estación terrena para enlaces satelitales entre otros laboratorios.

El grupo de trabajo, junto con académicos del Laboratorio de propulsión espacial del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), inició el proyecto en octubre del 2010 y presentaron dentro de la convocatoria MISTI una solicitud de apoyo para un proyecto conjunto, que es el desarrollo de la misión espacial para un satélite que monitoree la columna de gases contaminantes en ciudades mexicanas y latinoamericanas.

El fondo fue aprobado y estamos trabajando ya en un programa de intercambio académico, tendiente a que se desarrollen en la UNAM las capacidades para poder ejecutar los trabajos de definición de la misión espacial, que incluyen el diseño conceptual del satélite, la definición de la infraestructura terrestre y de comunicaciones, la distribución de la información, además de la definición de la instrumentación, retos tecnológicos y costeo de todas estas actividades.

El hecho de tener documentada esta misión, nos permite acceder a varios programas y solicitar financiamiento para su ejecución. Una misión de este tipo está en el rango de los 4 a los 6 millones de dólares, lo cual lo hace muy difícil de financiarse por una sola institución o país.

El grupo del MIT está dispuesto a apoyar en la búsqueda de fondos con entidades como NASA y otros programas de Estados Unidos, mientras nosotros podemos acudir a programas de fondo semilla como el de la REDCYTE, programas de CONACYT y fondos internacionales de las Naciones Unidas para este tipo de proyectos.

Alcances y limitaciones

Los alcances y metas para el proyecto semilla que se presenta son:

- Tener los recursos necesarios para la realización de reuniones de trabajo con los diferentes participantes del proyecto.
- Poder adquirir literatura especializada para el desarrollo del proyecto
- Iniciar el desarrollo de prototipos a nivel funcional que cubran los requerimientos de la misión definida.
- Establecer los mecanismos de cooperación nacional e internacional entre los miembros participantes.
- Realizar estancias cortas para desarrollar los prototipos de los sistemas que conforman el satélite.
- Apoyar con becas a alumnos de licenciatura, maestría y doctorado que participan en el proyecto para la realización de prototipos, inscripciones a congresos y/o realización de trabajo de tesis.
- Pago a asesores externos al proyecto.
- Obtención de material consumible, como elementos eléctricos electrónicos (cables, soldadura, tarjetas de prueba, impresiones de PCB, resistencias, capacitores, inductores, giróscopos, magnetorcas, microprocesadores, FPGA's, etc.)

El CAT de la FI UNAM coordinará el proyecto y establecerá la planeación del mismo, desarrollará algunos subsistemas de la plataforma satelital, controlará y operará el satélite a través de la instalación de una estación terrena en el Campus Juriquilla.

El MIT asesorará en el desarrollo de la metodología de diseño de la misión y del satélite.

El CCA apoya a la definición de la instrumentación científica que realizará las mediciones una vez que el satélite esté en órbita.

El IG apoya en la generación de algoritmos de control de orientación y estabilización del satélite.

Las demás instituciones colaborarán de acuerdo a sus fortalezas específicas para el desarrollo de los sistemas que conforman la plataforma satelital.

Las actividades futuras que se derivan del proyecto son aquellas asociadas a la realización de los prototipos de los subsistemas, las pruebas de certificación espacial, el lanzamiento, operación y control del satélite en órbita, la distribución y gestión de la información obtenida en Tierra.

Formar recursos humanos a nivel licenciatura y posgrado involucrados en proyectos de tecnología espacial.

Metodología

El desarrollo del proyecto se basará en la metodología para el desarrollo de sistemas espaciales, en una primera etapa en el SMAD (metodología americana) para después poder establecer una metodología nacional a través del estudio de varias metodologías de diseño y desarrollo de programas espaciales.

Beneficios del proyecto

En la UNAM existen dos grupos que trabajan en tecnología satelital, el grupo del instituto de Ingeniería, que desarrolla nano satélites en el estándar de Stanford (Cubesats) y el grupo que se

está formando en la Facultad de Ingeniería, que trabaja con Microsatélites (en el orden de 10 a 100 Kg).

El desarrollo de los microsatélites ha tomado una dinámica creciente durante la última década, ya que son del tamaño suficiente para poder integrar misiones científicas o comerciales de relevancia y permiten desarrollar sistemas que se integran de manera rápida. A diferencia de los nano satélites, que se ven muy restringidos por su tamaño en las aplicaciones científicas y tecnológicas, las plataformas micro ofrecen una alternativa para aplicaciones que requieren establecer constelaciones, como son detección de incendios forestales, monitoreo de Tsunamis, monitoreo de salinidad en el agua de mar, monitoreo de variables del cambio climático etc., ya que se pueden establecer constelaciones que permitan complementar observaciones globales a un costo razonable. De hecho, algunas compañías satelitales están comenzando a migrar servicios como localización por GPS a plataformas más pequeñas, ya que permiten una renovación más rápida de los satélites y a un costo de diseño y lanzamiento mucho menor.

Por su tamaño y costo, un país en desarrollo como México puede involucrarse en un proyecto satelital con una plataforma Micro y gastar entre 2 y 4 millones de dólares en el proyecto, mientras que la tecnología convencional de satélites medianos (100 a 600 Kg) y grandes (800 Kg hasta 6 toneladas) hacen que las misiones sean prácticamente incosteables para desarrollarse en un país como el nuestro.

Por otra parte, los satélites micros, tiene ventajas en que se pueden lanzar como carga secundaria en cohetes que lleven satélites comerciales o científicos de mayor tamaño y esto hace accesible a la misión.

En este contexto, se inicio hace varios años la formación de un grupo de ingeniería aeroespacial en la facultad de Ingeniería, en el cual se envió un grupo pequeño a desarrollar sus estudios de posgrado en el Instituto de Aviación de Moscú, y actualmente, con esa institución se desarrollo del proyecto CONDOR, que es un microsatélite para el monitoreo de fenómenos ionosféricos y poder hacer percepción remota. El convenio tiene como participantes al Instituto de Aviación de Moscú, la Universidad Central de Taiwán, el CICESE, el Instituto de Geografía, el Centro de Ciencias de la Tierra y la Facultad de Ingeniera. El proyecto nos permitirá asimilar algunos aspectos tecnológicos del diseño, fabricación y pruebas de aparatos satelitales. Sin embargo, el siguiente paso, que es desarrollar tecnología propia en el país, se desarrollará en otro proyecto, que es el que se presenta en una etapa primaria en esta convocatoria.

El proyecto se desarrollara en colaboración con el grupo de propulsión espacial del Massachusetts Institute of Technology (MIT), se enfocará en esta etapa al planteamiento de la misión científica, y el diseño conceptual de la plataforma capaz de llevar a cabo la misión.

Por otra parte, se plantea que se desarrollen un trabajo de colaboración con un grupo espejo en México, que permitirá el desarrollo de los primeros sistemas que se integrarán a una plataforma de diseño nacional, que permita tener varias aplicaciones de uso científico. Estos sistemas se probaran en condiciones de operación controladas y servirán para poder desarrollar el estudio completo de la misión espacial, la cual nos permitirá definir:

- La instrumentación científica necesaria para desarrollar la misión.
- La definición de un satélite o una constelación para cubrir los requerimientos científicos de la misión.
- El desarrollo propio de la misión espacial, como la definición de órbita, inclinación, keplerianos, cohete lanzador, número de pases de cobertura, etc.

Recursos Materiales

Dentro de los recursos asignados se destinará una partida a la obtención de recursos materiales para desarrollar los prototipos y en su caso los sistemas del modelo de ingeniería del satélite, entre estos materiales se contempla los siguiente: cables USB y cables para conexión de dispositivos, convertidores de interfaces de comunicación, soldadura, tarjetas de prueba, impresiones de PCB, resistencias, capacitores, inductores, transistores giróscopos, magnetorcas, microprocesadores, FPGA's, tarjetas de adquisición de datos, sistemas de telemetría, sensores, baterías, celdas solares, cintas de blindaje, aleaciones de aluminio, software especializado Satellite Tool Kit, software CAD, antenas para comunicación inalámbrica, gabinetes, estándares para pruebas de calificación espacial, etc.

Recursos humanos

No.	Estudiantes	Grado	Institución
1.	José Luis Otero Montaudon	Licenciatura	UNAM
2.	Rigoberto Reyes Morales	Licenciatura	UNAM
3.	Mario Óscar Domínguez Cruz	Licenciatura	UNAM
4.	José Antonio Esteban Serna Cuellar	Licenciatura	UNAM
5.	Juan Andrés Pérez Celis	Licenciatura	UNAM
6.	Ángel Mancilla Carrasco	Licenciatura	UNAM
7.	Miguel Ángel Sánchez Navarrete	Licenciatura	UNAM
8.	Guadalupe Pérez Montiel	Licenciatura	UNAM
9.	Miguel Hazael Moctezuma Flores	Licenciatura	UNAM
10.	Josafat Amaury González Subías	Licenciatura	UNAM
11.	Roberto Ortega Lazos	Licenciatura	UNAM
12.	Juan Pablo Colín Téllez	Licenciatura	UNAM
13.	Iñaki Erazo Damián	Licenciatura	UNAM
14.	José Franciso Oliva Zamora	Licenciatura	UNAM
15.	Ricardo Hernández Abraham	Licenciatura	UNAM
16.	José Alfredo Trigueros	Licenciatura	UNAM
17.	Octavio Carranza Pérez	Licenciatura	UNAM
18.	Cristian Roberto Tejada Malpica	Licenciatura	UNAM
19.	Eric Adrián Tejada Malpica	Maestría	UNAM
20.	Dafne Gaviria Arcila	Maestría	UNAM
21.	Antonio Francisco Zamora Torres	Maestría	UNAM
22.	Erika Castruita Yscapa	Maestría	UNAM
23.	Ricardo Arturo Vázquez Robledo	Doctorado	UNAM
24.	Lisette Farah Simón	Doctorado	UNAM
25.	Alberto García Osorio	Posdoctorado	UNAM

Bibliografía

1. Peter Fortescue, John Stark, Graham Swinerd, "Spacecraft Systems Engineering", John Wiley Ed., 2003, 353 p.
2. James R. Wertz, "Spacecraft Attitude Determination And Control", Kluwer Academic Publishers, 1990, 882 p.

3. Wiley J. Larson, James R. Wertz, "Space Mission Analysis and Design", Space Technology Library, Microcosm Press, 2005, 504 p.
4. James R. Wertz, "Mission Geometry; Orbit and Constellation Design and Management", Space Technology Library, 2001, 985 p.
5. Anil K. Maini, Varsha Agrawal, "Satellite Technology: Principles and Applications", 2nd Edition, Wiley, 2011, 673 p.
6. V. L. Pisacane, "Fundamentals of Space Systems", Oxford, University Press, 2005.
7. Zhang Fan¹, Shang Hua², Mu Chundi¹, Lu Yuchang⁴, Proceedings of the Q World Congress on Intelligent Control and Automation, June 1&14, 2002, Shanghai, P.R.China.
8. Peerawat Artitthang, Veerachai Malyavej, Manop Aorpimai J. J. Graig, Introduction to Robotics: Mechanics and Control. USA: Addison-Wesley Publishing Company, Inc, 1955.
9. J. T. Gravdahl, "Magnetic attitude control for satellites," in Proceedings of the 43rd IEEE Conference on Decision and Control, Atlantis, Paradise Island, Bahamas, Dec. 2004, pp. 261–266.
10. R. Kristiansen, "Attitude control of a microsatellite," Master's thesis, Department of Engineering Cybernetics (ITK), Norwegian University of Science and Technology, 2000.
11. M. Lovera, E. De Marchi, and S. Bittanti, "Periodic attitude control techniques for small satellites with magnetic actuators," Control Systems Technology, IEEE Transactions on, vol. 10, no. 1, pp. 90–95, Jan 2002.
12. IEC 61000-6-5: 2001 Electromagnetic compatibility (EMC) — Part 6-5: Generic standards — Immunity for power station and substation environments Aeronautical Radio Communication Systems and Networks, Dale Stacey, John Wiley & Sons.

Dr. Saúl Santillán Gutiérrez

Coordinador

Red de Ciencia y Tecnología del Espacio

Asunto: Carta Compromiso

Presente

Con el motivo de la convocatoria abierta "proyectos nuevos de la Redcyte" pongo a consideración del CTA para ser evaluado el proyecto " Satélite para monitoreo de Contaminantes y percepción remota, Quetzal", el cuál viene desarrollando en colaboración con el Instituto Tecnológico de Massachusetts, y en el intervendrán miembros de la red de la AEM, CICESE entre otras instituciones.

De acuerdo con los lineamientos de la convocatoria, anexo protocolo y plan de trabajo, asimismo proporciono mis datos:

MI Emilio A. Sánchez Medina, adscrito a la Facultad de Ingeniería de la UNAM

Domicilio; J. Francisco Durán 324, Col. Misión Carrillo, Querétaro, Qro.

Email: emiliosanchezmedina@comunidad.unam.mx

Teléfono oficina 56234142

Teléfono móvil 55 54500362

Asimismo, me comprometo a reportar por escrito los avances del proyecto de acuerdo a los lineamientos del fondo institucional CONACYT para las redes temáticas, además de mantener una estrecha comunicación con el responsable de la Red de Ciencia y Tecnología Espacial y organizar un taller para presentar formalmente ante los miembros del CTA y cuando se realicen reuniones de la Red.

Agradezco su atención a la presente

Campus Juriquilla UNAM a 28 de Enero de 2013



M.I. Emilio A. Sánchez Medina
Centro de Alta Tecnología