Centro de Estudios Espaciales:

EL INICIO

Por Marta Apablaza R.

Por casi medio siglo, el Centro de Estudios Espaciales (CEE) marcó precedentes en la historia aeroespacial chilena. Con prestigio internacional, esta unidad que perteneció a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile, prestó servicios a la NASA y a importantes organismos internacionales.

La guerra fría tuvo inéditas consecuencias para el desarrollo de la ingeniería aeroespacial en nuestro país. Una de las maneras en que se expresó la rivalidad entre Estados Unidos y Rusia fue a través de la carrera espacial en la que la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) y el Centro de Estudios Espaciales fueron parte.

Ubicado en un terreno de 100 hectáreas en la zona de Peldehue, a 40 kilómetros al norte de Santiago, el CEE inició sus actividades en 1959 con la misión de proveer una base operativa para el monitoreo de satélites del programa espacial de Estados Unidos, que era parte del acuerdo de estaciones entre NASA y la Universidad de Chile.

En su concepción inicial, el CEE era administrado y financiado por la NASA, a través de la FCFM de la Universidad de Chile. Su personal, que llegó a 320 personas, era mayoritariamente chileno.

"A través de profesionales bastante visionarios, en la década del setenta pusimos en marcha un programa de aplicaciones satelitales en áreas de monitoreo terrestre, y de búsqueda y rescate de aviones siniestrados. Este programa fue pionero no sólo en Chile sino en Latinoamérica", relata Pedro Ramírez, quien ingresó al CEE como ingeniero civil eléctrico y que luego de una larga carrera asumió el rol de gerente general.

Ramírez relata que otra de las iniciativas ejecutadas por el CEE fue el programa de percepción remota que utilizaba un satélite de la serie LANDSAT de Estados Unidos, el que tomaba imágenes satelitales en distintos espectros de frecuencia. Éstas permitían realizar estudios sobre suelos agrícolas, volcanes, contaminación marítima, entre otros. Posteriormente se amplió la capacidad a satélites de distintos países.

"En esa época la utilización de imágenes satelitales para diferentes aplicaciones era todavía muy incipiente. En el CEE realizamos ese esfuerzo no sólo desde el punto de vista de procesar imágenes, sino también de realizar ingeniería, vale decir, construimos antenas y equipamiento para gestionar la información. Fuimos pioneros en nuestro ámbito", afirma Ramírez.

Un cambio de era

El mismo año en que cayó el muro de Berlín, 1989, la NASA cerró sus operaciones de rastreo en Chile, quedando la FCFM como única institución a cargo del CEE. La Facultad decidió seguir con sus actividades y prestación de servicios, tanto a nivel nacional como internacional.

"La idea era que el centro tuviera su propio financiamiento a través de una actividad mayor de la que solíamos tener. Ese esfuerzo fue pionero porque no existía una organización que realizara esa labor en aquellos años. Gran parte de nuestra experiencia profesional fue entregar servicios de ingeniería aeroespacial a diferentes países, que era algo en que no había precedente", explica Ramírez.

A partir de 1989 y hasta 2008, el CEE funcionó como centro dentro de la FCFM y entregó apoyo en telemetría, rastreo y telecomando (TT&C) a más de 370 misiones espaciales. Entre ellos a Estados Unidos, Japón, China, Alemania y Suecia.

"Asistí a más de una reunión en Japón y otros países, y nuestros clientes siempre decían que podían perder datos de varias estaciones, pero los generados en Santiago siempre llegaban a tiempo", señala Pedro Ramírez.

La mística

Eduardo Díaz, Martín Arluciaga y Pedro Ramírez fueron personajes importantes en la historia del Centro de Estudios Espaciales, pero sin duda, lo que forjaba la excepcional labor y prestigio de la institución fue la pasión que cada uno de los profesionales y técnicos ponía en sus labores.

"En el CEE se formó un ambiente de trabajo de alta calidad. Cuando llegaba gente nueva, ese espíritu se transmitía. Después de 1989 tuvimos temor de que esa calidad se perdiera, pero no fue así", relata Ramírez.

"Fuimos pioneros en una actividad innovadora a nivel latinoamericano y a nivel mundial. En el Centro de Estudios Espaciales llevamos a cabo actividades que el país no hacía y, al mismo tiempo, prestigiamos a la Facultad a nivel internacional en el ámbito de la ingeniería aeroespacial", finaliza Ramírez.

Enlace relacionado:
http://uchile.cl/i140995

SUCHAI I

La travesía del primer nanosatélite chileno en el espacio

Por Andrea Dávalos O.

Fueron siete años de trabajo, esfuerzo, desafíos, altos y bajos, que sin mermar la confianza -y la esperanza-, hicieron que el equipo creador del Suchai lograra sacar adelante su meta más ambiciosa: poner en órbita y en funcionamiento al primer nanosatélite construido por académicos y estudiantes de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile.

Eran las 23:58 hrs. del jueves 22 de junio de 2017 y el cohete PSLV-C38 de la Agencia India de Investigación Espacial (ISRO) daba el inicio a un hito en nuestro país: junto a un satélite principal de 712 kg, cuatro microsatélites y 17 satélites tipo cubesat de distintos países, se encontraba Suchai I, el primer nanosatélite construido en Chile, que luego de dos años y medio de espera para ser lanzado y 16 minutos de viaje hacia el espacio, lograba ponerse en órbita en una trayectoria circular polar, girando alrededor de la Tierra a 505 km de altura con una velocidad aproximada de 7,5 km/s.

Después de un periodo de latencia programado por seguridad, Suchai sacó su primera foto, desplegó sus antenas y comenzó su recorrido, emitiendo señales que comenzaron a ser captadas durante las horas siguientes por radioaficionados de todas partes del mundo. Pero no fue hasta las 22:47 hrs. del día siguiente que el Laboratorio de Exploración Espacial y Planetaria (SPEL) -donde está ubicada la base de control de la estación terrena- pudo recepcionar de manera fuerte y clara los primeros datos del estado de salud del nanosatélite: todos sus sistemas estaban funcionando.

Cuatro días más tarde se confirmaba el contacto bidireccional con el satélite, el que respondía a los comandos enviados desde la estación. Con esto, culminaba la etapa más crítica de la puesta en órbita, y todo lo que se lograra de ahí en adelante serían los frutos de años de trabajo y esfuerzo.

Durante las primeras semanas del Suchai en el espacio, el equipo se enfocó en iniciar de manera paulatina los experimentos integrados al satélite, además de priorizar el cuidado de la salud de la batería.

Es así, que luego de reponerse a una falla de uno de los rotores de la antena de la estación terrena -lo que suspendió la recepción de información por 10 días- y a los efectos de una tormenta solar histórica que afectó el funcionamiento del Suchai por otras tres jornadas, éste ha continuado su funcionamiento sin mayores contratiempos.

Experimentos en el espacio

Medir variables del comportamiento físico de un circuito electrónico forzado a estar fuera del equilibrio es uno de los experimentos que ya ha arrojado resultados. Los datos no han sido lo que se esperaba, pues las estadísticas relacionadas con la inyección de potencia en un circuito han sido similares al comportamiento observado en la superficie de la Tierra. "Este experimento liderado por el académico del Departamento de Física de la FCFM, Claudio Falcón, es muy interesante. Lo bello de él es que es muy simple. Éste consta de una resistencia y un condensador. El objetivo es estudiar cómo se comportan cuando son expuestos a un ambiente hostil como el espacio. El 'problema' es que este experimento va en una tarjeta junto a otras investigaciones, que para protegerlos de algunos efectos del vacío, usamos una capa de laca, aislándolos demasiado de las variaciones de temperatura, que además resultaron ser mucho menos extremas de lo esperado, por lo que, hasta ahora, el experimento ha funcionado similar a como funcionaba en Tierra", explica Marcos Díaz, académico encargado del proyecto, quien agrega que "el único momento que podría haber entregado información diferente fue con la tormenta solar, pero como la falla del sistema implicó reiniciar el satélite, perdimos los datos recolectados durante este evento extremo. Ahora estamos esperando una tormenta un poco más

suave que no comprometa la operación del Suchai, pero que introduzca una perturbación significativa al circuito".

Asimismo, ya hay información sobre el experimento relacionado al comportamiento de la batería en ambiente espacial, a cargo del académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Marcos Orchard. Actualmente la batería se está monitoreando casi diariamente donde los datos más sofisticados se solicitan una vez al mes para observar con detalle la degradación de la batería. "Con esto queremos ver si los modelos de degradación y los datos se van ajustando. Esto nos permitirá comparar el modelo del fabricante y el creado en la FCFM, además de ajustar estos últimos para generar con el tiempo un modelo de predicción de degradación que eventualmente nos llevaría a hipotetizar sobre cuándo podría llegar a dejar de funcionar apropiadamente la batería. Este modelo es clave para el diseño de experimentos de batería en los nuevos satélites en desarrollo", señala Díaz.

La tercera investigación está relacionada con la medición de la densidad de electrones del plasma ionosférico, es decir, en la alta atmósfera de la Tierra, con una sonda de Langmuir. Este instrumento requería desplegar una esfera, lo que podía implicar una desestabilización del satélite, impactando en la calidad de las comunicaciones, por lo que fue el último en activarse. "La esfera se desplegó exitosamente y los datos de este instrumento están siendo contrastados con datos obtenidos con radares ionosféricos que pueden estimar la densidad de forma remota. Si la información de nuestro instrumento se valida y/o calibra con estos radares en tierra, estos datos podrían usarse para estudiar la dinámica de la ionósfera en lugares donde los radares no miden. Por ejemplo, sobre los océanos no hay ningún radar y sólo uno en el hemisferio sur. Por otro lado, al desplegarse la sonda de Langmuir (sensor de densidad de plasma) hemos confirmado que nuestro sistema de despliegue construido con tecnología de fabricación digital (impresión 3D) funcionó de forma apropiada", comenta Marcos Díaz, quien está a cargo de este experimento.

Actualmente, Suchai sigue en buen funcionamiento, con sistemas que han demostrado robustez, una batería que ha logrado mantenerse en buenas condiciones y una fluida comunicación que ha proporcionado un continuo envío de datos, tanto de los experimentos e instrumentos como del estado de los sistemas del satélite. Estos resultados no sólo han permitido cumplir los objetivos propuestos, sino también aprender de los aciertos y errores para las próximas dos versiones que ya están en proceso de construcción y que buscan seguir avanzando en el desarrollo del programa espacial de la Universidad de Chile.

Enlace relacionado:
http://uchile.cl/i133697

Imágenes tomadas por SUCHAI I

Imagen del Sol

Imagen de la Luna

Imagen de la Tierra con sombra de la sonda de Langmuir

Imagen de la Tierra

Equipo

Desde que comenzó a gestarse la idea de construir el Suchai, académicos y estudiantes –algunos ya ingenieros- de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la U. de Chile han aportado con su especialidad en diferentes áreas que componen lo que hoy es el primer nanosatélite construido en Chile orbitando en el espacio.

Estudiantes que participaron en la construcción de Suchai I:

José Ogalde Ortiz
Estudiante de pregrado/magíster en Ingeniería Eléctrica FCFM-UChile
Programación y ejecución de experimento de física.

Carlos González Cortés
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estudiante de doctorado de la U. de Chile
Software de vuelo, comunicaciones, integración, pruebas.

Miguel Martínez Ledesma
Magíster en Ingeniería Electrónica
Estudiante de doctorado de la U. de Chile
Estudio, revisión, calibración y reparación de Langmuir Probe.

Tomás Opazo
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estudiante doctorado Penn State University
Software de vuelo, integración, pruebas y contrato de lanzamiento.

Susana Jorquera Romero
Estudiante de pregrado/magíster
Ingeniería Mecánica FCFM-UChile
Pruebas de shock, pruebas de materiales para Langmuir Probe y antenas.

Alex Becerra Saavedra
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Jefe de proyecto. Ingeniero a cargo proyecto Suchai.

Juan Carlos Piña
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Sistema de energía, pruebas paneles solares y estimación energética.

Yerko Garrido Fuhrop
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Simulaciones de órbita y estimación energética.

Camilo Rojas Milla
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estudiante de magíster de la U. de Chile
Estación terrena, software de control de misión.

Joaquín Díaz Peña
Estudiante de pregrado/magíster
Ingeniería Eléctrica FCFM-UChile
Apoyo técnico en operación del satélite.

Sebastián Derteano Herrera
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estación terrena, antenas.

Francisco Reyes Aspe
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estimación de carga de baterías y pruebas.

Felipe Troncoso Hernández
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estación terrena, antenas.

Pablo Bilbao Rojas
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estimación y operación energética del satélite.

Académicos que participaron en la construcción de Suchai I:

José Mardones
Ingeniero mecánico FCFM-UChile
Estación terrena, cámara limpia para integración del satélite.

Hernán Arraño Scharager
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Estudiante de doctorado Telecom ParisTech / Investigador del Orange Labs
Diseño del experimento de física.

Gerardo Peña Álvarez
Ingeniero eléctrico FCFM-UChile
Control de misión y operación del satélite.

Daniel Valenzuela Henríquez
Estudiante Ingeniería Eléctrica FCFM-UChile
Calibración y programación cámara.

Marcos Díaz Quezada
Académico Departamento de Ingeniería Eléctrica FCFM-UChile.Encargado del proyecto Suchai.
Estudios Ionosféricos-densidad de electrones y cuenta de partículas.

Claudio Falcón Beas
Académico Departamento de Física FCFM-UChile
Experimento electrónica en ambiente hostil.

Marcos Flores Carrasco
Académico Departamento de Física FCFM-UChile
Ensayos de comportamiento de temperatura de transmisión de datos del satélite en condiciones de vacío.

Viviana Meruane Naranjo
Académica Departamento de Ingeniería Mecánica FCFM-UChile
Desarrollo de un modelo numérico en Elementos Finitos, para luego someter este modelo a pruebas de shock.

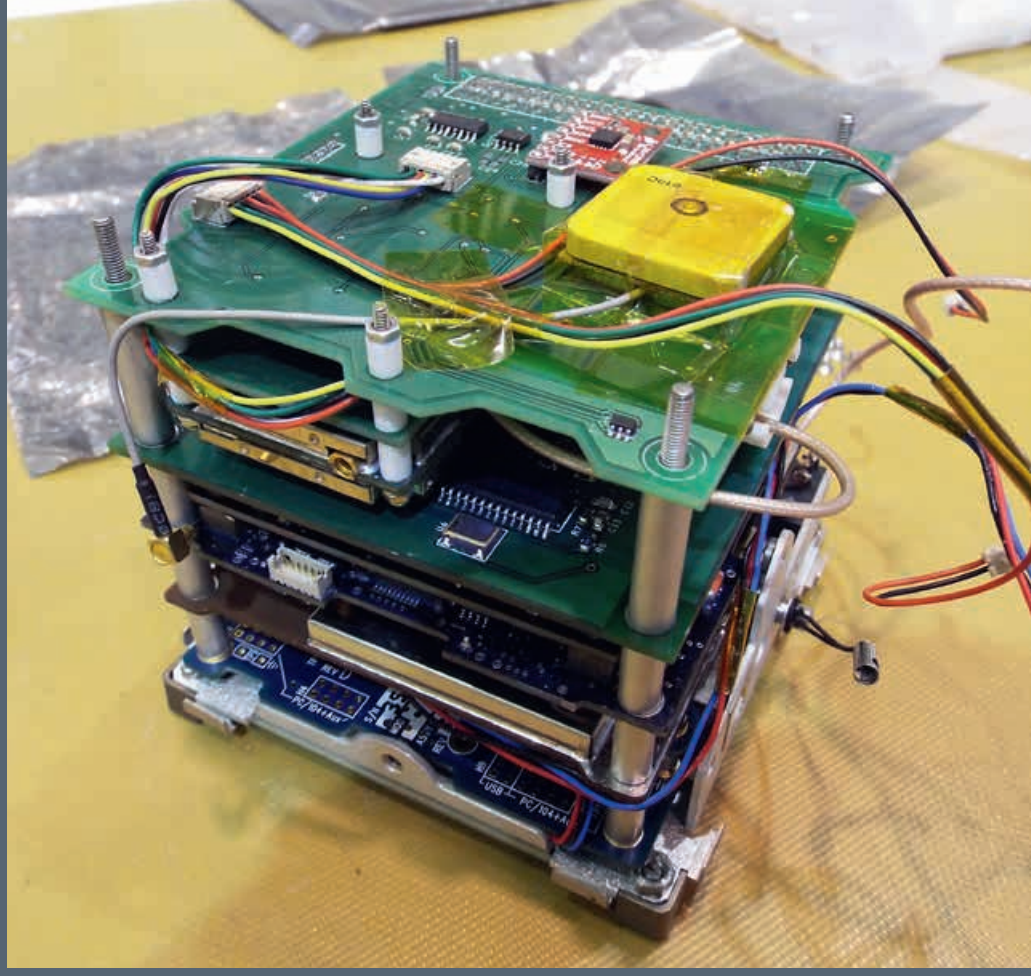
Marcos Orchard Concha
Académico Departamento de Ingeniería Eléctrica FCFM-UChile
Diseño de experimentos para la caracterización de procesos de degradación y desarrollo de algoritmos de supervisión del estado de salud de la batería del satélite en órbitas sucesivas.

Juan Cristóbal Zagal Montealegre
Académico Departamento de Ingeniería Mecánica FCFM-UChile
Supervisión del diseño y fabricación de componentes mecánicos del satélite.
Colaboración en la búsqueda de un lanzador.

Suchai:
Una escuela de capital humano avanzado sin límites

Por Marta Apablaza R.

Suchai I no sólo fue un hito para la ingeniería espacial de nuestro país por ser el primer nanosatélite construido en Chile en órbita, sino también por formar -humana y profesionalmente- a estudiantes e investigadores en ingeniería aeroespacial con una mentalidad sin límites.



Durante 2017 se concretó un hito en la historia espacial de nuestro país. De la mano de jóvenes estudiantes, investigadores y académicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile se puso en órbita el primer nanosatélite construido en Chile.

Todos los días, y a una altura aproximada de 505 km, Suchai I envía datos a un grupo multidisciplinario de ingenieros y estudiantes de pre y postgrado del Laboratorio de Exploración Espacial y Planetaria (LEEP).

Este laboratorio está conformado por investigadores que crecieron humana y profesionalmente al alero de este proyecto y que cultivaron una nueva mentalidad: "No es tarea fácil poner en órbita un satélite. Suchai también representa la convicción de que en nuestro país es posible crear tecnología espacial y realizar investigación espacial de alto nivel con los recursos de un pais pequeño", cuenta Marcos Díaz, académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la FCFM y responsable del LEEP.

La Escuela Suchai

Diseñar, construir, lanzar y operar un nanosatélite como Suchai I requiere de varios profesionales especializados en áreas como la ingeniería eléctrica, mecánica, entre otros. Si bien la construcción de esta tecnología perseguía un objetivo científico, a lo largo del proceso de siete años, se formaron los primeros profesionales en ingeniería aeroespacial de la FCFM.

La gran mayoría de sus integrantes llegó al proyecto por curiosidad o casualidad. Poco a poco, esa curiosidad se convirtió en compromiso, el compromiso en amor y determinación, y la determinación en talentos y habilidades que dieron un carácter único a esta iniciativa.

Noches enteras en vela, compromiso, ansiedad, ojeras, persistencia, mucho café, compañerismo y una nueva mentalidad también viajaron al espacio cuando, luego de siete años, Suchai I se puso en órbita.

Uno de ellos es Carlos González, ingeniero civil eléctrico de la FCFM, quien es parte del equipo del Suchai desde sus orígenes en 2011. Guiado por su curiosidad y con ganas de poner en práctica la teoría enseñada en la sala de clases llegó al laboratorio como estudiante de cuarto año de ingeniería.

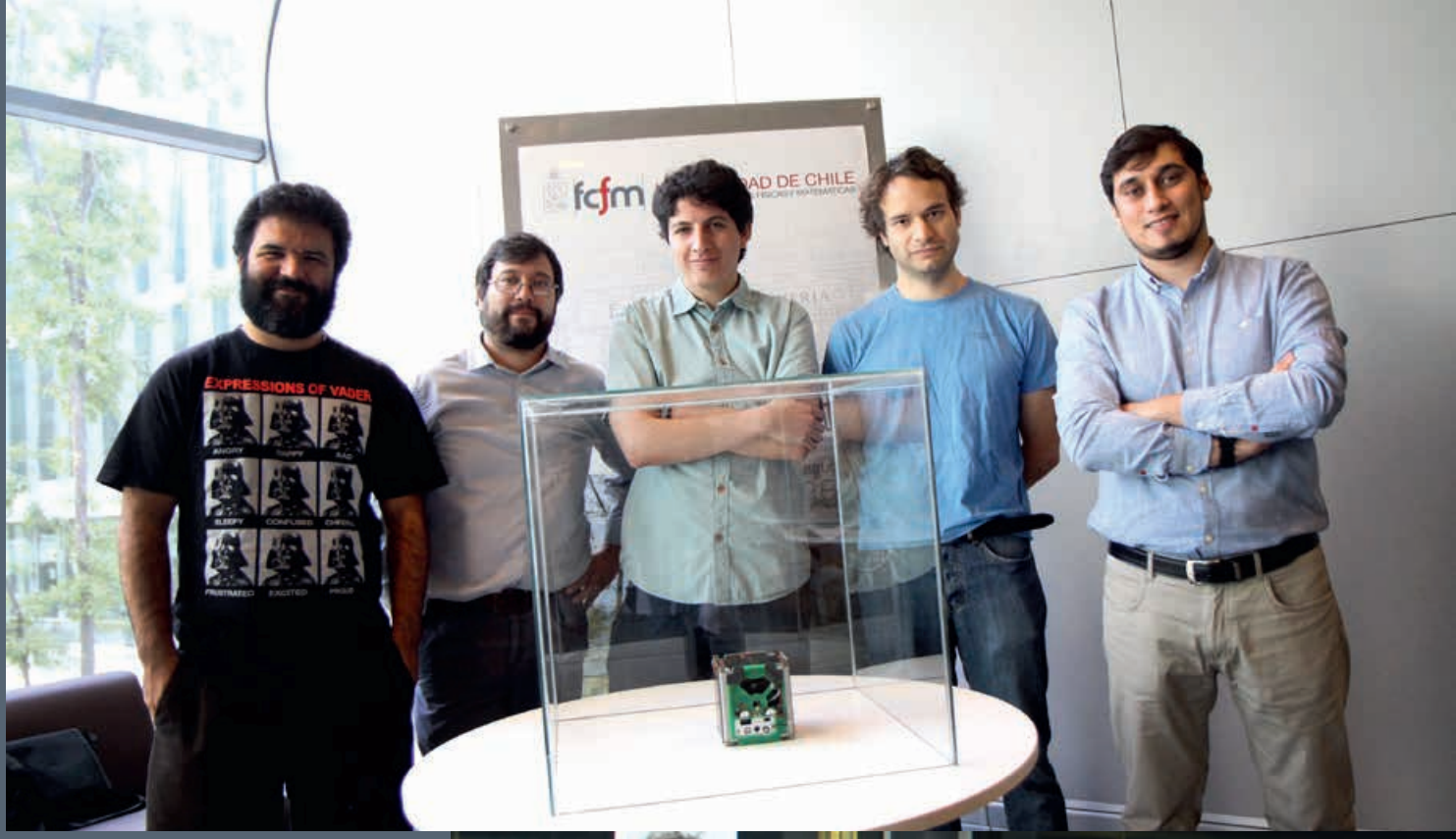
Siete años después, está realizando su doctorado en Ingeniería Eléctrica en la FCFM.

Cuenta que ser parte del equipo de Suchai significó aprender por sí mismo, pues el desafío de crear un satélite era un objetivo nunca antes realizado en Chile. "Sucedió que todos en el grupo -incluido el investigador principal, Marcos Díaz- creimos que era posible y nos embarcamos en esta tarea", indica.

El proceso –relata- involucró aspectos técnicos como aprender a programar un software complejo y robusto en un dispositivo relativamente limitado como es un micro controlador, y aspectos personales que como fortalecer el trabajo en equipo y la planificación de tiempos. "Aprendimos a trabajar con gente de diferentes especialidades. Tuvimos que fortalecer fuertemente nuestras habilidades profesionales, especialmente el de la autogestión", explica Carlos.

"Para realizar un proyecto que tiene objetivos tan grandes y tan a largo plazo es necesario el trabajo colaborativo, integrar lo que hago con lo que hacen mis compañeros. Fue un gran desafío", agrega.

Después de varios años de trabajo, Carlos afirma que Suchai se convirtió en la base de cómo es hoy como profesional. "Siempre



digo que mi formación de ingeniero eléctrico estuvo en la sala de clases. Pero incluso más importante fue participar durante muchos años en este proyecto de largo plazo", sentencia.

Tal fue el impacto del Suchai I en su vida profesional, que al salir de la universidad notó que las personas valoraban su manera de trabajar, forjada bajo el alero del proyecto.

Por su parte, Javier Rojas -ingeniero eléctrico de la FCFM- llegó al proyecto buscando una práctica de verano. En ese entonces tenía en mente desarrollarse en el área de las telecomunicaciones. Con el tiempo, su paso por el laboratorio desembocó en la escritura de su memoria para titularse como ingeniero eléctrico. "Ejecuté un prototipo de una estación terrena con el objetivo de captar las señales de los satélites", explica. Ya titulado y trabajando a tiempo completo en el proyecto, está abocado al diseño de antenas y de protocolo de comunicación de Suchai II y III.

Según sus palabras, el aprendizaje más importante en este proyecto fue vivenciar que el fracaso es parte del proceso.

"Las cosas que se hacen en el laboratorio no salen a la primera. Es un trabajo de harta constancia, casi de obsesionarse con lo que uno quiere resolver para poder conseguir el objetivo", relata Javier. Característica que Marcos Díaz, líder del proyecto realza: "La creación de capital humano es vital para nosotros como proyecto y universidad. La construcción del Suchai nos permitió obtener una experiencia en el ambito cientifico/tecnologico pero, aún más importante, nos permitió desarrollar

tolerancia y compromiso para ir por problemas complejos que pueden traer grandes beneficios a las personas".

Otro aspecto sobre la formación de capital humano que destaca Díaz es la formación de ingenieros líderes en el área de ingeniería espacial que puedan ser capaces de expandir el área en Chile.

Sin embargo, el aspecto más importante para él, implica que Suchai I cambió la mentalidad de las personas que trabajaron en el proyecto.

"Una de las grandes ganancias del proyecto Suchai I fue que las personas que participaron en él superaron sus límites y ahora creen que pueden ir por más. Confian en sus capacidades y que realmente pueden hacer la diferencia no solo a nivel pais sino que a nivel mundial", comenta el académico.

"Esto no es menor en un país como Chile que es muy cauto. Era relevante para nosotros hacer ese cambio cultural en nuestros alumnos. Y sentimos que hasta cierto punto lo logramos", agrega.

Los primeros resultados ya se vislumbran. Un grupo de ingenieros que participaron en el proyecto Suchai I crearon el *spin off* "Aurora Space". Este emprendimiento tiene como *core business* a las comunicaciones satelitales y apunta al mercado regional.

Asimismo, el equipo que lanzó el primer nanosatélite chileno al espacio ya está concentrado y dedicado en la construcción del Suchai II y III, listos para seguir rompiendo esquemas y enfrentando desafíos sin límites.

Los próximos desafíos del programa espacial de la U. de Chile

SUCHAI II Y III

Por Andrea Dávalos O.

La puesta en órbita del Suchai I pavimentó el camino para crear un programa espacial más robusto. Es así que surgió la idea de construir dos nuevos nanosatélites, uno gracias a un proyecto Fondecyt y el otro financiado por un proyecto anillo en conjunto con la Facultad de Ciencias de la Casa de Bello y con el Departamento de Física de la Universidad de Santiago de Chile.

Con la misma base del equipo de estudiantes y académicos de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile que construyó el primer nanosatélite del país, Suchai II y III serán la continuación del trabajo realizado en la primera versión. Encabezados por el académico del Departamento de Ingeniería Eléctrica (DIE), Marcos Díaz, los proyectos traerán consigo mayores desafíos con innovaciones en los experimentos y desarrollos en el área de la tecnología aeroespacial.

Ambos satélites ya están en proceso de construcción, y aunque aún no tienen financiamiento asignado para el lanzamiento, el propósito es tener a ambos Suchai en órbita a fines de 2019.

A continuación, algunas de las innovaciones y experimentos que llevarán las dos nuevas versiones del nanosatélite:

Estructura

Una de las principales diferencias que tendrán Suchai II y III de su predecesor es su tamaño. Ambos satélites contarán con un volumen tres veces mayor a la primera versión. Cada uno medirá 10x10x30 cm con un peso aproximado de 3 kg. "Esto nos permitirá tener más energía, porque los paneles solares van a ser más extensos. Podemos poner baterías más grandes, con un mejor almacenaje de este recurso, lo que nos permitirá desarrollar y transportar experimentos e instrumentos más sofisticados que los que lleva el Suchai I, imponiéndonos mayores desafios tecnologicos", explica Marcos Díaz.

Las áreas críticas para el éxito de estos experimentos científicos son la comunicaciones y la estimación y control de posición del satélite. Por está razón, los nuevos Suchai contarán con cuatro aletas desplegables en la parte inferior del satélite en las cuales estarán insertos arreglos de antenas en frecuencia cercana a los 2.4 GHz. "Además, la radiocomunicación será mas flexible, aprovechando la nueva tecnología de radios definidas por *software,* lo que permitirá probar modelos de comunicación más modernos. En esto, colaboramos con el académico del DIE, César Azurdia. Por otro lado, le daremos control de orientación a los satélites, tanto para facilitar las comunicaciones como para sofisticar los experimentos", explica Díaz.

En tanto, el académico del Departamento de Ciencias de la Computación, Alexandre Bergel, colabora en la creación del *software* de vuelo de los satélites.

Experimentos científicos

La instrumentación para física espacial es la que ha motivado las misiones del Suchai II y III, generando una alianza estratégica con la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile y el Departamento de Física de la Universidad de Santiago. Uno de los instrumentos clave es la sonda de Langmuir que mide la densidad de electrones en el plasma ionosférico y que fue incluido en el primer nanosatélite. "Nuestra idea es que este instrumento sea más simple y sofisticado a la vez. A diferencia del Suchai I, la sonda de Langmuir ya no se despliega. Ahora serán de parche y estarán adheridos a la pared del satélite, lo que mecánicamente es más simple, pero con más desafíos en términos de poder estimar las propiedades del plasma", señala el académico. Este instrumento se está trabajando en colaboración con Embry-Riddle Aeronautical University, Estados Unidos.

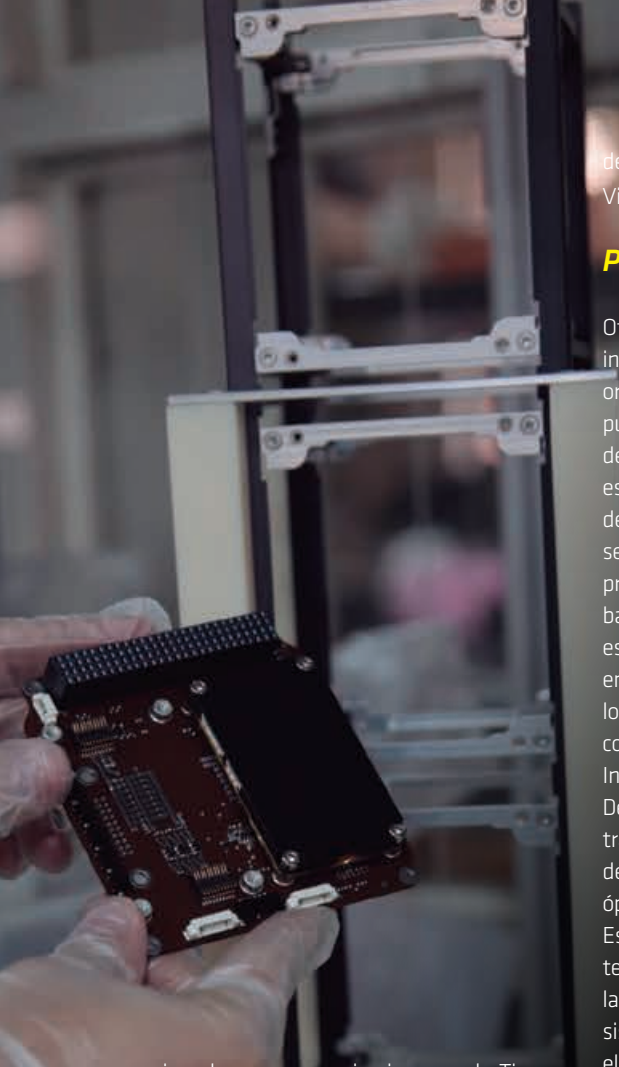
"Por otro lado, los magnetómetros son muy relevantes para el estudio espacial y con el apoyo de NASA en las calibraciones de estos sensores, se está desarrollando un diseño de magnetómetro factible de llevar en nanosatélites. También incorporaremos receptores GPS de dos frecuencias, lo que permite hacer mediciones de contenido total de electrones o TEC. Y dejaremos salir de dos a cuatro femtosatélites en el espacio para medir de forma más distribuida la evolución del campo magnético durante alguna tormenta geo-magnética", explica Díaz, y agrega que "combinando estas cuatro mediciones se puede inferir de la dinámica de las capas de la alta atmósfera y de su conexión con la actividad solar".

El diseño de las misiones y experimentos están siendo trabajados en conjunto con los académicos del Departamento de Física de la Facultad de Ciencias, Juan Alejandro Valdivia, Víctor Muñoz y Pablo Moya; y la académica de Física de la USACH, Marina Stepanova, quien es la investigadora a cargo de la red de magnetómetros SAMBA en Chile. "La magnetósfera y la ionósfera pueden ser claves para muchos de los desarrollos que se desean implementar a futuro. Por ejemplo, los vehículos autónomos podrían basarse en datos de GPS para ubicarse, pero la ionósfera afecta fuertemente la precisión de estas mediciones; o cuando hablamos de barcos, aviones o incluso camiones, monitorear la ionósfera parece un desafío no menor. Es dificil imaginar que sensaremos y monitorearemos las zonas sobre el océano (u otras zonas de difícil acceso como los polos) de otra forma que no sea desde el espacio y con sensores (satélites) distribuidos. Cómo bajar los datos de estos instrumentos es lo que gatilló el uso de nuevos sistemas para la comunicación. También impuso algunas necesidades en la estimación de orientación y del control que debíamos darle al vehículo".

Asimismo, los experimentos relacionados con los efectos de la microgravedad y materiales en ambiente hostil que se realizaron para el Suchai I continuarán a cargo de los academicos Claudio Falcón del Departamento de Física y Juan Cristóbal Zagal del Departamento de Ingeniería Mecánica, ambos de la FCFM.

Arreglo de antenas

Los desafíos científicos han motivado el uso de tecnología más avanzada, particularmente en comunicaciones. Es así que otra innovación será el sistema de comunicación que transporte cada aparato. Suchai I lleva consigo un sistema de comunicación basada en una antena dipolo en 437 MHz, que debió ser desplegada en el espacio por su tamaño. Este enlace da una tasa de datos de 2.4 kbps. "Para las nuevas versiones estamos desarrollando otro sistema de comunicación en base a arreglos de antenas, es decir, muchas antenas pero, esta vez, de parche –similares a las usadas en los celulares-, las que irán en una estructura desplegable (aletas) en el satélite. Así podremos coordinar las señales del arreglo, generando un haz más fino, el que podrá moverse electrónicamente. Esto permite que con la misma energía se pueda tener un mejor enlace de datos en comparación a un sistema que radia en muchas direcciones, como sucede en el Suchai I", señala Díaz. El sistema de antenas de fase (*phased array*) servirá, por



ejemplo, para comunicaciones en la Tierra o en el envío de datos o energía entre satélites.

"Este desarrollo esta basado en soluciones ya implementadas en el Laboratorio de ondas milimétricas de la Facultad por los académicos Ricardo Finger de Astronomía y Nicolas Reyes de Ingeniería Eléctrica. El profesor Finger ha desarrollado un sitema portable que estamos trabajando para adaptarlo como el sistema de comunicación que irá en los satélites. Asimismo, el profesor Reyes ha desarrollado un sistema de antenas de fase de mayor tamaño pero basado en FPGAs, lo que podría ser usado en el segmento tierra del sistema de comunicación. Con esto, lo que estamos probando es si es factible adaptar estos sistemas tanto en términos energéticos como de tamaño. Si es así, esto sería una innovación, ya que si bien se está haciendo comunicación con los nanosatélites a estas frecuencias, no es con esta tecnología", agrega. Este trabajo traerá consigo varios desafíos, entre ellos analizar la robustez del sistema de despliegue de las aletas –donde estarán adheridas las antenas de fase- a las vibraciones, ya que éste no debe desplegarse durante el lanzamiento. Esto se está trabajando con la académica del Departamento de Ingeniería Mecánica, Viviana Meruane.

Posicionamiento del satélite

Otra de las diferencias con Suchai I será la incorporación de un sistema de control de orientación en ambos satélites, con el cual se puede estimar y cambiar la dirección y posición de los aparatos. "Una de las tecnologías que estamos probando incluir son los sistemas de micro-propulsión o *thruster*, con los que se puede posicionar al satélite. Tenemos un prototipo de propulsor que es conceptual basado en el concepto de electro spray, y estamos trabajando para ver si es posible empaquetarlo para ser usado en el espacio, lo que se está desarrollando en cooperación con los académicos Juan Cristobal Zagal de Ingeniería Mecánica y Claudio Falcón del Departamento de Física. Además, estamos trabajando con el investigador Cristian Pavez, de la CchEN, en la caracterización por medios ópticos del haz expulsado por el propulsor. Esto define el desempeño que éste podría tener", explica el académico del DIE. Una de las pruebas que se quiere realizar con este sistema es un *de-orbiting*, es decir, generar en el espacio un cambio de órbita que aceleraría el proceso de frenado del satélite una vez que éste ya esté cerca de terminar su vida útil.

También se está trabajando con sistemas de posicionamiento mediante ruedas de reacción y sitemas de torque magnético. "La idea es utilizar uno en cada satélite. El torque magnético es un electroimán que trata de alinearse con el campo magnético de la Tierra, generando un torque según la hubicación de la bobina en el satélite. Las rueda de reacción aprovechan la conservación de momento angular para cambiar la posición del vehículo. En general, las ruedas se ocupan para hacer movimientos finos y apuntar a un lugar específico", explica Marcos Díaz, quien agrega que "para esto, además, utilizaremos sensores como los seguidores de estrellas (*star trackers)* que miden la posición de las estrellas a partir de imágenes, captando movimientos sutiles que no detectan otros sensores como los giróscopos o acelerómetros".

Cámara

Suchai II y III también contarán con cámaras cuyos fines serán principalmente para apoyar la estimación del posicionamiento y orientación del satélite, de forma similar a la camara implementada en el Suchai I. "Con las cámaras también probaremos otros experimentos relacionados con el monitoreo de basura espacial, de meteoritos o de otros objetos que puedan estar cerca del satélite. Por ejemplo, está la idea de acoplarse en el espacio con otros satélites, de alinearse o localizarse entre ellos. El uso de la cámara tiene que ver con estos objetivos a largo plazo, no es para mirar a la Tierra y tener una alta resolución de ella, sino para localizarnos, para ubicarnos en el espacio. Aunque eso no descarta tomar imágenes y utilizarlas para otros fines. Este desarrollo está siendo trabajado en colaboración con el académico de Astronomía, César Fuentes", señala Díaz.

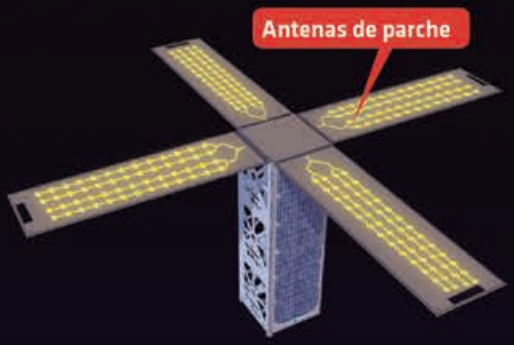
Batería

En cuanto a las investigaciones vinculadas a la batería, las líneas seguirán en el trabajo de modelos en predicción y optimización de su uso en el espacio. "Esta línea está siendo trabajada en colaboración con el académico del DIE, Marcos Orchard. En el Suchai I hemos aprendido bastante, además hay mecanismos que se han ido aprendiendo y que funcionan en tierra como el monitoreo del estado de salud de las baterías de forma independiente de sus estado de carga, lo que implica que se puede monitorear frecuentemente y sin mayor estrés para la batería, mejorando la capacidad de predicción del estado de salud de ésta no sólo para ver el fin de su vida, sino tambien para optimizar la operación del satélite para extender su vida. La pregunta es si esos modelos son iguales en el espacio y si es posible hacer sistemas de monitoreo lo menos invasivo posible, que corten en menor tiempo posible la operación del satélite. Ahí hay una veta muy fuerte que estamos desarrollando y eso ya está teniendo resultados preliminares, ya que el Suchai I lleva experimentos de esa índole. Por otro lado, los laboratorios de la Facultad se han potenciado con equipamiento que puede simular condiciones ambientales que permite evaluar el desempeño de las baterías antes de ir al espacio, lo que puede acelerar los resultados.", expresa.

Enlace relacionado:
http://uchile.cl/i133697

Características de los nuevos nanosatélites

Los Suchai II y III son vehículos estructuralmente idénticos. Ambos portarán instrumentos y experimentos -algunos iguales y otros distintos- que complementarán lo ya trabajado en la primera versión.

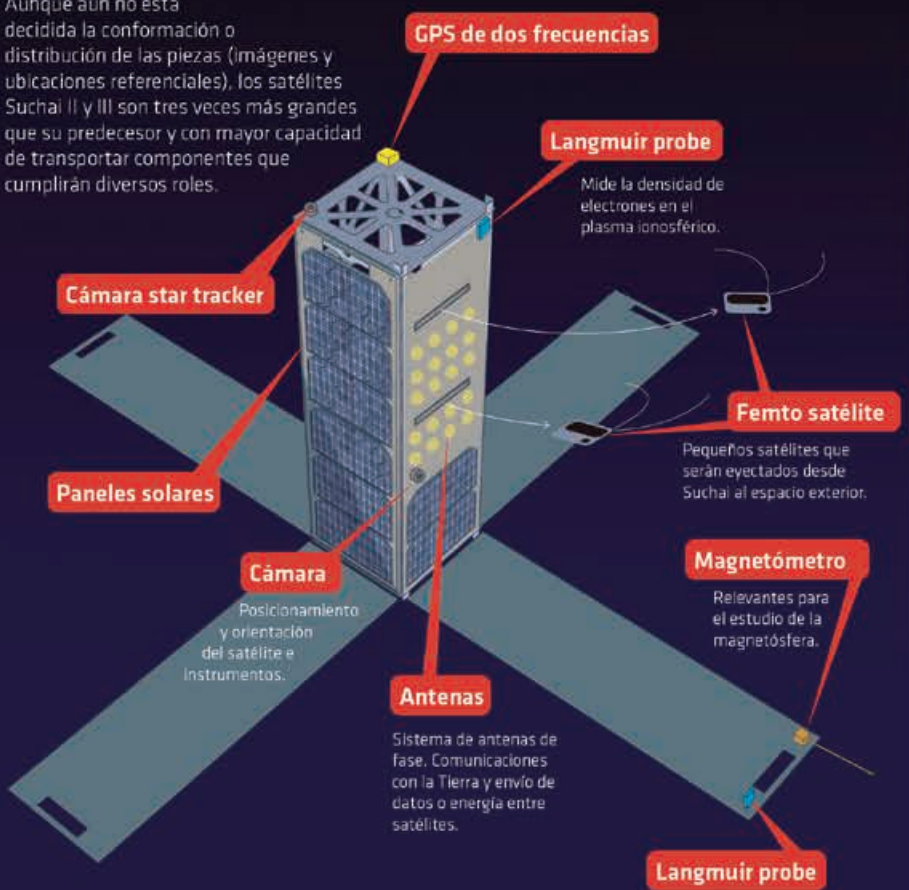


Arreglo de antenas de parche

El arreglo de antenas permite que el haz de comunicación sea más angosto, similar al funcionamiento del radiotelescopio Alma, en el Norte de Chile. Al hacerlo más angosto permite una mejor comunicación. El proyecto busca implementar movimiento electrónico en el haz para poder focalizar las comunicaciones.

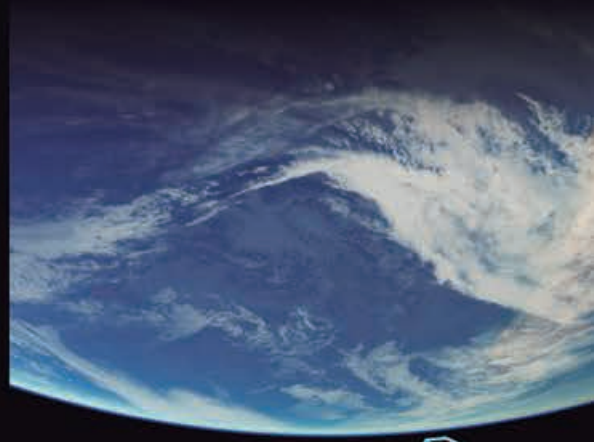
Componentes

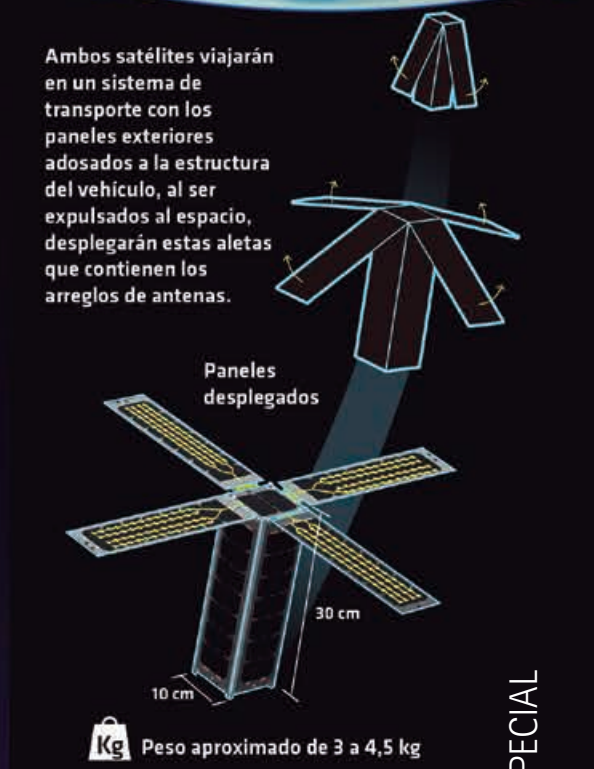
Aunque aún no está decidida la conformación o distribución de las piezas (imágenes y ubicaciones referenciales), los satélites Suchai II y III son tres veces más grandes que su predecesor y con mayor capacidad de transportar componentes que cumplirán diversos roles.



FUENTE: FCFM-UCH

Infografía: GRFK

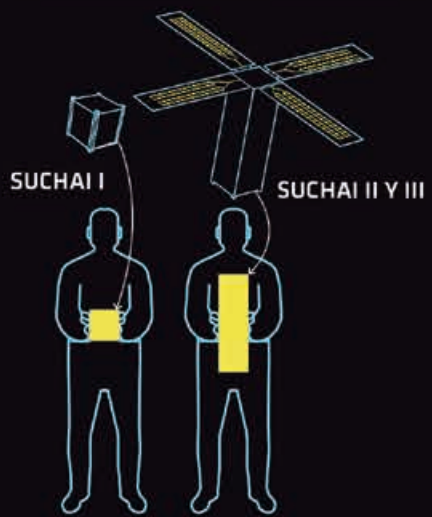




Peso aproximado de 3 a 4,5 kg

SUCHAI I vs SUCHAI II Y III

Una de las principales diferencias que tendrán Suchai II y III de su predecesor es su tamaño.



El mayor tamaño de Suchai II y III permitirá desarrollar y transportar experimentos e instrumentos más sofisticados, además de tener más energía por la mayor área de paneles solares.

TRABAJO COLABORATIVO CON OTRAS INSTITUCIONES

VÍNCULOS PARA EXPLORAR EL ESPACIO

Por Andrea Dávalos O.

Fue por una situación fortuita que el profesor de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Marcos Díaz, conociera a la académica de la Universidad de Santiago de Chile, Marina Stepanova; y una consecuencia de esto que le presentaran al académico de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile, Juan Alejandro Valdivia. Todo esto confluyó en dos proyectos que continuarán el trabajo realizado en el primer nanosatélite chileno: la construcción de dos nuevas versiones, además de robustecer un programa espacial entre distintas instituciones.

Suchai II y III no sólo serán los sucesores de un proceso que se viene gestando desde 2010 en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM), también es una muestra de la convergencia de distintas unidades que buscan potenciar la investigación de la ciencia espacial en nuestro país.

"Este tipo de colaboraciones es fundamental. La ciencia en Chile está centrada en las universidades, y el grupo de científicos que trabaja en un campo similar es pequeño si se compara con otros países más grandes. Por eso, tener una fuerte cooperación nacional e internacional permite que podamos abordar los problemas más grandes y complejos, que nuestros estudiantes tengan contacto con más científicos de primer nivel, que podamos ahorrar recursos y usarlos de manera eficiente, que podamos hacer una mejor vinculación con el medio e involucrar a la sociedad directamente en la investigación. Todo esto, a lo largo, se transforma en un beneficio para el país", señala Marina Stepanova, académica del Departamento de Física de la Universidad de Santiago (Usach), quien participa en el proyecto Fondecyt Cubsat platform for space and technology research, adjudicado el 2015 por el profesor del Departamento de Ingeniería Eléctrica de la FCFM, Marcos Díaz, el cual financia un estudio tecnológico para los nuevos nanosatélites.

La Prof. Stepanova se especializa en física de plasmas espaciales, y fueron sus trabajos con la magnetósfera y la ionósfera lo que produjo el acercamiento con la FCFM. "Cuando postulamos a este Fondecyt, lo principal era consolidar la idea de tener una colaboración más formal entre nosotros. Porque desde hace un tiempo ya veníamos generando semillas en términos de mediciones del campo magnético y de medición en el plasma ionosférico", indica Marcos Díaz, quien explica que "Marina pudo abrir una veta dentro del proyecto mediante algunos instrumentos como la red de magnetómetros que ella tiene en Chile. La idea es desarrollar versiones más baratas y de menor tamaño de esos magnetómetros, que se puedan instalar en tierra, pero que también puedan ser usados en el Suchai II; ese es el nexo".

En ese sentido, la académica de la Usach no sólo colabora en la creación de la instrumentación, también utilizará los

datos que se envíen desde el nanosatélite una vez en órbita. "Soy experta en análisis de datos satelitales, y mi función será analizar la información que se obtenga de la sonda de Langmuir y de los magnetómetros. Por otro lado, también asesoro a los científicos que desarrollan la instrumentación con el objetivo de orientarlos en las características que deseablemente deben tener estos aparatos", explica la investigadora.

Asimismo, Marcos Díaz también colabora en un proyecto Fondecyt adjudicado el 2016 a la Prof. Stepanova, el cual se centra en el estudio de procesos en equilibrio y fuera de equilibrio en plasmas espaciales y en el estudio de la interacción entre el viento solar, magnetósfera y la ionósfera.

Un programa que se consolida

El trabajo con la Facultad de Ciencias de la Universidad de Chile comenzó gracias al nexo de la Prof. Stepanova y el académico del Departamento de Física de esa unidad, Juan Alejandro Valdivia, quien también se especializa en física del plasma espacial y en astrofísica. "Marina y Alejandro habían estado trabajando desde hace tiempo en el área de plasma y les pareció atractivo meterse en esta idea de los nanosatélites y obtener datos propios", indica Marcos Díaz. Fue así que en 2014 se adjudicaron el proyecto anillo de investigación en ciencia y tecnología del Programa de Investigación Asociativa (PIA) de Conicyt: Procesos fundamentales en física de plasmas espaciales, combinando instrumentación, observaciones, teoría y simulaciones, a cargo del Prof. Valdivia.

"Este es un proyecto colaborativo de científicos e ingenieros que trabajan en ciencia espacial, involucrando a varias universidades y centros nacionales e internacionales, con el objetivo de estudiar la dinámica del sistema viento solar-magnetósfera-ionósfera, el cual es un sistema muy complejo, dinámico y turbulento", explica Juan Alejandro Valdivia, quien agrega que "la idea fue utilizar recursos únicos disponibles en teoría, simulaciones, modelamiento y análisis de datos para entender este sistema, y construir pronósticos robustos del clima espacial, uno de los temas de mayor relevancia para la NASA y el mundo en general".

De esta manera, unir la ciencias espacial, la instrumentación y la tecnología al proyecto fue el paso para confluir la mirada que ambas facultades –junto a otras instituciones colaboradoras como la Usach y la Universidad de Concepción, entre otras- tenían para generar un programa espacial. "Aunque tenemos una reputación científica a nivel mundial en el desarrollo de teoría, simulaciones, modelamiento y análisis de datos en física espacial, un país como Chile tiene que apostar por el desarrollo de instrumentación espacial para ser un participante global en el tema. La idea siempre fue establecer un modelo de trabajo en que los científicos colaboráramos desde un comienzo con los ingenieros en el desarrollo de esta instrumentación para realizar mediciones científicas específicas y que produjeran ciencia de primer nivel", señala el Prof. Valdivia.

En esa línea, el Prof. Díaz, quien también participa en el área de simulación para plasma del proyecto, comenta que "nuestra idea en el anillo es consolidar una veta -desde una perspectiva de un programa espacial- para instrumentos tanto en tierra como en el espacio. En esta parte están los satélites, de los cuales soy el responsable y los académicos de la Facultad de Ciencias son quienes apoyan en muchos de los requerimientos científicos tanto de las misiones como de los instrumentos. Esto nos ha llevado a una constante conversación para llegar a un consenso entre lo que se desea idealmente y lo que es factible de hacer, dado el estado tecnológico y el presupuesto, siempre buscando desarrollos entretenidos desde una perspectiva científica y que tengan un grado de novedad que nos permita generar nuevo conocimiento".

LABORATORIO DE EXPLORACIÓN ESPACIAL Y PLANETARIA

INSTRUMENTACIÓN INNOVADORA PARA LAS GEOCIENCIAS

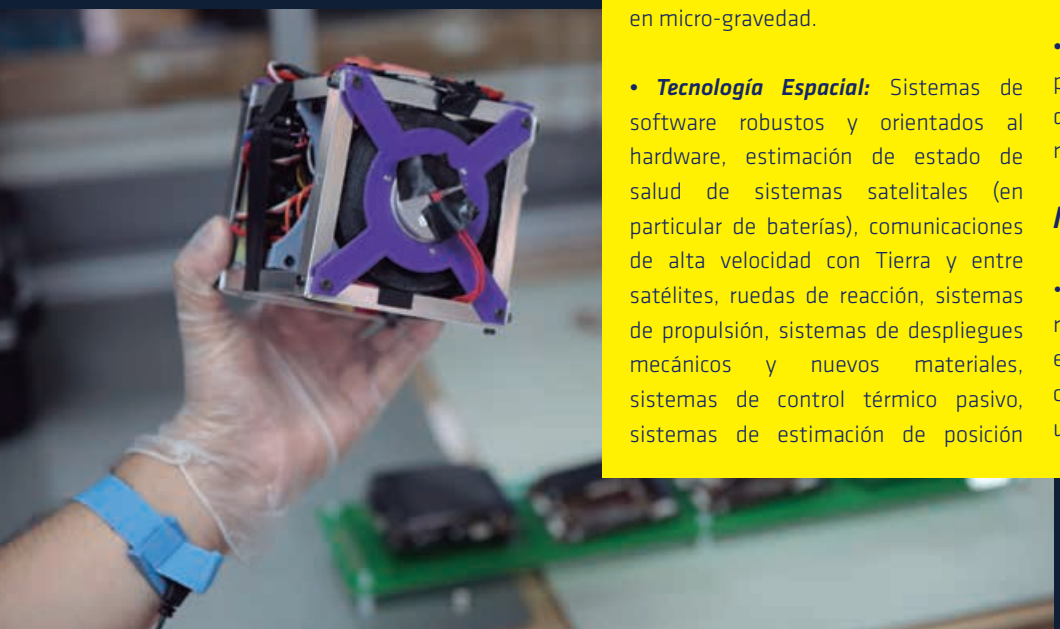
Por Andrea Dávalos O.

Generar nuevos conocimientos con recursos limitados es el principio con el que se trabaja en el Laboratorio de exploración espacial y planetaria (LEEP) de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas (FCFM) de la Universidad de Chile. Ahí se diseñaron y construyeron los diferentes componentes tecnológicos y científicos que fueron parte del Suchai I. Pero sus líneas de investigación no sólo están ligadas a la exploración espacial; otras áreas vieron en este lugar una oportunidad de desarrollo.

Con la puesta en marcha del proyecto Suchai no sólo se requirió más capital humano, sino también un lugar que los albergara. Junto a otros dos proyectos que iban en una dirección similar –la construcción de una radiosonda y sensores para un avión autónomo, ambos proyectos relacionados con Departamento de Geofísica de la FCFM- nació en 2011 el Laboratorio de exploración espacial y planetaria (Space and Planetary Exploration Laboratory, SPEL), ubicado en el edificio de Electrotecnologías, con el objetivo de llevar a cabo investigación y desarrollo en instrumentación relacionados a la astronomía pero transferidos a áreas de la geociencia, en particular, ligadas a la exploración espacial.

"Nuestra idea es ser capaces de realizar ciencia espacial –que es parte de la geociencia- de alto nivel, usando nuestros limitados recursos de manera inteligente. Queremos ver cómo podemos contribuir a la comunidad en ciertos ámbitos relevantes con los pocos recursos que tenemos en Chile, porque creemos que la instrumentación y la tecnología en nuestro país se deben y se pueden hacer de otra forma" , indica el encargado del LEEP, Marcos Díaz.

Asimismo, agrega que "en este mundo ávido de información, el mirar y repensar los instrumentos puede ser una oportunidad para países emergentes. Los instrumentos han seguido una línea histórica de sofisticación, a un alto costo. Esto se asemeja a lo que se vivió con los computadores. En un comienzo, se pensaban como supercomputadores, pero nacieron otros dispositivos personales que no se estaba seguro de quién los usaría, y con el tiempo hemos evolucionado a dispositivos aún más pequeños y portables que combinados con supercomputadores -la nube-, forman una arquitectura mucho más compleja y potente. Así, la apuesta es complementar, con mediciones más simples y baratas, las mediciones de instrumentos más sofisticados y de mayor costo. Este complemento puede ofrecer información relevante no sólo dónde o cómo sacarle más provecho al instrumento sofisticado, sino que también podría apoyar el estudio de la dinámica de los fenómenos. Es muy distinto estudiar el fenómeno en tres o cuatro puntos diferentes que estudiarlos en 100 o 1000.



Pero para esto el sistema instrumental debe ser de órdenes de magnitud más simples y baratos, sin sacrificar demasiado el desempeño."

El laboratorio es parte del grupo de instrumentación radio astronómica (RAIG) de la Universidad de Chile, y cuenta con equipos para la fabricación y medición electrónica. Desde 2016 posee un conjunto de instrumentos que permite evaluar el desempeño de sistemas satelitales en ambientes similares al espacio. Parte de estos equipos son: una cámara de termovacío -obtenida por un proyecto Fondequip- que permite simular condiciones del espacio y probar la resiliencia de las nuevas tecnologías desarrolladas en ambiente espacial; un sistema que simula la ausencia de roce (Spherical Air Bearing) para pruebas del sistema de control de orientación de los satélites; y una jaula de Helmholtz que simula el campo magnético de la Tierra, también para probar sistemas de control basado en el campo magnético de la Tierra denominados magneto-torques. A eso, además, se suma la instrumentación de los otros laboratorios de la Facultad que pertenecen al RAIG como el Laboratorio de ondas milimétricas, de los departamentos de Astronomía e Ingeniería Eléctrica (DIE), y el Laboratorio de óptica también alojado en esta última unidad. De igual modo, el LEEP ha aprovechado instalaciones del DIE para el estudio de baterías, del FabLab para los sistemas mecánicos de los proyectos, además de otras instalaciones del Departamento de Física (cámaras de vacío) y del Departamento de Ingeniería Mecánica (vibraciones).

Contacto:
mdiazq@ing.uchile.cl

INVESTIGACIONES QUE SE HAN REALIZADO EN EL LEEP

Ciencias Espaciales

• ***Misiones espaciales:*** Estudios de la conexión sol-viento solar-magnetósfera-ionósfera con mediciones multipunto.

• ***Instrumentación Espacial:*** Sensores de plasma, detectores de partículas, magnetómetros, receptores GPS de múltiples frecuencias, receptores de radiofrecuencias (radioastronomía, radares pasivos), sistemas granulares para pruebas en micro-gravedad.

• ***Tecnología Espacial:*** Sistemas de software robustos y orientados al hardware, estimación de estado de salud de sistemas satelitales (en particular de baterías), comunicaciones de alta velocidad con Tierra y entre satélites, ruedas de reacción, sistemas de propulsión, sistemas de despliegues mecánicos y nuevos materiales, sistemas de control térmico pasivo, sistemas de estimación de posición ópticos (seguidor de estrellas), sistemas de localización para formación de vuelo (radares, cámaras, enlaces de radio), femtosatélites para redes de sensores, y plataformas de globo de gran altura para pruebas y astronomía.

Instrumentación Geofísica

• ***Atmósfera:*** Sistema de globo recuperable, fotómetro solar, y radar lluvia y nubes.

• ***Sismología:*** Estaciones sismológicas y procesamiento de señales para técnicas de tomografía sísmica y tomografía de ruido.

Medicina

• Electrodos implantables para radiofrecuencia pulsada. Este sistema es relevante en el tratamiento del dolor crónico y Parkinson. Telemedicina usando nanosatélites.