

Lunes 16 de febrero de 2015 | Publicado en edición impresa

A fondo



cómo se construye el lanzador

r | LA NACION

mail: nbar@lanacion.com.ar | [Ver perfil](#)



Para este año estarían previstos dos o tres lanzamientos más del vehículo experimental, VEx5. Foto: Ministerio de Planificación

Marcos Actis decidió ser ingeniero espacial hace 40 años, cuando estaba terminando la primaria y vivía en Arroyo Dulce, un pueblo de la provincia de Buenos Aires de apenas 3000 habitantes.

"Era un fanático de [Viaje a las Estrellas](#) y soñaba con irme a trabajar a los [Estados Unidos](#) -confiesa mientras camina por el patio de la facultad donde hizo colocar una maqueta del Pulqui, el avión a reacción diseñado y construido en el país a mediados

del siglo XX, el primero en su tipo en fabricarse en América latina y el noveno en el mundo-. Me acuerdo cuando vimos el alunizaje con mi padre. Él había dejado la escuela en 6° grado, era molinero y trabajaba en el campo. Un día le dije que me iba a estudiar a La Plata. Me decidí por la ingeniería aeronáutica porque era la que más se acercaba a la ingeniería espacial. Y acá estoy, viviendo un sueño hecho realidad."

*Un cohete como el Tronador,
diseñado para inyectar satélites de
unos 250 kg en órbitas de baja altura,
a alrededor de 700 km de la superficie
terrestre, puede tener más de 3000
piezas*



Hoy es el decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de La Plata y dirige un equipo de 150 investigadores, docentes, becarios y técnicos que tiene a su cargo la fabricación de seis vehículos experimentales y del Tronador II, el primer lanzador espacial para colocar satélites en órbita que desarrolla íntegramente un país latinoamericano.

No están solos. El ambicioso proyecto liderado por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales agrupa a más de 600 profesionales, contando los 250 que trabajan en la compañía VENG SA, contratista principal, y otros dos centenares en numerosos institutos de investigación del Conicet, como el Centro de Investigaciones Ópticas, el Instituto Argentino de Radioastronomía, las universidades de Buenos Aires, Tecnológica Nacional, la de Córdoba y la de Mar del Plata, el Instituto Universitario Aeronáutico, la Comisión Nacional de Energía Atómica, el Servicio Meteorológico Nacional, el Instituto Balseiro, Invap, Y-TEC (centro de desarrollo de tecnología de YPF) y la Planta Piloto de Ingeniería Química (Plapiqui). También participan pymes encargadas de desarrollar algunas partes específicas.

Como ingeniero, Actis es un veterano en materia espacial. Él y colegas de la UNLP trabajan en proyectos de la Conae desde la época del SAC-B, el satélite argentino de observación astronómica que se lanzó en 1996.



Ingeniero Marcos Actis. "La navegación anda bien, los motores funcionan; ahora es tiempo de construcción.". Foto: Patricio Pidal / AFV

"Participamos en toda la serie SAC -subraya-. De los cinco instrumentos argentinos del SAC-D, cuatro se construyeron en la facultad. Y dos de los más importantes, el radiómetro y la cámara infrarroja, se hicieron en el Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA, de la UNLP). Ahora estamos haciendo allí el centro tecnológico aplicado aeroespacial, que ya fue aprobado por la universidad."

Un cohete como el Tronador, diseñado para inyectar satélites de unos 250 kg en órbitas de baja altura, a alrededor de 700 km de la superficie terrestre, puede tener más de 3000 piezas. En este caso, la idea fue que, salvo excepciones, estuviera íntegramente diseñado y producido en el país. Un desafío mayor si se tiene en cuenta que exige desarrollar materiales delgados, soldaduras de alta calidad e instrumental liviano, todo prácticamente sin disponer de información técnica.

"Muchos creen que la «receta» para hacer un lanzador se baja de Internet y listo -sonríe Actis-, que es fácil encontrarla en papers o trabajos científicos, pero éstos sólo ofrecen información analítica, teórica, no procesos de construcción."

La empresa VENG SA, de Falda del Carmen, Córdoba, está encargada del diseño de los motores de 4000 kg de empuje y el sistema de propulsión



El Tronador está pensado como un vehículo de navegación autónoma, es decir que una vez programado busca su órbita, algo que nunca se había hecho en el país.

Tendrá dos "etapas". La primera es la que lo impulsa algo más de los primeros dos minutos de vuelo hasta que logra vencer la fuerza de gravedad. Ésta llega hasta los 100 km de altura, se desprende y cae al océano. Para eso se emplea el 90% del combustible. Con el 10% restante, la segunda etapa sigue hasta inyectar el satélite en la órbita predeterminada.

"Por ser un vehículo de combustible líquido (a diferencia de un misil, que usa combustible sólido), despegar a muy baja velocidad -explica Actis-. Un misil sale a una aceleración de 7 u 8G [1G es la aceleración que produciría la gravedad en un objeto cualquiera en condiciones ideales] y éste despegar a 1,4 G y se va acelerando: de 800 km

h pasa a 1000, 2000, 3000, 4000. A medida que se va consumiendo el líquido y se aliviana, aumenta la velocidad."

Completo, el Tronador pesará alrededor de 70.000 kilos, de los cuales 63.000 corresponderán al combustible. El vehículo en sí, que medirá algo más de 30 metros de altura por dos metros y medio de diámetro, sólo pesará 7000 kilos.

La empresa VENG SA, de Falda del Carmen, Córdoba, está encargada del diseño de los motores de 4000 kg de empuje y el sistema de propulsión.

"El Tronador II se diseñó para inyectar con alta precisión en órbitas polares cargas útiles livianas para observación de la Tierra. Todos sus motores son de desarrollo local y funcionan con combustibles y oxidantes líquidos en sus dos etapas, también desarrollados localmente -explica el ingeniero Pablo Servidia, responsable del Sistema de Navegación, Guiado y Control, e investigador principal del área de Acceso al Espacio de la Conae-. Los motores con propelentes líquidos se destacan por su alta energía específica, su escalabilidad, la posibilidad de regular fácilmente el tiempo de quemado y, en consecuencia, por lograr la precisión de posicionamiento requerida. Además, para mejorar la confiabilidad de la fase final del vuelo, el motor que se desarrolló para la última etapa utiliza propelentes hipergólicos, es decir que se encienden al simple contacto."

Según explica Servidia, el motor de la primera etapa ya se probó en 2014 y, junto con el de la última etapa, que impulsa la parte superior, se ensayará este año en los vehículos experimentales VEx5. Durante las pruebas tratarán de ajustar el encendido en condiciones de ingravidez y vacío, que son difíciles de replicar en tierra.

Los científicos y tecnólogos que trabajan en el programa Tronador esperan que este esfuerzo también ofrezca beneficios en áreas más terrenales



Este combustible que utilizará el Tronador está en manos de un equipo de Y-TEC. "Es de un tipo que sólo producen tres países: Estados Unidos, China y Rusia", describe Gustavo Bianchi, doctor en Ciencia de los Materiales de la Universidad de Mar del Plata, ex investigador de la Comisión Nacional de Energía Atómica y hoy director del centro de desarrollo tecnológico de YPF.

Se trata de un tipo de kerosene al que se aplica un proceso especial cuyos detalles no se pueden comentar por ser secreto industrial. "Lo desarrollamos nosotros desde cero -asegura Bianchi-. Ya estamos comenzando a construir una planta para producirlo exclusivamente para la Conae." Debido al interés que despiertan estos desarrollos, tanto los investigadores de la UNLP como de grupos que desarrollaron el GPS y otros dispositivos del vehículo, así como empresas privadas que trabajaron sobre las baterías de litio, deben respetar una cláusula de confidencialidad, y no pueden compartir sus hallazgos ni publicarlos en congresos ni revistas científicas.

Es sabido que la exploración espacial dejó como subproducto un sinnúmero de nuevas tecnologías. Es el caso del GPS, el código de barras, los detectores de humo, la pintura anticorrosión, los pañales desechables, nuevos metales aislantes, el Kevlar, el cierre velcro, el termómetro digital, el tubo para la pasta de dientes, los alimentos deshidratados y el microondas.

Los científicos y tecnólogos que trabajan en el programa Tronador esperan que este esfuerzo también ofrezca beneficios en áreas más terrenales. Un ejemplo son los aluminios de alta calidad que se están desarrollando en la UNLP.

"La Argentina exporta aluminio, pero de bajo precio -explica Actis-. El barato se exporta y después compramos aluminio caro. Nuestro aluminio vale unos 2000 dólares la tonelada, pero el que importamos, unos 20.000. Y el espacial, que es el que estamos haciendo en la facultad, alrededor de 200.000. El dato importante es que este último se usa para vehículos espaciales, pero también sirve para la industria automotriz. Es una tecnología de gran valor agregado. Lo mismo ocurre con los sistemas de navegación."

El sensor se compone esencialmente de un metal con un grabado particular



En el Centro de Investigaciones Ópticas del Conicet, Ricardo Duchowicz y Gustavo Torchia lideran dos de los grupos que, junto con el de Mario Garavaglia, desarrollan desde hace más de una década los giróscopos que estarán encargados de monitorear el vuelo del lanzador y sensores que permiten controlar su salud estructural. Los tres grupos están vinculados desde 2009.

"Nuestros giróscopos demostraron una calidad incluso superior a algunos de los modelos comerciales -comenta Duchowicz-. Ya estamos en una etapa madura y la idea es que los dispositivos que diseñamos para el Tronador u otros similares también se puedan vender."

El giróscopo es un sistema interferométrico que detecta una señal cuya frecuencia se corre si uno rota el dispositivo. Mediante el control de una tensión que compensa ese corrimiento se puede determinar el grado de giro que está realizando. Tiene tal precisión que si se lo colocara sobre la mesa frente a la que estamos sentados podría registrar la rotación de la Tierra.

"El que desarrollamos hasta ahora -explica Duchowicz- tiene 500 metros de fibra óptica y un solo eje. En los próximos dos años pensamos compendiarlo en un sistema de tres ejes, lo que permitiría medir cualquier tipo de movimiento, algo fundamental para mantener la estabilidad de un lanzador o de un satélite."

Otros dos equipos están desarrollando sensores de fibras ópticas que permiten controlar temperatura y deformación. "Con estos dispositivos hacemos análisis de la salud estructural del vehículo -dice Gustavo Torchia-. En el espacio, las variaciones de temperatura pueden llegar a los 150 grados, según si el aparato está en la cara iluminada u oscura del planeta. Los sensores están preparados para monitorear desde -10 hasta 150 grados, y es posible desarrollar dispositivos que lleguen a 500 y hasta 1500 grados. Como la fibra óptica es un elemento pasivo, se utiliza una consola con la electrónica y un emisor que ilumina en una banda ancha los distintos tipos de sensores, colocados a lo largo del lanzador. Si algo se calienta o varía su temperatura, se desplaza a mayor longitud de onda. Es decir, lo que medimos son variaciones de la longitud de onda, solamente importan los corrimientos. Ocurre lo mismo si el material se deforma o se estira."

El sensor se compone esencialmente de un metal con un grabado particular que se llama "red de Bragg", para lo cual los científicos desarrollaron una planta de grabado de redes en el propio CIOP.



"En el mercado, grabar cada una de esas redes cuesta 200 dólares -detalla Torchia-. Así, como los testeos tienen que ser destructivos, porque hay que probar cuánto es lo máximo que toleran, podemos disponer de las nuestras sin necesidad de comprarlas." Y más adelante agrega: "La consola se coloca en la parte del vehículo que está refrigerada o con temperatura controlada; en cambio, la línea de sensores puede llegar hasta donde se quiera. Dentro de una fibra se pueden colocar 20 sensores a la vez, que monitorean distintos puntos del sistema. Entonces con un mismo aparato se controlan varios simultáneamente. Después, mediante la telemetría, se conocen perfectamente desde tierra, en tiempo real, la temperatura y la deformación".

Hasta ahora, el lanzador fue sometido a dos pruebas, ambas con la primera etapa, desde la localidad de Pipinas. En la primera, realizada en febrero de 2014, sólo se elevó un par de metros, en lo que se interpretó como un rotundo fracaso. Sin embargo, Actis aclara que para los ingenieros el balance fue ampliamente positivo.

"Hay que tener en cuenta que el vehículo se carga y se activa automáticamente, a distancia. El módulo se elevó apenas dos metros y medio porque falló un enganche, que es algo externo -dice-. Toda la ingeniería y el encendido del vehículo anduvieron bárbaro. Eso permitió hacer las correcciones y ya en el segundo intento sabíamos que todo lo demás andaba bien y lo único que tenía que hacer era desengancharse. Se aprende más de las fallas que de los éxitos. Como decía Wernher von Braun: «Los resultados de una prueba valen por mil opiniones expertas»."

El 14 de agosto del año pasado se realizó otra prueba con resultados ampliamente satisfactorios: "Ascendió hasta 3000 metros de altura; la idea era que llevara poco combustible porque teníamos un radio de acción muy chiquito: estábamos limitados por los ocho km de exclusión que se establecen para prevenir accidentes si algo no funciona -cuenta Actis-. Probamos el sistema de navegación y fue un éxito. Ahora estamos ensayando la segunda etapa, donde viajan todos los sistemas de control para buscar la órbita exacta donde se inyecta el satélite."

Además de promover el desarrollo de nuevas tecnologías que actualmente no se producen en el país, el proyecto también estimula la formación de recursos humanos. "Enviamos docentes y estudiantes a capacitarse afuera -cuenta Actis-: algunos viajaron gracias al plan Becar, otros, a hacer másteres y doctorados en ingeniería aeroespacial... Para medir el impacto que tiene este proyecto, baste con mencionar que la carrera de Ingeniería Aeronáutica solía tener 70 inscriptos y este año tuvo 140."

Se prevé que este año se realicen pruebas con el vehículo experimental VEx5, que ya tiene dos etapas. Según detalla Servidia, esto "implica la evaluación progresiva de una serie de objetivos, como separación de etapas, vuelo controlado, encendido e impulso del motor de la última etapa y del mecanismo de apertura de cofia [donde va alojado el satélite]. Las pruebas se realizarán desde el área cercana a la localidad de Pipinas, al norte de la bahía de Samborombón".

Marcos Actis.

- El decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de La Plata dirige uno de los grupos que, liderados por la Comisión Nacional de Actividades Espaciales, trabajan en el diseño y la construcción de un lanzador satelital autónomo desarrollado íntegramente con tecnología local. Para este año estarían previstos dos o tres lanzamientos más del vehículo experimental, VEx5
-