

PROYECTO SATÉLITE UNIVERSITARIO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA: VIABILIDAD, ÁREAS DE INTERÉS Y MISIONES CONSIDERADAS

Sonia A. Botta* – Marcos D. Actis – David O. Williams Rogers – Frida Alfaro

Centro Tecnológico Aeroespacial, Departamento de Aeronáutica
Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de La Plata
Calle 116 e/ 47 y 48, La Plata (1900), Argentina
* Email: sonia.botta@ing.unlp.edu.ar

RESUMEN

El proyecto Satélite Universitario, encabezado por el Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA), tiene el objetivo de diseñar, construir, ensayar y operar el primer satélite de la Universidad Nacional de La Plata. Habiendo participado en gran parte de las misiones satelitales argentinas a través del Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA), el CTA tiene más de 20 años de experiencia en el área espacial y una infraestructura apta para la construcción y ensayo de satélites. Con la creación de la carrera de Ingeniería Aeroespacial, este proyecto busca darles a los estudiantes la oportunidad de participar en el proceso de desarrollo de sistemas espaciales desde las fases iniciales hasta el lanzamiento, operación y fin de vida. En este trabajo se presentará un resumen del estudio de viabilidad desde las perspectivas de la infraestructura, el desarrollo tecnológico y la experiencia de los profesionales involucrados. Además, se detallan las áreas de interés captadas en la primera convocatoria y las misiones que se consideraron para este primer satélite, como punto de posible colaboración con otras universidades e instituciones.

1.- INTRODUCCIÓN Y PRESENTACIÓN DEL PROYECTO

1.1.- Descripción del proyecto “Satélite Universitario”

El proyecto Satélite Universitario nació a partir de años de experiencia del Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA) y otros grupos de la Universidad Nacional de La Plata (UNLP) en el área espacial. Se creó para reunir en un proyecto propio a los recursos humanos formados y la infraestructura disponible, y para atender a una creciente demanda en esta temática, en parte evidenciada por la creación de la carrera de Ingeniería Aeroespacial en la Facultad de Ingeniería. De esta forma, este proyecto tiene como fin diseñar, fabricar, ensayar y operar el primer satélite de la UNLP.

Se plantea que este proyecto conste de una serie de satélites progresivamente más complejos, pensado para que los desarrollos logrados por

cada misión faciliten la siguiente. Por ejemplo, la primera misión verá el diseño de muchos de los subsistemas y componentes desde cero, como son la estructura, el sistema de potencia, el sistema de determinación y control de actitud, y la computadora de abordaje. La siguiente misión ya podrá contar con estos elementos desarrollados, permitiendo que se enfoque el trabajo en la optimización de componentes y en el diseño de cargas útiles más complejas.

Todos los componentes que se diseñen en el marco de este proyecto serán pensados con una mentalidad de compatibilidad y transferencia. Esta filosofía no solo beneficia al proyecto en sí, generando un flujo de trabajo e historia de vuelo, sino que también permite que estas tecnologías puedan ser potencialmente utilizadas en misiones externas.

Luego de un análisis de viabilidad inicial, se llegó a las siguientes especificaciones básicas para los satélites que se desarrollen:

- Estarán sujetos al estándar CubeSat, de la California Polytechnic State University (Cal Poly) [1]
- Tendrán un volumen menor o igual a 6U (1U = una unidad de CubeSat de 10 cm x 10 cm x 10 cm, aproximadamente)
- Tendrán una masa menor o igual a 10 kg, dependiente del factor de forma [1, 2]
- La misión será compatible con órbitas disponibles en lanzamientos como carga paga secundaria

Estos requerimientos se dan para limitar el costo de lanzamiento y aumentar las oportunidades de poner al satélite en órbita. Por otro lado, se requerirá el uso de componentes comerciales donde sea posible, con el fin de reducir los costos del sistema.

Las misiones de estos satélites se seleccionarán de convocatorias abiertas, a fin de tener una garantía de que éstas serán relevantes a los intereses actuales de la comunidad científico-tecnológica.

1.2.- Contexto tecnológico

Con una masa menor a 10 kg, los satélites de este proyecto estarán en la clasificación de “pequeños satélites” o “SmallSats”. Si bien la definición de SmallSats es amplia, en el contexto universitario se los puede limitar a satélites con un peso inferior a 100 kg. Además, en general, por debajo de los 20 kg, los satélites universitarios se suelen diseñar siguiendo el estándar CubeSat, un tipo de satélite modular con un factor de forma definido.

El estándar CubeSat [1] fue desarrollado por California Polytechnic State University (Cal Poly) y Stanford University en el 1999 y, originalmente, eran utilizados exclusivamente en el área académica. Con el correr de los años, recurriendo al uso de componentes comerciales adaptados, se convierten en tecnologías accesibles, ideales para misiones educativas, de experimentación y/o desarrollo.

Dado su bajo peso (y volumen estandarizado, en el caso de los CubeSats), tienen un costo de lanzamiento significativamente menor al de los satélites tradicionales. Este costo se reduce aún más al considerar lanzamientos como carga paga secundaria, disponible en casi todos los lanzadores.

Por sus ventajas, este tipo de satélites estandarizados han aumentado su popularidad en la última década: entre el 2009 y el 2018 se lanzaron 1364 pequeños satélites, de los cuales, 914 fueron CubeSats. Además, el 31% de estos últimos fueron desarrollados por instituciones académicas [3], mostrando el potencial educativo, científico y de desarrollo tecnológico que tienen estas plataformas.

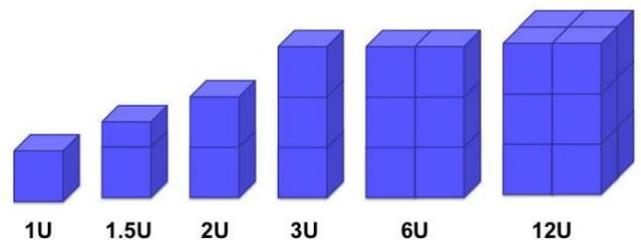


Figura 1. Factores de forma más usuales en CubeSats. También son aquellos cubiertos por la versión más reciente de las especificaciones dadas por CalPoly [1]. Crédito: NASA.

1.3.- Objetivos del proyecto

De forma general, los objetivos del proyecto son los siguientes:

1. Realizar el diseño, construcción, ensayos e integración de satélites pequeños en instalaciones de la universidad.
2. Formar recursos humanos en la universidad con relación a las tecnologías espaciales.
3. Contar con una plataforma de desarrollo y ensayos en vistas de la transferencia de tecnologías espaciales al medio.
4. Abrir una opción de bajo costo para el desarrollo e investigación mediante

tecnologías espaciales en el ámbito científico nacional.

- Fortalecer las relaciones institucionales, fomentando el desarrollo de proyectos interdisciplinarios en la universidad.

1.4.- Cronograma

Este programa consta de una serie de satélites con un tiempo de desarrollo de entre 2 y 3 años cada uno. Los proyectos individuales se comenzarán antes del lanzamiento del satélite anterior, a fin de lograr una cadencia o flujo de trabajo. Con las cinco misiones planteadas inicialmente, y comenzando el diseño preliminar del primer satélite en el 2021, el último lanzamiento de esta serie se realizaría en el 2027.

En la Tabla 1 se muestra un cronograma estimado de trabajo con las revisiones de cada satélite, las revisiones de misiones preseleccionadas y las convocatorias para objetivos. Las secciones en color más claro representan el estudio conceptual de la misión (Fase 0 y Fase A), antes de iniciar el diseño preliminar de ingeniería. Para el Satélite 1 no aparece ya que se finalizó en el 2020.

Las misiones y cargas útiles en estudio se desarrollan en la Sección 5.

2.- ÁREAS DE INTERÉS

2.1.- Interés científico y de desarrollo tecnológico

Si bien los CubeSats tienen limitaciones, pueden emplearse en un gran rango de misiones científicas o de demostración tecnológica. Para definir las potenciales misiones del satélite universitario se recurrió a la comunidad científica de la UNLP en una convocatoria abierta.

A partir de la 1º Convocatoria Abierta, se recibieron muestras de interés de 19 instituciones, tanto de la UNLP como externas, dentro de las cuales se encuentran 7 Facultades de la UNLP. La variedad de líneas de investigación de los interesados demuestra el alcance que tiene este tipo de proyecto.

En la Tabla 2 se listan las misiones y cargas útiles propuestas por área. Como es de esperarse, hay áreas que se solapan y propuestas que no estarán estrictamente dentro de una sola categoría. Sin embargo, se asignará cada

Tabla 1. Cronograma de satélites, revisiones y eventos del proyecto.

	2021		2022		2023		2024		2025		2026		2027	
General	R		C R		R		C R		R		C R		R	
Satélite 1	+	†	§	L										
Satélite 2		o	+	†	§	L								
Satélite 3				o	+	†	§	L						
Satélite 4						o	+	†			§	L		
Satélite 5								o	+		†		§	L

R/R Revisión de Misiones Preseleccionadas (**Planificadas/A definir**)

C/C Convocatoria Abierta para Objetivos y Misiones Científico-Tecnológicas (**Planificadas/A definir**)

o Revisión de Definición de Sistema/Revisión de Definición de Misión (SDR/MDR)

+ Revisión de Diseño Preliminar (PDR)

† Revisión de Diseño Crítico (CDR)

§ Revisión de Integración del Sistema (SIR)

L Revisión de Preparación para Operaciones/Revisión de Preparación para Lanzamiento (ORR/LRR)

propuesta al área de mayor relevancia o aplicabilidad.

Tabla 2. Propuestas recibidas en la primera convocatoria, separadas por áreas temáticas.

Área	Cantidad de propuestas
Análisis de suelos / Hidrología / Geología / Observación Terrestre (General)	6
Aeronomía / Heliofísica / Clima espacial	3
Geodesia	1
Estudios atmosféricos y ambientales	3
Urbanismo / Planeamiento	2
Astronomía / Astrofísica	1
Espacio como servicio	4
Demostración tecnológica	4
TOTAL	24

2.2.- Interés productivo y de transferencia a la industria

Además del desarrollo científico y tecnológico que pueden propiciar estos proyectos, hay un interés productivo desde el punto de vista industrial. Este tipo de satélites está en auge, con una gran aplicabilidad comercial, por lo que los componentes o procesos desarrollados podrán ser utilizados para fomentar actividades de transferencia y/o extensión.

3.- VIABILIDAD DEL PROYECTO

3.1.- Infraestructura y recursos disponibles

Gracias a la extensa experiencia de varios de los centros de investigación y desarrollo de la UNLP en el área espacial, se cuenta con profesionales formados que han participado anteriormente en otros proyectos de relevancia. Así, se cuenta con recursos humanos formados (y

capacitados para formar) en el desarrollo de la mayoría de los subsistemas de la plataforma satelital, todo tipo de cargas útiles, y en el desarrollo de aplicaciones científicas con información satelital.

El desafío que se tiene para este proyecto en cuanto a recursos humanos está en las áreas de ingeniería de sistemas, diseño de misión y elaboración de requerimientos científicos. Las actividades más cercanas al comienzo de un proyecto de estas características son las más desconocidas para nuestro equipo, por lo que serán las que requerirán de una mayor formación.

Por otro lado, una de las grandes ventajas de los pequeños satélites es que no requieren de grandes equipos de ensayo o áreas de integración como sucede con los satélites tradicionales. Esto permite que la mayor parte de la manufactura, integración y ensayos se pueda realizar en las instalaciones de la universidad.

Por ejemplo, en el CTA-GEMA se disponen de dos salas limpias para la integración del satélite en todos los niveles (desde los componentes al sistema). Además, se cuenta con el equipamiento necesario para los ensayos dinámicos/estructurales y térmicos. En conjunto con las instituciones participantes (ver Sección 4), se cubren todos los ensayos requeridos, además de tener la posibilidad de realizar ensayos especializados para cada carga útil.

3.2.- Viabilidad económica

En el caso específico de la UNLP, la viabilidad económica se analiza por el lado de la compra de insumos y componentes y los costos de lanzamiento. El hecho de contar con la infraestructura para la integración y ensayos de los satélites que se están diseñando reduce enormemente el costo total del proyecto.

Los costos de fabricación de los satélites para las misiones seleccionada y en estudio están dentro de los montos factibles para el financiamiento de proyectos en Argentina, con

costos entre USD 20.000 y USD 65.000 por satélite.

Para el lanzamiento, se estima un costo de USD 150.000 para misiones de 3U y USD 300.000 para misiones de 6U. Este es el mayor desafío que se tiene en el área presupuestaria, y se depende de la posibilidad de conseguir un auspiciante.

3.3.- Consideraciones para la selección de misiones y cargas útiles

A partir de los objetivos y cargas útiles propuestas en la convocatoria abierta, se realizó una evaluación para seleccionar aquellas que se consideraran viables y de mayor interés. Los criterios utilizados fueron los siguientes, aplicados en el orden presentado:

1. Viabilidad tecnológica: Posibilidad de desarrollar la carga útil propuesta con las limitaciones conocidas (Sección 1.1).

Para implementar este criterio, primero se realizó una revisión de literatura para identificar métodos o cargas útiles compatibles o incompatibles con pequeños satélites. Luego, para los casos donde la viabilidad tecnológica no estuviese bien definida, se hizo un análisis de los parámetros críticos con el fin de descartar aquellas que presentarían una incompatibilidad.

Finalmente, dentro de este análisis también se estimó el tiempo de desarrollo de la carga útil. Estos satélites están planteados para ser completados en un tiempo relativamente corto, de no más de 2-3 años. Por lo tanto, todas aquellas misiones que no se pudieran implementar con desarrollos preexistentes o componentes comerciales (COTS¹) fueron descartadas en esta oportunidad.

Todos aquellos que no presentaron incompatibilidades o dificultades técnicas evidentes, pasaron a ser evaluados en el próximo criterio.

2. Viabilidad económica: Evaluación del orden de magnitud del costo de la misión o carga útil.

Si bien no fue posible realizar una estimación del costo para todas las misiones, aquellas donde se tuviera evidencia (por el precio de componentes críticos) de que el costo total sería mayor a USD 150.000, fueron descartadas. Aquellas con costos entre USD 50.000 y USD 150.000 se catalogaron como “misiones de colaboración”, ya que se espera que sean desarrolladas en conjunto con otras instituciones.

3. Aporte científico: Relevancia de los datos que obtendrá la misión con respecto a las bases de datos disponibles.

Más allá de la viabilidad, resultó importante filtrar aquellas misiones que obtendrían mediciones redundantes o de menor resolución (espacial, temporal, o lo que corresponda) respecto a otros datos disponibles, sin un aporte científico relevante. Se tuvieron en cuenta las librerías de los satélites Aqua/Terra de la NASA, Landsat 7 y 8 de NASA/USGS, y la serie de satélites Sentinel de la ESA, todos de acceso abierto.

Un ejemplo que demuestra el uso de este criterio de con éxito es la misión descrita en la Sección 5.2.2, “Monitor Atmosférico en el Espectro VIS-UV”. Esta misión busca ser complementaria a los datos obtenidos por los sensores MODIS (Aqua y Terra) y Tropomi (Sentinel-5). A pesar de que las limitaciones significarán una menor cobertura y resolución temporal, se espera obtener datos con mayor resolución espacial. De esta manera, los datos ya disponibles proveen información general, mientras que esta misión daría

¹ COTS: Commercial Off-The-Shelf.

información de detalle en áreas muy específicas, de interés para el equipo científico.

4. Aporte tecnológico: Relevancia o potencial de desarrollo tecnológico de la misión.

Este criterio se utilizó en conjunto con el anterior, ya que, además del aporte científico, se consideró de importancia el potencial de desarrollo tecnológico de estos proyectos. Teniendo en cuenta la filosofía de flexibilidad en el diseño para compatibilizar con la mayor cantidad de misiones posible, aquellos objetivos o cargas útiles que permitieran realizar desarrollos beneficiosos para otras misiones, tuvieron mayor impacto en la decisión final.

4.- INSTITUCIONES INVOLUCRADAS

Al momento de finalizar este trabajo, las siguientes instituciones están participando en el proyecto, ya sea desde el diseño de la misión, el desarrollo de cargas útiles, el desarrollo de la plataforma satelital, u otros desarrollos asociados.

- Centro Tecnológico Aeroespacial (CTA), Facultad de Ingeniería, UNLP
- Grupo de Ensayos Mecánicos Aplicados (GEMA), Facultad de Ingeniería, UNLP
- Sistemas Electrónicos de Navegación y Telecomunicaciones (SENyT), Facultad de Ingeniería, UNLP
- Laboratorio MAGGIA, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP
- Grupo de Geodesia Satelital y Aeronomía (GESA), Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP
- Laboratorio de Óptica, Calibraciones y Ensayos (LOCE), Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP

- Departamento de Electrónica, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, UNLP
- Centro de Investigaciones del Medio Ambiente (CIMA), Facultad de Ciencias Exactas, UNLP
- Centro de Investigaciones Ópticas (CIOP), UNLP/CONICET/CIC
- Instituto de Física de La Plata (IFLP), UNLP/CONICET
- Instituto de Astrofísica de La Plata (IALP), UNLP/CONICET
- Instituto Argentino de Radioastronomía (IAR), UNLP/CONICET/CIC
- Observatorio Argentino-Alemán de Geodesia (AGGO), CONICET/BKG
- Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA)

Se espera que esta lista crezca a medida que se este proyecto avance y se involucre a más instituciones, tanto en el desarrollo de ingeniería como en las aplicaciones de las misiones.

5.- MISIONES Y CARGAS ÚTILES SELECCIONADAS Y EN ESTUDIO

5.1.- Primer satélite

5.1.1.- Demostración Tecnológica de GNSS-RO y GNSS-R

La misión del primer satélite del proyecto Satélite Universitario será “Demostración Tecnológica de GNSS-RO y GNSS-R”, y tendrá como carga útil un receptor GNSS desarrollado por la UIDET SENyT (Sistemas Electrónicos de Navegación y Telecomunicaciones) de la Facultad de Ingeniería de la UNLP.

La utilidad de las señales GNSS en el área científica es conocida y aprovechada. La radio-ocultación GNSS (GNSS-RO) es una de las técnicas más utilizadas en estudios atmosféricos, tanto en la región neutra como en la ionósfera.

Por otro lado, existe una técnica más reciente: la reflectometría GNSS (GNSS-R), que se puede emplear para estudiar la superficie terrestre. Es de especial interés para nuestros científicos medir la humedad del suelo y la cobertura de vegetación con esta técnica. La validez del uso de GNSS-R para obtener la cobertura de vegetación aún no se ha demostrado, y es uno de los objetivos secundarios de esta misión.

Los objetivos primarios son:

- Demostrar el funcionamiento del sistema GNSS de la UNLP para su uso en navegación y determinación orbital.
- Validar y demostrar el funcionamiento del sistema para mediciones mediante radio-ocultación GNSS (GNSS-RO).
- Validar y demostrar el funcionamiento del sistema para mediciones mediante reflectometría GNSS (GNSS-R).

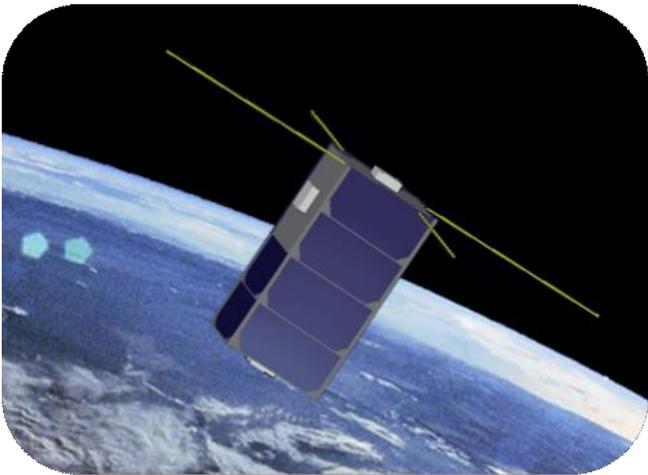


Figura 2. Una de las configuraciones consideradas para la misión de Demostración Tecnológica de GNSS-RO y GNSS-R (CubeSat de 2U). Con la incorporación de otras cargas útiles, esta configuración estará sujeta a cambios.

5.1.2.- Otras cargas útiles

Por su masa, volumen y/o consumo reducido, algunas cargas útiles propuestas son compatibles con otras misiones. Por lo tanto, se incluirán en el satélite que sea compatible, ya sea respecto a las especificaciones técnicas o al

cronograma del proyecto. Al momento de escribir este trabajo, las siguientes cargas útiles están siendo consideradas para el primer satélite de la serie:

a. Demostración Tecnológica de un *Star Tracker* de Producción Propia

Se propone desarrollar una unidad del tipo “Star Tracker” apta para uso en pequeños satélites o misiones con limitaciones de potencia. El objetivo, en primera instancia, será realizar una validación en vuelo. La madurez en lo que se refiere al conocimiento, las experiencias en vuelo y futuros recursos económicos permitirán hacer hincapié en problemáticas puntuales que se convertirán en nuevos requerimientos para futuras misiones

Los *star trackers* para pequeños satélites disponibles en el mercado están en el rango de USD 50.000 a 70.000. Por lo tanto, contar con un desarrollo propio podría reducir el costo de misiones que requieran este tipo de instrumentación, no solo en el ámbito educativo/universitario, sino en cualquier satélite que sea compatible con un *star tracker* comercial.

b. Retroreflector para *Laser Ranging* para Determinación Orbital de Precisión

Se propone emplear un retroreflector para la determinación de órbita y actitud del satélite, que servirá como validación de los instrumentos y algoritmos implementados. Además, estos datos tienen aplicaciones en geodesia y otras áreas científicas. Al ser un instrumento pasivo, es compatible con cualquier misión sujeto a disponibilidad de presupuesto de masa y área externa del satélite.

c. Demostración Tecnológica de un Detector de Tormentas Geomagnéticas

Este objetivo busca demostrar un instrumento de bajo costo para la detección de tormentas geomagnéticas. El fin de esta demostración es aportar al concepto final de una red de observación de anomalías para la alerta temprana, aprovechando los datos masivos y en

simultáneo para entrenar modelos de inteligencia artificial.

5.2.- Misiones preseleccionadas (en estudio)

5.2.1.- Observatorio Ionosférico para Latitudes Medias y Altas

Esta misión tiene el objetivo de mejorar el entendimiento de la ionósfera en latitudes medias y altas. Para esto, se propone emplear una suite de instrumentos compatibles con los estándares CubeSat que estudiarán distintos aspectos del ambiente ionosférico.

Algunos de los principales temas de interés son el Main Ionospheric Trough (MIT), la Anomalía Magnética del Atlántico Sur (AMAS), la generación de mapas VTEC en tiempo casi real y a corto período, y obtener información de la densidad de electrones en la región F de la ionósfera en latitudes geomagnéticas medias.

Se están evaluando múltiples configuraciones que combinan la siguiente instrumentación, en orden de prioridad: magnetómetro de 3 ejes, sonda/s de Langmuir, receptor GNSS, ionosonda, Sweeping Impedance Probe (SIP), transmisores coherentes (balizas en VHF/UHF), Electric Field Probe (EFP).

5.2.2.- Monitor Atmosférico en el Espectro VIS-UV

Esta misión busca complementar mediciones existentes sobre la composición atmosférica en el espectro VIS-UV, provistas por los instrumentos MODIS (satélites Aqua y Terra, NASA), OMI (satélite Aura, NASA), y TROPOMI (satélite Sentinel-5P, ESA). Estos instrumentos tienen un tamaño de píxel de entre 1 y 3 km, por lo que se busca que este CubeSat mejore la resolución. Es importante notar que, al ser información complementaria, no es necesario generar una cobertura completa del territorio argentino, aunque sí es deseable. Por otro lado, lo mismo aplica para la resolución temporal (o

período de revisita), donde no hay un requerimiento estricto.

Además de ser de utilidad en el estudio de los aerosoles en la atmósfera, este CubeSat sería uno de los primeros en realizar mediciones en el espectro UV para observación terrestre. Por lo tanto, esta misión tendría beneficios científicos e innovación tecnológica.

5.2.3.- Prueba de Concepto de Comunicaciones Cuánticas Satelitales

Esta misión busca ser una prueba de concepto para futuros desarrollos en sistemas de comunicaciones cuánticas satelitales. El objetivo de esta primera etapa es poner en órbita un sistema autónomo de generación de claves compatible con los protocolos de distribución cuántica de claves. El mismo se compone de una fuente cuántica de fotones, la óptica de alineación y el sistema de fotodetección, junto con la electrónica de control y el post-procesamiento de datos.

Este tipo de pruebas se está realizando a nivel internacional, por lo que es un área de investigación relevante y considerada el estado del arte. La carga útil de este satélite será desarrollada aprovechando estudios en curso dentro de la UNLP.

5.2.4.- Observatorio de Estrellas Masivas

Para esta misión, se propone utilizar un CubeSat para realizar observaciones astronómicas. La finalidad científica consiste en realizar observaciones fotométricas de alta precisión en el rango óptico/ultravioleta de objetos celestes particulares. Estos objetos serían estrellas brillantes que corresponden a la población joven de la Galaxia. Los datos obtenidos permitirán obtener parámetros físicos más precisos de los objetos bajo estudio, ya que permite ir más allá de las limitaciones impuestas por la atmósfera terrestre tanto en el rango espectral como en la precisión fotométrica.

Además de su utilidad científica, esta misión sería una de las primeras de su tipo, ya que el uso de CubeSats como observatorios espaciales es muy reciente.

CONCLUSIONES

El proyecto “Satélite Universitario” de la UNLP ya cuenta con un satélite en diseño, cuya misión será la Demostración Tecnológica de GNSS-RO y GNSS-R, y podría llevar otras tres cargas útiles aun siendo evaluadas. Además, hay otras cuatro misiones bajo estudio, con el objetivo de mantener un flujo de trabajo y una cadencia de satélites diseñados.

En este trabajo se mostró un resumen de la viabilidad del proyecto y de los criterios de preselección de las misiones. Estas misiones surgieron de 24 propuestas recibidas luego de la 1º Convocatoria Abierta del proyecto, enfocadas en temáticas diversas, como análisis de suelos, hidrología, clima espacial, estudios ambientales, geodesia, urbanismo, astrofísica, espacio como servicio, y demostración tecnológica.

En el futuro cercano esperamos presentar el primer satélite de este proyecto en mayor detalle, y confirmar aquellas misiones que serán las próximas en comenzar a desarrollarse.

REFERENCIAS

- [1] The CubeSat Program – Cal Poly SLO (2020). **CubeSat Design Specification, Rev. 14** (CP-CDS-R14).
- [2] Spaceflight Inc. (2019) **Spaceflight Mission Planning Guide, Rev. G.**
- [3] O’Donell y Richardson (2020) **Small Satellite Trending & Reliability 2009-2018**, 34th Annual Small Satellite Conference