



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

Anexo I
Estructura de Presentación de Propuestas

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
Facultad Politécnica

**CONVOCATORIA PARA PRESENTACIÓN DE
PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**

FORMULARIO DE PRESENTACIÓN

PERFIL DEL PROYECTO

1. Título del Proyecto. Investigador/a Principal y Coinvestigadores

Diseño y desarrollo de un sistema de Comando y Gestión de Datos (*C&DH*) para satélites del tipo CubeSat basado en tecnología SoC (*sistema en chip*)

2. Resumen del proyecto

La creación del estándar **CubeSat** en 1999 marcó un punto de inflexión en la industria espacial, abriendo las puertas a nuevos actores y facilitando el acceso al espacio ultraterrestre [1]. Esta democratización ha impulsado avances tecnológicos, comerciales, científicos y educativos, estableciendo las bases de la denominada **economía del nuevo Espacio** [2]. En este contexto, surge la filosofía de los **lean satellites**, satélites diseñados y producidos con rapidez, para ofrecer valor a los usuarios a un costo reducido y en menor tiempo, asumiendo los riesgos inherentes a este enfoque [3]. El **Instituto de Tecnología de Kyushu (Kyutech)** ha sido un pilar en la promoción de esta filosofía, facilitando el acceso al espacio para países sin una industria aeroespacial consolidada. A través de su programa **Birds** [4], brindó apoyo fundamental para que Paraguay diseñara, construyera, lanzara y operara su primer satélite: el **GuaraniSat-1**, un **nanosatélite CubeSat de 1U** con dimensiones de 10 × 10 × 11.35 cm. Este programa no solo ha fortalecido la capacidad tecnológica de los países participantes, sino que también apuesta por la formación de



profesionales y estudiantes en Japón. Al regresar a su país, estos especialistas aplican los conocimientos adquiridos, contribuyendo a la educación y al desarrollo de futuros proyectos espaciales con el objetivo de que el próximo satélite sea diseñado y construido íntegramente a nivel nacional. Así nace el **GuaraniSat-2 (3U)**, el segundo nanosatélite de Paraguay, desarrollado completamente en laboratorios nacionales y actualmente en fase de pruebas del modelo de ingeniería. Esta etapa avanzada no solo representa un hito en la tecnología espacial del país, sino que también ha proporcionado valiosas lecciones sobre cómo mejorar el desarrollo de futuras misiones, adaptando el conocimiento adquirido en Japón a la realidad económica, social y cultural paraguaya.

Para sostener el avance aeroespacial en Paraguay, es esencial mantener el impulso del desarrollo tecnológico y fortalecer la capacidad nacional en el diseño y fabricación de sistemas y subsistemas críticos dentro del bus principal de los satélites, reduciendo la dependencia de proveedores extranjeros. Esto no solo optimizaría costos frente a las limitaciones del sistema de compras públicas, sino que también fomentaría una industria local, impulsando la innovación y una mayor autonomía tecnológica. Como siguiente paso, el proyecto plantea el diseño y desarrollo de un **prototipo de placa electrónica**, conocida como **sistema de comandos y gestión de datos (C&DH)**, un subsistema fundamental dentro del bus principal de cualquier satélite. Este subsistema será responsable de recopilar, procesar y almacenar datos operativos y de misión. Con el diseño del prototipo, se busca lograr una mayor flexibilidad mediante la incorporación de un **sistema en chip (SoC, system on a chip)**, lo que permitiría la implementación de algoritmos más especializados, como los de **inteligencia artificial (IA)** [5] [6]. Esta integración potenciaría el análisis y procesamiento de datos en tiempo real, agregando valor a futuras misiones, especialmente aquellas destinadas a la **observación terrestre y exploración espacial**.

3. Equipo de investigadores

Nombre	Formación / grado académico	Sede/Grupo de Investigación/ Carrera	Función y actividad en el proyecto
Ariel Mazaru Manabe Safi	Maestría en Sistemas Eléctricos y Espaciales	GIEM -FPUNA	Investigador Principal
Edgar Elías Ramírez	Estudiante de Ingeniería Electrónica	GIEM -FPUNA	Investigador en formación



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

4. Área y especialidad de la propuesta

Áreas: Sistemas Eléctricos y Espaciales, Sistemas de Automatización y Control.

5. Objetivos del proyecto

Objetivo General:

Diseñar y desarrollar un sistema C&DH basado en SoC, optimizando la integración de sistemas y estableciendo bases para soluciones flexibles y escalables.

Objetivos Específicos

1. Comparar sistemas similares y analizar los enfoques de diseño utilizados, identificando ventajas y limitaciones relevantes para el futuro prototipo C&DH.
2. Seleccionar los componentes electrónicos adecuados para un diseño robusto, flexible y optimizado para su integración en satélites del tipo CubeSat.
3. Definir las interfaces de comunicación y diagnóstico que permitirán la interoperabilidad con otros subsistemas, facilitando las pruebas de funcionamiento y depuración.

6. Resultados esperados y los medios para verificarlos

1. **Análisis comparativo de productos similares**, evaluando sus ventajas y desventajas para comprender mejor las decisiones de diseño arquitectónico. Para ello, se llevará a cabo una revisión bibliográfica exhaustiva que incluirá documentación técnica, trabajos de investigación y productos existentes relevantes.
2. **Selección de dispositivos eléctricos, electrónicos y electromecánicos (EEE) de tipo comercial (COTS)** provenientes de la industria automotriz, identificando aquellos con mayor aplicabilidad en el sector espacial y mejor adaptados para el diseño del prototipo. La evaluación de estos componentes se basará en resultados de experiencias similares documentadas en la bibliografía, así como en criterios de selección establecidos a partir de trabajos previos en el área.
3. **Placa electrónica con diseño completo y ensamblaje finalizado, lista para pruebas de funcionamiento en laboratorio.**



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

7. Antecedentes y Justificación

El propósito principal de las misiones espaciales es la generación de datos, que pueden ser específicos—como en una investigación científica o una demostración tecnológica—o inherentes al estado del satélite (telemetría) como por ejemplo, la temperatura de los paneles solares, el nivel de batería, la velocidad angular, entre otros. Estos datos son gestionados por la computadora de vuelo (C&DH), cuyo correcto funcionamiento es crítico y depende de un diseño que no solo cumpla con los requerimientos de la misión, sino que también ofrezca flexibilidad, escalabilidad y reutilización [8], permitiendo reducir costos y tiempos de desarrollo.

Por otro lado, deben considerarse las restricciones impuestas por los estándares y el entorno espacial, tales como el bajo consumo de energía, el reducido peso, el pequeño factor de forma y la exposición a la radiación. Durante mucho tiempo, estos factores han limitado la selección de componentes, especialmente en términos de consumo energético y tolerancia a la radiación. Sin embargo, en los últimos años, los avances en miniaturización, eficiencia energética y técnicas de manufactura han permitido la integración de nuevos componentes—en particular, procesadores como SoCs o MPSoCs—en estos entornos restringidos, proporcionando mayores capacidades de cómputo y procesamiento sin afectar significativamente otros parámetros críticos.

A partir de las experiencias obtenidas en el proyecto GuaraniSat-2, si bien se trata de iniciativas incipientes en el país, la integración de subsistemas de equipos aliados—como el del Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) de la NASA y los paneles solares desplegables de Astradyne (Italia)—ha puesto de manifiesto las limitaciones del sistema actual en términos de cómputo, procesamiento y gestión de energía eléctrica.

En consecuencia, surge la necesidad de desarrollar un sistema que no restrinja la colaboración con otros equipos y que, además, permita al país posicionarse estratégicamente en futuras misiones, no solo dentro de la órbita baja (LEO), sino también alineadas con el estado del arte a nivel global, facilitando la incursión en la exploración espacial.

Este trabajo busca establecer un precedente en el diseño y desarrollo de un sistema más avanzado, proporcionando una base para futuras iteraciones que optimicen su arquitectura y funcionalidad.



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

8. Materiales y Métodos

Materiales:

- Componentes pasivos (resistores, capacitores, bobinas) de montaje superficial.
- Componentes electrónicos varios (convertidores DC-DC, buffers, circuitos de protección contra sobre corriente y sobrevoltaje, conectores, convertidores lógicos y de voltaje, etc)
- Placas de circuito impreso de varias capas.
- Sistemas en chip (SoC).
- Placa de desarrollo basado en SoC.
- Suite de diseño para desarrollo de sistemas basados en FPGAs y SoCs (PYNQ)

Metodología:

- 1) Diseño del Estudio:
 - Tipo de Investigación: Experimental y aplicada
 - Enfoque metodológico: Descriptivo y experimental
- 2) Población y Muestra:
 - Descripción de la Población: sistema de comando y manejo de datos (C&DH)
 - Tamaño de la muestra: 1(uno) placa de circuito impreso diseñado a medida. 1(uno) placa de desarrollo
- 3) Procedimiento de Recolección de Datos:
 - Publicaciones de trabajos similares.
 - Documentación técnica facilitada por oferentes de productos comerciales y productos relacionados
- 4) Análisis de Datos:
 - Métodos Estadísticos: Análisis descriptivos
 - Procedimientos de Validación: Comparación de especificaciones y resultados obtenidos en trabajos similares
- 5) Consideraciones Éticas:
 - Aprobación Ética: No requerida.
 - Consentimiento Informado: No aplica
- 6) Factores que pueden afectar los resultados:
 - Altos costos de manufactura de un diseño que contemple los requisitos especificados (robustez, escalabilidad, modularidad, etc.)

9. Relevancia de la propuesta

La relevancia de la propuesta radica en su impacto directo en el desarrollo tecnológico y en la búsqueda de una mayor autonomía espacial de Paraguay, contribuyendo a la consolidación de una industria aeroespacial nacional con capacidad para diseñar y fabricar sistemas propios. Este proyecto no solo busca optimizar el desempeño de los satélites CubeSat mediante un sistema de comando y gestión de datos (C&DH) más flexible, sino que también sienta las bases para futuras innovaciones y mejoras continuas en el ámbito espacial.

10. Plan del trabajo

Tiempo de duración en meses: **5 meses**

Inicio del proyecto: **01 de junio del 2025**

Finalización del proyecto: **27 de octubre del 2025**

Resultado esperado	Actividades principales	Indicadores de éxito	Medios de Verificación	Supuestos/imponderables	Tiempo de ejecución (semana N°)
Tabla comparativa que permita evaluar enfoques de diseño en CubeSats, facilitando la selección de tecnologías y estrategias óptimas para futuras misiones	- Revisión bibliográfica - Análisis de tendencias y perspectivas industriales/académicas	Tabla completa con información técnica y perspectivas claves	Publicación de la tabla	Acceso a información, sobre todo, relacionado a productos comerciales	0.5 meses
Desarrollo del sistema C&DH basado en SoC, funcional y compatible con CubeSats	- Selección y compra de componentes - Diseño de esquemáticos	Diseño fiable, interoperable y compatible con sistemas actuales, escalable, consumo eficiente de energía	Pruebas funcionales, Comparación de documentación técnica.	Restricciones en hardware, ajustes en el diseño para mantener escalabilidad	4 meses



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

	• Diseño iterativo del PCB • Manufactura del PCB • Diseño de software básico				
Base tecnológica para el desarrollo de futuros prototipos	• Documentación del sistema • Análisis de viabilidad • Reporte de errores y lecciones aprendidas	Uso del sistema como referencia para futuros desarrollos	Publicaciones técnicas	Necesidad de ajustes de requisitos tecnológicos	0.5 meses

11. Presupuesto

	Descripción del bien o servicio	Especificaciones básicas	Actividad	Subtotal Guaraníes
1	Placa de desarrollo	• Xilinx Zynq-7000 SoC • Tarjeta SD 16GB • Fuente de alimentación incluida • Cable Ethernet / USB • Envío incluido (estimado)	• Pruebas rápidas de conceptos y funcionalidades	3.500.000
2	Manufactura de Placa de circuito impreso	• 5 unidades • Grado Aeroespacial • 10 cm x 10 cm • Hasta 10 capas • Envío incluido (estimado)	• Diseño y manufactura de PCB	2.600.000
3	Componentes electrónicos varios	• Capacitores, resistores, bobinas de montaje superficial. • Convertidores Dc/Dc • Circuitos de Protección	• Diseño y ensamble de PCB	3.500.000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

		• Convertidores ADC/DAC • Memorias RAM/FLASH • Buffers • Circuitos Adecuadores de señal • MosFets, Transistores BJT • Conectores • Indicadores LEDs		
4	Insumos varios	• Estaño, pasta de soldar • Flux • Alcohol isopropílico • Tornillería, etc	• Soldadura • Reparaciones • Limpieza	400.000
	Total			10.000.000

12. Estrategia de comunicación

- Congresos Nacionales e Internacionales arbitrados por pares.
- Publicación en revistas técnicas de innovación y desarrollo.

13. Referencias bibliográficas

[1] Cal Poly CubeSat Laboratory. (n.d.). About CubeSat. CubeSat. Recuperado el 3 de mayo de 2025. Disponible en <https://www.cubesat.org/about/>

[2] MIT Professional Education. (n.d.). What is the New Space Economy? Recuperado el 3 de mayo de 2025. Disponible en: <https://professionalprograms.mit.edu/blog/technology/what-is-new-space-economy/>

[3] LeanSat Project. (n.d.). About LeanSat. Recuperado el 3 de mayo de 2025. Disponible en: <https://lean-sat.org/about.html>

[4] BIRDS Project. (n.d.). BIRDS Project. Recuperado el 3 de mayo de 2025. Disponible en: <https://www.birds-project.com/>

[5] R. Horne, S. Mauw, A. Mizera, A. Stemper, and J. Thoemel, "Anomaly detection using deep learning respecting the resources on board a CubeSat," J. Aerosp. Inf. Syst., vol. 20, no. 12, pp. 859–872, Dec. 2023.

[6] A. Geist, C. Brewer, M. Davis, N. G. Franconi, S. Heyward, T. W. Wise, G. Crum, and D. Petrick, 'SpaceCube v3.0 NASA next-generation high performance processor for science applications' in Proc. 33rd Annu. AIAA/USU Conf. Small Satell., 2019.



CAMPUS DE LA UNA
SAN LORENZO-PARAGUAY

UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN
FACULTAD POLITÉCNICA
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN

[7] GUARANISAT-2 – Agencia Espacial del Paraguay. Agencia Espacial del Paraguay – AEP.
Disponible en: <https://aep.gov.py/guaranisat-2/>

[8] James W. Cutler, Jacob Beningo, "On-board data handling systems". Editor(s): Chantal Cappelletti, Simone Battistini, Benjamin K. Malphrus, CubeSat Handbook, Academic Press, 2021, Pages 199-219, ISBN 9780128178843, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-817884-3.00010-2>.]

[9] Furano, G., Menicucci, A. (2018). Roadmap for On-Board Processing and Data Handling Systems in Space. In: Ottavi, M., Gizopoulos, D., Pontarelli, S. (eds) Dependable Multicore Architectures at Nanoscale. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-54422-9_10