

# Segmento Terreno Para Misiones Espaciales de Próxima Generación

Pablo Soligo y Jorge S. Ierache

Universidad Nacional de La Matanza, [psoligo@unlam.edu.ar](mailto:psoligo@unlam.edu.ar), [jierache@unlam.edu.ar](mailto:jierache@unlam.edu.ar)

## RESUMEN

Las líneas de investigación y desarrollo presentadas tienen por objetivo demostrar la factibilidad de desarrollar sistemas de segmento terreno satelital costo-efectivos (Del inglés cost-effective) utilizando exclusivamente componentes dentro de los denominados, de estantería, en cualquiera de sus variantes OTS (Del Inglés Off-the-Shelf), COTS (Del Inglés Commercial-Off-The-Shelf) y OSS (Del Inglés Open Source Software) prescindiendo de soluciones propias o de herramientas de escasa penetración en la industria de software de propósito general.

**Palabras clave:** *Segmento Terreno, Software, Costo-Efectivo.*

## CONTEXTO

La UNLaM como socio académico de la CONAE dicta una maestría en desarrollos informáticos de aplicación espacial (MDIAE). Las experiencias realizadas en la maestría, tanto de manera directa, operando unidades de software de segmento terreno de varias agencias, como mediante investigación general de las soluciones implementadas en el área, propiciaron la creación de un grupo de investigación en el marco de proyecto “Proince C-211”. Este grupo está dedicado a investigar e implementar prototipos de software alternativos de bajo costo basados en las soluciones ampliamente aceptadas, de probada madurez y con penetración en la industria de software de propósito general.

## INTRODUCCIÓN

Aunque no es una regla absoluta y muchas veces el alcance depende de la agencia u organización, la industria especial muestra un mercado

conservadurismo en las soluciones implementadas [1], [2]. Esta realidad es definida en parte por el alto costo de las misiones y la dificultad (muchas veces imposibilidad) de realizar ajustes o reparaciones, condición que motiva la baja predisposición a tomar riesgos.

El ciclo de vida de una misión espacial está fuertemente guiado por el estricto cumplimiento de los requerimientos (requirement-driven) y esta estrategia dificulta una visión más amplia y de largo plazo [2]. No es difícil encontrar que cada agencia espacial implementa sus propias soluciones *ad-hoc*, normalmente basadas en sus protocolos y en algunos casos utilizando herramientas de escasa penetración o con años de obsolescencia.

## LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Las líneas de investigación se proponen la exploración de propuestas alternativas basadas exclusivamente en técnicas y herramientas de uso masivo en la industria del software, en particular aplicadas a la industria espacial. El objetivo primario que se persigue es demostrar que las herramientas utilizadas en la industria del software de propósito general son aplicables a la industria espacial, puntualmente, objeto de esta investigación, el segmento terreno. Entendiendo también que la aplicación de estas herramientas colabora en el desarrollo de soluciones de bajo costo y alto nivel de mantenibilidad. Se destacan para el segmento terreno tres áreas principales de trabajo:

### Lenguajes de comando y control.

Se propone el uso de lenguajes e intérpretes de propósito general para la decodificación de telemetría y el desarrollo de scripts de comandos, marginando las soluciones propias de uso común en

la industria espacial, como los lenguajes STOL , PLUTO (ESA), lenguajes de propósito específico y normalmente incompatibles entre sí [3] La propuesta tiene como argumento, no solo la estandarización o la posibilidad de compartir procedimientos, los problemas derivados de los cambios de plataforma y los esfuerzos en las adaptaciones quedan parcialmente cubiertos por la comunidad u organización responsable del lenguaje/interprete. Esto último colabora con la reducción de costos y, en algunos casos, permite que los intérpretes puedan ejecutarse en plataformas actualizadas [4] Los recursos disponibles y el tiempo de entrenamiento en herramientas propietarias también es un costo que considerar. Los recursos disponibles y el tiempo de entrenamiento en herramientas propietarias también es un costo que considerar.

### Persistencia, recuperación y explotación de datos.

Se ha optado por la utilización de un motor de base de datos relacional para el almacenamiento y recuperación tanto de los datos de la misión como de su definición. Los sistemas de bases de datos sean relacionales o no, se han transformado en una herramienta de uso extendido abarcando prácticamente todas las áreas de la industria. Desde sencillas base de datos embebidas como Sqlite hasta complejos RDBMS como SqlServer u Oracle. En esta área, si bien existen trabajos y experiencias documentadas [5], [6] y su uso es recomendado [7], todavía existen agencias que deciden almacenar sus datos en archivos con formatos propietarios dificultando el control de integridad, el acceso, la explotación y la compatibilidad entre aplicaciones. Se exploran así las alternativas de bajo costo disponibles, los diseños y las opciones de optimización de los motores (RDBMS) que ofrezcan un rendimiento acorde a los requerimientos de un sistema informático moderno.

Castigando el rendimiento, todo el acceso a los datos se realiza mediante un ORM (Object-relational mapping), en virtud de mantener las aplicaciones tan independientes del motor de la

base de datos (RDBMS) como sea posible y colaborar con ya mencionada reducción de costos.

### Interfaces y distribución de procesos

En términos de interfaces tanto internas como externas en el área espacial se pueden encontrar desde soluciones propietarias hasta la implementación de tecnologías de escasa aceptación como CORBA [8]. Si bien CORBA es un estándar propuesto por varios jugadores importante de la industria del software, no ha sido adoptado masivamente y se vieron relegadas por implementaciones basadas en HTTP (Hypertext Transfer Protocol) [9].

Las interfaces del sistema propuesto se basan completamente en esta última tecnología. Toda ingestión de telemetría se realiza mediante un servicio REST que puede ser consumido tanto por módulos de terceros como por módulos internos que adapten formatos, tecnologías o características de antiguas implementaciones. De manera consistente la publicación de telemetría y datos en general se ofrece también utilizando HTTP lo que ha permitido la integración con herramientas como el NASA OPENMCT [10] (<https://nasa.github.io/openmct/>). (Véase Ilustración 1 - Datos de la misión argentina).

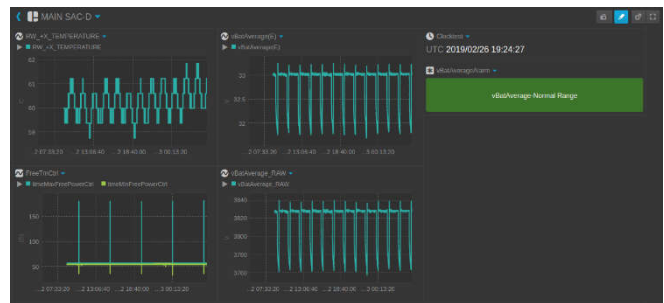


Ilustración 1 - Datos de la misión argentina SAC-D accedidos mediante el NASA OPENMCT.

### RESULTADOS OBTENIDOS/ESPERADOS

El FS2017 [11] fue el primer segmento de vuelo utilizado como prueba experimental para el desarrollo de los sistemas planteados en las diferentes líneas de investigación. Durante esta primera integración se estableció como objetivo

desarrollar un sistema multimisión pero prescindiendo de lenguajes propietarios para la extracción y decodificación de la telemetría y utilizando motores de base de datos para la persistencia y posterior procesamiento. Utilizando un intérprete de propósito general (Python) y las capacidades de reflexión de este, se logró decodificar completamente la telemetría del modelo de ingeniería sin que esto supusiera un costo computacional relevante [12] (Ver Ilustración 2 - Tiempos de decodificación para paquetes de 5000 variables de telemetría.)

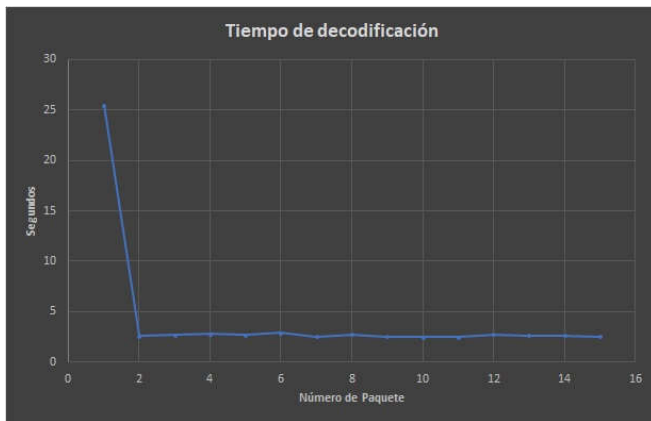


Ilustración 2 - Tiempos de decodificación para paquetes de 5000 variables de telemetría

Durante el 2018 se incorporó telemetría proveniente de la red satnogs de las misiones Lituanicasat 2 y Bugsat-1 demostrando el carácter multimisión del sistema. En el 2019 se está incorporando la telemetría histórica de la misión argentina SAC-D, siendo esta la primera misión con telemetría histórica almacenada incorporada al sistema lo que supone un desafío en términos de recuperación de datos en función del volumen. Con esta nueva incorporación se espera demostrar la capacidad de los medios de persistencia utilizados (RDBMS) para manejar de manera eficiente y segura los datos de plataforma de una misión espacial científica completa.

### FORMACIÓN DE RECURSOS HUMANOS

Los trabajos desarrollados presentan una plataforma de experimentación realista con los sistemas espaciales. Permite a investigadores y

alumnos probar soluciones, comprobar límites, comparar alternativas y establecer criterios de decisión. La posibilidad de trabajar con varias misiones, desde pequeñas misiones universitarias hasta datos de satélites científicos permite responder de manera concreta a las premisas de desarrollar un sistema transparente al satélite en órbita.

Junto con las líneas de investigación presentadas en este documento se desarrolla una estación terrena que permite la descarga de datos de satélites en tiempo real y la formación de recursos en los aspectos de comunicaciones y mecánica orbital. La interacción con satélites actualmente en órbita permite validar los desarrollos de dinámica orbital. Actualmente el grupo se encuentra formado por un investigador formado, tres investigadores en formación.

### AGRADECIMIENTOS

Se agradece al DIIT (Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas) de la UNLaM por el soporte en las investigaciones. Se hace extensivo el agradecimiento al Instituto Mario Gulich y a CONAE por el acceso a la telemetría de la misión argentina SAC-D.

### ACRÓNIMOS

CONAE	
Comisión Nacional de Actividades Espaciales.....	3
CORBA	
Common Object Request Broker Architecture .....	2
COTS	
Commercial-Off-The-Shelf .....	1
DIIT	
Departamento de Ingeniería e Investigaciones Tecnológicas.....	3
MDIAE	
Maestría en Desarrollos Informáticos de Aplicación Espacial .....	1
ORM	
Object-relational mapping.....	2
OSS	
Open Source Software.....	1
OTS	
Off-the-Shelf .....	1
RDBMS	
Relational database management system.....	2
SAC-D	
Satélite de Aplicaciones Científicas - D.....	3
STOL	
Satellite Test and Operation Language.....	2
UNLaM	
Universidad Nacional de La Matanza.....	3

## BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Petković, R. Boumghar, M. Breskvar, S. Džeroski, D. Kocev, J. Levatić, L. Lucas, A. Osojnik, B. Ženko y N. Simidjievski, «Machine learning for predicting thermal power consumption of the Mars Express Spacecraft,» *arXiv preprint arXiv:1809.00542*, 2018.
- [2] J. J. Ramos Pérez, «A design for an advanced architecture of satellite ground segments,» 2014.
- [3] G. Chaudhri, J. Cater y B. Kizzort, «A model for a spacecraft operations language,» de *SpaceOps 2006 Conference*, 2006.
- [4] G. Garcia, «Use of Python as a Satellite Operations and Testing Automation Language,» de *GSAW2008 Conference, Redondo Beach, California*, 2008.
- [5] J. Houser y M. Pecchioli, «Database Administration for Spacecraft Operations-The Integral Experience,» *ESA BULLETIN*, pp. 100-107, 2000.
- [6] P. Cruce, B. Roberts, M. Bester y T. Quinn, «A database centered approach to satellite engineering data storage, access, and display,» 2007.
- [7] K. Galal y R. P. Hogan, «Satellite Mission Operations Best Practices,» 2001.
- [8] L. Foti, «CORBA Technology for Ground Segment System Software Development,» de *DASIA 98-Data Systems in Aerospace*, 1998.
- [9] M. Henning, «The rise and fall of CORBA,» *Queue*, vol. 4, pp. 28-34, 2006.
- [10] J. Trimble y G. Rinker, «Open Source Next Generation Visualization Software for Interplanetary Missions,» de *14th International Conference on Space Operations*, 2016.
- [11] P. Soligo, E. González, E. Sufán, E. Arias, R. Barbieri, P. Estrada, A. Montilla, J. Robin, J. Uranga, M. C. Valenti y others, «Misión CubeSat FS2017: Desarrollo de Software para una Misión Satelital Universitaria,» *WICC 2017*, p. 843.
- [12] P. Soligo y J. S. Ierache, «Software de segmento terreno de próxima generación,» *CACIC 2018*.