

¿Es posible diseñar, construir y lanzar un nanosatélite con bajo presupuesto en la EMI?



Victor Hugo Cuevas Bustamante
Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones, Escuela Militar de Ingeniería
La Paz, Bolivia
vcuevasb@doc.emi.edu.bo



Is it possible to design, build and launch a nanosatellite with a low budget in EMI?

Resumen - El desarrollo de pequeños dispositivos electrónicos para la investigación espacial conocidos como CubeSat o nanosatélites, han permitido que universidades, entidades privadas, públicas y militares puedan acceder al espacio a un bajo costo, comparados con grandes proyectos satelitales; en Bolivia y principalmente en la Escuela Militar de Ingeniería, aún no se desarrolló ninguno, tal vez por el alto costo que se supone podría significar o el extenso tiempo de desarrollo y/o los materiales a utilizar, sin embargo es posible.

Es por esto que en el presente artículo, gracias a entidades e instituciones que desarrollan esta tecnología se presenta un procedimiento que plantea los pasos a seguir, que podrían ser diferentes de acuerdo a la metodología, para la construcción de un prototipo de CubeSat con materiales de bajo costo, conseguidos en la industria local, que tenga la capacidad de registrar datos de temperatura y actitud para ser enviados en tiempo real a una estación terrena y ser presentados de manera gráfica mediante un software de tratamiento de datos.

El proceso no es otro que la propia National Aeronautics and Space Administration (NASA) recomienda seguir para los desarrolladores principiantes de CubeSats, la metodología empleada fue mixta cuali-cuanti (cualitativa - cuantitativa), a fin de exponer los diferentes aspectos que se requieren en el tema en cuestión, los resultados obtenidos fueron determinantes para elaborar las propuestas a implementar con la Sociedad Estudiantil de Investigación de Telecomunicaciones, iniciando con un diagnóstico de la situación actual de Bolivia en el área de la tecnología espacial, luego se identificó las posibles misiones del CubeSat, el financiamiento del proyecto, el diseño y armado del prototipo, la búsqueda de integradores para el lanzamiento y por último la operación del propio CubeSat; por lo que este trabajo se constituye en un aporte desde la óptica netamente académica, científica y conscientes de las limitantes

principalmente económicas para que pudiera implementarse en el mediano plazo..

Palabras Claves— *CubeSat, tecnología espacial, lanzamiento, integrador, estación terrena.*

Abstract - The development of small electronic devices for space research known as CubeSats or nanosatellites, have allowed universities, private, public and military entities to access space at a low cost, compared to large satellite projects; in Bolivia and mainly in the Military School of Engineering, none have been developed yet, perhaps due to the high cost that it is supposed to mean or the long development time and/or the materials to be used, however it is possible.

That is why in this article, thanks to entities and institutions that develop this technology, a procedure is presented that outlines the steps to follow, which could be different according to the methodology, for the construction of a CubeSat prototype with materials from low cost, obtained in the local industry, that has the capacity to record temperature and attitude data to be sent in real time to a ground station and be presented graphically through data processing software.

The process is none other than that the National Aeronautics and Space Administration (NASA) itself recommends to follow for beginner CubeSat developers, the methodology used was mixed qualitative - quantitative, in order to expose the different aspects that are required in the subject in question, the results obtained were decisive to elaborate the proposals to be implemented with the Telecommunications Research Student Society, starting with a diagnosis of the current situation in Bolivia in the area of space technology, then the possible missions of the CubeSat, the financing of the project, the design and assembly of the prototype, the search for integrators for the launch and finally the operation of the CubeSat itself; Therefore, this work constitutes a contribution from a purely academic and scientific perspective, aware of the mainly economic

limitations so that it could be implemented in the medium term.

Keywords— CubeSat, space technology, launch, integrator, ground station.

I. INTRODUCCION

El desarrollo e implementación de tecnología espacial en cada país es de suma importancia; su uso provee las herramientas para lograr una evolución no solo en el campo científico sino en la calidad de vida de los habitantes, por ejemplo, servicio de internet para todo el territorio, mejoramiento de las comunicaciones, servicios meteorológicos y de observación para la agricultura permitiendo avances en términos de producción, telecomunicaciones y seguridad donde se emplean satélites militares que ayuden a proteger el territorio nacional, combatir el narcotráfico, contrabando y otras potenciales funciones que podría desempeñar.

Para el diseño, construcción y lanzamiento de un satélite se requiere grandes inversiones económicas, en tecnología y personal que permita adelantar proyectos de investigación y exploración espacial. En Bolivia es muy poco lo que se ha avanzado en estudios o lanzamientos realizados; fue solo hasta el 20 de diciembre de 2013 que con el lanzamiento del Satélite de comunicaciones Tupac Katari I, desde el cosmódromo de Xichang en la República Popular de China, que empezamos a aplicar la tecnología espacial que contribuyera a mejorar el conocimiento de esta tecnología. Sin embargo existe una necesidad latente de continuar implementando un diseño de investigación continua ya sea basados en metodologías como las de la National Aeronautics and Space Administration [NASA] y la European Space Agency [ESA] o bien que los estudiantes comiencen a interesarse por una metodología de investigación formativa, autónoma y experimental que como resultado permita programar y diseñar modelos o prototipos con características reales de un satélite con misión espacial, que integre campos interdisciplinarios que posibiliten el trabajo colaborativo, lo que implicaría aplicar el conocimiento teórico para el crecimiento académico y profesional.

Es por ello que se plantea la interrogante ¿Es posible diseñar, construir y lanzar un nanosatélite con bajo presupuesto en la EMI? y la respuesta es Si.

El presente artículo pretende esbozar, muy resumidamente, los procedimientos que se deberían realizar para poder diseñar y construir en laboratorios

de la carrera de ingeniería en Telecomunicaciones, probar su funcionamiento a cortas distancias a través de un globo aerostático o mediante drones, inscribirlo como proyecto en lugares que auspician pruebas y lanzamientos de nanosatélites mediante vehículos de lanzamiento y operar nuestro propio nanosatélite mediante una estación terrena implementada por los estudiantes.

Desde luego y haciendo caso al dicho “*no todo lo que brilla es oro*”, me permito también mencionar los inconvenientes que podrían aparecer en pleno desarrollo que con el apoyo de nuestra autoridades académicas, institucionales y nacionales podríamos subsanar.

El desarrollo de un CubeSat permitirá la simulación del funcionamiento de un satélite artificial que se podría diseñar en un menor tiempo y su costo sería mucho menor en comparación con uno de gran tamaño.

No obstante, su implementación requiere personas calificadas, lo que contribuirá al conocimiento y experiencia de los estudiantes que opten por esta línea de investigación, permitiendo el trabajo multidisciplinario, que involucra un conocimiento en desarrollo integral en áreas como electrónica, telecomunicaciones, programación, diseño y modelado matemático entre otros.

La realización de este proyecto podría catalogarse como el primer escalón en la investigación y diseño de satélites, aprovechando el conocimiento de docentes con experiencia en el campo.

II. MATERIAL

El 4 de octubre de 1957 fue lanzado al espacio y puesto en órbita el primer satélite artificial por ingenieros del programa espacial de la Unión de las Repúblicas Socialistas y Soviéticas [URSS], el Sputnik I; los sensores, fuentes de alimentación y sistemas de comunicación estaban contenidos en una esfera de aluminio de 58 cm de diámetro que conformaba una masa de 83,6 kg. Con este instrumento se buscaba caracterizar el comportamiento de las capas altas de la atmosfera y la propagación de las ondas de radio en la ionosfera [1].

Con tres semanas de operación el Sputnik I logró transmitir datos de temperatura y presión, marcando el inicio en actividades de investigación espacial, desde entonces y hasta nuestros días otras naciones han desarrollado tecnología necesaria para llevar cargas orbitales con diferentes objetivos.

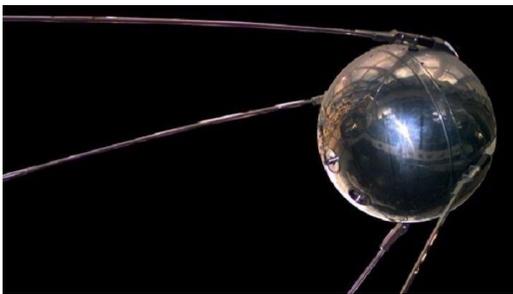


Figura 1. Sputnik I (Foto extraída de eldiariomallorca.com)

Antes de llegar al meollo del asunto, comencemos con un poco de historia. El desarrollo de nanosatélite (CubeSats) comenzó como un esfuerzo de colaboración en 1999 entre Jordi Puig-Suari, profesor de la Universidad Politécnica Estatal de California (Cal Poly), y Bob Twiggs, profesor del Laboratorio de Desarrollo de Sistemas Espaciales (SSDL) de la Universidad de Stanford. La intención original del proyecto era proporcionar acceso asequible al espacio para la comunidad universitaria de ciencia, y lo ha hecho con éxito. Gracias a CubeSats, muchas universidades importantes ahora tienen un programa espacial. Pero no son solo las grandes universidades; Las universidades más pequeñas, las escuelas secundarias, las escuelas intermedias y las escuelas primarias también han podido iniciar sus propios programas CubeSat [2].

Por lo general, se considera que un satélite pequeño es cualquier satélite que pesa menos de 300 kg. Sin embargo, un CubeSat debe cumplir con criterios específicos que controlan factores como su forma, tamaño y peso.

El CubeSat es un pequeño dispositivo de 0.1 a 1 kg, creado para monitorear diferentes estados a su alrededor, los cuales son transmitidos a estaciones de monitoreo en la tierra, de esta forma los CubeSat son la respuesta para acceder al espacio reduciendo la complejidad, acortando el cronograma de construcción, los costos y probando la viabilidad del uso de componentes comerciales [3].

Los estándares muy específicos para CubeSats ayudan a reducir costos. Los aspectos estandarizados de CubeSats hacen posible que las empresas produzcan componentes en masa y ofrezcan piezas listas para usar. Como resultado, la ingeniería y el desarrollo de CubeSats se vuelven menos costosos que los satélites pequeños altamente personalizados. La forma y el tamaño estandarizados también reducen los costos asociados con su transporte y despliegue en el espacio.

Los CubeSat vienen en varios tamaños, que se basan en la "unidad" estándar de CubeSat, denominada 1U. Un CubeSat 1U es un cubo de 10 cm³ con una masa de aproximadamente 1 a 1,33 kg.

En los años transcurridos desde el inicio del CubeSat, los tamaños más grandes se han vuelto populares, como 1.5U, 2U, 3U, 6U y 12U. En la FIGURA 2 se muestran ejemplos de 1U y 3U.



Figura 2. CubeSat CPI 1U y CubeSat 3U CP10

Hemos descrito el CubeSat en sí, pero hay otra pieza importante del rompecabezas: el dispensador, que es la interfaz entre el CubeSat y el vehículo de lanzamiento (LV). El dispensador se conecta a un vehículo de lanzamiento (o cohete), protege el CubeSat durante el lanzamiento y lo libera al espacio en el momento adecuado.

Finalmente, hablemos de cómo se pondrá en órbita el dispensador que contiene su CubeSat. Empresas auspiciadoras de misiones espaciales tienen contratos con múltiples servicios de lanzamiento que permiten a CubeSats hacer estos lanzamientos ya sea en vehículos de lanzamientos específicos o por ejemplo, se puede enviar un CubeSat con la carga en una misión de reabastecimiento a la Estación Espacial. El CubeSat se llevaría a bordo de la Estación Espacial y se lanzaría al espacio en un dispositivo de despliegue especialmente diseñado.

III. PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE UN CUBESAT COMO PROYECTO

A. Iniciar un Proyecto

Para iniciar un proyecto es necesario identificar la misión que se le quiere dar al CubeSat, por ello también es necesario identificar las posibles misiones que nuestros auspiciadores requieren que se desarrolle, sincronizar ambas y poder llegar a un final exitoso.

¿Qué es CSLI? CSLI es una iniciativa de lanzamientos de CubeSats de la NASA que brinda oportunidades para que CubeSats calificados vuelen como cargas útiles auxiliares en futuros lanzamientos que tengan un exceso de capacidad o como despliegues desde la Estación Espacial Internacional (ISS). En términos muy simples, eso significa que la NASA cubrirá el costo de llevar el CubeSat al

espacio a cambio de un informe sobre los resultados de la investigación de su CubeSat.

CSLI permite a la NASA desarrollar asociaciones público-privadas que brindan una plataforma de bajo costo para las misiones científicas de la NASA, incluida la exploración planetaria, la Tierra observación y ciencias fundamentales de la Tierra y el espacio.

Estos esfuerzos son una piedra angular en el desarrollo de tecnologías de vanguardia de la NASA, incluidas las comunicaciones láser, los enfoques de aviónica de próxima generación, la generación de energía, los sistemas de sensores distributivos, comunicaciones por satélite y movimiento autónomo.

Para ser elegible para CSLI, la investigación CubeSat debe ser de claro beneficio para la NASA al respaldar al menos una meta u objetivo establecido en el Plan Estratégico de la NASA. Este plan se puede encontrar en el sitio web de la NASA (<http://www.nasa.gobierno>). Cada año, generalmente a principios de agosto, el CSLI solicita propuestas a través de un Anuncio de Oportunidad de Asociación (AoPO) en el sitio web Federal Business Opportunities (<https://sam.gov>); las propuestas suelen presentarse en noviembre de ese mismo año [4].

B. Asegurar la financiación

Antes de comenzar a buscar el financiamiento, debemos asegurarnos de investigar todos los requisitos que involucrará la misión, estos podrían ser componentes para el armado del CubeSat, materiales para la implementación de la estación terrena, pruebas ambientales, pruebas de vibración, desgasificación por vacío térmico, choques e interferencias electromagnéticas, asimismo se debe prever un costo para viajes que deberán realizar los desarrolladores acompañando al CubeSat para las diferentes pruebas, que lógicamente no se tienen los laboratorios en nuestras instalaciones o la entrega para la integración en el dispensador. Todos estos artículos deben incluirse en la estimación de costos. CSLI solo cubrirá los costos del lanzamiento, que incluyen el dispensador CubeSat, los servicios de integración y el lanzamiento en sí.

Una vez que el CubeSat sea seleccionado y manifestado para un vuelo, CSLI comenzará a gastar dólares de la NASA en nuestro nombre. Si nos quedamos sin fondos y no podemos completar el CubeSat, es posible que la NASA no pueda aplicar las actividades completadas ("costos irre recuperables") a un CubeSat de reemplazo. Si esto sucede, se habrá perdido una oportunidad de lanzamiento e incluso podría provocar la desmanifestación de otros CubeSats co-manifestados en el mismo lanzamiento. Además, el Acuerdo de Investigación y Desarrollo Cooperativo (CRADA, por sus siglas en inglés) que

se firma con la NASA después de manifestarse requiere que reembolse a la NASA los costos de integración y lanzamiento incurridos si no entrega su CubeSat a tiempo. Esto no le ha pasado a nadie todavía, ¡pero podría! Por lo tanto, no se debe aceptar una oportunidad de lanzamiento hasta que sea seguro que se puede entregar el CubeSat a tiempo. Como parte de la propuesta a CSLI, se debe proporcionar suficiente información presupuestaria para demostrar que se ha obtenido suficientes fondos para cruzar la línea de meta.

C. Revisiones de mérito y factibilidad

Como parte de la propuesta a CSLI, el equipo deberá realizar una revisión de méritos y una revisión de factibilidad. Estas revisiones ayudan a garantizar a las partes interesadas de la misión (y a todos los demás involucrados en la misión, es decir, CSLI, el proveedor del vehículo de lanzamiento, otros patrocinadores, etc.) que el equipo u organización es capaz de cumplir con sus obligaciones y completar una misión exitosa y valiosa [5].

1) *Revisión de méritos.* Antes de enviar la propuesta a CSLI, la misión prevista del CubeSat debe pasar una revisión de mérito intrínseco. Esta revisión evaluará las metas y objetivos de la misión para determinar la calidad de la investigación con respecto a la ciencia, la educación y/o la tecnología. También determinará si la investigación general respalda una o más de las metas u objetivos de ciencia, educación, tecnología y/u operaciones del Plan Estratégico de la NASA. Cuanto más se alinee la misión con una meta u objetivo del Plan Estratégico de la NASA, más probable es que el CubeSat sea seleccionado.

2) *Revisión de factibilidad.* Además de la revisión de méritos, el equipo también debe completar y aprobar una revisión de factibilidad antes de enviar la propuesta. Esta revisión juzgará si la misión del CubeSat se puede lograr con respecto a la "implementación técnica", incluida la viabilidad, la resiliencia, el riesgo y la probabilidad de éxito.

CSLI no solo está interesado en los resultados de la revisión de mérito y viabilidad, sino también en cómo se abordó los hallazgos de las revisiones para resolver cualquier problema o inquietud identificado por los revisores.

D. Diseño del CubeSat.

Para el diseño del CubeSat, se deberá investigar qué componentes funcionarán mejor para los sistemas del CubeSat. Afortunadamente, los CubeSat se han vuelto cada vez más populares y la disponibilidad de piezas comerciales disponibles ha aumentado

considerablemente. Sin embargo, para reducir costos es preferible diseñar nuestros propios sistemas.

Es conveniente comenzar con el diseño lo antes posible. Dependiendo del nivel de experiencia del equipo, encontraremos una serie de contratiempos durante el desarrollo, por lo que es muy prudente darse el mayor tiempo posible.

E. Desarrollo y presentación de propuestas en respuesta a la convocatoria CSLI

Las instrucciones específicas de la propuesta para cualquier Anuncio de oportunidad de asociación (AoPO) enviado por CSLI se detallan en el anuncio oficial publicado en <https://sam.gov> o http://go.nasa.gov/CubeSat_initiative. Los plazos pueden variar, pero las propuestas suelen presentarse dentro de los 4 meses posteriores a la publicación del AoPO. Por lo general, el AoPO se publica a principios de agosto y las propuestas vencen en noviembre. Las instrucciones sobre cómo enviar la propuesta se incluyen en el AoPO. Por lo general, CSLI solicita que la propuesta se envíe por correo electrónico a un representante específico de la NASA.

Una vez seleccionado el CubeSat, se manifestará en una misión. En ese momento, la NASA y el desarrollador de CubeSat firmarán un contrato con mucha jerga legal (por ejemplo, responsabilidad, riesgo, intercambio de datos, etc.).

La NASA redactará este contrato y se lo enviará al desarrollador de CubeSat para la firma.

F. Selección y manifestación

Una vez que se hayan presentado las propuestas, el Comité de recomendación de selección de CSLI determinará qué propuestas cumplen con todos los estándares descritos en el AoPO y creará una lista priorizada de los proyectos de CubeSat que califican.

Por lo tanto, para que el Cubesat consiga la más alta prioridad primero, las revisiones de mérito y factibilidad deben verse bien, en segundo lugar, debemos asegurar su financiamiento completo, claves para la selección de CSLI, y tercero, asegurar que la propuesta muestre claramente cómo contribuye a cumplir una o más metas/objetivos en el Plan Estratégico de la NASA. La propuesta debe ser interesante y, si es posible, innovadora.

Una vez que los CubeSats estén emparejados y manifestados, se asignará un número de misión ELaNa (Iniciativa de lanzamiento de CubeSat de la NASA).

G. Coordinación de la misión

Este es otro término muy común en la industria aeroespacial, pero no tanto en otros campos. Cuando cualquier empresa involucra a más de una parte, se

requiere una cierta cantidad de "coordinación".

Las misiones de CubeSat involucran, como mínimo, un desarrollador de CubeSat y un proveedor de LV. Las misiones que patrocina CSLI generalmente incluirán un integrador de misión, que es responsable de la coordinación. Se asigna un integrador de misión una vez que se identifica una oportunidad de lanzamiento y uno o más CubeSats se manifiestan para esa oportunidad.

En otras palabras: la coordinación de la misión es un término general para la planificación general de la misión y la presentación y el seguimiento de la documentación que será necesaria para pasar entre el proveedor de LV y el desarrollador de CubeSat. El integrador de la misión será responsable del cronograma y la comunicación entre las partes para asegurarse de que todos los requisitos de CubeSat se verifiquen a tiempo.

H. Licencias reglamentarias

Todos los CubeSats deben pasar por un proceso de licencia para poder transmitir señales de radio y un proceso separado para obtener la licencia del uso de un instrumento de imágenes como una cámara. La obtención de licencias para satélites puede ser un proceso largo. Antes de finalizar cualquier diseño de sistema y plan de operaciones y antes de enviar cualquier solicitud, debemos comprender las restricciones reglamentarias e identificar claramente toda la información necesaria para obtener la licencia. Una vez que se documente toda la información necesaria, se debe enviar la solicitud lo antes posible, preferiblemente dentro de los 30 días posteriores a la manifestación del CubeSat o antes. Si no se tiene todas las licencias necesarias antes de la fecha final de entrega del CubeSat al integrador, se corre el riesgo de que el CubeSat sea retirado de la misión. Esto significa que será expulsado del lanzamiento.

I. Desarrollo y presentación de documentación específica de vuelo

Una vez que el CubeSat se manifiesta en un lanzamiento, el integrador de la misión proporcionará una lista de entregables (documentos que CSLI y el integrador de la misión necesitan del equipo) que deberán completarse y enviarse en una fecha específica.

Estos documentos se utilizarán para verificar que el CubeSat cumpla con todos los requisitos de seguridad y lanzamiento establecidos por el (Documento de Control de Interface) ICD.

J. Diseño, desarrollo y prueba de estaciones terrestres

La estación terrestre debe construirse temprano en la línea de tiempo del proyecto. La prueba exhaustiva de la estación terrestre es fundamental para el éxito

de la misión. La estación terrestre se utiliza para localizar el satélite, así como para enviar comandos y enviar datos de enlace descendente. Lanzar con una estación terrestre inadecuada es una misión asesina.

K. Fabricación y prueba de hardware de CubeSat

Como se mencionó anteriormente, muchos componentes de hardware se pueden comprar a proveedores comerciales, pero la fabricación interna siempre que sea posible puede ayudar a mantener bajos los costos y, para proyectos educativos de CubeSat, puede aumentar las oportunidades de aprendizaje. El marco de tiempo para esta parte del proceso varía mucho según cuán ambicioso sea el diseño y cuán experimentado sea el equipo.

Una vez que se complete la construcción del CubeSat, se debe realizar pruebas específicas y enviar planes e informes de prueba para verificar que el CubeSat cumpla con los requisitos de ICD. Después de realizar la prueba de verificación, ya no se puede trabajar en el CubeSat. Las pruebas de verificación generalmente incluyen pruebas de vibración y vacío térmico y, en algunos casos, pruebas de choque, de interferencia electromagnética y carga estática, a los niveles prescritos por ICD. También se requiere la prueba Day In The Life (DITL) para demostrar que las inhibiciones eléctricas y los temporizadores funcionarán correctamente.

L. Revisiones de preparación para la misión

La Revisión de preparación de la misión (MRR) es una presentación que se entrega al CSLI y al integrador de la misión que resume toda la evidencia que se proporciona para demostrar que el CubeSat cumple con todos los requisitos del ICD. Toda la documentación entregable debe ser enviada y aceptada por el integrador de la misión antes de esta revisión. Eso significa que todas las pruebas también deberían haberse completado y el CubeSat debería estar completamente terminado. Esta revisión no se puede completar por teléfono; todos los equipos de CubeSat manifestados en la misión deben enviar al menos un representante para presentarse en la revisión de preparación.

M. Pruebas e integración de CubeSat a dispensador

¡Es el día de la entrega! Se ha terminado por completo el CubeSat: todas las pruebas están completas y se ha enviado toda la documentación. Ahora se debe entregar el CubeSat al sitio de integración, cuya ubicación está determinada por el integrador de la misión.

En el sitio de integración, se desempacará el CubeSat y se trasladará a la sala limpia del integrador. No es obligatorio, pero el integrador puede solicitar ayuda con el proceso de integración.

Esto significa ser responsable de colocar el CubeSat en el banco de trabajo mientras el integrador toma las medidas físicas previas a la integración. Algunos integradores harán un gran esfuerzo para evitar manipular el CubeSat.

N. Integración del dispensador al vehículo de lanzamiento

La integración del dispensador al vehículo de lanzamiento es el punto en el que el dispensador cargado con el CubeSat se conecta al cohete. Esto suena muy bien, y lo es, pero desafortunadamente, no se puede participar. Los proveedores de vehículos de lanzamiento son muy protectores con sus cohetes, por lo que solo se permite participar al personal esencial. El personal esencial generalmente incluye representantes de LSP, el integrador de la misión y los técnicos del proveedor de lanzamiento.

O. Lanzamiento

La ubicación del lanzamiento dependerá de la misión principal y se conocerá mucho antes de que se manifiesten los CubeSats. La fecha de lanzamiento puede cambiar con respecto a la línea de tiempo original, pero solo la misión principal o el vehículo de lanzamiento pueden cambiar la fecha de lanzamiento. Los CubeSats no tienen ninguna influencia en el lanzamiento o la ventana de lanzamiento. Si el proyecto se retrasa por algún motivo, el lanzamiento no se retrasará. Si el CubeSat no se entrega a tiempo, el LV definitivamente se irá sin el CubeSat a bordo.

P. Operación de la misión

Las operaciones iniciales pueden ser la parte más emocionante de una misión satelital, especialmente para quienes vuelan por primera vez; sin embargo, también puede ser el más desafiante. Pero no es de preocupación, el integrador de la misión trabajará con el equipo desarrollador para poner en marcha las comunicaciones después del lanzamiento.

IV. CONCLUSIÓN

Como se pudo observar en el desarrollo del presente artículo, existen varios pasos a seguir, de acuerdo con la metodología CSLI, la misma nos orienta y nos incentiva a desarrollar estos proyectos espaciales que a simple vista parecen ser demasiado costosos y bastante largos en su desarrollo. Si se cumple con todos los requerimientos, que por cierto son dependientes de nosotros mismos y posibles de cumplir, el lanzamiento de nuestro primer EMI-CubeSat estaría rondando los primeros meses de 2024.

REFERENCIAS

- [1] NASA Space Science Data Coordinated Archive Sputnik 1 NSSDCA/COSPAR ID: 1957-001B [En línea]. Disponible en <https://nssdc.gsfc.nasa.gov/nmc/spacecraftDisplay.do?id=1957-001B>
- [2] Cubesat Design Specification, California Polytechnic State University.
- [3] BEYDEDA. Sami, GRUHN. Volker. Testing Commercial-off-the-Shelf Components and Systems. Springer Science & Business Media: Leipzig, 2005. 5 p.
- [4] CubeSat 101: Basic Concepts and Processes for First-Time CubeSat Developers. NASA CubeSat Launch Initiative for Public Release – Revision Dated October 2017
- [5] Small Spacecraft Technology, State of the Art, AMES Research Center, NASA 2014.
- [6] Ram S. Jakhu, Joseph N. Pelton, Small Satellite and their Regulation, Springer.2014.
- [7] Satellite Mission Operation best Practices, Ray Harvy, Johns Hopkins Applied Physics Laboratory, 2013.
- [8] Taller de regulación de satélites pequeños, CICESE, 14 octubre 2015.

Biografía Autor



Victor Hugo Cuevas Bustamante, docente de la materia Comunicaciones Satelitales de la carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones de la Escuela Militar de Ingeniería.

Ingeniero en Sistemas Electrónicos – Escuela Militar de Ingeniería 1999. Diplomado en Educación

Superior por competencias – EMI 2006, Magister Scientiarum en Ingeniería de Redes de Comunicación – Universidad Mayor de San Andrés 2009, Especialización en Control, Operación y Diseño de satélites de Comunicación, Beijing – China 2013.

Fecha de Envío del Artículo: La Paz, 17 de octubre de 2022.

Fecha de Recepción de artículo: La Paz, 30 de octubre de 2022.

