

Sistema de adquisición de datos y base de lógica digital para aplicación en CubeSats.

G. García & A. Riedinger

29 de agosto de 2021

Nomenclatura

1U	10 x 10 x 10 cm
CalPoly	California Polytechnic University
CDS	CubeSat Design Requirements
ERDYTC	Estación de Recepción de Datos Y Transmisión de Comandos
FCC	Federal Communications Commision
FF	Form Factor
ICD	Interface Control Documents
ISS	International Space Station
LCD	Liquid Crystal Display
LV	Launch Vehicle
P-POD	Poly-Picosatellite Orbital Deployer
PLA	Polylactic Acid
RF	Radio Frequency
SATDAC	Sistema de Adquisición y Transmisión de Datos Autosficiente y Controlable
SSDL	Space Systems Development Laboratory
ULA	United Launch Alliance

Índice general

1. Descripción general:	4
1.1. Operación e interfaz con el usuario:	4
1.2. Especificación técnica:	4
1.3. Mantenimiento del equipo:	5
1.4. Conexión y puesta en marcha:	5
A. Información sobre CubeSats:	6
A.1. Designación:	6
A.2. Sistemas de Dispensación:	7
A.3. Vehículos de Lanzamiento - Cohetes:	7
A.4. Resumen del proceso de desarrollo:	8
A.5. Modelos de misión y requisitos:	9
A.6. Licencias de Radio Frecuencia:	9
Bibliografía	10

Capítulo 1

Descripción general:

La premisa de este proyecto se basa en el desarrollo del software de un prototipo de CubeSat¹ controlado por un sistema embebido STM4103. El objetivo se centra en la creación de un sistema digital de adquisición y transrecepción de datos de capacidad autosuficiente. Además, el prototipo cuenta con una Estación de recepción de datos que posee también la capacidad de transmitir comandos de forma inalámbrica a la nave.

1.1. Operación e interfaz con el usuario:

El Sistema de Adquisición y Transmisión de Datos Autosuficiente y Controlable (**SATDAC**) se encontraría instalado directamente en un CubeSat, y el mismo tiene las siguientes características:

- Capacidad de adquisición de datos por distintos sensores.
- Capacidad de control y despliegue de periféricos por comando.
- Capacidad de recibir y transmitir datos de forma inalámbrica.
- Capacidad de sensado y realización de tareas de forma autosuficiente a partir de paneles solares.

Luego todos los datos se transmiten al medio de interfaz con el usuario. En esto se basa la Estación de Recepción de Datos Y Transmisión de Comandos (**ERDYTC**), la cuál posee las siguientes características:

- Capacidad para recibir datos y transmitir comandos de forma inalámbrica.
- Capacidad para mostrar datos a través de un display LCD.
- Capacidad para ingresar comandos por usuario vía teclado alfanumérico.
- Almacenamiento de datos en memoria externa.

1.2. Especificación técnica:

El desarrollo del sistema SATDAC se basa para la muestra en CubeSat de tamaño equivalente a 1U (10 x 10 x 10 cm), cuya estructura está realizada en PLA. A partir del mismo:

- La sección de adquisición de datos se realiza como ejemplo a partir de un solo sensor LM335Z. De esta forma, al establecerse la recolección de un dato analógico, se puede fácilmente extrapolar a distintos sensores para cualquier sistema particular.
- Cuenta con servomotores encargados del despliegue y retracción de la antena de comunicación y paneles solares. Estos mismos son activados por comando a partir de la ERDYTC.

¹Para más información sobre los sistemas referentes a CubeSats, ver el Apéndice A.

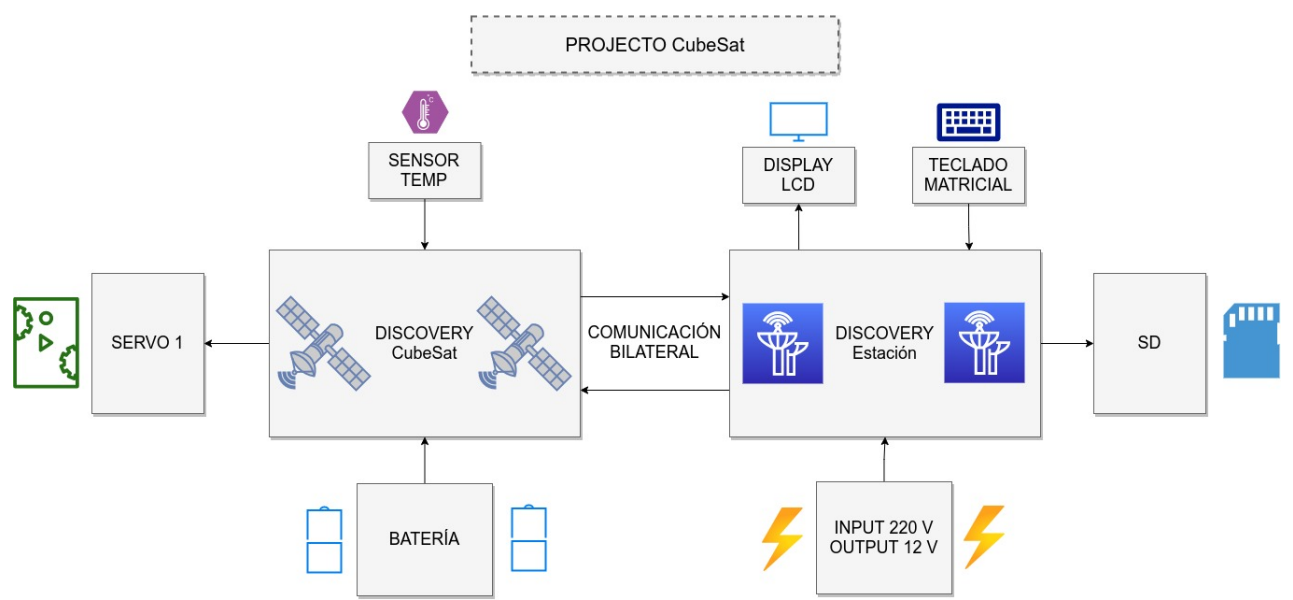


Figura 1.1: Diagrama en bloques del sistema completo

- Utiliza un protocolo de comunicación inalámbrico basado en transreceptores F1000A de 433 MHz y 355 MHz.
- La alimentación se basa en una batería litio que se carga a través de un módulo TP4056. El modulo se conecta a paneles solares.

La ERDYTC también posee una estructura basada en PLA, y cuenta con las siguientes calificaciones:

- La sección de muestra de datos se realiza a partir de un display digital de 2 x 16.
- Para la inserción de comandos se utiliza un teclado matricial de 16 botones.
- El almacenamiento de datos se realiza en una memoria SD.
- Utiliza un protocolo de comunicación inalámbrico basado en transreceptores F1000A de 433 MHz y 355 MHz.
- La alimentación a través de 12 [V] adaptados a partir del voltaje de red.

Todas las funciones del SATDAC y ERDYTC, como también la interconexión entre ellos, se puede ver el diagrama representativo en bloques de la Fig. 1.1.

1.3. Mantenimiento del equipo:

asdfdsalfhslldadjflksadjfljsa.
asñdkfjsalkdjflskajdfññsjadfñlkjsldfjsdaf.

1.4. Conexión y puesta en marcha:

aslfhdhsaldfjlkasjdfllksdajf lflksdjflksdjfl lkj flkdsajf lñaskhdfhsadhglsahgl jslaj ldksjf lksjf lkdsajf lksja lkdsdjfl klsaj flñasjdfñslkajfñlsa kjf lkjeeja.
sjfksdjfls fdlksjflksdjflksadjfds.
sslkdfjlskjf skfjlskfjasdjflsdjflkjsadñlfhasgkjhsdajghlsdghjsadg.

Apéndice A

Información sobre CubeSats:

El estándar de CubeSats fue creado por la Universidad Politécnica de California (CalPoly) y por el Laboratorio de Desarrollo de Sistemas Espaciales de la Universidad de Stanford (SSDL) en 1999, con el objetivo de facilitar el acceso al espacio a estudiantes universitarios. Desde entonces, el estándar ha sido adoptado por cientos de organizaciones en todo el mundo. Desarrolladores de CubeSats incluyen no solo universidades o instituciones educativas, sino también a firmas privadas y organizaciones gubernamentales.



Créditos: CalPoly

Figura A.1: Estudiantes de la CalPoly tomando medidas de un CubeSat de 2U

El estándar de CubeSats facilita un acceso frecuente y económico al espacio con oportunidades de lanzamientos disponibles en la mayoría de vehículos espaciales. Se reconoció que una plataforma pequeña y estandarizada de CubeSats puede ayudar inmensamente a reducir los costos de los desarrollos técnicos e investigaciones científicas.

<https://www.cubesat.org/about/>

A.1. Designación:

Un pequeño satélite es usualmente considerado como cualquier satélite cuyo peso sea menor a 300 [kg]. Un CubeSat, sin embargo, debe conformar un criterio específico que controla factores como su tamaño, forma y peso.

Los estándares específicos de CubeSats ayudan a reducir costos. Los aspectos de estandarización de CubeSats hacen posible una producción en masa de componentes y partes integrantes. Como resultado, la ingeniería y desarrollo de CubeSats se vuelve mucho menor que aquella de los pequeños satélites. La forma y tamaño estandarizados de los CubeSats también ayuda a reducir costos asociados al transporte y despegue hacia el espacio.

Los CubeSats pueden venir en varios tamaños, que usualmente son referidos como “unidades” - 1U. Un CubeSat de 1U equivale a un cubo de 10 cm con una masa de aproximadamente 1,33 kg. En los años desde su creación, se han desarrollado CubeSats de mayores tamaños: 1.5U, 2U, 3U y 6U; pero nuevas configuraciones siguen todavía en desarrollo. Ejemplos de CubeSats se muestran en la Fig. A.2. Esto normalmente se conoce como Factor de Forma o *Form Factor* (FF). Todos estos requerimientos usualmente se refieren como CDS (CubeSat Design Requirements).



Crédito: CalPoly

Figura A.2: CubeSat de 1U (izq.) y de 3U (dcha.)



Crédito: CalPoly

Figura A.3: Sistema dispensador P-POD (Poly-Picosatellite Orbital Deployer) desarrollado por CalPoly

A.2. Sistemas de Dispensación:

Se han descrito los CubeSats en si mismos, pero existe otra pieza importante del puzzle: el sistema dispensador, el cual es la interface entre el CubeSat y el Vehículo de Lanzamiento (LV). El dispensador provee un punto de fijación sobre el LV, protege al CubeSat durante el lanzamiento, y lo suelta en el espacio en el momento determinado.

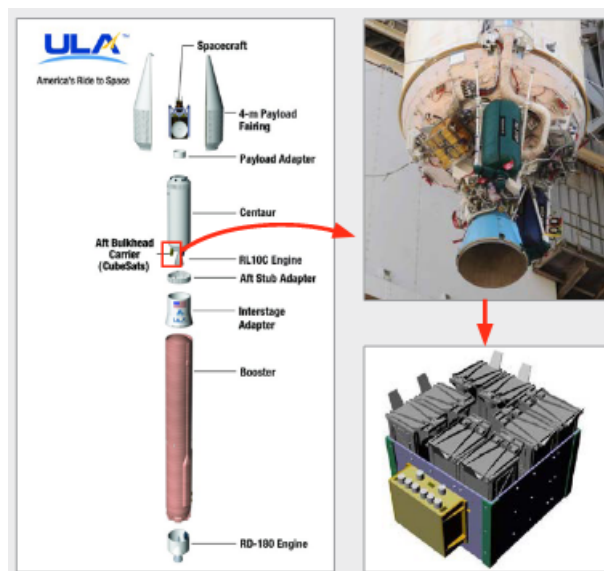
Existen un gran número de sistemas dispensadores en el mercado. Cada uno tiene diferentes características especiales, pero todos están designados para retener el CubeSat conformado según su FF. En la Fig. A.3 se puede ver como ejemplo el primer sistema desarrollado por la CalPoly. Tiene la capacidad de cubrir hasta 3U de CubeSats (esto es, un CubeSat de 3U o tres CubeSats de 1U o dos CubeSats de 1.5 U, etc.). Aunque los diseños han cambiado durante los años, todos tienden a seguir el mismo principio de un recipiente seguro de confinamiento con una puerta accionado por comando la nave.

Usualmente, el honor de elegir el sistema dispensador de CubeSats no queda para los desarrolladores, sino para quién sea la persona a cargo de pagar los costos enteros del lanzamiento.

A.3. Vehículos de Lanzamiento - Cohetes:

Son los encargos de llevar el sistema dispensador que contiene un CubeSat desde la Tierra al Espacio. Cuando el paquete dispensador/CubeSat fue primeramente diseñado, se pensó que sería una buena idea forzarlo en cualquier parte de un cohete donde hubiese algún lugar disponible (tener en cuenta su pequeño tamaño).

Actualmente, se sigue con la misma elección de proceso, aunque existen otras opciones disponibles. Por ejemplo, un CubeSat hoy en día es usualmente mandado en las misiones de reabastecimiento de la ISS. En la Fig. A.4 se muestra como



Crédito: ULA

Figura A.4: Ubicación común de un CubeSat en misiones de la ULA

ejemplo la ubicación física de un CubeSat/dispensador en una misión típica de la ULA. Sin embargo, este no es el único método; por ejemplo, el CubeSat peruano *Chasqui 1* ni siquiera necesitó de un sistema dispensador, sino que un cosmonauta lo arrojó con sus propias manos en una caminata espacial de la ISS. Por esto mismo, las formas de llevar CubeSats hacia el espacio son varias, pero normalmente no quedan a elección de los desarrolladores.

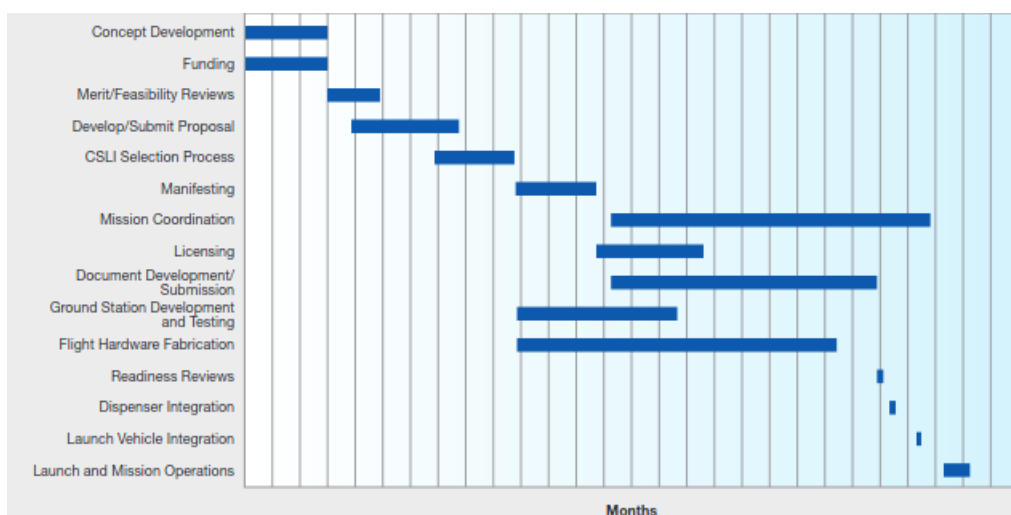
A.4. Resumen del proceso de desarrollo:

Si bien el tiempo total de desarrollo de un CubeSat dependerá finalmente de qué es lo que se trate de lograr con el mismo, se puede tener un estimado basado en las miles de experiencias ya realizadas.

Un CubeSat puede ser diseñado, armado, testeado y entregado en tan poco como 9 meses, pero típicamente tarda entre 18 y 24 meses en completarse. Sin embargo, una vez que un CubeSat está listo para ser entregado, el lanzamiento puede tardar un par de meses como también un par de años. Esto depende obviamente de la disponibilidad de oportunidades de lanzamiento, pero también es afectado por la flexibilidad de requerimientos orbitales que necesite el sistema - cuánto más flexible, más fácil de lanzar y por lo tanto menor la espera. Usualmente, y dependiendo de la organización a cargo del lanzamiento, se pide que los CubeSats estén terminados entre 4 semanas y 6 meses antes del lanzamiento en sí.

Las fases del proyecto entero, así como sus tiempos estimados, son como siguen:

1. Desarrollo del concepto (1-6 meses).
2. Obtención del financiamiento (1-12 meses).
3. Revisiones de mérito y factibilidad (1-2 meses).
4. Diseño del CubeSat (6 meses).
5. Desarrollo y presentación de la propuesta a las entidades financiadoras (3-4 meses).
6. Propuesta de oportunidades de lanzamiento (1-36 meses).
7. Coordinación de la misión (9 - 18 meses).
8. Licenciación (4-6 meses).
9. Propuesta de documentación de desarrollo específica para el lanzamiento (10-12 meses).
10. Desarrollo, diseño y testeo de la estación de tierra (2-12 meses).



Crédito: NASA

Figura A.5: Muestra gráfica de las fases del proyecto de un CubeSat y su duración

11. Fabricación y testeo del hardware del CubeSat (2-12 meses).
12. Revisión de la misión (mitad de 1 día).
13. Integración del CubeSat al sistema dispensador y testeo (1 día).
14. Integración del sistema dispensador al LV (1 día).
15. Lanzamiento (1 día).
16. Operación de la misión (variable, puede durar hasta 20 años).

A.5. Modelos de misión y requisitos:

Cada organización tiene una forma particular en la que les gusta lanzar CubeSats. Estos son llamados “modelos de misión”. En base a ellos, el equipo encargado del desarrollo de un CubeSat deberá trabajar en base a los requerimientos y estructuras específicos de cada organización. Sin embargo, se pueden listar varios requisitos que se encuentran en el dominio público sobre misiones previas, como el [LSP-REQ-317.01](#), [GSFC-STD-7000](#) o los previamente mencionados CDS por ejemplo.

Las misiones de CubeSats usualmente poseen dos ICDs (Interface Control Documents) específicos para cada misión: uno para regular la interfaz entre el CubeSat y el sistema dispensador, y otro para regular la interfaz entre el dispensador y el LV. Incluyen típicamente requerimientos de seguridad, rango, tamaño, peso, impacto ambiental y cualquier ley aplicable.

A.6. Licencias de Radio Frecuencia:

Las licencias de los CubeSats tienen diferentes clasificaciones dependiendo de quién será el principal operador del CubeSat y cómo este será utilizados. Cada clasificación tiene su propio set de requerimientos y procedimientos.

Existen cuatro tipos de licencias de RF aplicables:

- Amateur - FCC Part 97: diseñada específicamente para radio entusiastas y para servir a la comunidad amateur de radio.
- Comercial - FCC Part 25: diseñada para el uso comercial, no aplicable para CubeSats no-comerciales o desarrollados por universidades.
- Experimental - FCC Part 5: diseñada para sistemas en una nave que contiene experimentos científicos. Estas son las licencias típicas para CubeSats desarrollados en universidades.

- Guvernamentales: para naves que operan en frecuencias que pertenecen a agencias guvernamentales de cualquier tipo.

Bibliografía

- [1] “CubeSat 101: Basic Concepts and Processes for First-Time CubeSat Developers.”
- [2] “The CubeSat Program.” [Online]. Available: <https://www.cubesat.org/about>
- [3] “Guidance On Obtaining Licenses For Small Satellites | Federal Communications Commission.” [Online]. Available: <https://www.fcc.gov/document/guidance-obtaining-licenses-small-satellites>
- [4] T. Mai, “NASA Spectrum Policy and Guidance,” Mar. 2016. [Online]. Available: http://www.nasa.gov/directorates/heo/scan/spectrum/policy_and_guidance.html