

Crterios para Verificaci3n del Subsistema de Energ3a El3ctrica de Sat3lites Durante Pruebas de Sistema

Critaria for Satellite Electrical Power Subsystem Verification During System Test

Elyka, Abello, *Investigadora, ABAE*

Resumen—En un proyecto satelital se realizan distintas pruebas el3ctricas: a nivel de equipo y subsistema para verificar su desempe1o y compatibilidad de interfaces internas; y a nivel de sistema para verificar las interfaces entre distintos subsistemas y su correcto funcionamiento en conjunto. El subsistema de energ3a el3ctrica es vital para el sat3lite; su verificaci3n y seguimiento constante resultan cr3ticos durante las pruebas a nivel de sistema. Dicha verificaci3n incluye analizar los valores obtenidos de acuerdo a criterios que permitan interpretar los resultados correctamente. El presente trabajo presenta criterios y recomendaciones para realizar un efectivo seguimiento y verificaci3n de par3metros cr3ticos del subsistema de energ3a el3ctrica de una plataforma satelital.

Abstract—In a satellite project, several electrical test have to be performed: equipment and subsystem level test, to verify the performance and internal interface compatibility; and system level test, to verify the interface with other subsystems and the correct interaction between them. Electrical power subsystem is critical for the satellite; its constant monitoring and verification are very important during system level test. Subsystem verification includes to analyze the obtained data according to criteria that allow the correct interpretation of test results. This paper gives criteria and recommendations to perform effective monitoring and verification of main parameters of a satellite electrical power subsystem.

Palabras clave—energ3a el3ctrica; pruebas aeroespaciales; sat3lite; telemetr3a; verificaci3n

Index Term— aerospace test, electrical power, satellite, telemetry, verification

I. INTRODUCCI3N

EN un proyecto satelital, al culminar cada etapa de dise1o, deben realizarse diversas pruebas a los equipos, subsistemas y al sistema en general, con el objetivo de verificar el correcto funcionamiento del sat3lite de acuerdo a los requerimientos de la misi3n y al dise1o del mismo. Las pruebas a nivel de unidad y de subsistema las realizan los fabricantes de 3stos antes del ensamblaje del sat3lite, con el fin de verificar el cumplimiento de los requerimientos y la compatibilidad de interfaces internas. Las pruebas a nivel de sistema las lleva a cabo la compa1a o instituci3n encargada del dise1o del sat3lite.

Estas pruebas verifican las interfaces entre los distintos subsistemas y su correcto funcionamiento en conjunto.

Un sat3lite puede dividirse en dos partes principales: la carga 3til de un sat3lite, que es el motivo de la misi3n, y la plataforma, que es la encargada de proveer los recursos y servicios necesarios para funcionar. El subsistema de energ3a el3ctrica (EPS por sus siglas en ingl3s) junto con los subsistemas de telemetr3a y tele-comando (TTC), control de 3rbita y apuntamiento (AOCS) y manejo de data a bordo (OBDH), conforman la plataforma de un sat3lite. Particularmente el EPS est3 encargado de suministrar la energ3a el3ctrica a los equipos del sat3lite durante toda su vida 3til, para lo cual debe cumplir con las funciones de generar, acondicionar y distribuir la energ3a el3ctrica de forma confiable. Una falla en 3rbita del EPS puede resultar en la p3rdida de la misi3n, por lo que deben realizarse pruebas en tierra. Particularmente, el seguimiento constante del EPS durante todas las pruebas el3ctricas permite identificar ciertos comportamientos anormales de otros subsistemas; por ejemplo, cambios inesperados en alguna corriente pueden indicar el mal funcionamiento de alg3n equipo.

El presente trabajo presenta nociones b3sicas, basadas en la experiencia y la investigaci3n, para guiar a principiantes en la verificaci3n del comportamiento del subsistema de energ3a el3ctrica durante las pruebas a nivel de sistema.

II. SELECCI3N DE PAR3METROS

Durante el dise1o del subsistema de energ3a el3ctrica de una plataforma satelital, deben definirse los par3metros del subsistema que ser3n verificados a lo largo toda la vida del sat3lite, tanto en 3rbita como durante las pruebas en tierra. Una vez definidos estos par3metros, debe fijarse la cantidad y tipo de telemetr3as necesarias para obtener la informaci3n requerida. Estos par3metros se observan al trav3s de la telemetr3a (TM) del sat3lite, que es enviada a tierra cuando existe acceso a la estaci3n terrena de control. Generalmente son definidos por los dise1adores de los equipos o del subsistema, sin embargo, como

todos los recursos en una plataforma satelital, la cantidad de telemetrías es limitada, por lo que la selección de las mismas debe realizarse tomando en cuenta los requerimientos y limitaciones del subsistema de manejo de data a bordo, encargado de manejar el presupuesto de telemetrías, asignando a cada subsistema una cantidad máxima que pueda utilizar.

De acuerdo al estándar ECSS-E-70-41A[1], los criterios utilizados para diseñar los paquetes de telemetría deben asegurar que el estado del satélite sea reportado de forma completa y no ambigua y que la frecuencia de generación del mismo sea compatible con cualquier requerimiento de tiempo de respuesta necesario por la estación de control en tierra para cerrar el lazo de control.

Algunos ejemplos de parámetros importantes a verificar son:

- Principales corrientes: corriente del bus principal, corriente de cada bus secundario (de existir), corriente de carga de la batería, corriente de descarga de la batería, corriente generada por el arreglo solar.
- Principales tensiones: tensión del bus principal, tensión de cada bus secundario (de existir), tensión de la batería.
- Estado de configuración: si hay equipos con redundancia, debe saberse cuál de los equipos esta encendido y funcionando.
- Estado de los principales relés: si se encuentran abiertos o cerrados.
- Estado de carga de la batería
- Estado de funciones de la sub-computadora: si se encuentran habilitadas o deshabilitadas.
- Temperaturas de equipos con rangos críticos: baterías, paneles solares, unidad de control de potencia.
- Contadores: de tele-comandos recibidos, de eventos particulares, como el reinicio de algún equipo de importancia.
- Alarmas: indicadores de posibles fallas del subsistema o de equipos.
- Despliegue de los paneles solares: indicador de envío de pulso para el despliegue, indicador de despliegue efectivo.

Dependiendo del rango de valores que pueda tomar el parámetro, las telemetrías pueden ser binarias, series digitales o analógicas [2]. Tomando los ejemplos mencionados anteriormente, las tensiones y corrientes estarían definidas como telemetrías analógicas, mientras que aquellas que hacen referencia a estados, serían binarias. Un conjunto de TM binarias, por ejemplo, un conjunto de alarmas, podrían generar una serie digital.

A su vez, debe definirse la velocidad de muestreo que necesita cada una de las TM, en base a lo permitido por el subsistema de manejo de data a bordo. La velocidad dependerá de la frecuencia con la que cambie el parámetro; por ejemplo, es recomendable que las corrientes sean TM rápidas porque las mismas pueden tener variaciones momentáneas, cuyo registro es importante para el análisis de la salud del satélite, y que

podrían no registrarse si fueran TM lentas. Por el contrario, las TM de estados de relés, configuración o funciones, no se espera que varíen de forma momentánea; al cambiar de estado, durarán un tiempo en el nuevo estado, generalmente mayor al de una TM definida como lenta, por lo que el cambio quedaría registrado. Existen otras TM que no necesitan observarse constantemente a lo largo de la vida útil del satélite, sino sólo en ciertas ocasiones; como es el caso de las relacionadas con el despliegue de los paneles solares, que una vez se realizado el despliegue, dejan de ser significativas. En estos casos se pueden utilizar paquetes dedicados que se activen sólo en el momento que sea necesario.

Al llegar a la fase de pruebas del satélite, la lista de telemetrías del subsistema debe estar definida. Dependiendo del tamaño del satélite y la complejidad del EPS, la cantidad de telemetrías establecidas puede variar. En la mayoría de los casos será un número mayor al que una persona puede observar simultáneamente, por lo que resulta necesario identificar los parámetros más críticos y/o significativos para visualizar en la pantalla permanentemente durante las pruebas. A continuación se presentan algunas recomendaciones para la selección de los parámetros a verificar constantemente durante las pruebas en tierra:

- Principales corrientes
- Principales tensiones
- Temperaturas
- Alarmas
- Contador de tele-comandos

Adicionalmente, se deben tomar en consideración las características de herencia y madurez de tecnología de cada equipo del satélite. Los parámetros relacionados con los equipos cuyo diseño es nuevo o ha sufrido cambios significativos respecto a los diseños anteriores, es decir, de categorías C y D según la ECSS [3], deberán ser incluidos en la lista de parámetros críticos a verificar.

III. SEGUIMIENTO DE PARÁMETROS

Una vez seleccionados los parámetros a mostrar simultáneamente en la pantalla, no es posible evaluarlos todos al mismo tiempo con la simple visualización de los valores en tiempo real; no se pueden detectar cambios de corta duración ni apreciar claramente la tendencia o el comportamiento de las señales. Una buena práctica resulta graficar los parámetros más críticos y propensos a este tipo de cambios, como las corrientes o tensiones.

Durante las pruebas, deben fijarse criterios de validación para cada paso. Éstos criterios de validación son telemetrías que indicarán si al realizarse una acción, el comportamiento del satélite o del equipo fue el esperado. El criterio de validación puede ser:

- Por límites: se especifica un límite mínimo y uno máximo dentro de los cuales debe encontrarse el valor a verificar.
- Por variación: se especifica un valor mínimo y uno máximo para variación del valor del parámetro. Por ejemplo, al encender o apagar un equipo se puede

especificar una variación esperada en la corriente del satélite.

- Por valor esperado: se especifica un valor objetivo con su tolerancia.

Al finalizar cada sesión de pruebas es recomendable realizar una consulta del historial de todas las telemetrías (o de las más críticas), identificar los valores máximos y mínimos que se obtuvieron durante la jornada y verificar que se encontraran dentro del rango esperado. Resulta importante resaltar la diferencia entre el rango esperado y el rango de operación. El valor de una señal puede variar dentro de su rango de operación dependiendo del estado en el que se encuentre el satélite o el subsistema; sin embargo, durante las pruebas las configuraciones usadas son limitadas y específicas y deben tenerse en cuenta a la hora de comparar el valor obtenido con el correspondiente para ese estado en específico. Por ejemplo, la telemetría que indique la corriente de descarga de la batería puede tomar valores desde 0A hasta $I_{d_{max}}$ (corriente máxima de descarga permitida por la batería) y ese sería su rango de operación; sin embargo, si durante las pruebas no se descargó la batería, su rango esperado será 0A más o menos una tolerancia relacionada al procesamiento de la señal.

IV. VALORES FUERA DE RANGO

Al consultar el historial de los datos obtenidos, es muy frecuente encontrar valores fuera de los rangos de operación o rangos esperados. Sin embargo, esto no siempre significa que exista un error o mal funcionamiento en el sistema o subsistema. Por lo tanto, resulta importante identificar los casos en que se obtuvieron valores fuera de rango y analizar cuidadosamente las condiciones en las que se encontraba el satélite cuando se obtuvo dicho valor. A continuación se presentan algunos criterios que ayudan a identificar si realmente se está en presencia de un mal funcionamiento del satélite o alguno de sus componentes, si fue un error de transmisión o si es una respuesta normal del satélite. El orden de aplicación de los mismos dependerá del sistema y la interfaz que se esté utilizando para la revisión de los datos; deberá comenzarse por el criterio que sea más sencillo y rápido de aplicar de acuerdo a las herramientas disponibles, y dejar de último aquel que requiera mayor tiempo de verificación. La Fig. 1 muestra un ejemplo del orden de aplicación de los distintos criterios de verificación en un diagrama de flujo; el mismo debe ser tomado sólo como referencia y adaptado a cada uno de los casos.

A. Revisión de la naturaleza y tendencia de la señal

Lo primero que debe revisarse al observar una señal fuera del rango esperado es la naturaleza de la misma; si corresponde a un parámetro que físicamente pueda seguir el comportamiento observado o no. Por ejemplo, la corriente del bus puede tener valores instantáneos muy distintos al valor promedio que trae, debido al transitorio de un equipo o alguna falla mayor tipo corto-circuito, por lo tanto, merece un estudio más profundo; por el contrario, si se observa una temperatura instantáneamente muy distinta al promedio, es probable que se trate de un error de transmisión. La Tabla I muestra un ejemplo de valor real de

una corriente transitoria debido al cambio de estado de un equipo, mientras que la

Tabla muestra un ejemplo de un error de transmisión

TABLA I
EJEMPLO DE TRANSITORIO DE CORRIENTE

Hora	Corriente del bus principal (A)
6:47:56 PM	7,79366
6:47:57 PM	7,79366
6:47:58 PM	8,16956
6:47:59 PM	7,79366
6:48:00 PM	7,79366

TABLA II
EJEMPLO DE ERROR DE TRASMISIÓN

Hora	Temperatura de la batería (°C)
16:56:18	21,8163
16:56:26	21,8163
16:56:34	-27,91696
16:56:50	21,8163
16:56:58	21,8163

Por otra parte, si el valor que superó el rango esperado viene precedido por valores ascendentes o descendentes que muestren una clara tendencia de que la magnitud del valor físico medido estaba efectivamente aumentando o disminuyendo, es probable que el valor fuera de rango sea real y merece análisis más profundos. La Tabla muestra como ejemplo una corriente cuyo rango de operación era de 0~12A, donde se observa un comportamiento ascendente previo a alcanzar y superar el límite.

TABLA III
EJEMPLO DE VALOR REAL FUERA DE RANGO

Hora	Corriente de AOCS (A)
15:24:52	11,87165
15:24:53	11,91639
15:24:54	11,96859
15:24:55	12,01333
15:24:56	12,06553
15:24:57	12,10282

B. Revisión del tiempo a bordo del satélite

El tiempo a bordo del satélite (OBT por sus siglas en inglés) es un contador que incrementa uniformemente de forma constante, lo que hace sencillo visualizar cuándo se recibió un valor errado que se encuentra fuera de la secuencia que traía el contador. Un valor errado en el OBT implica que hubo un error de transmisión o recepción, por lo que su verificación resulta un método rápido y sencillo para descartar un valor fuera de rango como indicador de mal funcionamiento del subsistema de energía eléctrica.

Si el valor fuera de rango obtenido en la telemetría de EPS ocurrió en un momento en el que el OBT se recibió también errado, significa que existió un error de transmisión o recepción, ajeno al subsistema de EPS, que hace que los valores mostrados por la telemetría en el software de visualización de data, no sean confiables; por lo tanto, el valor debe descartarse del análisis.

C. Revisión de tele-comandos asociados

Cuando se observa un cambio en el valor de algún parámetro cuyo comportamiento venía siendo estable en el tiempo, debe revisarse si se envió algún comando que pudiese ocasionar dicho comportamiento. Por ejemplo, si se observa un alza mo-

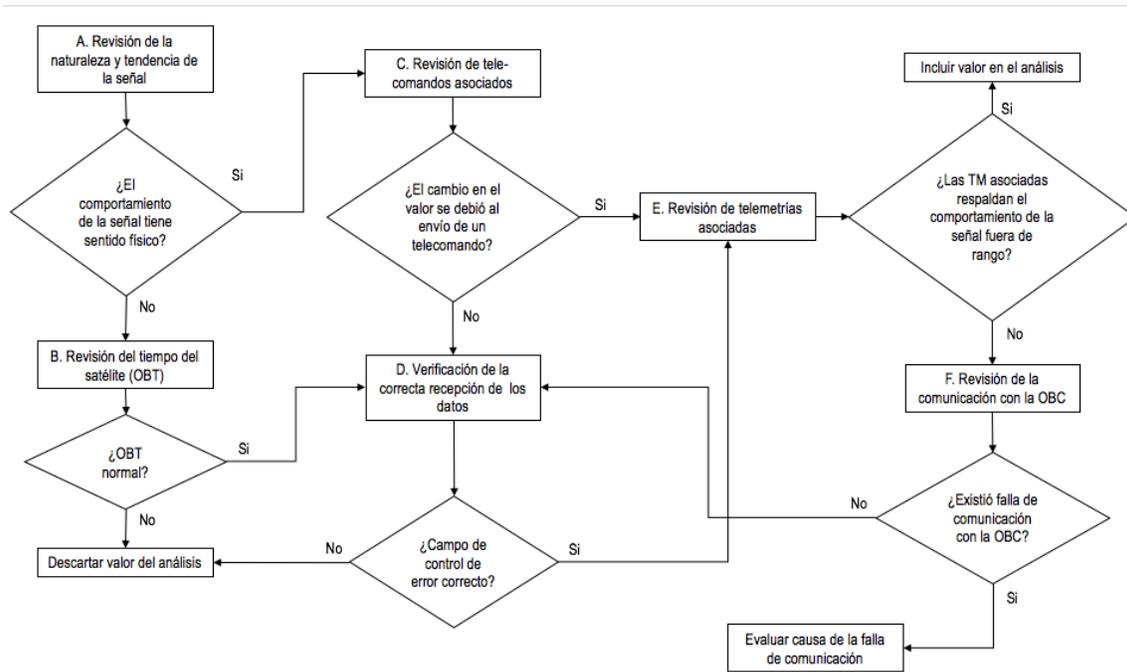


Fig. 1 Diagrama de flujo con recomendación de aplicación de los distintos métodos de verificación

mentánea en alguna corriente, debe saberse si en ese momento se encendió algún equipo que genere un transitorio de una magnitud que pueda ser percibida por la telemetría, o si se enciende un equipo de alto consumo, es probable que la tensión disminuya un poco. Ambos son comportamientos que, si se estudia solamente el historial de telemetría, pudieran parecer anormales y levantar alarmas innecesarias, sin embargo, al incluir los tele-comandos en el análisis, se puede observar rápida y fácilmente que se trata de un comportamiento normal del satélite.

Por el contrario, si se observa un cambio en el comportamiento de alguna telemetría y no se debe a ningún comando enviado, es posible que se trate de una situación anormal y deban utilizarse otros métodos de validación del valor y posterior análisis.

En satélites que utilizan tele-comandos con etiquetas de tiempo (TTC por sus siglas en inglés), resulta un poco más complicada esta verificación. Este tipo de comandos son enviados por la computadora a bordo cuando alcanza el OBT especificado y no queda registro en los equipos de soporte en tierra del envío de los mismos. Al revisar el historial de la TM obtenida y los TC enviados, podría parecer a simple vista que ocurrió un cambio en el comportamiento de algún parámetro, sin que se haya enviado un TC y calificarse como comportamiento anormal; sin embargo, dicho cambio pudo ser motivado a un comando enviado por la computadora de a bordo al alcanzar el OBT indicado. En estos casos es necesario revisar la telemetría asociada a los comandos con etiquetas de tiempo, tales como indicadores de ejecución de los TTC, el contador de comandos enviados de la computadora de a bordo, el contador de comandos recibidos de los equipos que pudieran general el comportamiento observado, entre otras.

D. Verificación de la correcta recepción de los datos

El CCSDS (Consultative Committee for Space Data Systems) recomienda utilizar telemetría por paquetes [4], en donde están definidos dos tipos de estructura de datos: el paquete de la fuente y la trama de transferencia. De acuerdo a esta estructura, las fuentes (equipos) encapsulan los datos en paquetes, que incluyen un encabezado antes de los datos, con la identificación de la fuente, el número del paquete y la longitud de los mismos. Los paquetes son luego agrupados en canales virtuales (VC), los cuales son multiplexados y codificados por la computadora de a bordo (OBC por sus siglas en inglés) para generar las tramas de transferencia, que son enviadas a tierra. Este tipo de telemetría por paquetes es la más utilizada hoy en día en misiones espaciales [2], por lo que en esta sección se usará la misma como ejemplo. Antes de aplicar este criterio de verificación, es necesario consultar con el diseñador del subsistema de manejo de data a bordo acerca de la estructura de TM implementada en el satélite bajo prueba y la presencia o no de campos para control de errores.

La Fig. 2 y la Fig. 3 muestran la composición del formato de un paquete de la fuente y de una trama de transferencia sugeridas por el CCSDS en su estándar 102.0-B-5 [4]. Puede verse que al final de la trama de transferencia está definido un campo opcional para control de error (Frame Error Control Field). El propósito del mismo es brindar la capacidad de detectar errores que fueron introducidos a la trama durante la transmisión de los datos. El campo para control de error, de estar presente, debe ser transmitido en cada trama. El mismo consiste de dos octetos que son el resultado de un proceso de codificación de los datos contenidos en la trama. El CCSDS 102.0-B-5 [4] explica el proceso de codificación y decodificación de este campo.

Los estándares de la ECSS (European Cooperation for Space

Standardization) adoptan la telemetría empaquetada, como lo recomienda el CCSDS, pero incluyen un campo opcional de 16 bits, para control de error de paquete [1]. El mismo tiene como objetivo verificar la integridad del paquete de la fuente y puede ser del tipo de suma de verificación (checksum) o de verificación por redundancia cíclica (CRC por sus siglas en inglés). La verificación de éste campo es similar a la del campo de control de error de la trama, debe aplicarse el mismo algoritmo del satélite para la suma de verificación o el CRC al paquete recibido y compararlo con el valor recibido. La ventaja es que en éste caso se tiene una mayor precisión de dónde ocurrió el error, ya que permite identificar el paquete dañado, el cual está asociado a una fuente (equipo).

E. Revisión de telemetrías asociadas

La revisión telemetrías asociadas a la que presentó un comportamiento fuera del rango, no es un método concluyente por sí solo; sin embargo, es una buena referencia para saber

hacia dónde enfocar los futuros análisis.

Entiéndase por telemetrías asociadas, un conjunto de parámetros cuyo comportamiento está relacionado entre sí. A continuación se presentan algunos ejemplos, sin embargo estos conjuntos de telemetrías y la relación que existe entre ellos, deben definirse de acuerdo a cada satélite:

- Temperaturas: se pueden asociar las TM provenientes de termistores cercanos o ubicados en el mismo equipo, que deberían tener un valor cercano entre sí, o al menos un comportamiento similar.
- Corrientes: la corriente total del bus principal está relacionada a cada una de las corrientes medidas en el satélite. Si se observa el aumento o disminución en una de ellas, debe reflejarse también en la total y viceversa. Igualmente ocurre con cualquier TM que represente la suma de otras corrientes.

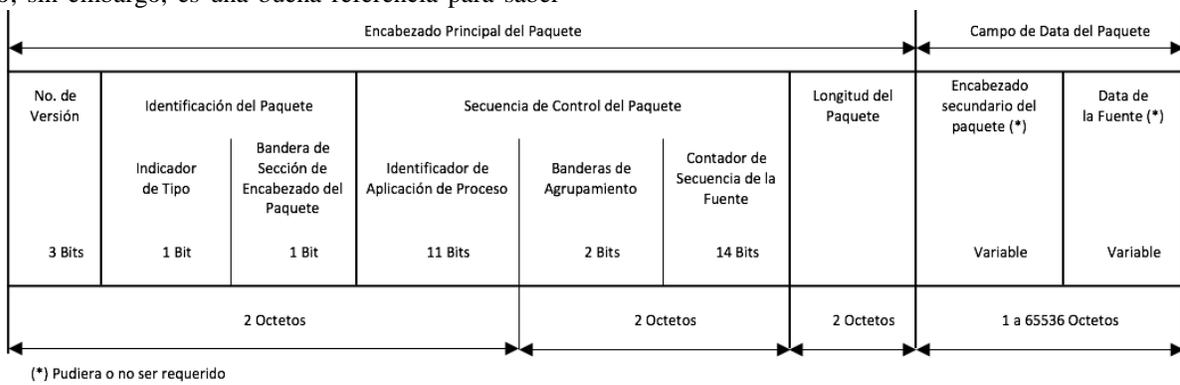


Fig. 2 Formato del Paquete de la Fuente [4]

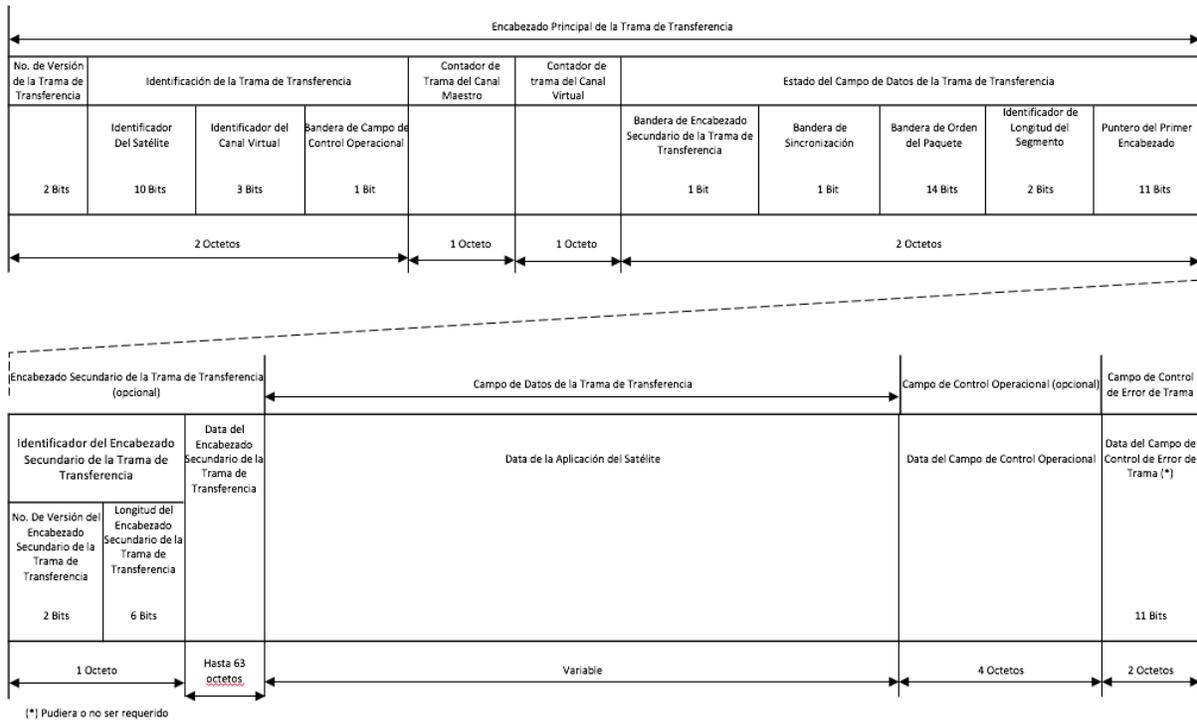


Fig. 3 Formato de la Trama de Transferencia [4]

- Tensiones: existen mediciones de tensiones que difieren sólo por la caída de tensión en un equipo o en el conductor. En este caso pueden asociarse entre sí, ya que deberían tener el mismo comportamiento. También pueden asociarse estas TM de tensión con las de la corriente que circula por el conductor o equipo que las separa, que también puede influir en los valores de tensión. La Fig. 4 ilustra este caso.

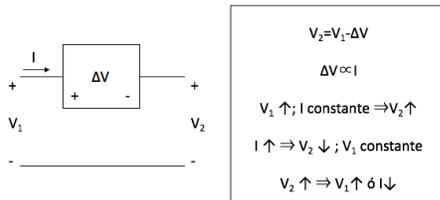


Fig. 4 Telemetrías de tensión y corriente asociadas

- Parámetros de batería: la corriente de carga o descarga de la batería, el estado de carga o profundidad de descarga y la tensión de la misma, son parámetros que están relacionados entre sí. Es de esperarse que si la batería está en proceso de carga, la corriente de carga sea mayor que cero, la corriente de descarga sea cero y el estado de carga y la tensión de la misma tengan un comportamiento ascendente. Por el contrario, si la batería se está descargando, la corriente de descarga debería ser cero, la corriente de carga tener un valor mayor a cero y la tensión y el estado de carga deberían tener un comportamiento descendente. También es de esperarse que, luego de observarse una corriente de descarga, exista una corriente de carga de la batería.
- Tensión de la batería: si la batería está compuesta por varias celdas conectadas en serie, y cada una de ellas cuenta con una TM que indica la tensión de la celda, la tensión de la batería variará de acuerdo a la variación de la tensión de las celdas. Además, es de esperarse que en funcionamiento normal, las tensiones de las celdas sean similares entre sí y mantengan el mismo comportamiento.

ALARMAS: CIERTAS ALARMAS ESTÁN ASOCIADAS A PARÁMETROS QUE SON MEDIDOS POR TELEMETRÍA, POR EJEMPLO ALARMAS DE SOBRE-CORRIENTES, SOBRETENSIONES O TEMPERATURAS. CUANDO SE OBSERVA LA ACTIVACIÓN DE UNA ALARMA DE ESTE TIPO, DEBE BUSCARSE EL PARÁMETRO ASOCIADO Y VER SI SU VALOR ESTÁ POR ENCIMA, O POR DEBAJO, DEL LÍMITE QUE ACTIVA LA ALARMA. LA

- Tabla muestra un ejemplo en el que el límite máximo de operación era de 12A.

Al revisar las TM asociadas a un valor fuera de rango, si se observa que ninguna de ellas tuvo un comportamiento consistente con el comportamiento esperado para una situación en la cual dicho valor pudiera ocurrir, es probable que se trate de un error de transmisión y lo recomendable es aplicar el método de verificación descrito en el punto D. Si, por el contrario, todos los parámetros asociados de comportaron de

acuerdo a lo esperado en situaciones en la que la TM en cuestión alcanzó ese valor, es probable que se trate de un valor real y haya que analizar la causa del mismo. En este caso se recomienda verificar los tele-comandos enviados, como se explica en el punto C. Si no se encuentra una causa razonable para la variación inesperada de los parámetros, se debe verificar la correcta recepción de los datos, descartando un error de transmisión como se describe en el punto D antes de asegurar que se debe a una falla o mal funcionamiento interno del satélite.

TABLA IV
EJEMPLO DE VALOR FUERA DE RANGO

Hora	Alarma de sobre-corriente de AOCS	Corriente de AOCS (A)
16:01:30	Normal	11.43168
16:01:31	Normal	10.50701
16:01:32	Error	12.31162
16:01:33	Normal	11.3422
16:01:34	Normal	11.0812

F. Revisión de la comunicación con la OBC

Dependiendo del diseño del satélite, el subsistema de OBDH puede incluir telemetrías designadas a reportar el estado de la comunicación entre la OBC y las demás sub-computadoras. Estas TM pueden ser una bandera que indique el estado de la comunicación, contadores de paquetes efectivamente recibidos por la OBC, contadores de paquetes inválidos recibidos por la OCB, entre otros. Si se observa, por ejemplo, que el contador de paquetes inválidos recibidos por la OBC aumentó en el momento en que se obtuvo el valor fuera de rango, significa el que paquete enviado por la OBC no contiene valores reales enviados por la sub-computadora de EPS; en este caso debe descartarse el valor del análisis y proceder a analizar por qué existió una falla de comunicación entre la OBC y la sub-computadora.

V. CONCLUSIONES

La efectiva verificación del subsistema de energía comienza por la correcta definición de los parámetros a verificar, los cuales deben asegurar que el estado del satélite sea reportado de forma completa y no ambigua.

Una vez establecidos los parámetros a verificar, deben definirse rangos esperados de los valores de los mismos y realizar su seguimiento durante todas las pruebas, para comprobar que se mantengan en los respectivos rangos. Si algún parámetro se sale de éste rango esperado, debe realizarse un análisis.

En el presente trabajo se presentaron varios criterios para analizar los valores fuera de rango, junto con una propuesta de flujo de aplicación de los mismos. La información presentada está basada en la experiencia y representa sólo una guía que debe ser tomada como recomendación y en ningún momento como obligatoria; para su aplicación deben considerarse las características y particularidades de cada satélite.

REFERENCIAS

- [1] Ground systems and operations — Telemetry and telecommand packet utilization, ECSS-E-70-41A, 2003.
- [2] Nigel P. Fillery and David Stanton, “Telemetry, Command, Data Handling And Processing” in Spacecraft Systems Engineering, 3rd ed., Ed. England: John Wiley & Sons Ltd, 2003, pp. 451–457.
- [3] Verification, ECSS - E - ST - 10 - 02C, 2009.
- [4] Packet Telemetry, CCSDS 102.0-B-5, 2000.



Elyka Abello es Ingeniera Electricista egresada de la Universidad Central de Venezuela. Nació en Caracas, Venezuela en 1986 y en 2008 participó en el programa de doble titulación entre su casa de estudios y el Politécnico de Turín, obteniendo su título de maestría de éste último en el 2010.

En el 2011 comenzó a trabajar en la Agencia Bolivariana para Actividades Espaciales (ABAE) como Ingeniero de Proyecto, encargada del sistema de energía eléctrica del Centro de Investigación y Desarrollo Espacial, a construirse en Borburata, Edo. Carabobo.

Desde el 2014 se desempeña como ingeniero de diseño espacial, especializada en los sistemas de suministro de energía eléctrica de satélites de órbita baja. Ha participado en proyectos como el segundo satélite venezolano de percepción remota (Satélite Sucre), el desarrollo de una tarjeta de control de energía eléctrica para nano-satélites y el desarrollo de un software para el cálculo de balance de energía de satélites de órbita baja.