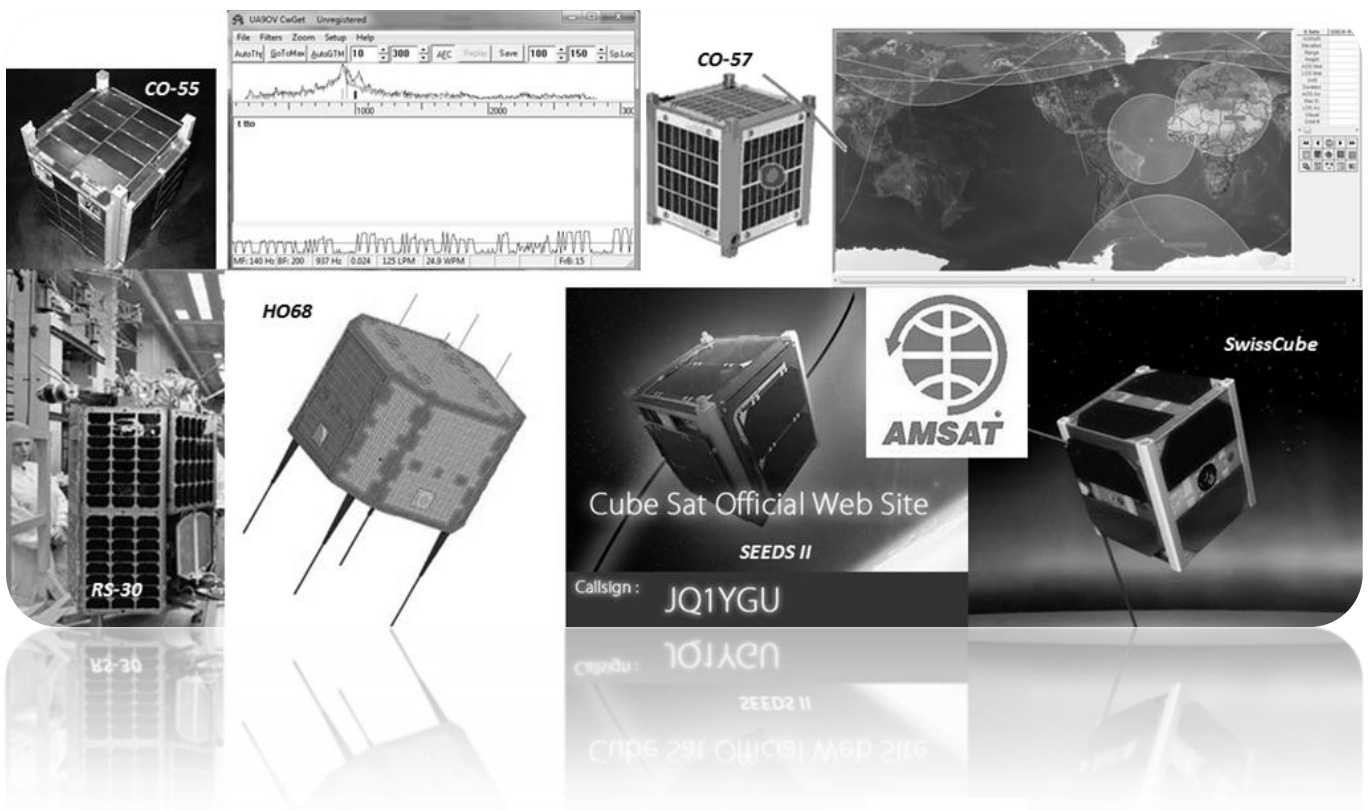


CAPÍTULO 7

OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN TERRENA



7.1 Software de predicciones orbitales

Para determinar el momento en que iba a pasar un satélite por nuestra estación terrena se emplearon 2 programas de predicciones orbitales, *Nova for Windows (NfW)* y *SatPC32*, ambos con las mismas funcionalidades pero con algunas variaciones. Se decidió tomar como programa principal NfW debido a su ambiente más amigable y mayor facilidad en los procesos, mientras que SatPC32 fue utilizado para comprobación de las predicciones de NfW. Ambos programas muestran el seguimiento y predicción satelital basado en cálculos con los elementos keplerianos y el tiempo. Únicamente se explicara el uso del software *Nova for Windows* por ser el principal.

Nova for Windows

Características principales:

- Mapas a color y a diferentes tamaños.
- Seguimiento de un número ilimitado de satélites.
- Cientos de puntos de ubicación, denominados *observadores*, pudiendo establecer los deseados para trabajar simultáneamente.
- Rapidez, exactitud y excelentes predicciones de posiciones satelitales.
- Capacidad de seguimiento satelital automático y control de antenas en tiempo real⁴³.
- Barra de herramientas para fácil acceso a las funciones más utilizadas.
- Ayuda en línea.

NfW trabaja en ventanas denominadas *vistas*. Una *vista* consiste en un mapa del mundo, una columna de información y datos de los satélites elegidos y una barra de herramientas. Este software permite tener una o varias *vistas* visibles simultáneamente, completamente independiente una de otra, por lo que se pueden tener diferentes números y tipos de satélites, observadores y a diferentes tiempos.

Una vista se puede crear al dar doble clic en cualquier lugar de la pantalla de Nfw, seleccionando la opción "**Create new View**" del menú "**Views**" o dando clic en el botón "**Create new View**" en la barra de herramientas.

⁴³ No empleado para esta tesis debido a cuestiones de alcance.

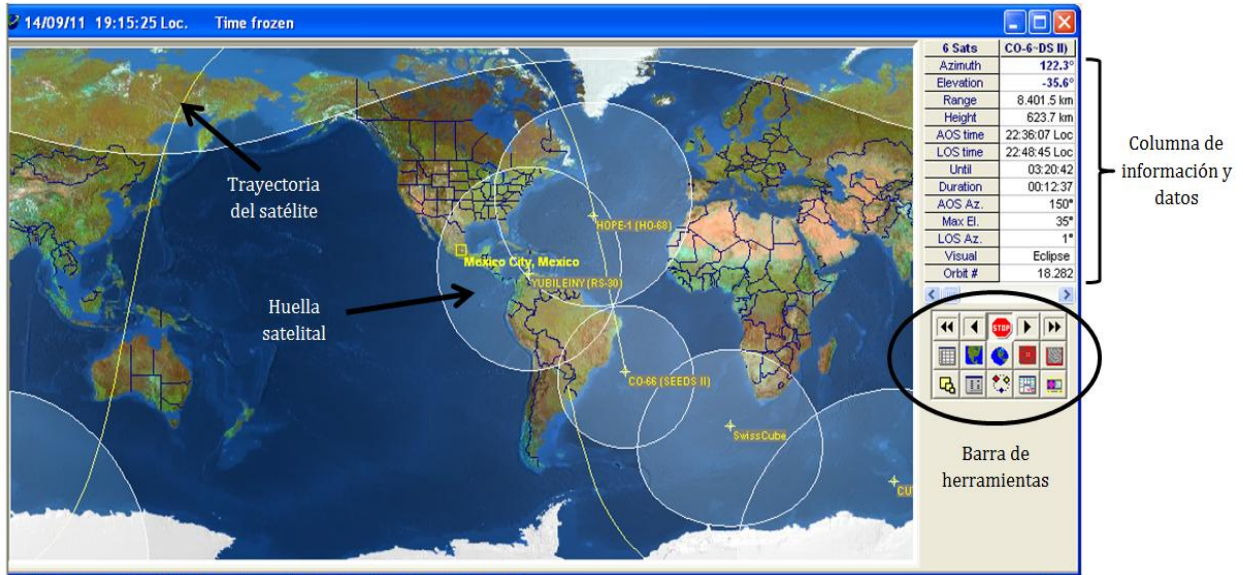


Figura 7.1 Vista mapa rectangular de Nfw con observador en la Ciudad de México.

Mapas

Nfw tiene 4 tipos de mapas distintos para seleccionar:

- Rectangular
- Espacial
- Radar
- Temperatura

Para efectos de la tesis, usamos principalmente el mapa rectangular, debido a que este abarca toda la Tierra, con excepción de los polos, lo cual fue lo más conveniente para nuestros objetivos, ya que muestra en una sola imagen la posición de los satélites que se tienen en el mapa, apreciando completamente las diferentes huellas satelitales.

El otro tipo de mapa que se utilizó fue el tipo espacial. En él, se muestra una perspectiva real de la posición de la Tierra respecto al espacio, y por lo tanto, una perspectiva real del satélite con respecto a la Tierra. La posición se centra sobre alguno de los continentes, pudiendo cambiar al que se desee.

Columna de información y datos

Para un observador, esta columna proporciona la posición actual de cada satélite, con la siguiente información importante para su seguimiento: azimuth, elevación, altura, tiempo AOS ("Appearance Of Sight", aparición de vista), tiempo LOS ("Lost Of Sight", desaparición de vista), tiempo restante para la siguiente pasada, duración de la pasada, azimuth de AOS, azimuth de LOS, máximo ángulo de elevación y número de órbita.

Para más de un observador, esta columna únicamente muestra a los observadores con su correspondiente azimut y elevación.

El programa, además, consta de una serie de menús, de los cuales se describirán de forma muy general aquellos utilizados para el desarrollo de esta tesis.

Menú *Setup (Configuración)*

General (General). Este submenú proporciona acceso a ajustar características que conciernen a todo el software. Entre estas características están: algoritmo de seguimiento, unidades de distancia, estilo de vista, intervalo de actualización, densidad de la huella satelital, etc.

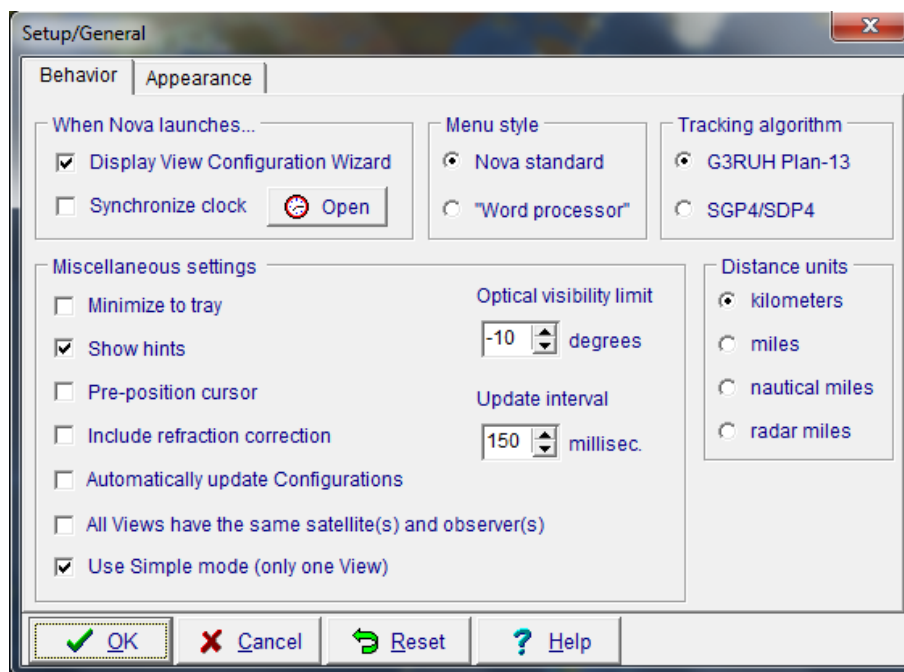


Figura 7.2 Submenú *General* del menú *Setup*.

Time (Tiempo). Este submenú proporciona acceso a la hora y fecha del equipo en que se encuentra instalado el software., ya que ese reloj, es la base para todas las predicciones satelitales de *Nova for Windows*. Entre las características ajustables de este submenú están: fecha y hora actuales (año, mes, día, hora, minuto, segundo), hora local, hora UTC, etc.

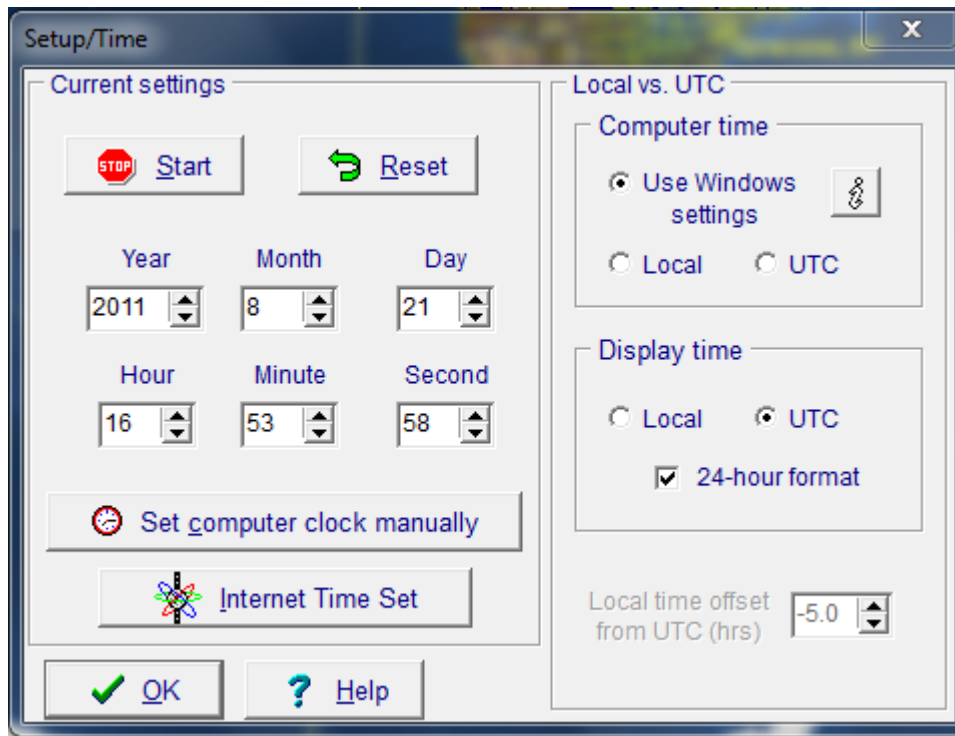


Figura 7.3 Submenú *Time* del menú *Setup*.

Satellites (Satélites). Este submenú despliega una ventana con la lista completa de todos los satélites con los que cuenta la base de datos del software. Además, muestra una sección de elementos keplerianos, en la cual se pueden introducir manualmente para agregar un satélite. Por otro lado, esta sección también permite la actualización de los elementos keplerianos de los satélites de diferentes maneras. Para esta tesis se emplearon 2 formas, las cuales se describen a continuación (ver Figura 7.4).

1. Dando clic en el botón *Update kep. elements (actualizar elementos keplerianos)*. Al dar clic en esa opción, en la ventana que se abre, seleccionar la opción *Internet* y posteriormente la pestaña *HTTP*. Para esta parte, los elementos keplerianos pueden ser proporcionados por varios sitios de internet. El recomendado por Nfw es <http://www.celestrak.com>. Una vez escrita la URL se da clic en el botón *download (descargar)* para llevar a cabo la actualización de los elementos keplerianos. Finalmente se da clic en *OK*.
2. La segunda forma es guardando de forma manual los elementos keplerianos a un archivo *.txt*. Una vez dando clic en *Update kep. elements (actualizar elementos keplerianos)* y abierta la siguiente ventana, se selecciona la opción *Update (Actualizar)*. Al dar clic, se pedirá la ruta donde se encuentra el archivo *.txt* que contiene los elementos keplerianos del satélite que se quiere actualizar. Se busca y una vez que se encuentra, se selecciona *abrir*. Finalmente, Nfw pedirá un nombre para el satélite, si este ya existe, simplemente se actualizará, si no existe, se agregará.

Los elementos keplerianos utilizados por este software tienen el formato NASA (2 líneas). Además es importante mencionar que, debido a que los satélites trabajados en esta tesis son satélites de órbita baja, se recomiendan actualizar los elementos keplerianos al menos una vez cada semana, ya que al moverse constantemente, es necesario mayor exactitud y precisión para trabajar con ellos.

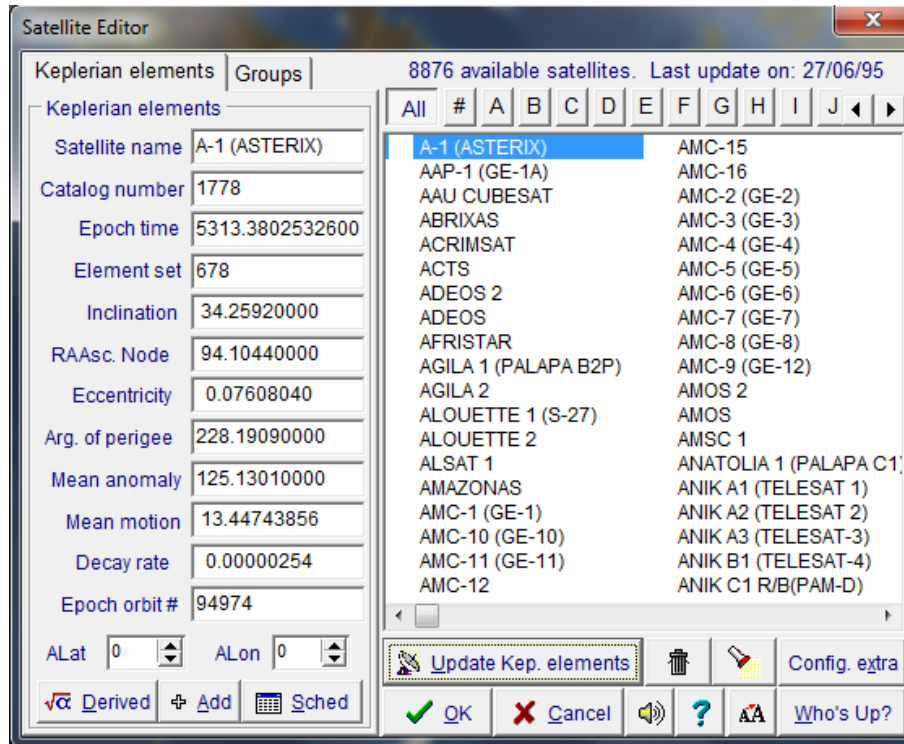


Figura 7.4 Submenú *Satellite* del menú *Setup*.

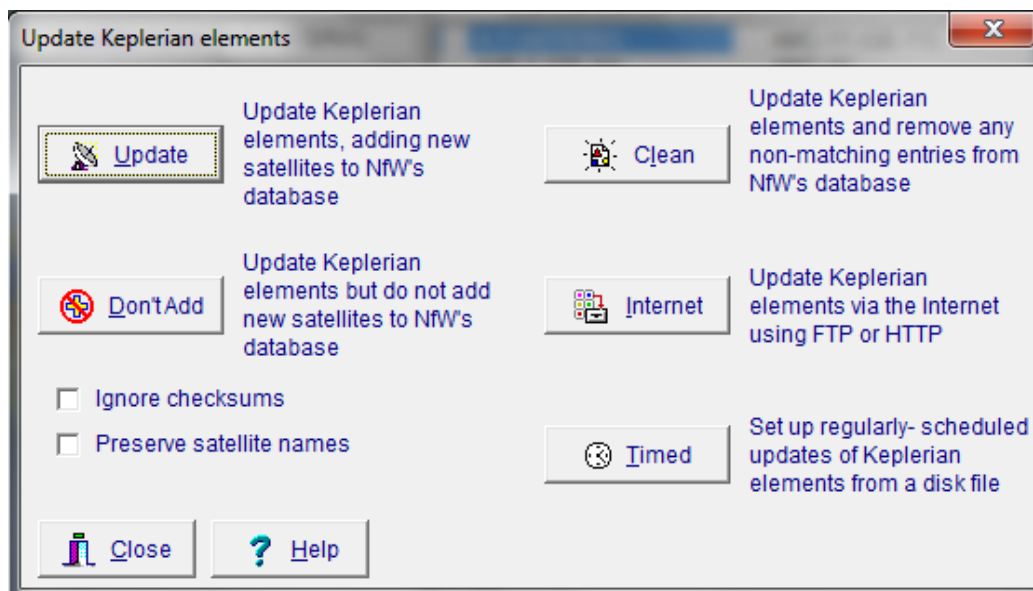


Figura 7.5 Actualización de elementos Keplerianos, por medio del Submenú *Satellites* del menú *Setup*.

Groups (Grupos). Este submenú permite crear y editar grupos o conjuntos de satélites que tienen algo en común. Se puede tener el número de grupos que se deseen, así como el número de satélites en ellos. Para el caso de esta tesis se crearon diversos grupos, conforme al desarrollo de la misma, con diferentes números de satélites cada uno.

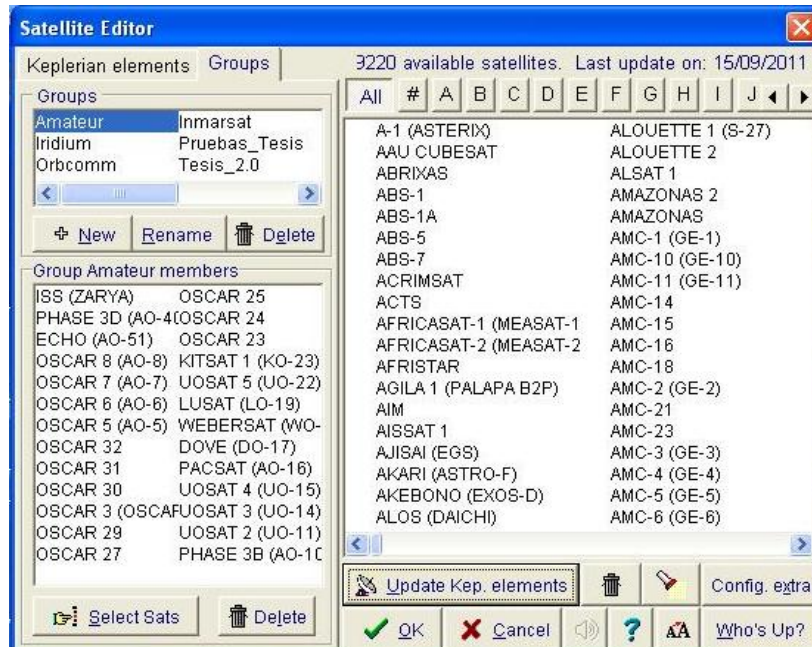


Figura 7.6 Submenú Groups del menú Setup.

Observers (Observadores). Este submenú muestra todas las diferentes ubicaciones de observadores con los que cuenta la base de datos del software, pudiendo seleccionar la cantidad de observadores que nosotros deseemos entre cientos de ciudades y países. En el caso correspondiente a nuestra estación terrena, la ubicación fue *Ciudad de México, México*.

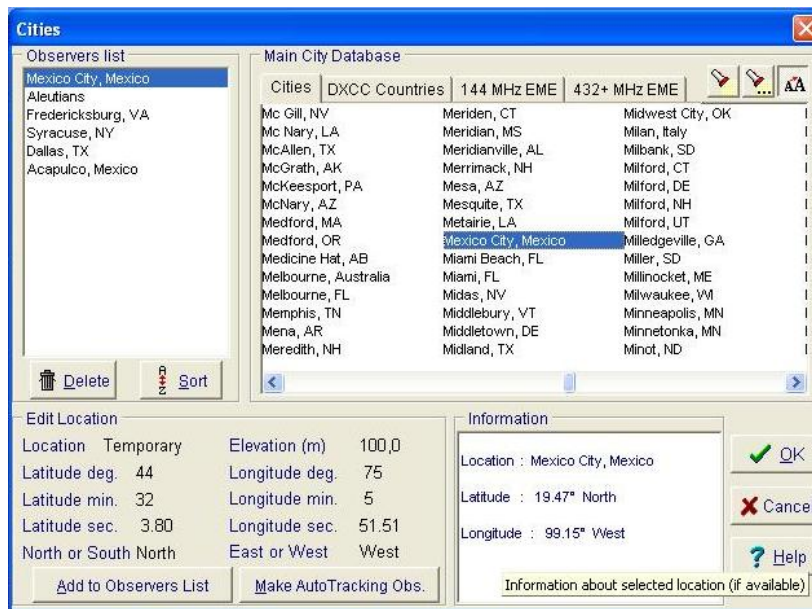


Figura 7.7 Submenú Observers del menú Setup.

Menú Views (Vistas)

Configure current view (Configurar vista actual). Este submenú permite configurar las opciones principales de la *vista* actual en la que se esté trabajando.

Existen 3 formas para tener acceso a este menú:

1. Dando clic derecho en la pantalla de la vista que se quiera modificar y después seleccionar la opción **“Configure view”** (Configurar vista).
2. Seleccionar menú **“Views”** (Vistas) y después **“Configure current view”** (“Configurar vista actual”).
3. Mediante clic en el botón **“Configure current view”** de la barra de herramientas.

La ventana que se despliegue contiene las siguientes pestañas:

- La pestaña de *satellites (satélites)* permite seleccionar de todas las listas posibles, los satélites deseados con los que se va a trabajar.
- La pestaña de *observers (observadores)* muestra el observador para la cual la información de la posición y parámetros del satélite serán calculados.
- La pestaña de *map (mapa)* controla la apariencia general de la *vista*. Esta sección permite seleccionar el tipo de mapa que se desee, así como varias opciones modificables para cada uno de ellos.
- La pestaña *text (texto)*, al igual que la de mapa, controla la apariencia de la *vista*. Permite modificar algunas opciones para el display de texto e información del satélite que aparecerá en la *vista* (ventana principal).
- La pestaña *“stored configurations” (configuraciones almacenadas)*, como su nombre lo indica, permite almacenar y guardar todas las configuraciones de las *vistas* que se deseen o necesiten, para un uso posterior, o simplemente para facilitar la manipulación del software.

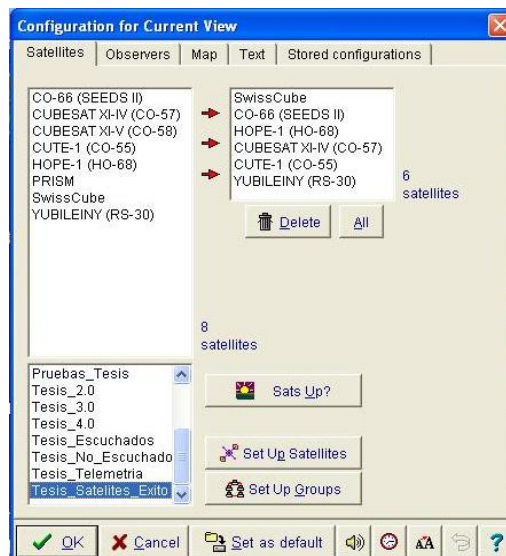


Figura 7.8 Submenú *Current view* del menú *Views*.

Barra de herramientas de NfW

Esta barra proporciona accesos rápidos a las funciones utilizadas con mayor frecuencia en NfW. Esta barra de herramientas o barra de accesos rápidos está disponible en cada una de las *vistas* que se estén trabajando. Al dar clic en cada uno de los botones de la barra se accederán a diferentes menús, los cuales algunos ya se han descrito anteriormente.

La función de cada botón se muestra en la imagen siguiente:

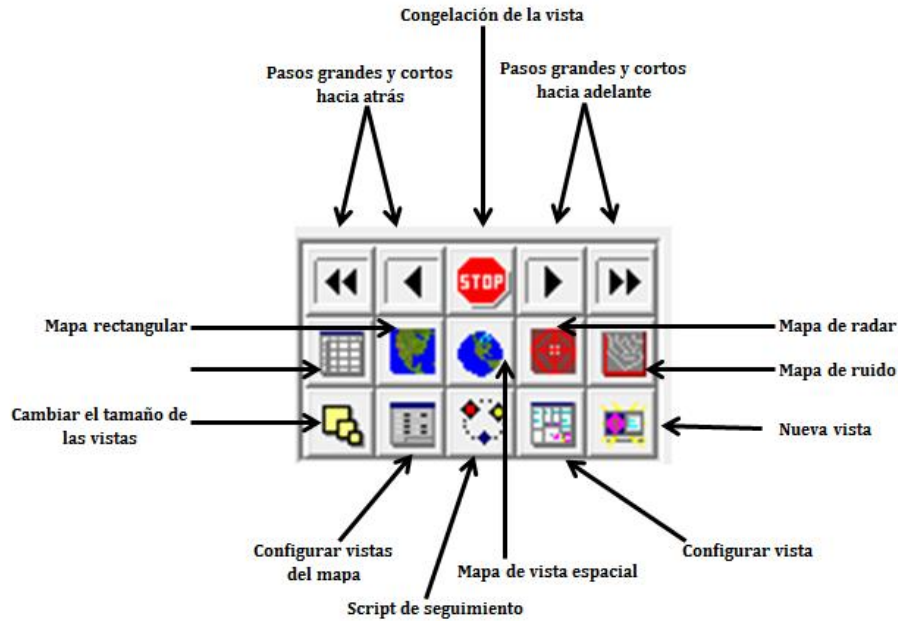


Figura 7.9 Barra de Herramientas de NfW.

El primer renglón de botones afecta al tiempo en cada vista. Con dichos botones se puede simular las pasadas de los satélites, es decir, se puede manipular la trayectoria que seguirán conforme transcurra el tiempo ya sea en pasos de tiempo largos o cortos. Por su parte, los botones del renglón de en medio controlan la apariencia de la *vista* y el tipo de mapa que se muestra en pantalla. Finalmente, los botones del último renglón, dan formato a la *vista*, a la apariencia de los mapas y permite el acceso a una herramienta importante para el seguimiento satelital “*Script tracking summary*” (*Seguimiento satelital*).

Script tracking summary (Seguimiento satelital)

Es una herramienta para la gestión del seguimiento automático de los satélites.

Al dar clic en esta opción se despliega la ventana *Satellite script*, la cual es una lista de tiempo almacenado de las pasadas de todos los satélites. Cuando se activa el seguimiento script, el programa Nfw seguirá automáticamente las pasadas del o los satélites seleccionados con dicho fin.

Satellite	Date(L)	AOS time	LOS time	Duration	Interval between	AOS azimuth	Max. elev.	LOS azimuth	Orbit number
jueves, 15 de septiembre de 2011									
SwissCube	15/09/2011	02:02:23	02:16:11	00:13:47	12:21:30	184°	39°	337°	10480
CUTE-1 (CO-55)	15/09/2011	06:37:19	06:49:48	00:12:29	04:21:07	41°	14°	151°	42570
CUBESAT XI-IV (CO-57)	15/09/2011	07:16:00	07:31:04	00:15:04	00:26:11	23°	42°	178°	42565
YUBILEINY (RS-30)	15/09/2011	07:48:31	08:08:52	00:20:21	00:17:26	149°	24°	26°	15028
CUTE-1 (CO-55)	15/09/2011	08:16:20	08:31:20	00:15:00	00:07:27	2°	44°	208°	42574
CUBESAT XI-IV (CO-57)	15/09/2011	08:56:58	09:09:34	00:12:35	00:25:38	345°	15°	234°	42569
YUBILEINY (RS-30)	15/09/2011	09:43:31	10:06:24	00:22:53	00:33:57	199°	49°	356°	15032
HOPE-1 (HO-68)	15/09/2011	10:21:40	10:39:55	00:18:15	00:15:15	31°	31°	170°	8409
CO-66 (SEEDS II)	15/09/2011	10:35:26	10:46:45	00:06:49	-----	36°	17°	159°	18286
YUBILEINY (RS-30)	15/09/2011	11:51:25	11:54:50	00:03:24	01:04:40	281°	0°	299°	15033
HOPE-1 (HO-68)	15/09/2011	12:09:08	12:27:25	00:18:16	00:14:18	359°	34°	219°	8415
CO-66 (SEEDS II)	15/09/2011	12:11:10	12:23:01	00:04:02	-----	352°	23°	219°	18292
SwissCube	15/09/2011	12:39:22	12:49:35	00:10:13	00:16:20	50°	9°	143°	10481

29 passes in Script list 0 passes selected

OK Cancel Recalc Select All Unselect All Auto Select ?

Figura 7.10 Seguimiento Satelital de Nfw.

Como se puede ver en la Figura 7.10 se muestra una tabla con cada una de las pasadas de cada satélite en la *vista* actual, en orden cronológico. La tabla cuenta con diferentes columnas, que muestran el nombre del satélite en la *vista* actual, la fecha, tiempo AOS, tiempo LOS, duración, intervalo, azimut de AOS, máxima elevación, azimut LOS y número de órbita.

Por otro lado, las funciones de los botones que esta sección tiene en la parte inferior son:

- El botón *Recalc* permite recalcular la lista del script para actualizar los datos.
- El botón *Select All* selecciona todos los elementos de la lista.
- El botón *Unselect All* deselecta todos los elementos de la lista.

- El botón *Auto Select* selecciona un conjunto de pasadas recomendadas por el propio software.
- El botón *Script Setup (Configuración del script)* abre la ventana *Configure Script Tracking (Configuración del script del seguimiento)*, la cual se muestra a continuación.

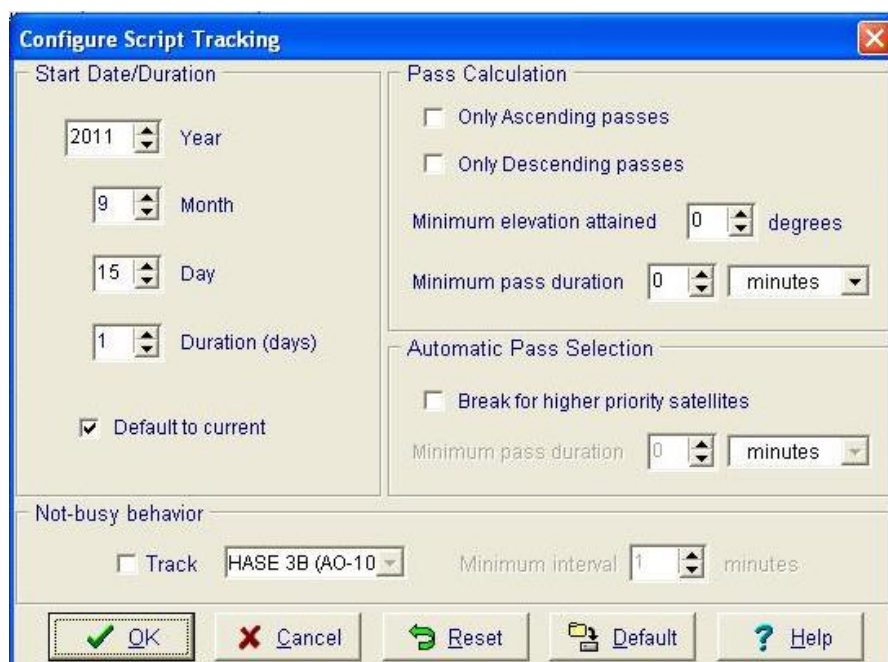


Figura 7.11 Ventana que se abre del botón *ScriptSetup*.

En esta ventana se puede modificar las opciones del script para el cálculo de las pasadas satelitales. Entre esas opciones están, el inicio de la fecha de cálculo (de seguimiento), así como su duración (en días), mostrar solo las pasadas ascendentes o descendentes o pasadas con duraciones y/o elevaciones mínimas de cierto valor, principalmente.

Toda la lista de seguimiento satelital obtenida, se puede imprimir, o bien, mandarla a un archivo de Microsoft Excel o Microsoft Word.

7.2 Operación de la estación terrena

Una vez instalada la estación terrena y habiendo realizado todas las pruebas necesarias para su operación, se pudo comenzar con el contacto satelital de los satélites de radioaficionados en operación de AMSAT⁴⁴.

Al encontrarse parte de la estación terrena en la Sala de Juntas, el equipo de operación y análisis, lo primero que se tomó en cuenta fue el horario disponible para poder utilizar la Sala. Parte de esto fue que se decidió hacer las pruebas durante el mes de junio, ya que en ese periodo, al ya no haber clases pudimos acceder más fácilmente al área de trabajo (Sala de Juntas) para realizar las pruebas.

Posteriormente, para un día de prueba, lo primero que se hacía era verificar al menos un día anterior al de la prueba, con ayuda del programa de predicciones orbitales, el horario en que los satélites elegidos, pasarían por la estación.

Después, una vez registrado los horarios disponibles y factibles para hacer las pruebas, al llegar a la *sección de operación y análisis* de la estación terrena, lo primero que se hacía era conectar las antenas al radio transceptor y posteriormente se conectaba tanto el regulador que alimentaba a la computadora (CPU y monitor) y el controlador az/el, como la fuente de energía que alimentaba al radio. Antes de empezar las pruebas se verificaba que todo siguiera funcionando de manera correcta.

Al verificar ello, se accedía al software de predicciones para configurarlo de acuerdo al satélite o a los satélites que trabajaríamos en ese momento. Para la configuración, primeramente se creaba(n) la(s) *vistas* necesarias. Posteriormente, se seleccionaba el observador y los satélites con los que se trabajaría. Finalmente se actualizaban los elementos keplerianos y con la herramienta de script de seguimiento se observaba el tiempo y fecha de pasada de los satélites elegidos. Esto se hacía en ambos programas (NfW y SatPC32) para comprobar que los resultados y actualizaciones correspondieran de forma exacta. Un tercer método de comprobación fue verificar directamente en la página web de AMSAT, la posición y ubicación del satélite en tiempo real.

Justo antes de que el satélite cubriera con su huella la Cd. de México y con ello nuestra estación, se seleccionaba en el transceptor la frecuencia correspondiente al satélite en cuestión, teniendo en cuenta el desplazamiento por efecto Doppler. Igualmente, antes de la entrada del satélite, se colocaban las antenas en 0° en elevación y en el valor correspondiente en azimut con el que entraría en vista.

⁴⁴ Se realizaron las de AMSAT porque fue posible obtener información de ellos. Las predicciones de otros satélites, como los de la NASA, no fue posible, debido a que no se pudo obtener la información necesaria. Los satélites de AMSAT que están en operación se encuentran en <http://www.amsat.org/amsat-new/satellites/status.php>.

Cuando el satélite estaba en vista de nuestra estación, con ayuda del software de predicciones orbitales NfW, seguíamos su trayecto y movimiento orientando la estación terrena de acuerdo a los valores de azimut y elevación⁴⁵ que el software nos indicaba. Del mismo modo, se iba ajustando la frecuencia de operación del satélite, debido al efecto Doppler.

Para la orientación se deben mover los rotores según corresponda a través del controlador az/el, por ejemplo si el software marca 100° de azimut y 80° de elevación en un instante determinado, lo que se hace es mover el controlador az/el a esos valores, y por cada modificación de estos, durante la pasada, moverlos según corresponda. El rango de tolerancia para poder seguir recibiendo señal del satélite no es tan pequeño, hasta 15° de desviación se logra realizar la comunicación, esto debido a que lóbulo principal de las antenas utilizadas no es muy estrecho.

Recordando que la escala de azimut es de 15° en 15°, la de elevación es de 7.5° en 7.5°, así que por cada grado que se deba de mover tanto en azimut como en elevación se deben realizar los movimientos correctos.

Es importante recalcar que como el proceso es manual se debe poner entera concentración a este proceso, ya que además de que el valor de azimut y elevación del satélite varían en cada momento, la frecuencia también lo hace, debido al efecto Doppler, teniendo variaciones de frecuencia de ± 10 KHz. Por ello es recomendable que en una estación terrena manual, al menos 2 personas al mismo tiempo trabajen en ella para que una se haga cargo del movimiento de azimut y elevación del sistema de antenas y otra de las variaciones de frecuencia.

Al lograr un contacto satelital, lo que hacíamos era grabar el audio de dicho contacto para posteriormente procesarlo en un equipo de cómputo para poder decodificar el Código Morse, el código propio de cada satélite y obtener la telemetría. Este proceso se explicará más adelante.

Después de realizar la(s) prueba(s) se colocan las antenas en 90° en elevación y un valor cualquiera en azimut para evitar que se muevan debido a la gravedad y a fuertes vientos provocando algún tipo de descalibración en el sistema de antenas.

Finalmente se apagan el controlador az/el, el transceptor, la fuente de energía y la computadora, se desconectaba el regulador y la fuente de corriente alterna y se desconectaban las antenas del transceptor. Esta última cuestión es muy importante ya que si se dejan conectadas mientras no están en operación son susceptibles a alguna descarga eléctrica que pueda dañar el radio. Por ello, cada vez que se finalizaba un día de pruebas y mediciones, se debían desconectar las antenas del transceptor.

⁴⁵ Las mejores pasadas y por ello mejor recepción es cuando la elevación máxima de su pasada por nuestra estación terrena esta alrededor de 90°.

7.3 Contacto satelital

La idea inicial era recibir la telemetría en paquetes y a través del TNC decodificarla, y de esta forma conocer el estado del satélite al pasar por nuestra estación terrena. Después de varios días de pruebas, no pudimos escuchar a todos los satélites. Con aquellos que si logramos tener contacto únicamente recibimos voz y TLM (Telemetría) en Código Morse (Modo CW). Lo anterior se resume en la Tabla 7.1.

Satélite	Perigeo [km]	Apogeo [km]	Periodo [min]	Inclinación [°]	Peso [kg]	Frecuencia de bajada [MHz]	Modulación /Protocolo	Situación de recepción
CO-66 (SEEDS II)	621.8	642.9	97.2	98	1	437.485	CW/AX.25 FM/SSTV	Contactado (Solo en CW) Información obtenida para su decodificación
SwissCube	726	752	98.5	98.28	1	437.505	CW/FSK 1200 BPS	Contactado (Solo en CW) Información obtenida para su decodificación
XW-1 (HO-68)	1 200	1 200	109	100.5	60	437.79	CW	Contactado Información obtenida para su decodificación
CO-55 (Cute-1)	816	831	101.38	98.72	1	436.8375/437.4	CW/AFSK 1 200 BPS	Contactado (Solo en CW) Información obtenida para su decodificación
CO-57 (Cubesat XI-IV)	817	832	101.39	98.72	1	436.8475/437.49	CW/AFSK 1 200 BPS	Contactado (Solo en CW) Información obtenida para su decodificación
RS-30 (Yubileiny)	1 485	1 516	115.8	82.5	48	435.215	CW	Contactado Información obtenida para su decodificación
ITUpSAT 1	726	752	98.5	98.29	1	437.325	CW/GFSK 19 200 BPS	Contactado (Solo en CW) No se obtuvo información para su decodificación
KKS-1	670	660	98	98	3	437.385	CW/AX.25	Contactado (Solo en CW) No se obtuvo información para su decodificación
STARS (KUKAI)	670	660	98	98	8	437.305	CW/AX.25	Contactado (Solo en CW) No se obtuvo información para su decodificación
PRISM (HITOMI)	670	660	98	98.03	8	437.25	CW	Contactado No se obtuvo información para su decodificación
CO-65 (Cute-1.7+APD II)	622.3	641.9	97.2	98	3	437.275/437.475	CW/AX.25 1 200 BPS	Contactado (Solo en CW) No se obtuvo información para su decodificación
CO-58 (Cubesat XI-V)	682	709	98.67	98.18	1	437.465	CW/AFSK 1 200 BPS	Contactado (Solo en CW) No se obtuvo información para su decodificación
VO-52 (HAMSAT)	607	646	97.24	97.24	42.5	145.936/145.86	CW	Contactado (Solo en CW) No se obtuvo información para su decodificación

<i>Satélite</i>	<i>Perigeo [km]</i>	<i>Apogeo [km]</i>	<i>Periodo [min]</i>	<i>Inclinación [°]</i>	<i>Peso [kg]</i>	<i>Frecuencia de bajada [MHz]</i>	<i>Modulación /Protocolo</i>	<i>Situación de recepción</i>
S0-50 (Saudisat-1C)	603	713	97.89	64.56	10	436.795	FM	Contactado (Solo voz)
FO-29 (JAS-2)	800	1323	106.44	98.54	50	435.91	FM	Contactado (Solo voz)
EYESAT-1 (AO-27)	789	800	100.76	98.27	11.8	436.795	FM	Contactado (Solo voz)
FASTRAC 1 (Sara Lily)	650	650	90	72	23.5	437.345	FM 1 200 BPS	No contactado por ser TLM en paquetes
FASTRAC 2 (Emma)	650	650	90	72	23.5	145.825	FM 1 200 BPS	No contactado por ser TLM en paquetes
O/OREOS	650	650	90	72	5.5	437.305	AX.25 1 200 BPS	No contactado por ser TLM en paquetes
RAX	650	650	90	72	2.8	437.505	FM-GMSK 9 600 BPS	No contactado por ser TLM en paquetes
BEESAT	752	726	98.5	98.3	1	436	CW/GMSK 9 600 BPS	No contactado por ser TLM en paquetes
DO-64 (Delfi-C3)	642.1	621.6	97.2	98	2.2	145.87	BPSK 1 200 BPS	No contactado por ser TLM en paquetes
GeneSat-1	370	368	91.93	40.02	4.5	437.075	AFSK 1 200 BPS	No contactado por ser TLM en paquetes
S0-67 (Sumbandila)	520	498	95	97.3	81	435.345	FM	No contactado (Voz)
ARISS	353	341	91.84	51.64	-	145.8/145.825	FM/APRS 1200 BPS	No contactado (Voz)
RS-22 (Mozhayets 4)	693	675	98.43	98.1	-	435.352	CW	No contactado

Tabla 7.1 Satélites de AMSAT.

*Los satélites sombreados son aquellos que se reportan en esta tesis.

Con los satélites que en definitiva no logramos escuchar, contactamos a sus dueños (con los que fue posible), los cuales respondieron que no podíamos escucharlos debido a que el transmisor estaba dañado o apagado por diversas razones.

La mayoría de los satélites contactados además de transmitir telemetría en Código Morse también transmitían telemetría en paquetes, como se puede ver en la Tabla 7.1. Como nuestro fin inicial era ese, el recibir telemetría en paquetes, y darnos cuenta de que casi todos los satélites de los cuales recibimos su telemetría en CW, también la transmitían en paquetes, nos dimos a la tarea de contactar a los propietarios de dichos satélites, para saber el porqué de dicha situación.

Los propietarios con los que logramos tener contacto, nos dijeron que no podríamos recibir telemetría en paquetes de sus satélites, debido a que éstos únicamente la transmitían cuando pasaban por sus propias estaciones terrenas y que mientras no estuviera visible para ellas, la telemetría únicamente la transmitían en Código Morse (modo CW). Debido a esto, no nos fue posible utilizar un TNC en nuestra estación terrena.

De esta manera, nos enfrentamos a uno de los mayores problemas de esta tesis, ¿cómo poder obtener la telemetría de los satélites si no transmitían telemetría en paquetes?. Fue necesario buscar la manera de trabajar la telemetría recibida en Código Morse. Al no ser conocedores el Código Morse, nos planteamos la forma de cómo poder decodificar lo recibido. En base a investigaciones encontramos 2 posibles maneras de realizarlo. La primera de ellas, fue mediante al empleo de software para audio que nos muestra la señal recibida gráficamente, y en base a ello, poder realizar la conversión visual y determinar si la decodificación correspondía a un punto o a una raya. La segunda, fue a través de software (libre) existente (en la web) que permite la decodificación de audio (con extensión “.wav”) en Código Morse. Más adelante se explicará el empleo de cada uno de estos programas.

Para efectos de esta tesis, únicamente decidimos reportar los resultados de 6 satélites:

1. SEEDS II (CO-66)
2. SwissCube
3. HO-68 (XW-1)
4. Cute-1 (CO-55)
5. XI-IV (CO-57)
6. Yubileiny (RS-30)

La elección de estos satélites fue debido a las siguientes razones:

- Ejemplifican de manera general los parámetros de los satélites.
- Mejor recepción (con menos ruido).
- Contacto con los dueños.
- Obtención de información completa.

De forma general, después de decodificar el audio obtenido durante algún día de prueba, nos dimos cuenta de que la telemetría recibida de cada satélite, además de estar en Código Morse, estaba codificada con un código propio. Por ello, fue necesario encontrar la forma de decodificar de dicho código propio de cada satélite. Algunos propietarios y dueños de los satélites únicamente proporcionan el software que permite la decodificación automática de ese propio código, pero otros, además de eso, proporcionan las fórmulas y elementos necesarios para una decodificación manual.

Para los primeros 3 satélites de la lista, encontramos tanto el software de decodificación automática como la forma de decodificar el código de forma manual, lo cual nos permitió realizar nuestro propio software de decodificación en lenguaje Matlab. De los 3 satélites restantes, únicamente obtuvimos su software de decodificación automática.

Se explicará de forma general la manera de decodificar el audio del Código Morse y posteriormente se particularizará la forma de decodificación del código propio de cada satélite así como la interpretación de los resultados y con ello conocer el estado del satélite al pasar por nuestra estación terrena.

7.3.1 Decodificación del audio

Como se mencionó, para la decodificación del audio de Código Morse recibido se emplearon 2 métodos, basados en 2 software: Adobe Audition y CWGet.

1. Adobe Audition CS5.5 - Versión 4.0

Este software funciona como un estudio de sonido para la edición de audio, el cual gestiona de forma eficaz una amplia gama de tareas de producción de audio, incluidas la grabación, mezcla y restauración de sonido.

Como parte de la solución para poder decodificar el audio recibido de los satélites en Código Morse, se utilizó este programa para poder analizar gráficamente la forma de la señal del audio obtenido y así poder decodificarlo.

La forma en que se empleó este software fue sencilla. Primeramente se debía convertir el audio recibido a formato *.wav*, preferentemente a 16 bits y 44 100 Hz, ya que es el formato que trabaja este software. Posteriormente se abría el archivo de audio y se trabajaba en la vista *Forma de onda*, con el fin de poder analizar adecuadamente la señal. Una vez que se tenía la forma de onda de señal en el área de trabajo, se manipulaba con los diferentes botones contenidos en el panel principal (Figura 7.12), principalmente los de *zoom* y *control de audio*, con el fin de poder acercar o agrandar la parte de la señal que se quería analizar, para, en primer lugar, poder identificar si la señal marcaba un punto o una raya y así, decodificar el Código Morse, y en segundo lugar, para poder establecer o definir los parámetros de la trama de la decodificación correspondiente, es decir, la duración de un punto, una raya, espacio entre rayas y puntos, espacio entre letras o caracteres, espacio entre palabras y la duración de la misma trama.

Una de las herramientas que fue de gran utilidad para agilizar y tener mayor rapidez en las decodificaciones, además de la medición de los parámetros de la trama, fue aquella que se despliega por debajo de la forma de onda de la señal, como se aprecia en la Figura 7.13. Esta herramienta muestra la señal en forma de espectro, en la cual se puede apreciar en mejor medida la presencia de un punto o una raya. Por ello, tanto esta herramienta como la vista *Forma de onda*, en conjunto, fueron los elementos que nos permitieron lograr decodificar fácilmente todos nuestros audios.

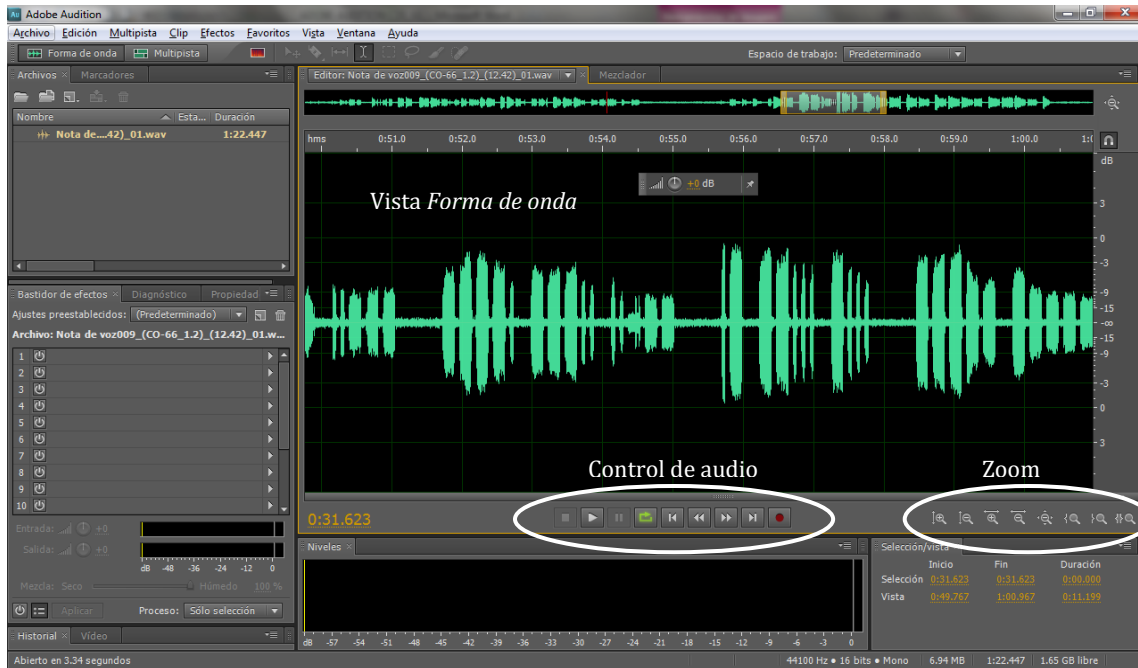


Figura 7.12 Panel de trabajo de AdobeAudition.

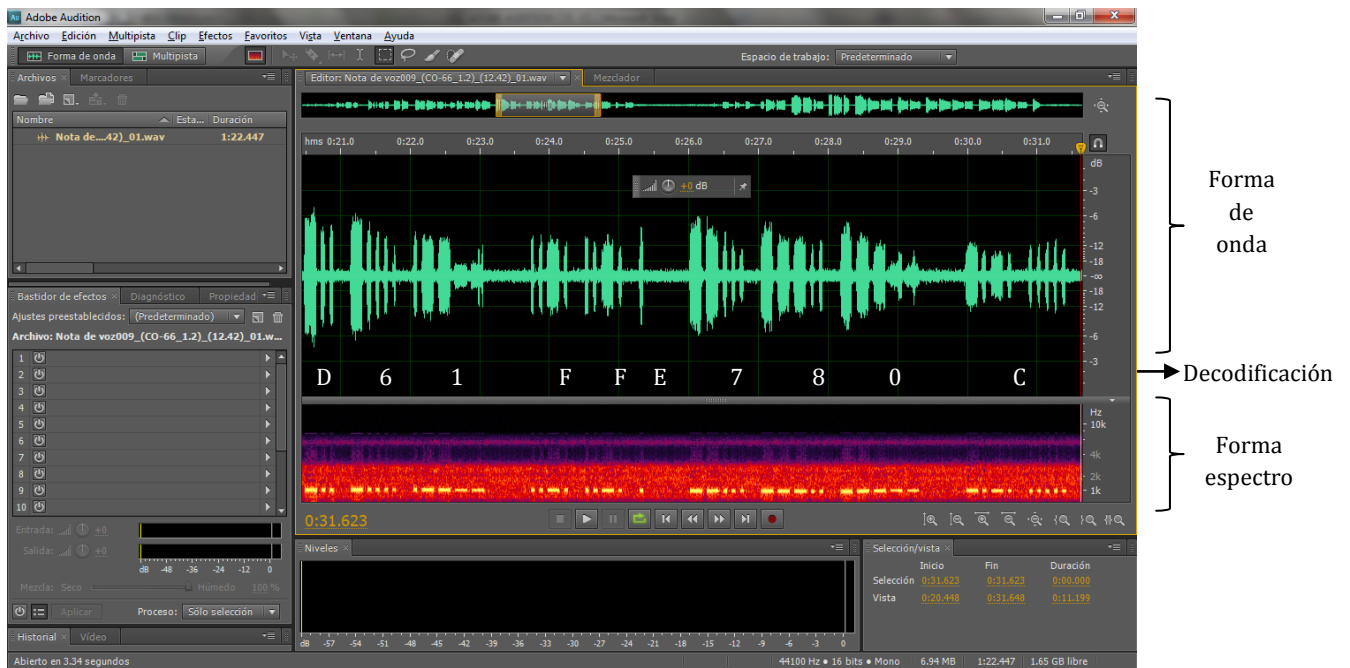


Figura 7.13 AdobeAudition: forma de onda, decodificación de la trama recibida y forma de espectro.

2. CWGet - Versión 2.25

Este programa es más complejo que AdobeAudition, ya que es muy susceptible al ruido y requiere de varios ajustes para lograr una correcta decodificación, por ello únicamente fue utilizado como método de comprobación de lo obtenido con AdobeAudition.

CWGet es un programa capaz de decodificar el Código Morse a través de la tarjeta de sonido de una computadora. El área de trabajo de este software está dividida en 3 ventanas:

Ventana 1. Es la ventana superior que contiene la línea azul, que muestra el espectro actual de la señal, la línea verde, que muestra un detector de picos de componentes espectrales y la línea vertical roja que indica la frecuencia central del filtro.

- El botón de **AFC** (*Automatic Frequency Control*, Control Automático de Frecuencia) ajusta la línea roja (frecuencia de trabajo) a la frecuencia más alta; los números que aparecen a su izquierda determinan los límites del AFC. El primer número es la máxima desviación de la frecuencia actual y el segundo, la desviación máxima de la última frecuencia seleccionada por el usuario. El usuario debe determinar si utiliza o no el AFC. En el caso particular de esta tesis si utilizamos el AFC y cuando era necesario, manualmente íbamos ajustando la línea roja a los picos.

Ventana 2. Los símbolos recibidos son mostrados en la ventana de en medio.

Ventana 3. Muestra el oscilograma de la señal que se decodifica. La línea horizontal roja indica el umbral de la detección de la señal, el cual se puede mover con el ratón y se debe colocar en un nivel por encima del ruido.

El botón **AutoThr** (*Auto Threshold*, Umbral automático) permite el ajuste automático del umbral de detección por debajo del nivel de una señal. En este modo (automático) aparecen 2 líneas rojas horizontales, la primera de ellas muestra el nivel actual del umbral y la segunda muestra la estimación del nivel de ruido. De forma manual, únicamente aparece una sola línea roja horizontal.

Características de CWGet

1. Lee archivos con extensión *.wav*, los parámetros recomendados para su lectura son 16 bits y 11 025 Hz.
2. Para introducir un archivo para su decodificación se da clic en el menú *file (archivo)* y posteriormente seleccionar *decode from file (decodificar desde archivo)*.
3. Se puede seleccionar En **Filters(Filtro)>Main Filter(Filtro principal)** el ancho de banda del filtro de la señal. Mayor ancho de banda del filtro es adecuado para introducir más velocidad. Hay 2 conjuntos de filtros IIR (*Infinite Impulse Response*, Respuesta de impulso infinita) y FIR (*Finite Impulse Response*, Respuesta de impulso finita). Los filtros FIR son un poco mejor que los IIR, pero requieren mayor tiempo del procesador.

4. Se puede seleccionar la máxima velocidad del filtro. En **Filters(Filtros)>Burst filter(filtro de burst)**. Se mide en LPM (Latidos Por Minuto) donde 100LPM corresponde a 20 WPM (“Words Per Minute”, Palabras Por Minuto).
5. El ancho de banda de un filtro de sonido se selecciona con **Filters(Filtros)>sound(sonido)**.



Figura 7.14 Ventanas de trabajo de CwGet.

Para el uso de CWGet, introducimos el audio a decodificar. Posteriormente se selecciona el modo de *ajuste de umbrales* de manera manual y utilizamos filtros FIR, variando la frecuencia central y al *Burst Filter* cambiando los LPM de acuerdo a los resultados obtenidos, es decir, con los parámetros que por default trae el programa tratamos de realizar la decodificación. Los resultados que se iban obteniendo, se comparaban con los de AdobeAudition, y si estos no eran correctos, se ajustaba el umbral y los parámetros de los filtros hasta obtener el resultado deseado.

Como se puede ver el uso de este programa es complejo y de cuidado, ya que es de mucha sensibilidad al ruido, por ello no se podía tener fiabilidad de solo utilizar este programa para decodificar el audio recibido.

Ejemplo de una decodificación realizada a través de este programa se ve en la Tabla 7.15, que corresponde a la primera trama elegida del SEEDS II (10 de junio de 2011).

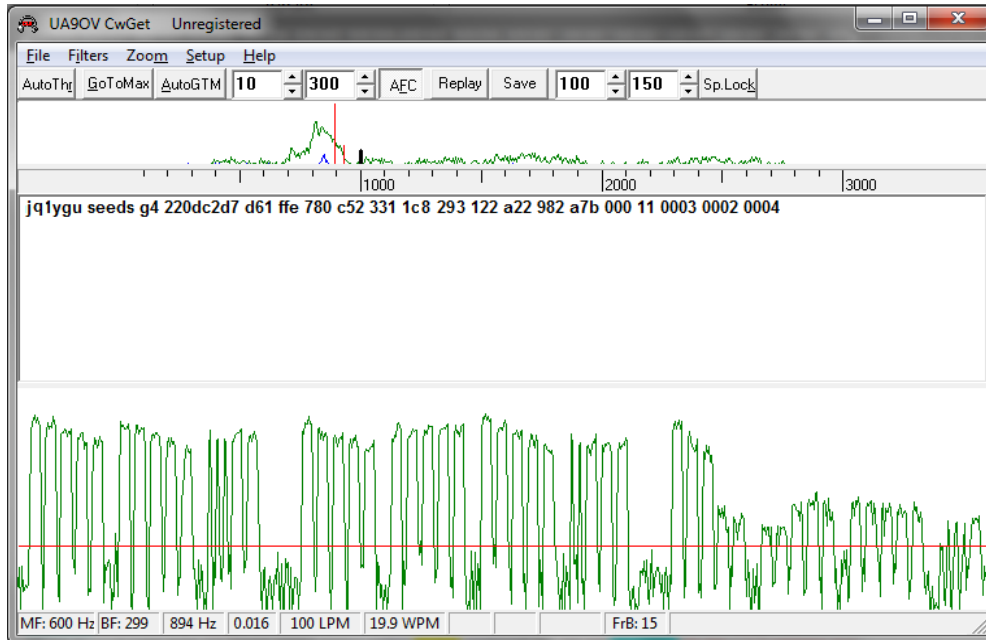


Figura 7.15 Decodificación realizada de la trama del SEEDS II del 20 de junio de 2011.

7.3.2 Obtención de la telemetría

Las mediciones que presentamos en la tesis serán las transmisiones más representativas recibidas durante el mes de junio de 2011⁴⁶.

La recepción con los satélites contactados fue en la banda de 70cm por lo que la antena utilizada para ello fue la de UHF. Las recepciones del Código Morse las realizamos en modo CW de entre todas las posibles (CW, LSB, USB y FM) ya que fue en la que recibimos mejor, debido a que como la señal *CW beacon* con la que transmite el satélite no está modulada y la información se encuentra en una sola portadora, a la frecuencia de transmisión del satélite, únicamente era necesario hacer el ajuste de frecuencia debido al efecto Doppler. Para los modos LSB y USB, independientemente de que la señal transmitida por el satélite no estuviera modulada, lográbamos escuchar en estas frecuencias, aunque con menor intensidad, debido a la dispersión que presenta la portadora transmitida. Además, para la recepción en estos modos era necesario considerar, además de la desviación del efecto Doppler, la desviación de frecuencias propias de LSB y USB. Para el caso de USB se debía aumentar un poco más la frecuencia y para LSB disminuirla. Finalmente, en FM no se recibió ya que este tipo de modulación es utilizada para transmisión de paquetes digitales y voz.

⁴⁶ Se realizaron pruebas durante todo el mes.

Para la obtención de la telemetría se realizó el mismo proceso para todos los satélites elegidos:

- Decodificar el audio recibido de Código Morse.
- Verificar que la recepción cumpla con la trama correspondiente.
- Decodificar el código propio para obtener la telemetría.
- Interpretación de resultados.

1. SEEDS II (*Space Engineering Educational Satellite II*) / CO-66 (Cube Oscar – 66)

Tipo de satélite: Nanosatélite, CubeSat.

Desarrollador: Departamento de Ingeniería Aeroespacial de la Universidad de Nihon (*“Nihon University Collage of Sience and Technology”*) de Japón.

Lugar de lanzamiento: Plataforma de *“Satish Dhawan Space”*, India.

Vehículo lanzador: PSLV (*Polar Satellite Launch Vehicle*).

Fecha de lanzamiento: 28 de abril de 2008.

Hora de lanzamiento: 03:53:51 UTC.

Tipo de órbita: Polar.

Altitud: 630 km.

Perigeo: 621.8 km.

Apogeo: 642.9 km.

Inclinación: 98°.

Periodo: 97:2 min.

Duración promedio de cada pasada: 10 min.

Dimensiones: 10x10x10 [cm].

Peso: 1 kg.

Aplicaciones: Transmisión de telemetría, comunicación, detección y análisis de órbita.

Frecuencias de operación:

- ◆ CW “Beacon”
 - Frecuencia: 437.4850 MHz
 - Modulación: CW
 - Protocolo: Código Morse
 - Potencia: 90 mW – 110 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 437.4850 MHz \pm 10 KHz
- ◆ Paquetes FM
 - Frecuencia: 437.4850 MHz
 - Modulación: FM, AFSK 1200 bps
 - Protocolo: AX.25
 - Potencia: 450 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 437.4850 MHz \pm 10 KHz



- ◆ Digi-talker
 - Frecuencia: 437.4850 MHz
 - Modulación: FM
 - Protocolo: Voz
 - Potencia: 450 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 437.4850 MHz ± 10 KHz

Formato de codificación

Cuando el SEEDS II transmite su telemetría en “CW Beacon” lo realiza en 5 formatos diferentes. Para efectos de esta tesis únicamente se pondrá el tipo que recibimos, el cual es el modo largo llamado *House Keeping (HK)*.

JQ1YGU SEEDS G4 00000000 111 222 333 444 555 666 777 888 999 AAA BBB CCC DE FFFF GGGG HHHH IIII JJJJ KK MM NO

DATO	DESIGNACIÓN	DATO	DESIGNACIÓN
JQ1YGU	Identificador de llamada	999	Temperatura de la batería de li-ion 1
SEEDS	Nombre del satélite	AAA	Temperatura de la batería de li-ion 2
G4	Modo	BBB	Temperatura del transmisor
00000000	Tiempo de satélite	CCC	Temperatura del receptor
111	Voltaje de las baterías de li-ion	DE	D = Intervalo de transmisión de CW E = Estado del conmutador (switch)
222	Voltaje del bus	FFFF	Veces de reinicio del MPU ⁴⁷ (EPS)
333	Corriente de la celda solar 1	GGGG	Veces de reinicio del MPU (FMR)
444	Corriente de la celda solar 2	HHHHH	Veces de reinicio del MPU (C&DH)
555	Corriente de la celda solar 3	IIII	Veces de reinicio del MPU (CW)
666	Corriente de la celda solar 4	JJJJ	Contador de transmisión de CW
777	Corriente de la celda solar 5	KK	Contador de enlace de subida
888	Corriente de la celda solar 6	MM	Estado de comando
		NO	N = Estado de la batería O = Estado de los circuitos de derivación

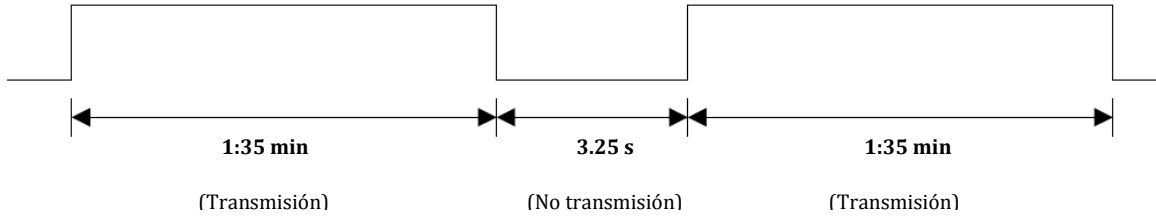
Tabla 7.2 Formato de decodificación del SEEDS II.

La transmisión la realiza en forma hexadecimal, por lo que los valores posibles entre los que se puede recibir son: 0-9 y A-F.

⁴⁷ MPU – Multiple Process Unit, Unidad de Procesos Múltiples.

Trama

Transmite durante 1:35 minutos y un tiempo de espera de 3.25 segundos aproximadamente.



Duración aproximada del Código Morse:

- Punto ~ 50 ms
- Raya ~ 160 ms
- Espacio entre raya/punto y raya/punto ~ 70 ms
- Espacio entre letras ~ 260 ms
- Espacio entre palabras ~ 680 ms

Como ya se mencionó, las pruebas realizadas se hicieron durante todo el mes de junio. Los días y horarios de medición más representativos se muestran en la Tabla 7.3. La decodificación del audio recibido por el SEEDS II se muestra en la Tabla 7.4.

<i>Fecha</i>	<i>Hora de Aparición</i>	<i>Hora de Desaparición</i>	<i>Duración</i>	<i>Azimut de aparición</i>	<i>Elevación Máx.</i>	<i>Azimut de desaparición</i>
Viernes 10 de junio de 2011	22:37:23	22:50:02	00:12:39	150°	35°	1°
Lunes 13 de junio de 2011	11:12:07	11:24:53	00:12:45	18°	52°	182°
Jueves 16 de junio de 2011	10:31:04	10:41:49	00:10:44	40°	14°	154°
Viernes 17 de junio de 2011	10:48:33	11:00:30	00:11:56	30°	24°	167°
Miércoles 22 de junio de 2011	10:42:46	10:54:23	00:11:37	33°	20°	163°
Jueves 23 de junio de 2011	11:00:25	11:12:52	00:12:26	24°	35°	175°
Viernes 24 de junio de 2011	11:18:15	11:31:06	00:12:50	16°	64°	186°
Lunes 27 de junio de 2011	10:37:00	10:48:14	00:11:14	36°	17°	159°
Martes 28 de junio de 2011	10:54:33	11:06:48	00:12:14	27°	29°	171°
Miércoles 29 de junio de 2011	11:12:20	11:25:07	00:12:46	18°	52°	182°

Tabla 7.3 Días elegidos del mes de junio para el SEEDS II.

TELEMETRÍA RECIBIDA
Viernes 10 de junio de 2011 (Día 1)
JQ1YGU SEEDS G4 2205FFFC D78 FFE E60 D91 4DC 046 1FA 2F7 A2E 9BB 96A 963 11 0003 0002 0004 0004 5DE3 6C 40 30
Lunes 13 de junio de 2011 (Día 2)
JQ1YGU SEEDS G4 220A1EAC D90 FFD D26 391 2F1 282 31D 30B A19 9C3 942 976 11 0003 0002 0004 0004 6581 6C 40 30
Jueves 16 de junio de 2011 (Día 3)
JQ1YGU SEEDS G4 221A996C D5F FFE 4E4 70E b98 089 3A7 2FC A20 988 A2B 660 11 0003 0002 0004 0004 6D1F 70 40 34
Viernes 17 de junio de 2011 (Día 4)
JQ1YGU SEEDS G4 2228550C D72 FFD DEF 4AD B84 058 126 665 A39 A0F 9D0 641 11 0003 0002 0004 0004 6FA9 52 40 30
Miércoles 22 de junio de 2011 (Día 5)
JQ1YGU SEEDS G4 226CFF2C D5A FFE CAC 6C3 33A 082 0FB 1B8 A4C 98C A93 000 11 0003 0002 0004 0004 7C5B 52 40 34
Jueves 23 de junio de 2011 (Día 6)
JQ1YGU SEEDS G4 227ABACC D60 FFE 8D4 0E9 C8F 17F 194 244 A3B 983 A83 000 11 0003 0002 0004 0004 7EE5 52 40 34
Viernes 24 de junio de 2011 (Día 7)
JQ1YGU SEEDS G4 2288766C D97 FFE 0BB 271 17C 66C CA3 31D A16 9DE 9C9 8F7 11 0003 0002 0004 0004 816F 52 40 30
Lunes 27 de junio de 2011 (Día 8)
JQ1YGU SEEDS G4 22B1A94C D8C FFE EDF 13E 400 30C 274 249 A51 9E0 9B6 000 11 0003 0002 0004 0004 890D 72 40 30
Martes 28 de junio de 2011 (Día 9)
JQ1YGU SEEDS G4 22BF64EC D84 FFE EB2 1FE 043 275 33B 162 A48 9F6 9B4 000 11 0003 0002 0004 0004 8B97 75 40 30
Miércoles 29 de junio de 2011 (Día 10)
JQ1YGU SEEDS G4 22CD208C D4A FFE BD0 1DF 1BC 08B 38B 19F A3E 9E7 9BC 3F9 11 0003 0002 0004 0004 8E21 75 40 30

Tabla 7.4 Decodificación del audio recibido del SEEDS II.

Una vez hecha la decodificación del Código Morse, se procedió a realizar la decodificación propia del satélite y con ello poder interpretar los resultados. Para este satélite, dicha decodificación se realizó de 2 maneras. La primera de ellas fue a través de un software de uso libre que descargamos de la página del SEEDS II⁴⁸, al cual únicamente se le introdujeron los valores recibidos y automáticamente realizó la decodificación entregando como resultado valores de los parámetros del satélite, es decir, su telemetría. La segunda forma de decodificación fue por medio de un software que desarrollamos en lenguaje Matlab, para el cual utilizamos fórmulas que también obtuvimos de la página del SEEDS II, mostradas en el apéndice C⁴⁹.

Resultados

Únicamente se mostrarán las imágenes de una decodificación, como ejemplo, aclarando que para el resto de los días se realizó el mismo proceso.

⁴⁸ http://cubesat.aero.cst.nihon-u.ac.jp/english/download_e.html

⁴⁹ El código fuente del programa elaborado se muestra en el apéndice D.

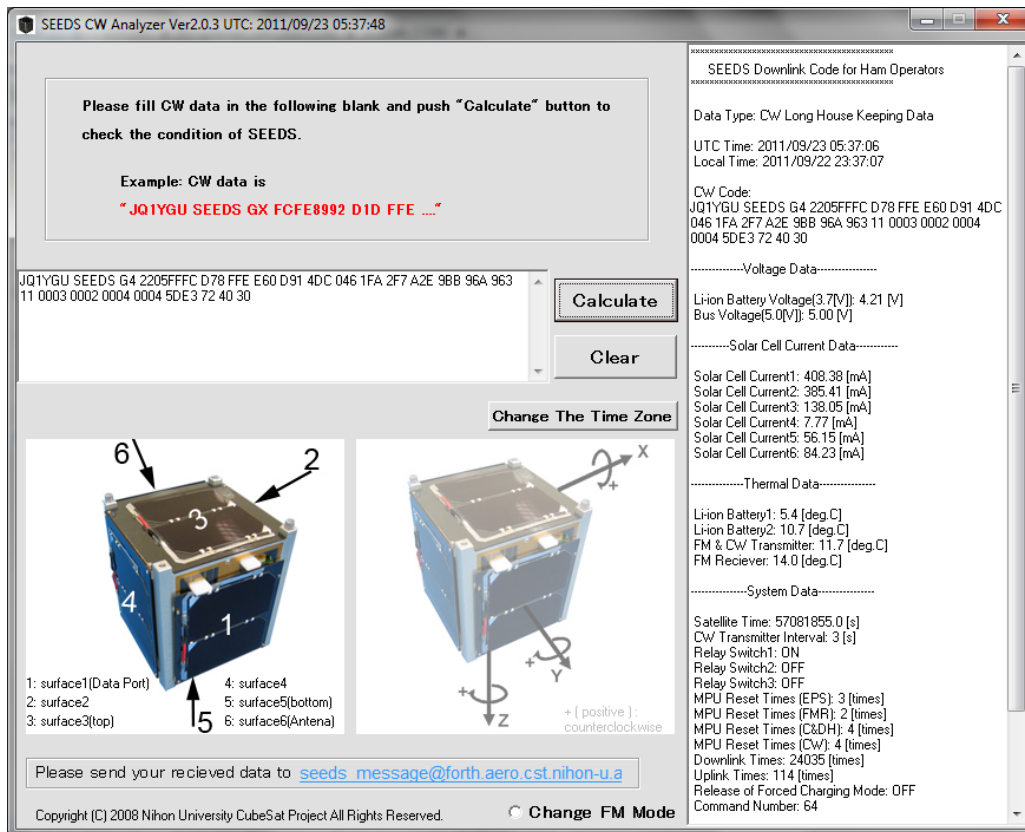


Figura 7.16 Decodificación del SEEDS II del 10 de junio de 2011 mediante el uso del software de uso libre descargado de la página web del SEEDS II.

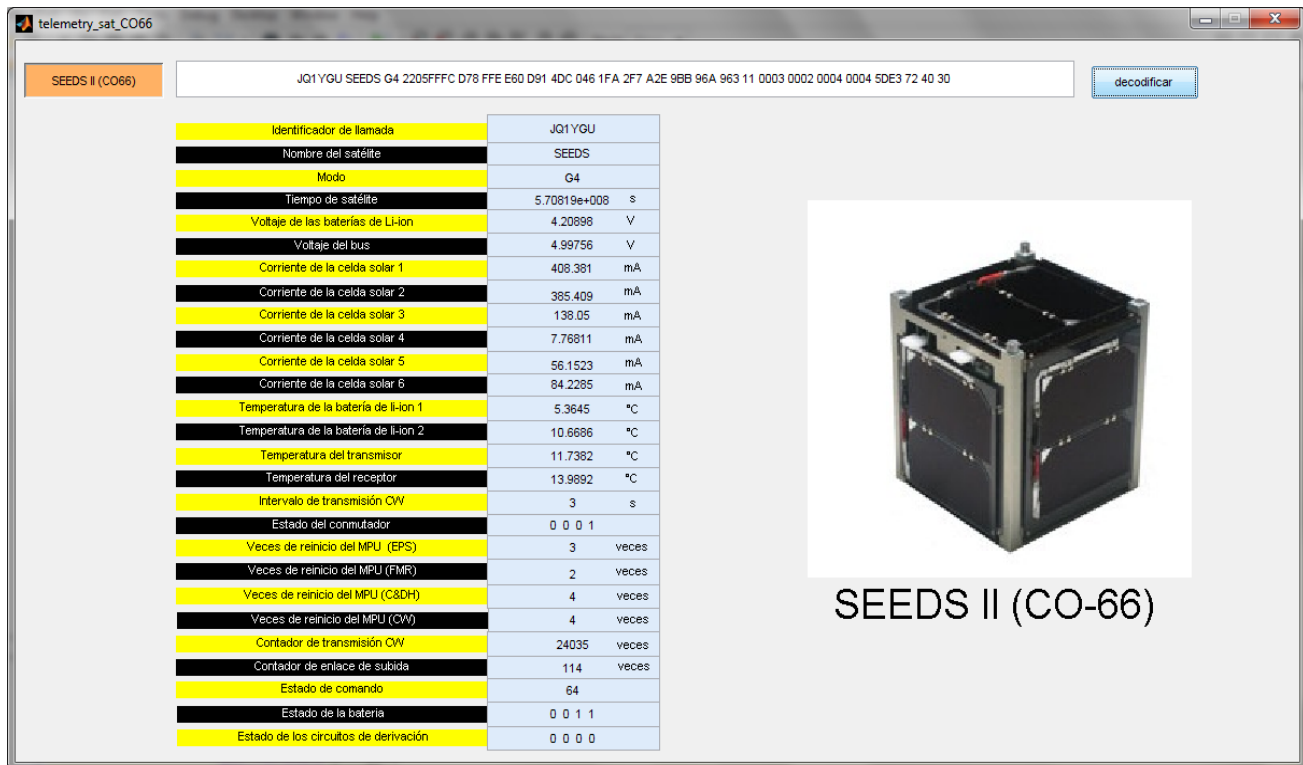


Figura 7.17 Decodificación del SEEDS II del 10 de junio de 2011 mediante el uso del software elaborado en lenguaje Matlab.

En la Tabla 7.5 y Tabla 7.6 se muestra la decodificación de la telemetría recibida de los días más representativos.

<i>Parámetros</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 3</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 5</i>
Tiempo del satélite [s]	570818556	571088556	572168556	573068556	577568556
Voltaje de las baterías de li-ion [V]	4.21	4.25	4.18	4.2	4.17
Voltaje del bus (5V) [V]	5	5	5	5	5
Corriente de la celda solar 1 [mA]	408.38	373.54	138.94	395.84	360
Corriente de la celda solar 2 [mA]	385.41	101.32	200.42	132.83	192.09
Corriente de la celda solar 3 [mA]	138.05	83.56	329.37	327.15	91.66
Corriente de la celda solar 4 [mA]	7.77	71.24	15.2	9.77	14.43
Corriente de la celda solar 5 [mA]	56.15	88.45	103.76	32.63	27.85
Corriente de la celda solar 6 [mA]	84.23	86.45	84.78	181.66	48.83
Temperatura de la batería de li-ion 1 [°C]	5.4	6.4	6	4.8	4
Temperatura de la batería de li-ion 2 [°C]	10.7	10.3	13	6.8	12.9
Temperatura del transmisor [°C]	11.7	13.6	2.7	7	-2.2
Temperatura del receptor [°C]	14	13.1	50.3	51.8	126.9
Intervalo de transmisión de CW [s]	3	3	3	3	3
Estado del switch 1	ON	ON	ON	ON	ON
Estado del switch 2	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Estado del switch 3	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Veces de reinicio del MPU (EPS) [veces]	3	3	3	3	3
Veces de reinicio del MPU (FMR) [veces]	2	2	2	2	2
Veces de reinicio del MPU (C&DH) [veces]	4	4	4	4	4
Veces de reinicio del MPU (CW) [veces]	4	4	4	4	4
Contador de transmisión de CW [veces]	24035	25985	27935	28585	31835
Contador de enlace de subida [veces]	114	123	132	135	150
Estado del comando	64	64	64	64	64
Modo forzado de NO-carga	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Modo de derivación	Automático	Automático	Automático	Automático	Automático
Estado de los circuitos de derivación	OFF	OFF	ON	OFF	ON

Tabla 7.5 Decodificación de la telemetría recibida del SEEDS II.

Parámetros	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Tiempo del satélite [s]	578468556	579368556	582068556	582968556	583868556
Voltaje de las baterías de li-ion [V]	4.18	4.25	4.23	4.22	4.15
Voltaje del bus (5V) [V]	5	5	5	5	5
Corriente de la celda solar 1 [mA]	250.8	20.75	422.47	417.48	335.58
Corriente de la celda solar 2 [mA]	25.86	69.36	35.29	56.6	53.16
Corriente de la celda solar 3 [mA]	356.78	42.17	113.64	7.44	49.27
Corriente de la celda solar 4 [mA]	42.5	182.44	86.56	69.8	15.43
Corriente de la celda solar 5 [mA]	44.83	359	69.69	91.77	100.65
Corriente de la celda solar 6 [mA]	64.36	88.45	64.92	39.28	46.05
Temperatura de la batería de li-ion 1 [°C]	4.8	6.5	3.7	4.1	4.6
Temperatura de la batería de li-ion 2 [°C]	13.3	9	8.9	7.9	8.6
Temperatura del transmisor [°C]	-1.5	7.3	8.2	8.3	7.9
Temperatura del receptor [°C]	126.9	19.1	126.9	126.9	79.2
Intervalo de transmisión de CW [s]	3	3	3	3	3
Estado del switch 1	ON	ON	ON	ON	ON
Estado del switch 2	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Estado del switch 3	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Veces de reinicio del MPU (EPS) [veces]	3	3	3	3	3
Veces de reinicio del MPU (FMR) [veces]	2	2	2	2	2
Veces de reinicio del MPU (C&DH) [veces]	4	4	4	4	4
Veces de reinicio del MPU (CW) [veces]	4	4	4	4	4
Contador de transmisión de CW [veces]	32485	33135	35085	35735	36385
Contador de enlace de subida [veces]	153	156	165	168	171
Estado del comando	64	64	64	64	64
Modo forzado de NO-carga	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Modo de derivación	Automático	Automático	Automático	Automático	Automático
Estado de los circuitos de derivación	ON	OFF	OFF	OFF	OFF

Tabla 7.6 Decodificación de la telemetría recibida del SEEDS II.

En la Tabla 7.7 se muestran los valores promedio obtenidos de cada parámetro del satélite, durante el mes de pruebas, así como los valores entre los que se debe encontrar el satélite que indican un estado de salud adecuado para su funcionamiento (Valor Normal).

Parámetros	Valor Promedio	Valor Normal
Tiempo del satélite [s]	577145556	Va en aumento
Voltaje de las baterías de li-ion [V]	4.204	4.2
Voltaje del bus (5V) [V]	5	5
Corriente de la celda solar 1 [mA]	312.378	0 a 420
Corriente de la celda solar 2 [mA]	125.234	0 a 420
Corriente de la celda solar 3 [mA]	153.909	0 a 420
Corriente de la celda solar 4 [mA]	51.514	0 a 420
Corriente de la celda solar 5 [mA]	97.478	0 a 420
Corriente de la celda solar 6 [mA]	78.901	0 a 420
Temperatura de la batería de li-ion 1 [°C]	5.03	-10 a 30
Temperatura de la batería de li-ion 2 [°C]	10.14	-10 a 30
Temperatura del transmisor [°C]	6.3	-10 a 30
Temperatura del receptor [°C]	73.51	Actualmente fuera de orden
Intervalo de transmisión de CW [s]	3	3
Estado del switch 1	ON	ON
Estado del switch 2	OFF	Cambia con la operación del satélite
Estado del switch 3	OFF	Cambia con la operación del satélite
Veces de reinicio del MPU (EPS) [veces]	3	Va en aumento al realizar el reinicio del MPU
Veces de reinicio del MPU (FMR) [veces]	2	Va en aumento al realizar el reinicio del MPU
Veces de reinicio del MPU (C&DH) [veces]	4	Va en aumento al realizar el reinicio del MPU
Veces de reinicio del MPU (CW) [veces]	4	Va en aumento al realizar el reinicio del MPU
Contador de transmisión de CW [veces]	31120	Va en aumento al enviar CW
Contador de enlace de subida [veces]	146.7	Va en aumento al enviar el enlace de subida
Estado del comando	64	Cambia con la operación del satélite
Modo forzado de NO-carga	OFF	OFF
Modo de derivación	Automático	Automático
Estado de los circuitos de derivación	OFF	Cambia con la operación del satélite

Tabla 7.7 Tabla comparativa de la Telemetría recibida por el SEEDS II.

Observando la Tabla 7.7 concluimos que el SEEDS II a sus 3 años de haber sido lanzado y estar en operación está en perfectas condiciones, permitiéndole así cumplir con su misión y con ello permitir a sus propietarios realizar estudios acerca de la órbita, entre otras cosas, así como a radioaficionados recibir su telemetría y realizar comunicación tanto con su estación propietaria como con otras.

2. SWISSCUBE

Tipo de satélite: Nanosatélite, CubeSat.

Desarrollador: Laboratorio de Microsistemas de Tecnología Espacial de la EPFL (*“École Polytechnique Fédérale de Lausanne”, Escuela Politécnica Federal Lausana*) de Suiza.

Lugar de lanzamiento: Plataforma de *“Satish Dhawan Space”,* India.

Vehículo lanzador: PSLV-C14.

Fecha de lanzamiento: 23 de Septiembre de 2009.

Hora de lanzamiento: 07:16 UTC.

Tipo de órbita: Polar heliosíncrona.

Altitud: 400 km – 1000 km.

Perigeo: 726 km.

Apogeo: 752 km.

Inclinación: 98.28°.

Periodo: 98:5 min.

Duración de cada pasada: 10 min.

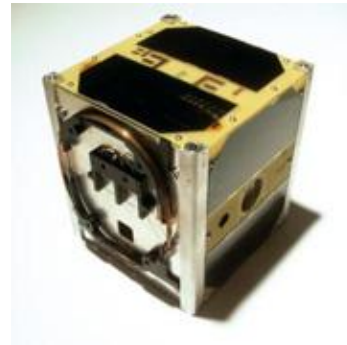
Dimensiones: 10x10x10 [cm].

Peso: < 1 kg.

Aplicaciones: Transmisión de telemetría, educacional, científico y tecnológico.

Frecuencias de operación:

- ◆ CW “Beacon”
 - Frecuencia: 437.5050 MHz
 - Modulación: CW
 - Protocolo: Código Morse
 - Potencia: 100 mW – 120 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 437.5050 MHz ± 10 KHz
- ◆ Paquetes “Beacon”
 - Frecuencia: 437.5050 MHz
 - Modulación: FSK 1200 bps
 - Protocolo: AX.25
 - Potencia: 1 W
 - Desviación por efecto Doppler: 437.5050 MHz ± 10 KHz



Formato de codificación

Parte 0	→	HB9EG/1
Parte 1	→	header – space – Error Flag – space – Power ON
Parte 2	→	header – space – BATTERY 1 VOLTAGE – space – BATTERY 2 VOLTAGE
Parte 3	→	header – space – Solar Cells – space – Battery 1 Temperature

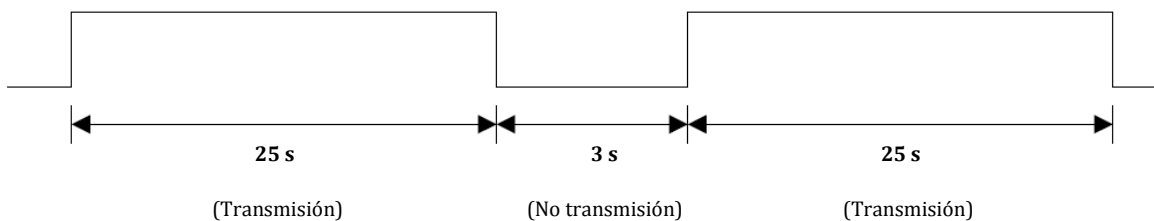
PARTE	DATO	DESIGNACIÓN
0	HB9EG/1	Identificador de llamada
1	header (encabezado)	Indicativo del nombre de la parte de la transmisión, siempre es fijo en "1"
	Error Flag (indicador de error)	Indica el bit en error de 5 subsistemas (Payload (Carga útil), ADCS (Sistema de determinación de altitud y control), CDMS (Sistema de manejo de comandos y datos), COM (Comunicación), EPS (Sistema de energía eléctrica))
	Power ON (indicador de encendido)	Indica el estado "ON" u "OFF" de 6 subsistemas (ADS (Sistema de despliegue de antenas), Payload, ADCS, CDMS, Beacon, COM)
2	header (encabezado)	Indicativo del nombre de la parte de la transmisión, siempre es fijo en "2"
	Battery 1 Voltage (Voltaje de la batería 1)	Voltaje de la batería 1
	Battery 2 Voltage (Voltaje de la batería 2)	Voltaje de la batería 2
3	header (encabezado)	Indicativo del nombre de la parte de la transmisión, siempre es fijo en "3"
	Solar Cells (Celdas solares)	Indica la corriente de las 6 celdas solares
	Battery 1 Temperature (temperatura de la batería 1)	Temperatura de la batería 1

Tabla 7.8 Formato de decodificación del SwissCube.

La transmisión la realiza en forma octal, por lo que los valores posibles entre los que se puede recibir son de 0-7.

Trama

Transmite durante 25 segundos y un tiempo de espera de 3 segundos aproximadamente.



Duración aproximada del Código Morse:

- Punto ~ 100 ms
- Raya ~ 300 ms
- Espacio entre raya/punto y raya/punto ~ 100 ms
- Espacio entre letras ~ 300 ms
- Espacio entre palabras ~ 700 ms

Decodificación

Al igual que para el SEEDS II, únicamente se reportan los días y horarios de medición más representativos, los cuales se muestran en la Tabla 7.9, mientras que la decodificación del audio en la Tabla 7.10.

<i>Fecha</i>	<i>Hora de Aparición</i>	<i>Hora de Desaparición</i>	<i>Duración</i>	<i>Azimet de aparición</i>	<i>Elevación Máx.</i>	<i>Azimet de desaparición</i>
Viernes 03 de junio de 2011	14:40:00	14:52:57	00:12:56	353°	24°	220°
Lunes 06 de junio de 2011	13:48:35	14:02:45	00:14:09	14°	79°	190°
Miércoles 08 de junio de 2011	13:47:14	14:01:23	00:14:08	14°	76°	189°
Viernes 10 de junio de 2011	13:45:50	13:59:59	00:14:08	15°	73°	189°
Lunes 13 de junio de 2011	14:32:58	14:46:15	00:13:17	356°	29°	215°
Jueves 16 de junio de 2011	13:41:24	13:55:31	00:14:06	17°	63°	186°
Miércoles 22 de junio de 2011	13:36:37	13:50:38	00:14:01	19°	54°	183°
Lunes 27 de junio de 2011	14:21:23	14:35:08	00:13:44	1°	41°	208°
Miércoles 29 de junio de 2011	14:19:34	14:33:22	00:13:48	2°	43°	207°
Jueves 30 de junio de 2011	13:29:41	13:43:33	00:13:52	22°	44°	179°

Tabla 7.9 Días elegidos del mes de junio para el SwissCube.

TELEMETRÍA RECIBIDA
Viernes 03 de junio de 2011 (Día 1)
hb9eg/1 1 0 33 2 316 326 3 100003 40
Lunes 06 de junio de 2011 (Día 2)
hb9eg/1 1 0 33 2 316 326 3 300003 40
Miércoles 08 de junio de 2011 (Día 3)
hb9eg/1 1 0 33 2 316 326 3 300003 40
Viernes 10 de junio de 2011 (Día 4)
hb9eg/1 1 0 33 2 325 326 3 301501 40
Lunes 13 de junio de 2011 (Día 5)
hb9eg/1 1 0 33 2 325 326 3 301000 40
Jueves 16 de junio de 2011 (Día 6)
hb9eg/1 1 0 33 2 325 326 3 301000 40
Miércoles 22 de junio de 2011 (Día 7)
hb9eg/1 1 0 33 2 325 326 3 301010 40
Lunes 27 de junio de 2011 (Día 8)
hb9eg/1 1 0 33 2 325 326 3 020020 40
Miércoles 29 de junio de 2011 (Día 9)
hb9eg/1 1 0 33 2 325 326 3 030000 40
Jueves 30 de junio de 2011 (Día 10)
hb9eg/1 1 0 33 2 316 326 3 031010 36

Tabla 7.10 Decodificación del audio recibido del SwissCube.

Como segundo paso prosiguió realizar la decodificación del código elaborado por los propietarios de este satélite. Al igual que para el SEEDS II, para este satélite también se pudo realizar la dicha decodificación de 2 maneras, tanto por el software descargado en la página web del SwissCube⁵⁰ como por el software elaborado por nosotros en lenguaje Matlab (ya que también logramos obtener las fórmulas de conversión en la página web de SwissCube, mostradas en el apéndice C⁵¹).

Resultados

La Figura 7.18 y Figura 7.19 muestran una decodificación de telemetría para este satélite. En la Tabla 7.11 y Tabla 7.12 se muestran su telemetría obtenida en los días elegidos.

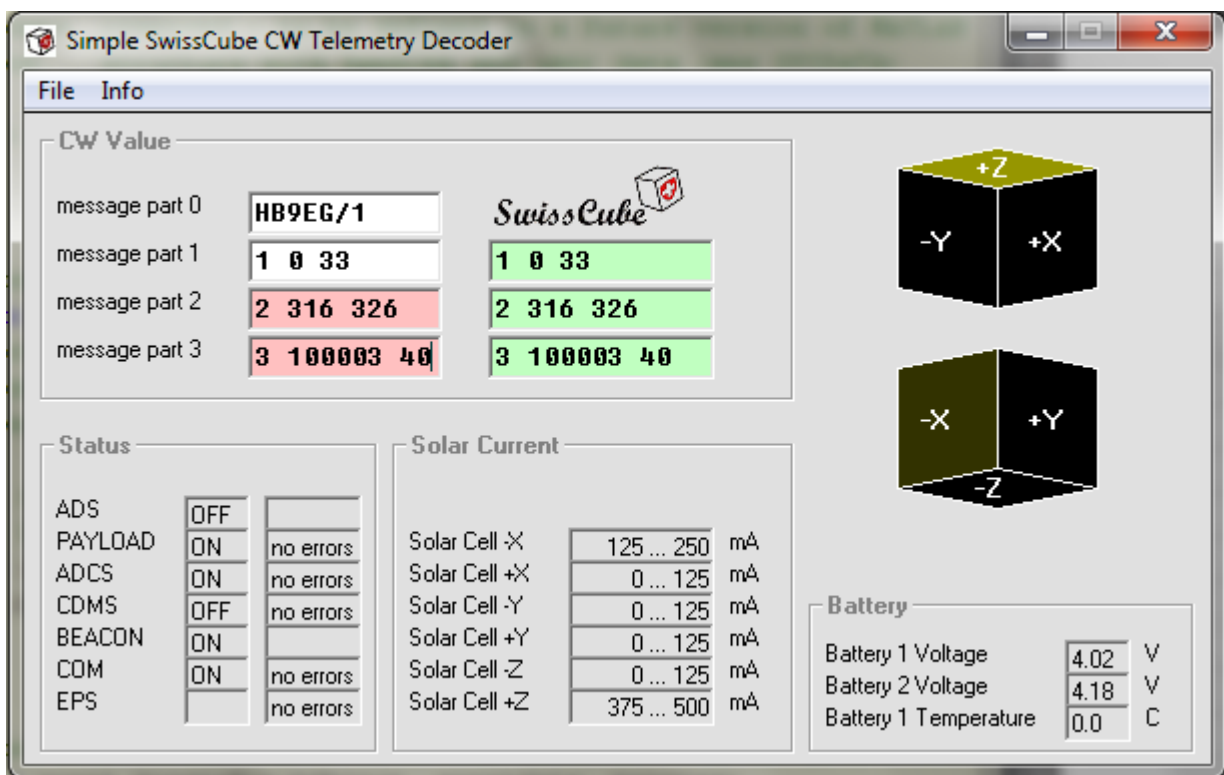


Figura 7.18 Decodificación del SwissCube del 03 de junio de 2011 mediante el uso del software de uso libre descargado de la página web del SwissCube.

⁵⁰ <http://swisscube-live.ch/Home/RadioAmateurs>

⁵¹ El código fuente del programa elaborado se muestra en el apéndice D.

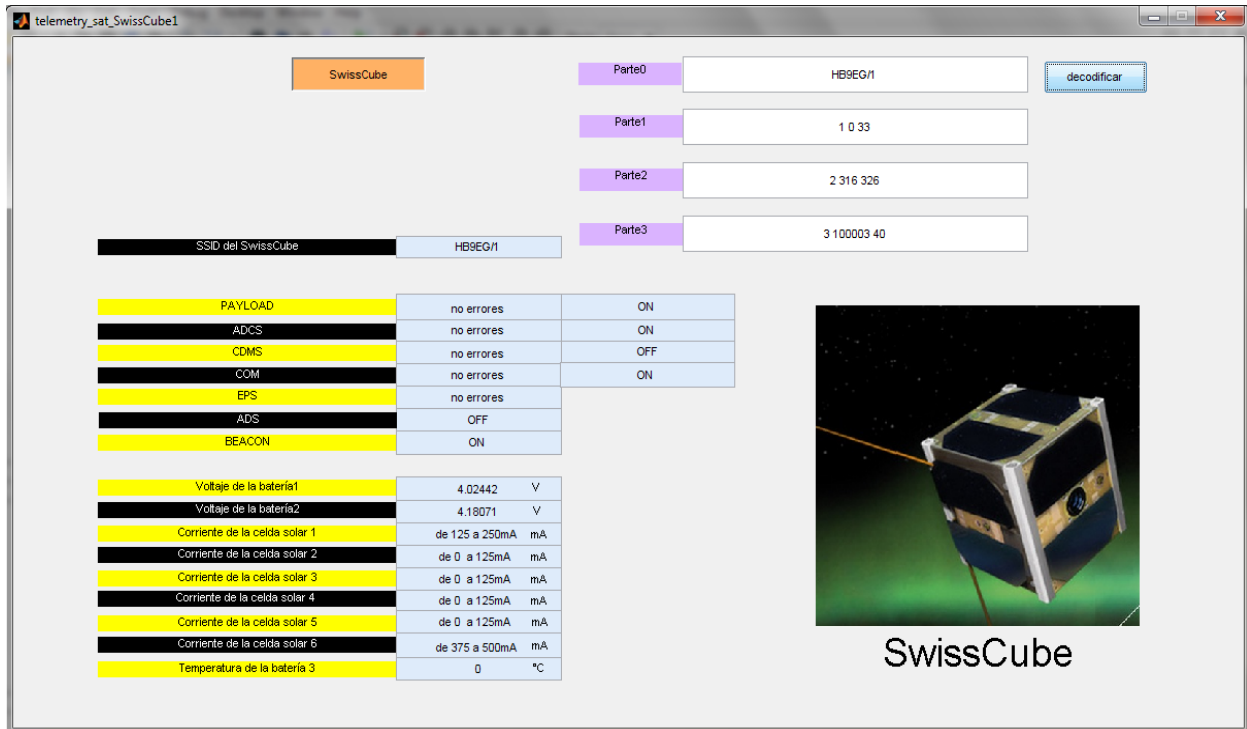


Figura 7.19 Decodificación del SwissCube del 03 de junio de 2011 mediante el uso del software elaborado en lenguaje Matlab.

Parámetros	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
ADS	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PAYLOAD	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores
ADCS	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores
CDMS	OFF/no errores	OFF/no errores	OFF/no errores	OFF/no errores	OFF/no errores
BEACON	ON	ON	ON	ON	ON
COM	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores
EPS	no errores	no errores	no errores	no errores	no errores
Corriente de la Celda solar-X [mA]	375 ... 500	375 ... 500	375 ... 500	375 ... 500	375 ... 500
Corriente de la Celda solar+X [mA]	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125
Corriente de la Celda solar-Y [mA]	125 ... 250	0 ... 125	0 ... 125	125 ... 250	125 ... 250
Corriente de la Celda solar+Y [mA]	625 ... 750	0 ... 125	0 ... 125	125 ... 250	0 ... 125
Corriente de la Celda solar-Z [mA]	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125
Corriente de la Celda solar+Z [mA]	125 ... 250	375 ... 500	375 ... 500	125 ... 250	0 ... 125
Voltaje de la batería 1 [V]	4.16	4.02	4.02	4.16	4.16
Voltaje de la batería 2 [V]	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18
Temperatura de la batería 1 [°C]	0	0	0	0	0

Tabla 7.11 Decodificación de la Telemetría del SwissCube.

Parámetros	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
ADS	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
PAYLOAD	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores
ADCS	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores
CDMS	OFF/no errores	OFF/no errores	OFF/no errores	OFF/no errores	OFF/no errores
BEACON	ON	ON	ON	ON	ON
COM	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores	ON/no errores
EPS	no errores	no errores	no errores	no errores	no errores
Corriente de la Celda solar-X [mA]	375 ... 500	375 ... 500	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125
Corriente de la Celda solar+X [mA]	0 ... 125	0 ... 125	250 ... 375	375 ... 500	375 ... 500
Corriente de la Celda solar-Y [mA]	125 ... 250	125 ... 250	0 ... 125	0 ... 125	125 ... 250
Corriente de la Celda solar+Y [mA]	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125
Corriente de la Celda solar-Z [mA]	0 ... 125	125 ... 250	250 ... 375	0 ... 125	125 ... 250
Corriente de la Celda solar+Z [mA]	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125	0 ... 125
Voltaje de la batería 1 [V]	4.16	4.16	4.16	4.16	4.02
Voltaje de la batería 2 [V]	4.18	4.18	4.18	4.18	4.18
Temperatura de la batería 1 [°C]	0	0	0	0	-8

Tabla 7.12 Decodificación de la Telemetría del Swisscube.

Una vez que obtuvimos la telemetría registrada durante todo el mes, calculamos el promedio de todas esas mediciones para poder realizar el análisis final e interpretar los resultados. En la Tabla 7.13 se muestra el promedio de los parámetros de telemetría obtenidos por nosotros y los valores normales entre los que el SwissCube debe estar que indican un estado de salud adecuado para un buen funcionamiento.

Parámetros	Valor Promedio	Valor Normal
ADS	OFF	OFF
PAYLOAD	ON/no errores	ON/OFF/no errores
ADCS	ON/no errores	ON/no errores
CDMS	OFF/no errores	OFF/no errores
BEACON	ON	ON
COM	ON/no errores	ON/no errores
EPS	no errores	no errores
Corriente de la Celda solar-X [mA]	375 ... 500	0 a 500
Corriente de la Celda solar+X [mA]	0 ... 125	0 a 500
Corriente de la Celda solar-Y [mA]	125 ... 250	0 a 500
Corriente de la Celda solar+Y [mA]	0 ... 125	0 a 500
Corriente de la Celda solar-Z [mA]	0 ... 125	0 a 500
Corriente de la Celda solar+Z [mA]	0 ... 125	0 a 500
Voltaje de la batería 1 [V]	4.118	3.9
Voltaje de la batería 2 [V]	4.18	4.2
Temperatura de la batería 1 [°C]	-0.8	~0

Tabla 7.13 Tabla comparativa de la Telemetría recibida por el SwissCube.

Observando la Tabla 7.13 se puede ver que el estado del satélite durante el mes de pruebas al pasar por nuestra estación terrena es el correcto para un buen funcionamiento.

3. XW-1/ HO-68 (Hope OSCAR – 68)

Tipo de satélite: Microsatélite.

Desarrollador: AMSAT de China.

Lugar de lanzamiento: Plataforma de "Taiyuan", China.

Vehículo lanzador: CZ-4C (LM-4C).

Fecha de lanzamiento: 15 de diciembre de 2009.

Hora de lanzamiento: 2:30 UTC.

Tipo de órbita: Síncrona.

Altitud: 1299 km.

Perigeo: 1200 km.

Apogeo: 1200 km.

Inclinación: 100.5°.

Periodo: 109 min.

Duración de cada pasada: 15 min – 20 min.

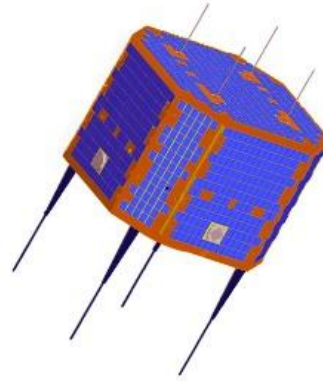
Dimensiones: 68 x 48 [cm].

Peso: 60 kg.

Aplicaciones: Actualmente solo transmisión de telemetría.

Frecuencias de operación:

- ◆ CW "Beacon"
 - Frecuencia: 437.7900 MHz
 - Modulación: CW
 - Protocolo: Código Morse
 - Potencia: 200 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 437.7900 MHz \pm 10 KHz



Formato de codificación

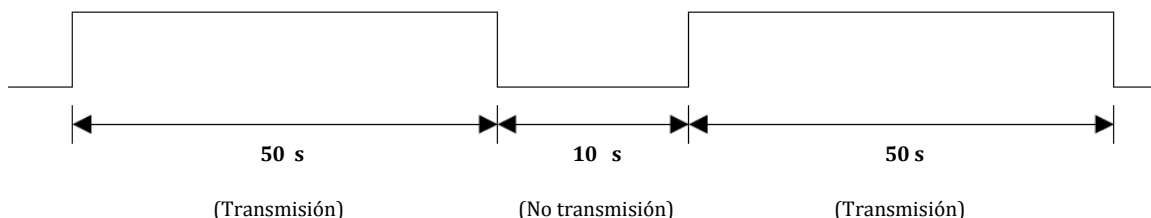
BJ1SA XW XW CH1 CH2 CH3 CH4 CH5 CH6 CH7 CH8 CH9 CH10 CH11 CH12 CH13 XW XW

DATO	DESIGNACIÓN	DATO	DESIGNACIÓN
BJ1SA	Identificador de llamada	CH8	Potencia de salida de RF del transpondedor
XW	Identificador	CH9	Corriente del transpondedor del amplificador de potencia
XW	Identificador	CH10	Corriente del transpondedor lineal ascendente
CH1	Estado del switch de salida del amplificador de potencia de RF	CH11	Voltaje del transpondedor lineal
CH2	Estado del Transpondedor de trabajo	CH12	Corriente del transpondedor FM/Digital
CH3	Temperatura del transpondedor	CH13	Voltaje del transpondedor FM/Digital
CH4	Potencia de salida de RF de la señal Beacon	XW	Identificador
CH5	Voltaje de la señal Beacon	XW	Identificador
CH6	Corriente del receptor		
CH7	Voltaje del transpondedor lineal de AGC		

Tabla 7.14 Formato de decodificación del HO-68.

Trama

Transmite durante 50 segundos y un tiempo de espera de 10 segundos aproximadamente.



Duración aproximada del Código Morse:

- Punto ~ 80 ms
- Raya ~ 230 ms
- Espacio entre raya/punto y raya/punto ~ 70 ms
- Espacio entre letras ~ 465 ms
- Espacio entre palabras ~ 780 ms

Decodificación

Al igual que para los satélites anteriores, se hizo una selección de días para representar el comportamiento de las pasadas del satélite en todo el mes, la cual se muestra en la Tabla 7.15, mientras que en la Tabla 7.16 se presenta la decodificación del Código Morse por día elegido.

<i>Fecha</i>	<i>Hora de Aparición</i>	<i>Hora de Desaparición</i>	<i>Duración</i>	<i>Azimut de aparición</i>	<i>Elevación Máx.</i>	<i>Azimut de desaparición</i>
Jueves 02 de junio de 2011	11:08:38	11:28:12	00:19:34	16°	78°	192°
Viernes 10 de junio de 2011	10:41:38	11:00:41	00:19:02	24°	46°	179°
Martes 14 de junio de 2011	11:21:36	11:41:08	00:19:32	12°	83°	197°
Miércoles 15 de junio de 2011	11:04:46	11:24:17	00:19:30	17°	72°	190°
Lunes 20 de junio de 2011	11:28:07	11:47:35	00:19:28	11°	74°	200°
Lunes 27 de junio de 2011	11:17:44	11:37:16	00:19:31	14°	89°	196°
Martes 28 de junio de 2011	11:00:56	11:20:22	00:19:26	18°	67°	188°

Tabla 7.15 Días elegidos del mes de junio para el HO-68.

TELEMETRÍA RECIBIDA
Jueves 02 de junio de 2011 (Día 1)
BJ1SA XW XW AAA TTT AAE A4T TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT XW XW
Viernes 10 de junio de 2011 (Día 2)
BJ1SA XW XW AAA TTT AAE A4T TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT XW XW
Martes 14 de junio de 2011 (Día 3)
BJ1SA XW XW AAA TTT AAE TBE ETT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT XW XW
Miércoles 15 de junio de 2011 (Día 4)
BJ1SA XW XW AAA TTT AAE A6T ETT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT XW XW
Lunes 20 de junio de 2011 (Día 5)
BJ1SA XW XW AAA TTT AAE ET6 ETT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT XW XW
Lunes 27 de junio de 2011 (Día 6)
BJ1SA XW XW AAA TTT AAE A6T ETT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT XW XW
Martes 28 de junio de 2011 (Día 7)
BJ1SA XW XW AAA TTT AAE TBE TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT TTT XW XW

Tabla 7.16 Decodificación del audio recibido del HO-68.

Una vez que se obtuvo la decodificación del Código Morse se prosiguió a la siguiente decodificación para obtener los parámetros de su telemetría. Igualmente, para éste satélite, se empleó software para decodificación descargado⁵², y software desarrollado en lenguaje Matlab con las fórmulas de conversión⁵³ mostradas en el apéndice C⁵⁴. Ejemplo de ambas decodificaciones se muestran en la Figura 7.20 y Figura 7.21.

⁵² <http://www.dk3wn.info/software.shtml>

⁵³ <http://www.amsat.org/amsat-new/satellites/satInfo.php?satID=116&retURL=/satellites/status.php>

⁵⁴ El código fuente del programa elaborado se muestra en el apéndice D.

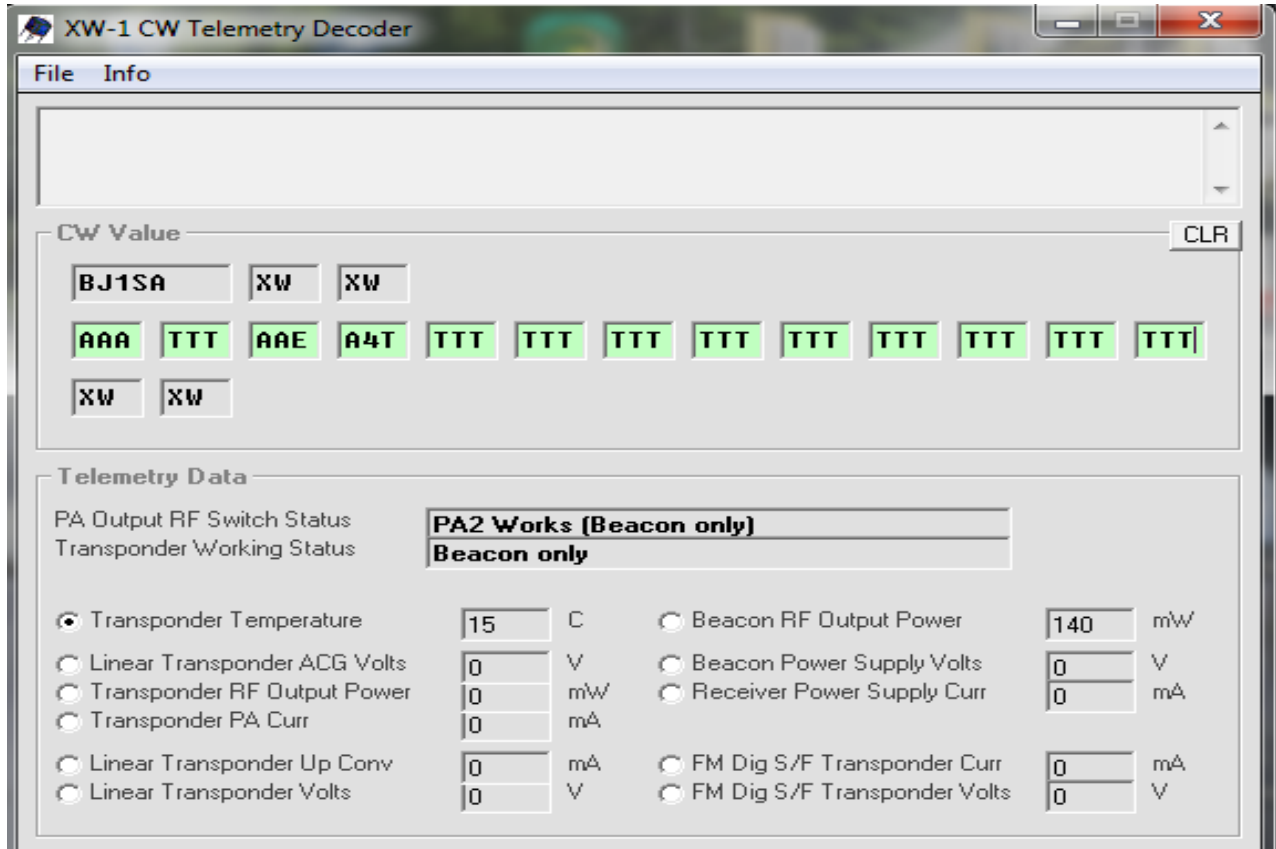
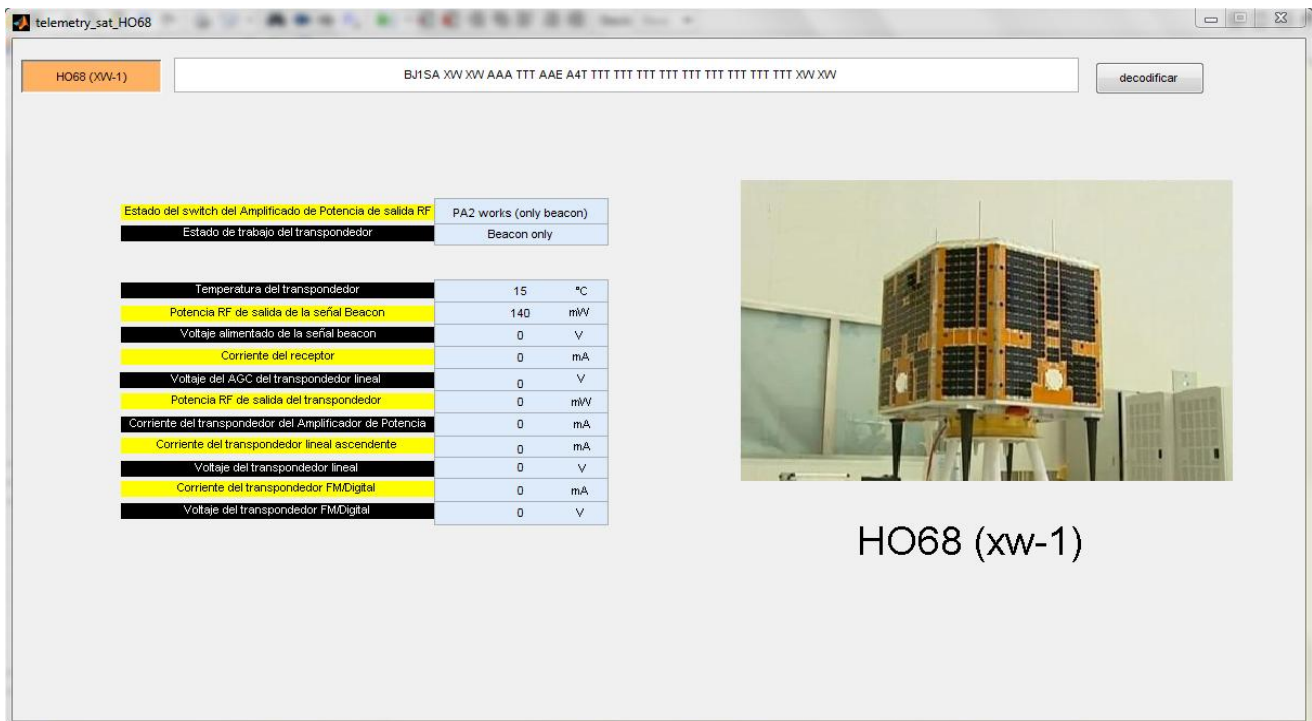


Figura 7.20 Decodificación del HO-68 del 02 de junio de 2011 mediante el uso del software de uso libre descargado.



HO68 (xw-1)

Figura 7.21 Decodificación del HO-68 del 02 de junio de 2011 mediante el uso del software elaborado en lenguaje Matlab.

En la Tabla 7.17 se puede observar la telemetría recibida para algunos días de pruebas. En la Tabla 7.18 se muestran los valores promedio del mes obtenidos así como los valores normales entre los que este satélite debe estar para tener un estado de salud correcto.

<i>Parámetros</i>	<i>Día 1</i>	<i>Día 2</i>	<i>Día 3</i>	<i>Día 4</i>	<i>Día 5</i>	<i>Día 6</i>	<i>Día 7</i>
Temperatura del transpondedor [°C]	15	15	15	15	15	15	15
Voltaje transpondedor lineal ACG [V]	0	0	0	0	0	0	0
Potencia de salida RF del transpondedor [mW]	0	0	0	0	0	0	0
Corriente del transpondedor de PA [mA]	0	0	0	0	0	0	0
Corriente del transpondedor lineal ascendente [mA]	0	0	0	0	0	0	0
Voltaje del transpondedor lineal [V]	0	0	0	0	0	0	0
Potencia de salida de RF de la señal Beacon [mW]	140	140	75	160	506	160	75
Voltaje de la señal Beacon [V]	0	0	5	5	5	5	0
Corriente del receptor [mA]	0	0	0	0	0	0	0
Corriente del transpondedor FM/Dig [mA]	0	0	0	0	0	0	0
Voltaje del transpondedor FM/Dig [V]	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 7.17 Decodificación de la telemetría recibida del HO-68.

<i>Parámetros</i>	<i>Valor Promedio</i>	<i>Valor Normal</i>
Temperatura del transpondedor [°C]	15	-5 a 20
Voltaje transpondedor lineal ACG [V]	0	0
Potencia de salida de RF del transpondedor [mW]	0	0
Corriente del transpondedor de PA [mA]	0	0
Corriente del transpondedor lineal ascendente [mA]	0	0
Voltaje del transpondedor lineal [V]	0	0
Potencia de salida de RF de la señal Beacon [mW]	179.4285714	200
Voltaje de la señal Beacon [V]	5	5
Corriente del receptor [mA]	0	0
Corriente del transpondedor FM/Dig [mA]	0	0
Voltaje del transpondedor FM/Dig [V]	0	0

Tabla 7.18 Tabla comparativa de la Telemetría recibida por el HO-68.

Observando la Tabla 7.18 se obtuvieron muchos ceros en cuanto a voltajes, potencias y corrientes de los diferentes transpondedores del satélite, situación que es normal debido a que este satélite tiene fallas en algunos de sus subsistemas, por lo que desde hace unos meses tiene apagado sus transpondedores y únicamente transmite señal “beacon”.

4. CO-55 (CubeSat-OSCAR 55) / CUTE-1

Tipo de satélite: Nanosatélite, CubeSat.

Desarrollador: Instituto de Tecnología de Tokio, Japón.

Lugar de lanzamiento: Cosmódromo de "Baikonir", Rusia.

Vehículo lanzador: Rockot de Eurockot.

Fecha y hora de lanzamiento: 30 de Junio de 2003.

Hora de lanzamiento: 14:15:26 UTC.

Tipo de órbita: Polar heliosíncrona.

Altitud: 820 km.

Perigeo: 816 km.

Apogeo: 831 km.

Inclinación: 98.72°.

Periodo: 101:38 min.

Duración de cada pasada: 11 min.

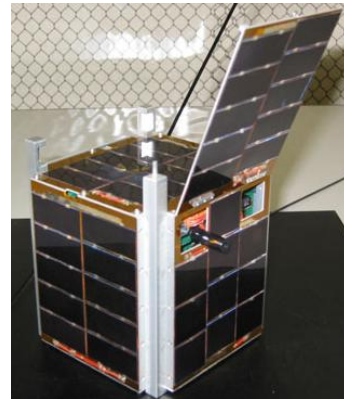
Dimensiones: 10x10x10 [cm].

Peso: 1 kg.

Aplicaciones: Transmisión de telemetría, medición de la aceleración, velocidad angular, temperatura en órbita, educación, seguimiento y comunicaciones.

Frecuencias de operación:

- ◆ CW "Beacon"
 - Frecuencia: 436.8375 MHz
 - Modulación: CW
 - Protocolo: Código Morse
 - Potencia: 100 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 436.8375 MHz \pm 10 KHz
- ◆ Telemetría en paquetes
 - Frecuencia: 437.4000 MHz
 - Modulación: FM AFSK 1200 bps
 - Protocolo: AX.25
 - Potencia: 350 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 437.4000 MHz \pm 10 KHz



Formato

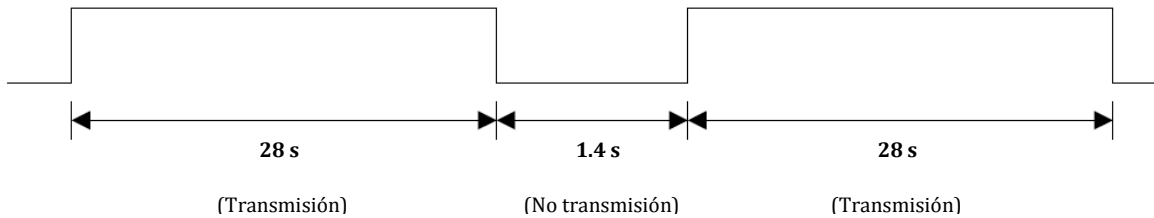
CUTE H0 H1 H2 H3 H4 A B C D E F

DATO	DESIGNACIÓN
CUTE	Identificador de llamada
H0	Valor del receptor FM
H1	Voltaje de la batería
H2	Corriente de la batería
H3	Voltaje del sistema de bus
H4	Voltaje de la celdas solares
A	Datos de Ingeniería
B	Estado del satélite
C	Valor del sensor de destino
D	Valor del sensor de destino
E	Temperatura de la batería
F	Temperatura del sistema de comunicación

Tabla 7.19 Formato de decodificación del CO-55.

Trama

Transmite durante 28 segundos y un tiempo de espera de 1.4 segundos aproximadamente.



Duración aproximada del Código Morse:

- Punto ~ 70 ms
- Raya ~ 170 ms
- Espacio entre raya/punto y raya/punto ~ 70 ms
- Espacio entre letras ~ 240 ms
- Espacio entre palabras ~ 470 ms

Decodificación

Los días elegidos para la decodificación se muestran en la Tabla 7.20 y la decodificación del Código Morse de esos días está en la Tabla 7.21.

<i>Fecha</i>	<i>Hora de Aparición</i>	<i>Hora de Desaparición</i>	<i>Duración</i>	<i>Azimut de aparición</i>	<i>Elevación Máx.</i>	<i>Azimut de desaparición</i>
Miércoles 01 de junio de 2011	19:53:05	20:08:07	00:15:02	183°	42°	337°
Lunes 06 de junio de 2011	19:52:41	20:07:45	00:15:03	182°	42°	337°
Martes 07 de junio de 2011	19:32:24	19:47:50	00:15:26	172°	72°	345°
Miércoles 08 de junio de 2011	19:12:21	19:27:45	00:15:23	161°	69°	352°
Jueves 09 de junio de 2011	18:52:33	19:07:30	00:14:56	150°	41°	359°
Martes 14 de junio de 2011	18:52:12	19:07:08	00:14:56	150°	40°	359°
Miércoles 15 de junio de 2011	18:32:40	18:46:42	00:14:01	138°	25°	7°
Lunes 20 de junio de 2011	18:32:20	18:46:20	00:14:00	138°	24°	7°
Viernes 24 de junio de 2011	18:51:30	19:06:25	00:14:54	149°	39°	360°
Miércoles 29 de junio de 2011	18:51:11	19:06:04	00:14:53	149°	39°	360°

Tabla 7.20 Días elegidos del mes de junio para el CO-55.

TELEMETRÍA RECIBIDA
Miércoles 01 de junio de 2011 (Día 1)
CUTE 55 A9 80 80 BA 5689 4724 FF FF 9A B4
Lunes 06 de junio de 2011 (Día 2)
CUTE 5F A9 75 80 B7 5689 4724 FF FF A0 B4
Martes 07 de junio de 2011 (Día 3)
CUTE 56 A3 8N 80 B9 5689 4724 FC F9 A2 B2
Miércoles 08 de junio de 2011 (Día 4)
CUTE 5E A2 7B 80 BA 3996 4724 FF FF 9B B5
Jueves 09 de junio de 2011 (Día 5)
CUTE 56 A8 77 7F BA 3996 4724 FF FF 9F B5
Martes 14 de junio de 2011 (Día 6)
CUTE 64 A8 76 80 B9 3996 4724 F9 FA 9F B4
Miércoles 15 de junio de 2011 (Día 7)
CUTE 6C A4 19 80 BA 66A8 4724 FF FF 9B AC
Lunes 20 de junio de 2011 (Día 8)
CUTE 64 A5 87 80 B8 66A8 4724 FF FB 9D AF
Viernes 24 de junio de 2011 (Día 9)
CUTE 59 A2 85 7F B9 66A8 4724 FF FF 9F AE
Miércoles 29 de junio de 2011 (Día 10)
CUTE 67 A6 1E 80 D5 66A8 4724 FF FF 9E AD

Tabla 7.21 Decodificación del audio recibido del CO-55.

Para este satélite no encontramos fórmulas que nos permitieran realizar un software para obtener su telemetría. De esta manera, la decodificación del código propio del satélite fue realizada solo mediante el software descargado⁵⁵. En la Figura 7.22 se muestra una decodificación y en la Tabla 7.22 se muestra la telemetría de todos los días elegidos.

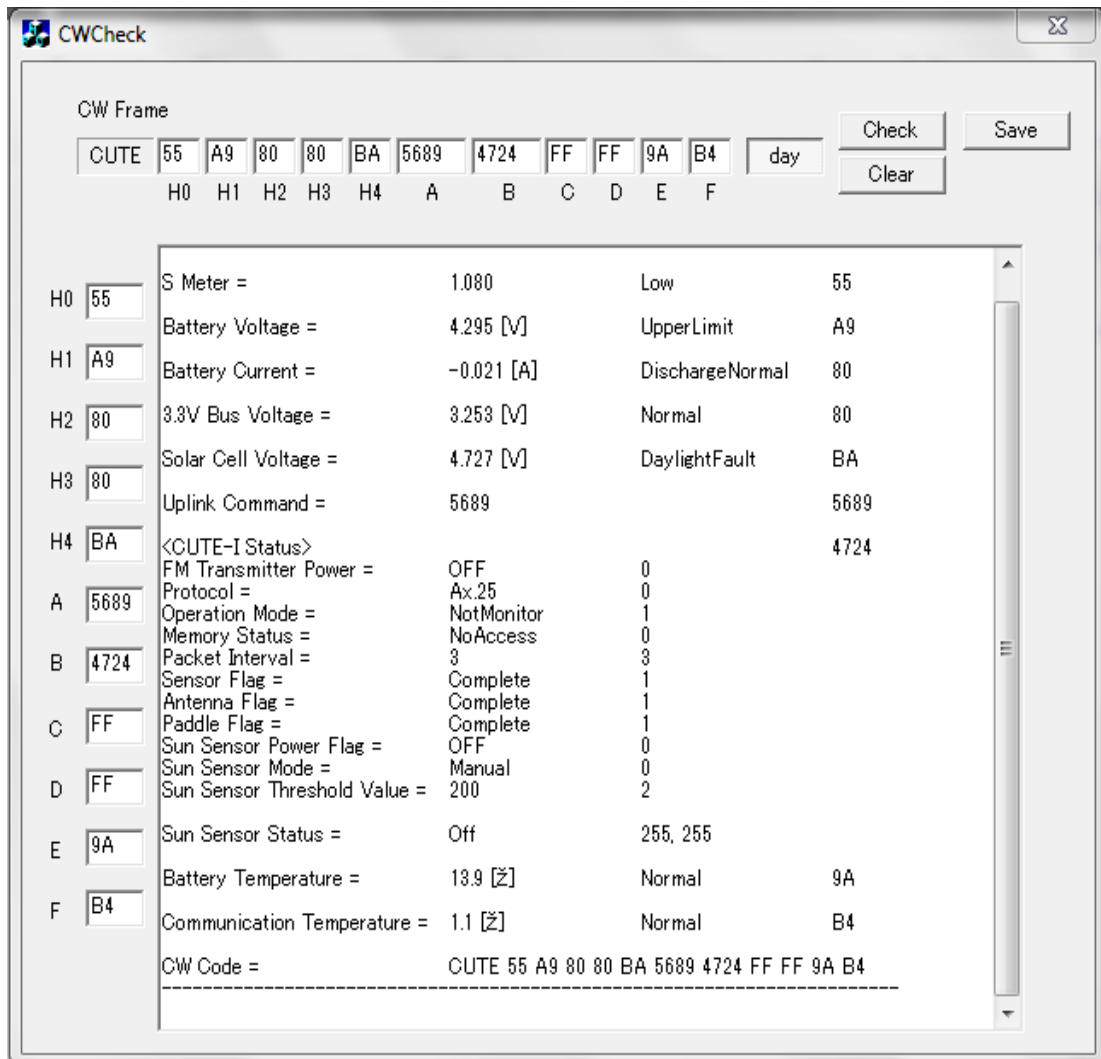


Figura 7.22 Decodificación del CO-55 del 01 de junio de 2011 mediante el uso del software de uso libre descargado de la web.

⁵⁵ http://lss.mes.titech.ac.jp/ssp/cubesat/index_e.html

Parámetros	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8
S Meter	1.08	1.207	1.093	1.194	1.093	1.271	1.372	1.271
Voltaje de la batería [V]	4.295	4.295	4.142	4.117	4.269	4.269	4.168	4.193
Corriente de la batería [A]	-0.021	0.01	0.322	-0.007	0.0005	0.008	0.274	-0.041
3.3V Voltaje de Bus[V]	3.253	3.253	3.253	3.253	3.227	3.253	3.253	3.253
Voltaje de la celda solar [V]	4.727	4.65	4.701	4.727	4.727	4.701	4.727	4.676
CUTE STATUS								
Transmisor FM	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Modo de operación	No monitoreado	No monitoreado	No monitoreado	No monitoreado	No monitoreado	No monitoreado	No monitoreado	No monitoreado
Estado de memoria	No operación	No operación	No operación	No operación	No operación	No operación	No operación	No operación
Intervalo de paquete	3 (11-13 s)	3 (11-13 s)	3 (11-13 s)	3 (11-13 s)	3 (11-13 s)	3 (11-13 s)	3 (11-13 s)	3 (11-13 s)
Bandera de sensor	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa
Bandera de Antena	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa
Bandera de paneles	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa	Completa
Bandera del sensor solar	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Modo del sensor solar	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual	Manual
Estado del sensor solar	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF	OFF
Temperatura de la batería	13.9	11.2	10.3	13.5	11.6	11.6	13.5	12.6
Temperatura de comunicación	1.1	1.1	2.1	0.6	0.6	1.1	4.9	3.5

Tabla 7.22 Decodificación de la telemetría recibida del CO-55.

De la misma forma que los satélites anteriores, se calcularon los promedios de los parámetros de la telemetría obtenida para compararlos con aquellos que nos proporcionaron los dueños del satélite indicando su estado de funcionamiento correcto, mostrado en la Tabla 7.23.

Parámetros	Valor Promedio	Valor Normal
S Meter	1.2021	1.5
Voltaje de la batería [V]	4.2083	4
Corriente de la batería [A]	0.07695	0 a 300
3.3V Voltaje de Bus[V]	3.2478	3.3
Voltaje de la celda solar [V]	4.712	4.2
CUTE STATUS		
Transmisor FM	OFF	ON/OFF
Modo de operación	No monitoreado	Monitoreado/No monitoreado
Estado de memoria	No operación	No operación/Modo de escritura/Modo lectura.
Intervalo de paquete	3 (11-13 s)	0-7 (2-25 s)
Bandera de sensor	Completa	Continúa en misión (guardando en memoria)/ Completa
Bandera de Antena	Completa	No desplegada/Completa
Bandera de paneles	Completa	No desplegada/Completa
Bandera del sensor solar	OFF	ON/OFF
Modo del sensor solar	Manual	Manual/Automático
Estado del sensor solar	OFF	ON/OFF
Temperatura de la batería	12.19	-10 a 20
Temperatura de comunicación	2.34	0 a 5

Tabla 7.23 Tabla comparativa de la Telemetría recibida por el CO-55.

Observando los resultados obtenidos, el CUTE-1 cumple con los valores que le permiten tener un buen funcionamiento.

5. CO-57 (CubeSat-OSCAR 57) / CubeSat XI-IV

Tipo de satélite: Nanosatélite, CubeSat.

Desarrollador: Laboratorio de Sistemas Espaciales Inteligentes de la Universidad de Tokio (*"ISSL (Intelligent Space Systems Laboratory), University of Tokyo"*).

Lugar de lanzamiento: Cosmódromo de Plesetsk, Rusia.

Vehículo lanzador: Rocket.

Fecha y hora de lanzamiento: 30 de Junio de 2003.

Hora de lanzamiento: 9:00 UTC.

Tipo de órbita: Heliosíncrona.

Altitud: 825 km.

Perigeo: 817 km.

Apogeo: 832 km.

Inclinación: 98.72°.

Periodo: 101:39 min.

Duración de cada pasada: 12 min.

Dimensiones: 10x10x10 [cm]

Peso: 1 kg.

Aplicaciones: Solamente comando y telemetría.

Frecuencias de operación:

- ◆ "Beacon" (enlace de bajada) (*Beacon downlink*)
 - Frecuencia: 436.8475 MHz
 - Modulación: CW
 - Protocolo: Código Morse (50 palabras por minuto)
 - Potencia: 80 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 436.8475 MHz \pm 10 KHz
- ◆ Telemetría (paquetes) (enlace de bajada) (*Telemetry downlink*)
 - Frecuencia: 437.4900 MHz
 - Modulación: FM, AFSK 1200 bps
 - Protocolo: AX.25
 - Potencia: 800 mW
 - Desviación por efecto Doppler: 437.4900 MHz \pm 10 KHz



Formato de codificación

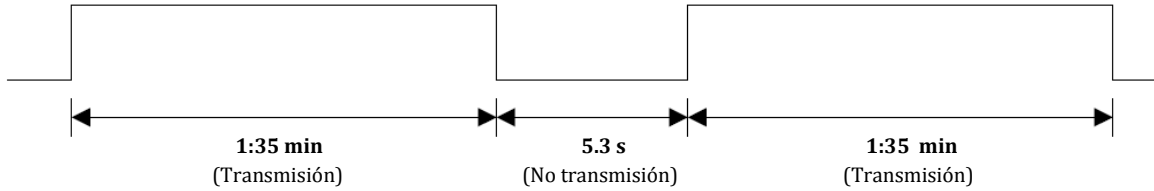
```
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP
UT2 [AA] [BB] [CC]
UT3 [DD] [EE] [FF] [GG]
UT4 [HH] [II] [JJ]
UT5 [K][L] [M][N] [O][P]
UT6 [Q][R] [S][T] [U][V] [W][X] [YY]
```

DATO	DESIGNACIÓN
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP	Página web del ISSL (“ <i>Intelligent Space Systems Laboratory</i> ”, Laboratorio de Sistemas Espaciales Inteligentes).
UT2 [AA] [BB] [CC]	Tiempo de la computadora a bordo. El satélite XI-IV cuenta el tiempo con 3 bytes. El valor máximo es 0xFFFFF, que significa aproximadamente 191 days.
UT3 [DD] [EE] [FF] [GG]	[DD] [EE]: Estados (contador del enlace de subida, sobre-escritura de la cámara, carga, etc.).
	[FF]: Estados (supervivencia de la computadora a bordo, envío de datos, etc.).
	[GG]: Conversión Analógico a Digital del indicador de fuerza de señal recibida (RSSI). Valor máximo de RSSI de UT1 a UT3.
UT4 [HH] [II] [JJ]	[HH]: Valor de la conversión Analógico a Digital del voltaje de las baterías secundarias.
	[II]: Valor de la conversión Analógico a Digital del voltaje de los paneles/celdas solares.
	[JJ]: Valor de la conversión Analógico a Digital de la temperatura de las baterías secundarias.
UT5 [K][L] [M][N] [O][P]	Corriente del arreglo de paneles/celdas solares
	[K]: Corriente del panel/celda +X
	[L]: Corriente del panel/celda -X
	[M]: Corriente del panel/celda +Y
	[N]: Corriente del panel/celda -Y
	[O]: Corriente del panel/celda +Z
UT6 [Q][R] [S][T] [U][V] [W][X] [YY]	Temperatura
	[Q]: Temperatura del panel/celda +X
	[R]: Temperatura del panel/celda -X
	[S]: Temperatura del panel/celda +Y
	[T]: Temperatura del panel/celda -Y
	[U]: Temperatura del panel/celda +Z
	[V]: Temperatura del panel/celda -Z
	[W]: Temperatura de las baterías secundarias
	[X]: Temperatura del transmisor de FM
	[YY]: Conversión Analógico a Digital de RSSI. Valor máximo de RSSI de UT4 a UT6.

Tabla 7.24 Formato de decodificación del CO-57.

Trama

Transmite durante 1:35 minutos y un tiempo de espera de 5.3 segundos aproximadamente.



Duración aproximada del Código Morse:

- Punto ~ 75 ms
- Raya ~ 220 ms
- Espacio entre raya/punto y raya/punto ~ 70 ms
- Espacio entre letras ~ 200 ms
- Espacio entre palabras ~ 470 ms

Decodificación

Los días más representativos de las pasadas del CO-57 se muestran en la Tabla 7.25, y su decodificación del audio recibido de Código Morse en la Tabla 7.26.

<i>Fecha</i>	<i>Hora de Aparición</i>	<i>Hora de Desaparición</i>	<i>Duración</i>	<i>Azimut de aparición</i>	<i>Elevación Máx.</i>	<i>Azimut de desaparición</i>
Viernes 03 de junio de 2011	19:26:24	19:41:52	00:15:27	170°	77°	346°
Lunes 06 de junio de 2011	20:07:38	20:22:00	00:14:21	192°	27°	330°
Miércoles 08 de junio de 2011	19:27:24	19:42:53	00:15:28	171°	76°	345°
Lunes 13 de junio de 2011	19:28:25	19:43:53	00:15:28	171°	74°	345°
Viernes 17 de junio de 2011	19:49:25	20:04:31	00:15:06	182°	43°	337°
Miércoles 22 de junio de 2011	19:50:26	20:05:31	00:15:04	183°	41°	337°
Viernes 24 de junio de 2011	19:10:38	19:26:04	00:15:26	162°	71°	351°
Lunes 27 de junio de 2011	19:51:27	20:06:29	00:15:02	183°	40°	336°
Miércoles 29 de junio de 2011	19:11:38	19:27:04	00:15:26	162°	73°	351°

Tabla 7.25 Días elegidos del mes de junio para el CO-57.

TELEMETRÍA RECIBIDA
Viernes 03 de junio de 2011 (Día 1)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKIO.AC.JP UT2 40 58 00 UT3 04 13 80 07 UT4 2F 34 4B UT5 20 03 60 UT6 54 54 53 44 50
Lunes 06 de junio de 2011 (Día 2)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKIO.AC.JP UT2 40 58 00 UT3 41 B8 00 5E UT4 30 43 33 UT5 FF FF FF UT6 54 55 54 45 65
Miércoles 08 de junio de 2011 (Día 3)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKIO.AC.JP UT2 40 58 00 UT3 04 13 80 07 UT4 2F 34 4B UT5 20 03 60 UT6 54 54 53 44 50
Lunes 13 de junio de 2011 (Día 4)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP UT2 40 58 00 UT3 41 B8 00 8D UT4 30 43 26 UT5 FF FF FF UT6 55 55 54 54 46
Viernes 17 de junio de 2011 (Día 5)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP UT2 BA 9E 44 UT3 41 B8 00 55 UT4 37 43 2D UT5 FF FF FF UT6 54 44 53 44 56
Miércoles 22 de junio de 2011 (Día 6)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP UT2 BA 9E AD UT3 41 B8 00 51 UT4 30 43 25 UT5 FF FF FF UT6 55 54 53 44 78
Viernes 24 de junio de 2011 (Día 7)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP UT2 BA 9F 16 UT3 41 B8 00 5E UT4 32 43 3E UT5 30 FF F0 UT6 08 55 57 77 5C
Lunes 27 de junio de 2011 (Día 8)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP UT2 BA 9F 7F UT3 41 B8 00 49 UT4 2F 43 2D UT5 FF FF FF UT6 65 65 64 56 2F
Miércoles 29 de junio de 2011 (Día 9)
UT1 WWW.SPACE.T.U-TOKYO.AC.JP UT2 BA 9F E8 UT3 41 B8 00 90 UT4 3E 43 32 UT5 FF FF FF UT6 56 65 55 55 2F

Tabla 7.26 Decodificación del audio recibido del CO-57.

Una vez decodificado el audio a Código Morse del CO-57, realizamos su decodificación a través del software descargado en la web⁵⁶ para obtener la telemetría. La Figura 7.23 muestra una decodificación, y en la Tabla 7.27 y Tabla 7.28 se observa la telemetría de los días elegidos.

⁵⁶ <http://www.dk3wn.info/software.shtml>

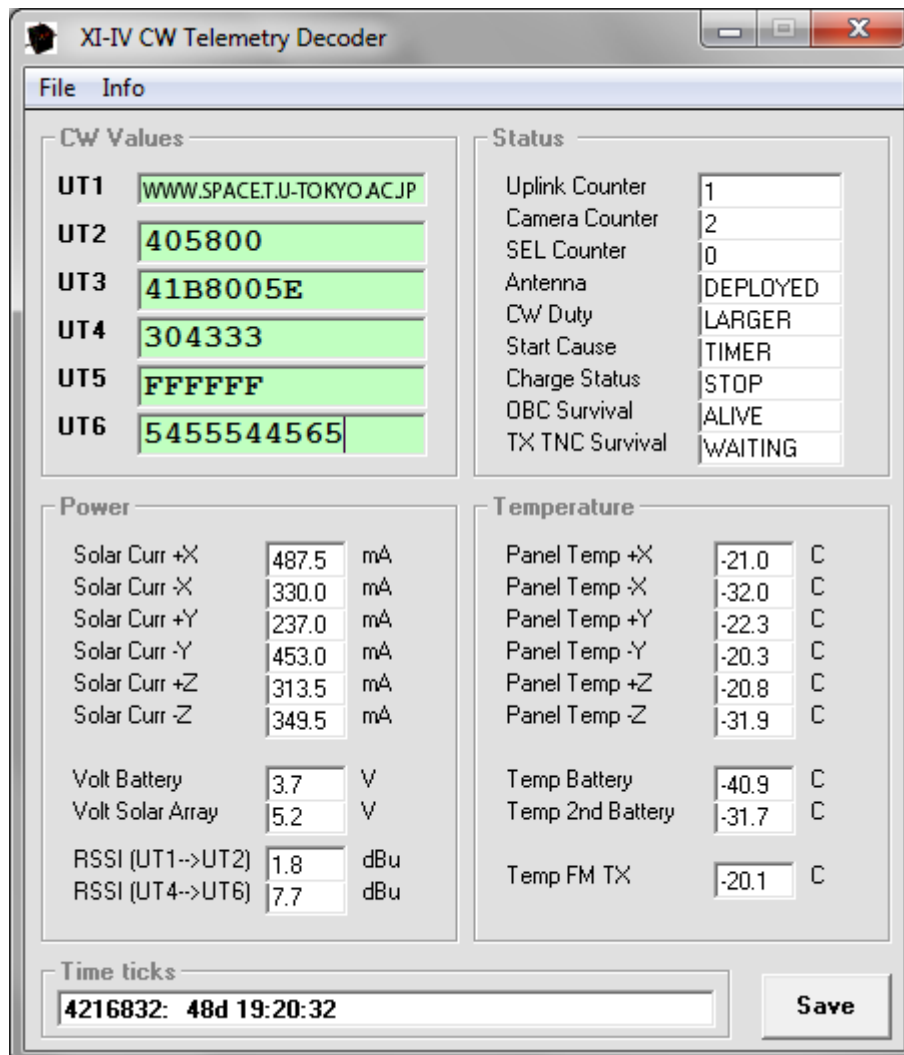


Figura 7.23 Decodificación del CO-57 del 03 de junio de 2011 mediante el uso del software de uso libre descargado.

Parámetros	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5
ESTADO					
Antena	No desplegada	Desplegada	No desplegada	Desplegada	Desplegada
Trama CW	Pequeño	Grande	Pequeño	Grande	Grande
Inicio de producción	Temporizador	Temporizador	Temporizador	Temporizador	Temporizador
Estado de la carga	Detenido	Detenido	Detenido	Detenido	Detenido
Supervivencia de la computadora a bordo	Activo/Vivo	Activo/Vivo	Activo/Vivo	Activo/Vivo	Activo/Vivo
Supervivencia del TX-TNC	En espera	En espera	En espera	En espera	En espera
POWER					
Corriente del panel/celda solar +X [mA]	65	487.5	65	487.5	487.5
Corriente del panel/celda solar -X [mA]	0	330	0	330	330
Corriente del panel/celda solar +Y [mA]	0	237	0	237	237
Corriente del panel/celda solar -Y [mA]	90.6	453	90.6	453	453
Corriente del panel/celda solar +Z [mA]	125.4	313.5	125.4	313.5	313.5
Corriente del panel/celda solar -Z [mA]	0	349.5	0	349.5	349.5
Voltaje de la batería [V]	3.6	3.7	3.6	3.7	4.3
Voltaje del arreglo solar [V]	4	5.2	4	5.2	5.2
RSSI (UT1 - UT3) [dBu]	0.1	1.8	0.1	2.7	1.6
RSSI (UT4 - UT6) [dBu]	6.1	7.7	6.1	5.4	6.6
TEMPERATURA					
Temperatura del panel/celda +X [°C]	-21	-21	-21	-21	-21
Temperatura del panel/celda -X [°C]	-32	-32	-32	-20.6	-32
Temperatura del panel/celda +Y [°C]	-22.3	-22.3	-22.3	-22.3	-33.6
Temperatura del panel/celda -Y [°C]	-31.6	-20.3	-31.6	-20.3	-31.6
Temperatura del panel/celda +Z [°C]	-20.8	-20.8	-20.8	-20.8	-20.8
Temperatura del panel/celda -Z [°C]	-43.3	-31.9	-43.3	-31.9	-43.3
Temperatura de la batería 1 [°C]	-23.9	-40.9	-23.9	-50.2	-45.2
Temperatura de la batería 2 [°C]	-31.7	-31.7	-31.7	-20.4	-31.7
Temperatura del transmisor de FM [°C]	-31.5	-20.1	-31.5	-31.5	-31.5

Tabla 7.27 Decodificación de la telemetría recibida del CO-57.

Parámetros	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9
ESTADO				
Antena	Desplegada	Desplegada	Desplegada	Desplegada
Trama CW	Grande	Grande	Grande	Grande
Inicio de producción	Temporizador	Temporizador	Temporizador	Temporizador
Estado de la carga	Detenido	Detenido	Detenido	Detenido
Supervivencia de la computadora a bordo	Activo/Vivo	Activo/Vivo	Activo/Vivo	Activo/Vivo
Supervivencia del TX-TNC	En espera	En espera	En espera	En espera
POWER				
Corriente del panel/celda solar +X [mA]	487.5	97.5	487.5	487.5
Corriente del panel/celda solar -X [mA]	330	0	330	330
Corriente del panel/celda solar +Y [mA]	237	237	237	237
Corriente del panel/celda solar -Y [mA]	453	453	453	453
Corriente del panel/celda solar +Z [mA]	313.5	313.5	313.5	313.5
Corriente del panel/celda solar -Z [mA]	349.5	0	349.5	349.5
Voltaje de la batería [V]	3.7	3.9	3.6	4.8
Voltaje del arreglo solar [V]	5.2	5.2	5.2	5.2
RSSI (UT1 - UT3) [dBu]	1.5	1.8	1.4	2.7
RSSI (UT4 - UT6) [dBu]	9.2	7	3.6	3.6
TEMPERATURA				
Temperatura del panel/celda +X [°C]	-21	-77.2	-9.7	-21
Temperatura del panel/celda -X [°C]	-20.6	13.3	-20.6	-9.3
Temperatura del panel/celda +Y [°C]	-22.3	-22.3	-11	-11
Temperatura del panel/celda -Y [°C]	-31.6	-20.3	-20.3	-20.3
Temperatura del panel/celda +Z [°C]	-20.8	-20.8	-9.7	-20.8
Temperatura del panel/celda -Z [°C]	-43.3	2.3	-31.9	-20.5
Temperatura de la batería 1 [°C]	-50.9	-33.1	-45.2	-41.6
Temperatura de la batería 2 [°C]	-31.7	2.4	-20.4	-20.4
Temperatura del transmisor de FM [°C]	-31.5	2.7	-8.7	-20.1

Tabla 7.28 Decodificación de la telemetría recibida del CO-57.

Para poder interpretar la telemetría promedio del mes de pruebas para este satélite, al igual que los anteriores, se calculó el promedio de la telemetría obtenida de los días elegidos y se compararon con los valores normales entre los que debe estar este satélite para funcionar correctamente. En la Tabla 7.29 se muestran los resultados y la comparación.

Parámetros	Valor Promedio	Valor Normal
ESTADO		
Antena	Desplegada	Desplegada
Trama CW	Grande	Grande
Inicio de producción	Temporizador	Temporizador
Estado de la carga	Detenido	Detenido
Supervivencia de la computadora a bordo	Activo/Vivo	Activo/Vivo
Supervivencia del TX-TNC	En espera	En espera
POWER		
Corriente del panel/celda solar +X [mA]	350.277778	0 a 400
Corriente del panel/celda solar -X [mA]	220	0 a 400
Corriente del panel/celda solar +Y [mA]	184.333333	0 a 400
Corriente del panel/celda solar -Y [mA]	372.466667	0 a 400
Corriente del panel/celda solar +Z [mA]	271.7	0 a 400
Corriente del panel/celda solar -Z [mA]	233	0 a 400
Voltaje de la batería [V]	3.87777778	4
Voltaje del arreglo solar [V]	4.93333333	5
RSSI (UT1 - UT3) [dBu]	1.52222222	-
RSSI (UT4 - UT6) [dBu]	6.14444444	-
TEMPERATURA		
Temperatura del panel/celda +X [°C]	-25.9888889	-30 a 30
Temperatura del panel/celda -X [°C]	-20.6444444	-30 a 30
Temperatura del panel/celda +Y [°C]	-21.0444444	-30 a 30
Temperatura del panel/celda -Y [°C]	-25.3222222	-30 a 30
Temperatura del panel/celda +Z [°C]	-19.5666667	-30 a 30
Temperatura del panel/celda -Z [°C]	-31.9	-30 a 30
Temperatura de la batería 1 [°C]	-39.4333333	-30 a 30
Temperatura de la batería 2 [°C]	-24.1444444	-30 a 30
Temperatura del transmisor de FM [°C]	-22.6333333	-30 a 30

Tabla 7.29 Tabla comparativa de la Telemetría recibida por el CO-57.

De acuerdo a los resultados obtenidos, el CO-57 aun presenta un estado de salud adecuado para que siga funcionando, aunque los valores de algunos subsistemas se encuentran en los límites, por lo que podría ser que por el tiempo que este satélite (8 años) lleva en órbita, este por terminar su vida útil.

6. RS-30 (Radio Sputnik 30) / Yubileiny

Tipo de satélite: Satélite pequeño en forma hexagonal.

Desarrollador: Compañía Reshetnev – Sistemas de Información Satelital (“ISS – Reshetnev Company”) de Rusia.

Lugar de lanzamiento: Cosmódromo de Plesetsk, Rusia.

Vehículo lanzador: Rocket.

Fecha y hora de lanzamiento: 23 de Mayo de 2008 – 15:20 UTC.

Tipo de órbita: Órbita baja circular.

Altitud: 1450 km.

Perigeo: 1485.6 km.

Apogeo: 1516.50 km.

Inclinación: 82.5°

Periodo: 115:8 min.

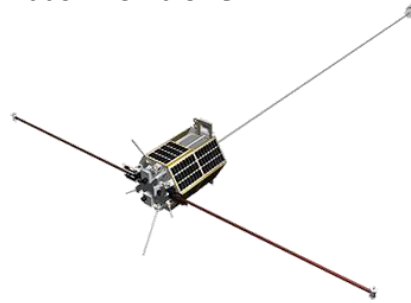
Duración de cada pasada: 16:40 min.

Peso: 48 kg.

Aplicaciones: Educación, científico, exploración espacial, experimentación e investigación.

Frecuencias de operación:

- ◆ Telemetría “Beacon”
 - Frecuencias: 435.2150 MHz y 435.3150 MHz
 - Modulación: CW
 - Protocolo: Código Morse
 - Potencia: 30 W
 - Desviación por efecto Doppler: 435.2150 MHz ± 10 KHz
435.3150 MHz ± 10 KHz



Formato de codificación

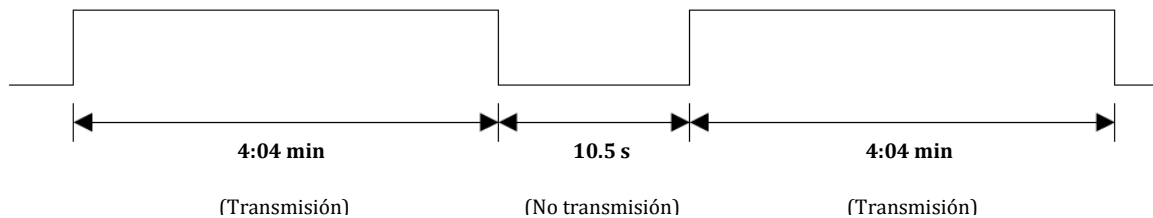
RS30 USA IBSB USUNC ISUND ITXAE ITXBF TTXAG TTXBH TNAPI TABJ MSEP K MCONL SMAM SMBN MRXAO MRXBP

DATO	DESIGNACIÓN
RS30	Identificador de llamada
USA	Voltaje a bordo
IBSB	Corriente a bordo
USUNC	Voltaje de la batería solar
ISUND	Corriente de la batería solar
ITXAE	Corriente de DC del transmisor A de 435 MHz
ITXBF	Corriente de DC del transmisor B de 435 MHz
TTXAG	Temperatura del transmisor A de 435 MHz
TTXBH	Temperatura del transmisor B de 435 MHz
TNAPI	Temperatura de la unidad de navegación
TABJ	Temperatura de la batería a bordo
MSEPK	Tabla de modos operacionales de la energía
MCONL	Tabla de modos operacionales del controlador
SMAM	Tabla de modos operacionales del canal A
SMBN	Tabla de modos operacionales del canal B
MRXAO	Tabla de modos operacionales del receptor A
MRXBP	Tabla de modos operacionales del receptor B
RS30	Identificador de llamada

Tabla 7.30 Formato de decodificación del RS-30.

Trama

Transmite durante 4:04 minutos y un tiempo de espera de 10.5 segundos aproximadamente.



Duración aproximada del Código Morse:

- Punto ~ 85 ms
- Raya ~ 230 ms
- Espacio entre raya/punto y raya/punto ~ 80 ms
- Espacio entre letras ~ 230 ms
- Espacio entre palabras ~ 560 ms

Decodificación

Los días elegidos para reportar en esta tesis se muestran en la Tabla 7.31, mientras que la decodificación del audio recibido se encuentra en la Tabla 7.32.

<i>Fecha</i>	<i>Hora de Aparición</i>	<i>Hora de Desaparición</i>	<i>Duración</i>	<i>Azimut de aparición</i>	<i>Elevación Máx.</i>	<i>Azimut de desaparición</i>
Miércoles 01 de junio de 2011	19:18:05	19:39:00	00:20:55	154°	29°	22°
Viernes 03 de junio de 2011	19:34:53	19:57:23	00:22:29	168°	50°	14°
Lunes 06 de junio de 2011	19:03:35	19:25:33	00:21:58	163°	40°	17°
Jueves 09 de junio de 2011	18:32:23	18:53:40	00:21:16	157°	32°	21°
Martes 14 de junio de 2011	18:17:57	18:40:10	00:22:12	165°	44°	16°
Miércoles 15 de junio de 2011	17:30:21	17:49:39	00:19:17	145°	20°	28°
Viernes 17 de junio de 2011	17:46:43	18:08:19	00:21:36	160°	36°	19°
Lunes 20 de junio de 2011	17:15:34	17:36:24	00:20:49	154°	28°	23°
Miércoles 22 de junio de 2011	17:32:21	17:54:47	00:22:26	168°	49°	14°
Viernes 24 de junio de 2011	07:01:09	07:21:12	00:20:03	334°	22°	212°

Tabla 7.31 Días elegidos del mes de junio para el RS-30.

TELEMETRÍA RECIBIDA
Miércoles 01 de junio de 2011 (Día 1)
RS30 US164 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA65 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA99 SMB0 MRXA2 MRXB3
Viernes 03 de junio de 2011 (Día 2)
RS30 US164 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA65 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA110 SMB0 MRXA2 MRXB3
Lunes 06 de junio de 2011 (Día 3)
RS30 US164 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA65 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA90 SMB0 MRXA2 MRXB3
Jueves 09 de junio de 2011 (Día 4)
RS30 US164 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA65 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA90 SMB0 MRXA2 MRXB3
Martes 14 de junio de 2011 (Día 5)
RS30 US165 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA66 TTXB66 TNAP84 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA100 SMB0 MRXA2 MRXB3
Miércoles 15 de junio de 2011 (Día 6)
RS30 US165 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA65 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA100 SMB0 MRXA2 MRXB3
Viernes 17 de junio de 2011 (Día 7)
RS30 US165 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA66 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA110 SMB0 MRXA2 MRXB3
Lunes 20 de junio de 2011 (Día 8)
RS30 US165 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA66 TTXB66 TNAP83 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA110 SMB0 MRXA2 MRXB3
Miércoles 22 de junio de 2011 (Día 9)
RS30 US165 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA66 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA110 SMB0 MRXA2 MRXB3
Viernes 24 de junio de 2011 (Día 10)
RS30 US165 IBS8 USUN0 ISUN0 ITXA0 ITXB0 TTXA65 TTXB66 TNAP80 TAB66 MSEP2 MCON53 SMA110 SMB0 MRXA2 MRXB3

Tabla 7.32 Decodificación del audio recibido del RS-30.

Una vez que obtuvimos la decodificación del Código Morse, realizamos la decodificación de éste, a través del software descargado de la web⁵⁷, para obtener su telemetría. La Figura 7.24 muestra una decodificación y la Tabla 7.33 toda la telemetría obtenida.

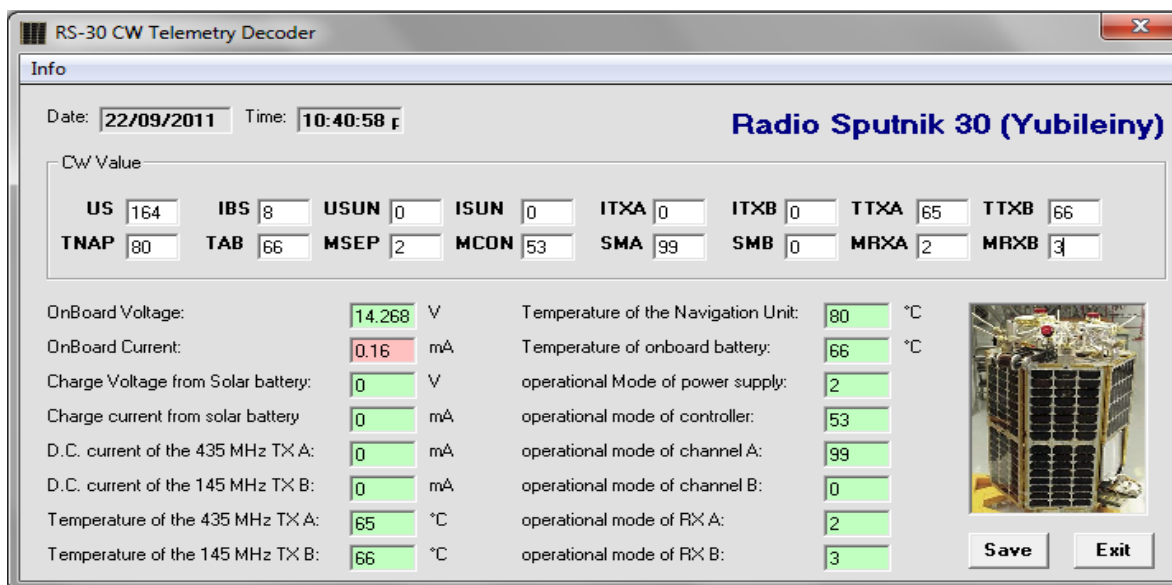


Figura 7.24 Decodificación del RS-30 del 01 de junio de 2011 mediante el uso del software de uso libre descargado.

Parámetro	Día 1	Día 2	Día 3	Día 4	Día 5	Día 6	Día 7	Día 8	Día 9	Día 10
Voltaje a bordo [V]	14.268	14.268	14.268	14.268	14.355	14.355	14.355	14.355	14.355	14.355
Corriente a bordo [mA]	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Voltaje de la batería solar [V]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corriente de la batería solar [mA]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corriente de DC del transmisor A de 435 MHz [mA]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Corriente de DC del transmisor B de 435 MHz [mA]	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Temperatura del transmisor A de 435 MHz [°C]	65	65	65	65	66	65	66	66	66	66
Temperatura del transmisor B de 435 MHz [°C]	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
Temperatura de la unidad de navegación [°C]	80	80	80	80	84	80	80	83	80	80
Temperatura de la batería a bordo [°C]	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66
Tabla de modos operacionales de la energía	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tabla de modos operacionales del controlador	53	53	53	53	53	53	53	53	53	53
Tabla de modos operacionales del canal A	99	110	90	90	100	100	100	110	110	110
Tabla de modos operacionales del canal B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Tabla de modos operacionales del receptor A	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Tabla de modos operacionales del receptor B	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Tabla 7.33 Decodificación de la telemetría recibida del RS-30.

⁵⁷ <http://www.dk3wn.info/software.shtml>

En la Tabla 7.34 se muestran los valores promedio del mes obtenidos así como los valores normales entre los que este satélite debe estar para tener un estado de salud correcto.

Parámetros	Valor Promedio	Valor Normal
Voltaje a bordo [V]	14.355	10-15.2
Corriente a bordo [mA]	0.16	0.2-3.1
Voltaje de la batería solar [V]	0	0-18
Corriente de la batería solar [mA]	0	0-2.5
Corriente de DC del transmisor A de 435 MHz [mA]	0	0-2
Corriente de DC del transmisor B de 435 MHz [mA]	0	0-2
Temperatura del transmisor A de 435 MHz [°C]	65.8	0-255
Temperatura del transmisor B de 435 MHz [°C]	66	0-255
Temperatura de la unidad de navegación [°C]	80.6	0-255
Temperatura de la batería a bordo [°C]	66	0-255
Tabla de modos operacionales de la energía	2	0-255
Tabla de modos operacionales del controlador	53	0-255
Tabla de modos operacionales del canal A	106	0-255
Tabla de modos operacionales del canal B	0	0-255
Tabla de modos operacionales del receptor A	2	0-255
Tabla de modos operacionales del receptor B	3	0-255

Tabla 7.34 Tabla comparativa de la Telemetría recibida por el RS-30.

Al igual que para la mayoría de los satélites anteriores, los parámetros de telemetría recibidos del RS-30 se encuentran dentro de los rangos de buen funcionamiento.

***Nota importante:** Los valores normales de las tablas correspondientes a cada satélite, fueron proporcionados por los propietarios de cada uno de los 6 satélites reportados en esta tesis.