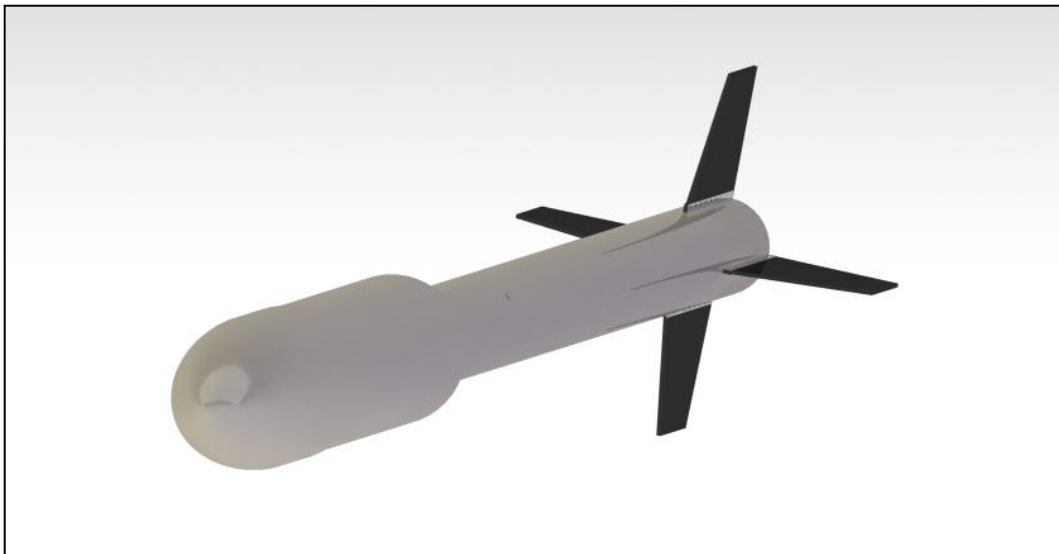


PROCON-I HL4K

!!! MISIÓN CUMPLIDA !!!

Boletín informativo 11 (último). Ed. 22/09/2015



SpainRocketry

TRIPOLI
ROCKETRY ASSOCIATION, INC.
SPAIN

Participantes

Diseño y Construcción.

- * Manuel Morales. (Sevilla)
- * David Sariñena. (Barcelona)
- * Rodrigo Borjabad. (Madrid)
- * Oscar Pérez. (Alicante)
- * Jesús M. Recuenco. (Madrid)

Materiales, corte y confección de piezas.

- * Manuel Morales. (Sevilla)
- * José Luis Sánchez (Almería)

Área de Propulsión.

- * Jaume Solé. (Barcelona)

Bahía electrónica (Telemetría).

- * Alejandro Amor. (Madrid)
- * Ricardo Pradella. (Madrid)

Electrónica de la ojiva y recuperación.

- * Manuel Morales. (Sevilla)
- * Josep M. Garrell (Barcelona)

Carga útil.

- * Enrique Pérez. (País Vasco)
- * Didac Zurita. (Barcelona)

Coordinación.

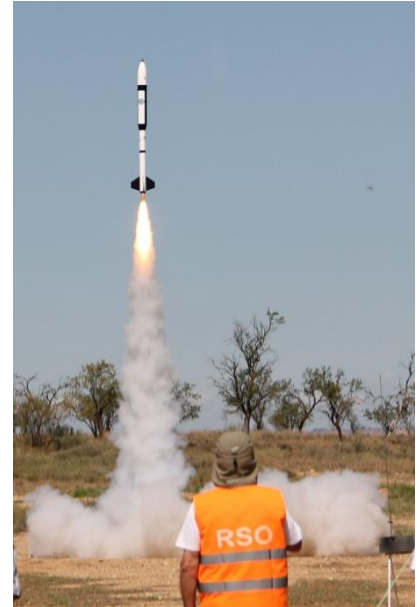
- * Jesús M. Recuenco. (Madrid)

PROCON-I

¡¡¡Misión cumplida!!!

Han transcurrido cuatro años desde que el primer Proyecto Conjunto inició su andadura, y tras dos lanzamientos fallidos, por fin conseguimos cumplir la misión de lanzar un dron a gran altura, de forma que éste regresara a tierra junto con el cohete lanzador "Hércules" que lo transportaba, recuperando a ambos sin sufrir daños.

El lanzamiento del "Hércules" se realizó el domingo día 6 de septiembre por la mañana, durante la celebración del SRM-2015 en Alcolea de Cinca (Huesca). Tras una impresionante trepada del cohete lanzador, la tensión entre los que presenciábamos el lanzamiento se palpaba en el ambiente. Cuando por fin observamos que una tras otra se iban desarrollando a la perfección las diferentes etapas del vuelo, todos los componentes del equipo PROCON-I nos emocionamos y nos felicitamos. Ha merecido la pena todo el esfuerzo, y el trabajo realizado por este magnífico equipo.



Lanzamiento del "Hércules".

Tras alcanzar el apogeo y eyectar el cono, el dron salió de la bahía de carga útil limpiamente en el instante en el que se desplegó el paracaídas de frenado (drogue) del "Hércules", tal como estaba previsto.



Un ascenso perfecto.



Apogeo a 795 metros.

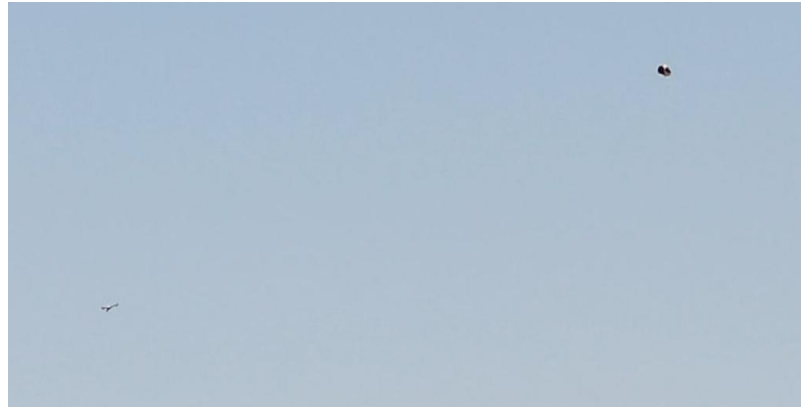


Eyección del cono (izquierda y abajo), despliegue del drogue (arriba), y expulsión del dron (derecha y abajo).

El dron, consistente en un tricóptero que apenas pesaba 800 gramos, descendió suavemente enganchado a su propio paracaídas toroidal, del cual se desprendió a unos 50 metros de altura, al tiempo de poner en marcha sus tres potentes hélices tal como estaba previsto. El tricóptero finalmente realizó un corto vuelo controlado mediante RC por su experto piloto Enrique Pérez.



Eyección del main del "Hércules".



El dron (izquierda y abajo) se libera del paracaídas (derecha y arriba), y vuela mediante RC pilotado magistralmente por Enrique Pérez.



*"La constancia y la mejora continua siempre hacen posible alcanzar un resultado feliz".
Paolo Basso.*

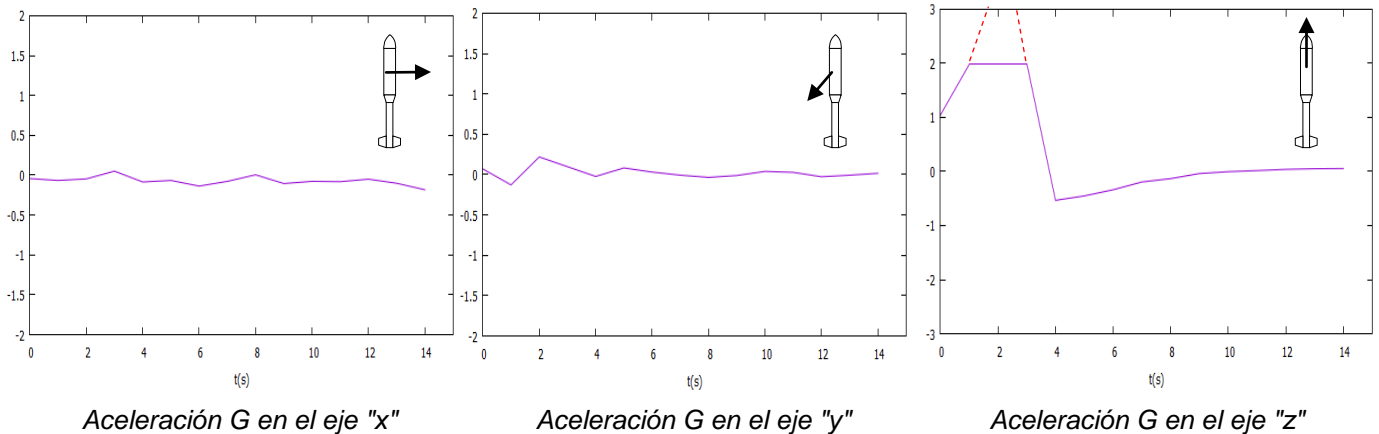
Telemetría de la bahía electrónica del "Hércules"

(por Alejandro Amor.)

El sistema de telemetría a bordo de la bahía electrónica del "Hércules" está compuesto por un módulo GPS Locosys LS20031, un barómetro Bosch BMP085, y un acelerómetro de tres ejes. El radio enlace entre el cohete y la base en tierra consta de un emisor / receptor a 433 MHz. Tanto la recepción de datos en tiempo real, como los datos de respaldo grabados por la memoria EEPROM situada en el módulo de telemetría, funcionaron correctamente hasta alcanzar el apogeo, en este punto el módulo dejó de transmitir y grabar datos. Aparentemente la eyección del drogue en el apogeo afectó al normal funcionamiento del sistema.

Este incidente no afecta al vuelo del cohete, puesto que el módulo de telemetría de la bahía electrónica no participa de forma activa en el desarrollo de las diferentes etapas del vuelo. Hasta alcanzar el apogeo se recibieron correctamente en tierra los datos de altitud, velocidad, aceleración, y coordenadas de posición GPS.

Para medir la aceleración se utilizó el acelerómetro ADXL355 de tres ejes. Las siguientes graficas muestran los datos obtenidos hasta el apogeo. Un error en el código del microcontrolador que gobierna el sistema de telemetría dejó configurado el acelerómetro en la escala de 2G, y no a 16G como había sido deseable, por lo cual el valor máximo que se registró fue sólo de 2G. Para los ejes X e Y esto no fue un problema ya que no se alcanzó en ningún momento aceleraciones mayores de 2G. Sin embargo para el eje Z durante la aceleración del motor cohete, los primeros 4 segundos de vuelo, si se registraron valores mayores a 2G, con lo cual la gráfica quedó recortada en este periodo.



Del fichero de datos grabados en el módulo se han tenido sólo en cuenta las 15 últimas muestras de datos recibidos, que corresponden al intervalo transcurrido desde el instante del despegue hasta llegar al apogeo. Los datos de altitud registrados han sido ajustados, ya que la altura que registra el altímetro es sobre el nivel del mar. Los datos correspondientes al posicionamiento GPS han sido traducidos a formato decimal para poder introducirlos en "Google Maps" y obtener el mapa de posicionamiento de la siguiente imagen, en el que puede observarse que a partir de la octava coordenada hay un salto brusco de los datos. Es posible que debido a la aceleración experimentada por el cohete se haya producido un desfase en la recepción de los satélites, con lo cual los datos obtenidos en las últimas muestras son menos precisos.

```
# Telemetría Hércules 6-Sep-2015
# Posición GPS
# Bruto GPS Locosys      Formato decimal
# Latitud  Longitud      Latitud  Longitud
4144.0735;N;00006.3715;E -> 41.734558,0.106192
4144.0735;N;00006.3715;E -> 41.734558,0.106192
4144.0735;N;00006.3715;E -> 41.734558,0.106192
4144.0821;N;00006.3606;E -> 41.734703,0.106010
4144.0936;N;00006.3427;E -> 41.734894,0.105712
4144.1045;N;00006.3283;E -> 41.735077,0.105472
4144.1125;N;00006.3129;E -> 41.735207,0.105215
4144.1217;N;00006.3009;E -> 41.735363,0.105015
4144.1317;N;00006.2981;E -> 41.735527,0.105527
4144.1721;N;00006.3708;E -> 41.736202,0.106180
4144.1703;N;00006.3795;E -> 41.736172,0.106325
4144.1834;N;00006.3849;E -> 41.736389,0.106415
4144.2059;N;00006.3897;E -> 41.736767,0.106495
4144.2113;N;00006.4044;E -> 41.736855,0.106740
4144.2274;N;00006.4059;E -> 41.737122,0.106765
```



Telemetría Hércules 6-Sep-2015

#

Aceleración

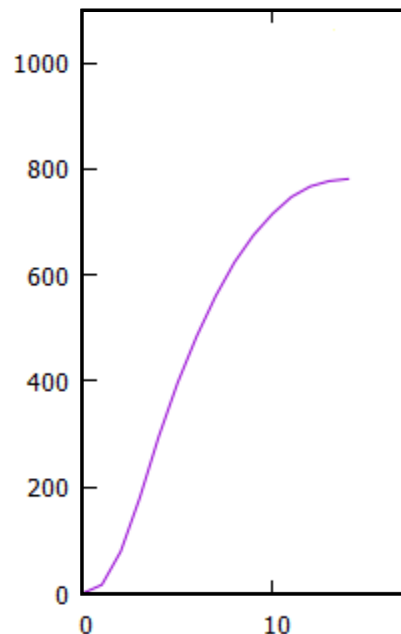
#

# T(s)	y(g)	z(g)	x(g)
0	0.0702	1.0413	-0.0429
1	-0.1287	1.9929	-0.0663
2	0.2184	1.9929	-0.0468
3	0.0975	1.9929	0.0507
4	-0.0234	-0.5343	-0.0858
5	0.0819	-0.4524	-0.0663
6	0.0312	-0.3393	-0.1365
7	-0.0078	-0.195	-0.078
8	-0.0351	-0.1326	0.0039
9	-0.0117	-0.039	-0.1053
10	0.039	-0.0039	-0.078
11	0.0273	0.0156	-0.0819
12	-0.0273	0.039	-0.0507
13	-0.0078	0.0507	-0.1014
14	0.0156	0.0546	-0.1833

Altitud

#

# T(s)	H(m)
0	0
1	16
2	79
3	180
4	295
5	397
6	484
7	560
8	624
9	675
10	715
11	747
12	767
13	777
14	781



Según los datos recogidos por la telemetría, el cohete alcanzó una altitud de 781 metros.

Informe final del 3º lanzamiento del proyecto PROCON-1

(por Manuel Morales TRA #11314)

En esta ocasión el cohete Hércules llevaba un peso al despegue de 7.860 grs. y fue impulsado por un motor Aerotech J415W. El despegue se realizó sin contratiempos, iniciando una trepada recta, y con la energía necesaria para llevar la carga útil hasta el apogeo. Los diferentes eventos durante el vuelo se realizaron correctamente y en el orden preestablecido.

El cono ojival aloja la aviónica necesaria para el registro de datos del vuelo y la transmisión de video en tiempo real: Altímetro SRAIt, acelerómetro, módulo GPS, módulo OSD, cámara TV, emisora 1,2 GHz, y batería, así como el sistema de separación de la sección portadora del paracaídas del cono del resto del cohete. El paracaídas de esta sección es un Spherachute de 48" de colores blanco y negro. La emisora de TV instalada en la ojiva transmitió en directo todo el vuelo, así como los datos relativos a la posición GPS de la ojiva y de la tensión de la batería. La recepción de imágenes y datos OSD se pierden en el momento en el que el cono llega a tierra por quedar la antena en una posición muy deficiente para el envío de la señal. La sección del cono se recuperó a unos 470 m del punto de lanzamiento.

El resto del cohete está compuesto por la sección de carga útil, dentro de la cual iba alojado el tricóptero con su propio paracaídas toroidal de 65 cm, y por otro lado la sección propulsora del cohete donde se aloja el paracaídas de frenado (drogue) Spherachute 48" de colores azul/amarillo/rojo/negro, el paracaídas principal (main) Spherachute de 60" de colores blanco/rojo, el ARRD, el saco protector de Nomex del main, el shock-cord, la bahía electrónica, el motor, y las cuatro aletas.

La carga útil, en esta ocasión un tricóptero, descendió unido al paracaídas toroidal mediante un fino shock-cord de Nylon en la parte cercana al cuerpo del mismo. Nada más salir de la bahía de carga, el paracaídas se abrió y el tricóptero descendió hasta que el piloto puso en marcha los motores del mismo y cortó el sedal que lo unía con el paracaídas. A partir de ese momento el piloto controló el vuelo del mismo, así como su aterrizaje.

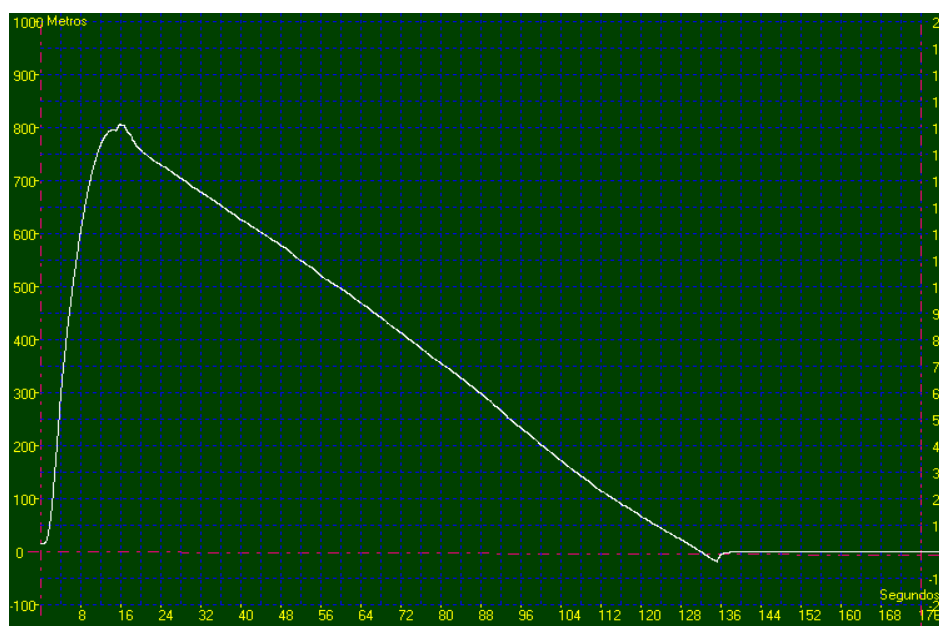
El peso de cada una de las secciones del cohete lanzador “Hércules” es el siguiente:

		Peso (gramos)	Total
<i>Sección del cono</i>	<i>Estructura ojiva</i>	1.225	1.672
	<i>Sección paracaídas</i>	339	
	<i>Paracaídas</i>	90	
	<i>Protector Nomex</i>	18	
<i>Bahía de carga útil</i>	<i>Estructura bahía</i>	627	870
	<i>Paracaídas drogue</i>	90	
	<i>Shock-cord</i>	57	
	<i>Protector Nomex</i>	96	
<i>Carga útil</i>	<i>Tricóptero</i>	750	830
	<i>Paracaídas</i>	80	
<i>Sección propulsora</i>	<i>Estructura</i>	2.466	4.488
	<i>Paracaídas main</i>	124	
	<i>Shock-cord</i>	57	
	<i>Aletas</i>	332	
	<i>Motor</i>	1.000	
	<i>Bahía electrónica</i>	509	
			7.860

A continuación se indican algunos datos de interés extraídos de la lectura de los valores obtenidos por los altímetros y acelerómetro.

Electrónica del cono.

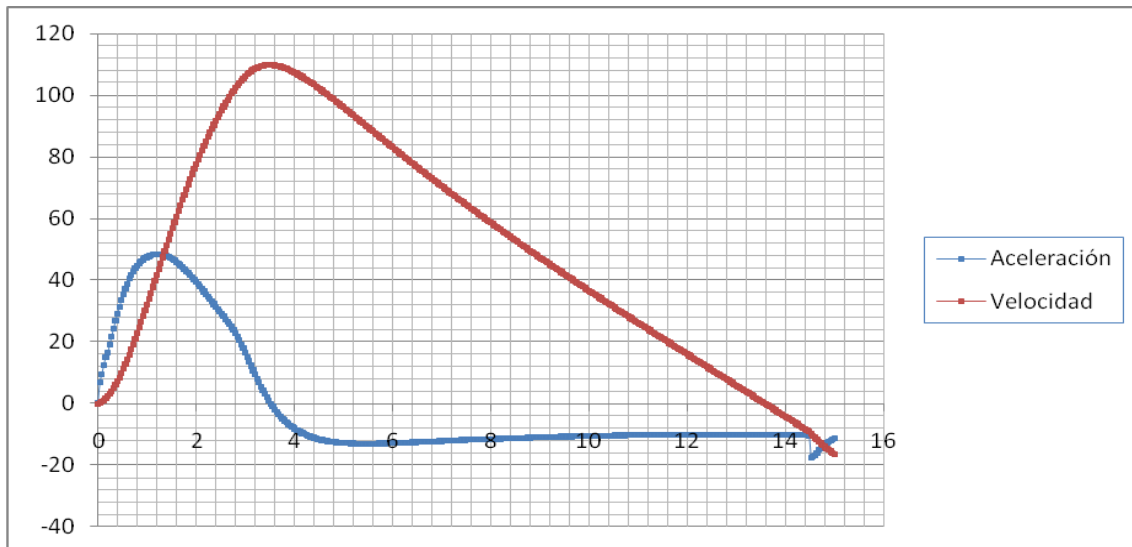
- * Tiempo hasta el apogeo: 14 seg.
- * Apogeo: 795 m AGL
- * Tiempo desde el apogeo al aterrizaje: 120 seg
- * Velocidad de descenso: 7 m/seg
- * Tiempo total de vuelo de la sección ojiva: 134 seg



Se observa que tras la separación de la sección del paracaídas de la ojiva del resto del cohete, y tras producirse la apertura del paracaídas, el conjunto se eleva 12 metros respecto al punto del apogeo.

De los datos obtenidos por el acelerómetro instalado en la ojiva, se desprenden los siguientes puntos:

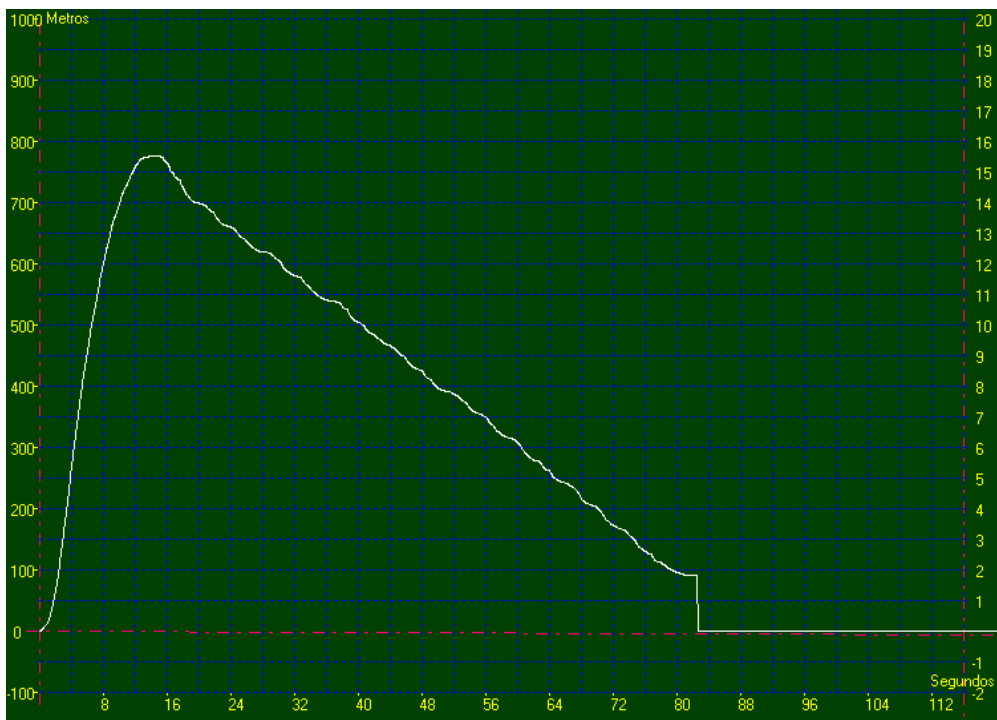
- * Aceleración máxima: 48,16 m/seg²
- * Velocidad máxima: 109,70 m/seg (395 Km/h)
- * Tiempo de funcionamiento del motor: 3,48 seg.



Gráfica aceleración (m/seg²)-velocidad (m/seg)/tiempo (seg) hasta el apogeo
Conjunto Bahía de carga (con tricóptero)- resto del cohete

De los datos obtenidos por el altímetro instalado en la bahía electrónica, se deducen los siguientes puntos:

- * Eyección del paracaídas drogue: 20 m por debajo del apogeo.
- * Eyección del paracaídas main: 150 m. AGL.
- * Velocidad de descenso con drogue: 10 m/seg.



A partir de eyección del paracaídas principal, y debido a que la tasa de descenso disminuyó bruscamente, el altímetro de la bahía electrónica interpretó que se había producido el aterrizaje y dejó de tomar medidas de altitud.



Vista subjetiva de la cámara TV instalada en el cono. En la imagen apreciamos el campo de vuelo y algunos edificios a una distancia de 795 metros.



Instante de la eyección del cono.

Conclusiones

Podemos sacar las siguientes conclusiones:

1. Tras los problemas que aparecieron en los dos primeros vuelos, y la subsanación de los errores encontrados, podemos decir que para evitar un vuelo con mucha velocidad horizontal, y teniendo en cuenta los pesos de lanzamientos en torno a los 8 Kgrs, es necesario usar un motor que tenga una potencia similar al utilizado en esta ocasión.
2. El uso de materiales de alta calidad es IMPRESCIDIBLE en todos los proyectos de alta gama.
3. El sistema de suelta del paracaídas del tricóptero funcionó perfectamente, y además quedó constatado que el uso del paracaídas para la parte inicial de descenso del tricóptero fue esencial.

Vuelo del tricóptero.

(por Enrique Pérez TRA #11012 L2)

En el momento del lanzamiento la climatología era excelente, y aunque había un poco de viento de poniente, el vuelo del Hércules fue muy bueno. Pudimos apreciar en todo momento su trayectoria, después del apogeo (800 m) se intuían varios elementos en el cielo, todavía no habíamos identificado el paracaídas del que colgaba el tricóptero.

En el video grabado desde la mini-cámara montada en el tricóptero, se oye después de salir de la sección de carga útil, como silban las hélices y luego el sonido va disminuyendo. Es como si se hubieran puesto en marcha los motores, pero yo creo que fue debido a una auto rotación de las palas producida por el gran flujo de aire al realizarse la extracción a gran velocidad.



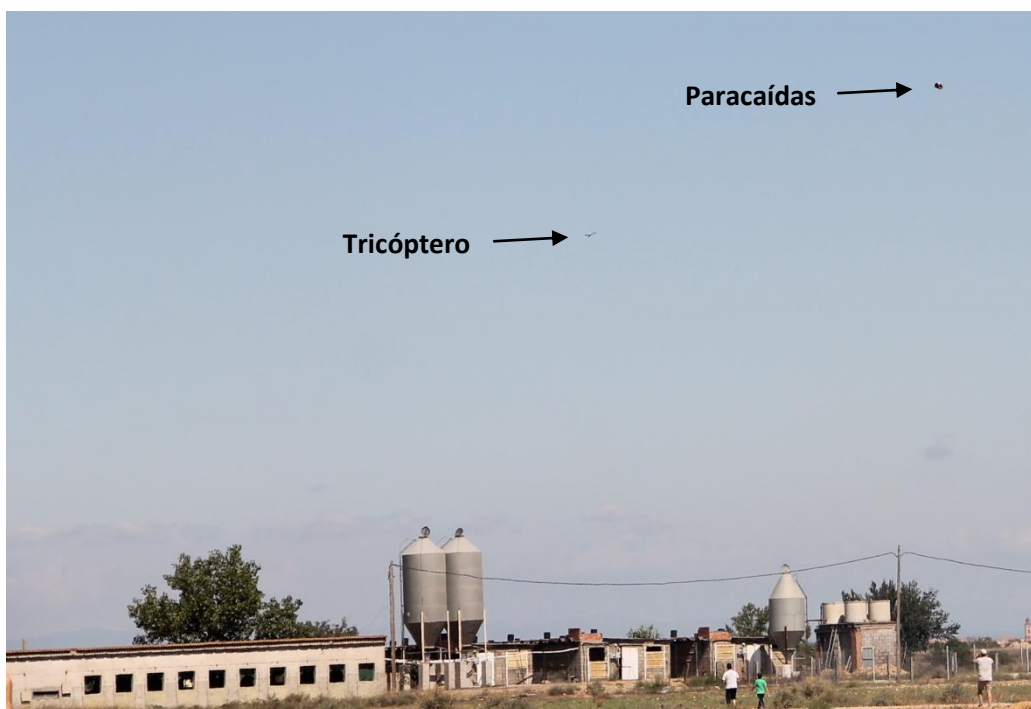
Impresionante "vista de pájaro" de la cámara instalada a bordo del tricóptero, nada más salir de la sección de carga útil. Se observa el gran desfiladero que atraviesa la región de Alcolea.

El humo del lanzamiento a pie de rampa nos impidió ver por unos instantes la ubicación del cohete y me inquieté un poco. A los pocos segundos se disipó el humo y ya pudimos distinguir el paracaídas toroidal de color marrón y el tricóptero enganchado a él, entonces empecé a correr en la dirección del viento.



El tricóptero, aún enganchado a su paracaídas, desciende suavemente y se aproxima a tierra. Se encuentra al alcance de la señal de radio control de su piloto, y llega el momento de soltar el paracaídas.

Cuando el tricóptero descendió a una altura aproximada de 50 m del suelo, arranqué los motores desde la emisora de radio control, y cuando vi que el paracaídas se deshinchaba un poquito, disparé el control de liberación del paracaídas.



Momento en el que el tricóptero se libera del paracaídas y vuela controlado por Enrique Pérez.

Estaba situado muy lejos, a unos 90 m, cerca de unos corrales situados en los límites del campo de vuelo y no pude controlarlo todo lo bien que hubiera querido, lo descendí y el aterrizaje fue un poco brusco, luego pudimos comprobar que se había rajado el brazo del motor de cola, cosa que arreglamos allí mismo para volver volando con el modelo a la zona de carpas, y celebrar el éxito de la prueba, demostrando que el proyecto tal como lo diseñamos hace cuatro años se podía realizar.

Epílogo.

Comenzamos el proyecto en 2011 con gran ilusión, y conseguimos la financiación para su desarrollo a través del Crowdfunding allá por el año 2012. Tras cuatro largos años de arduo trabajo, en los que tuvimos que sufrir dos lanzamientos fracasados, por fin, al tercer intento, ¡cumplimos con la misión!.

Este éxito no hubiera sido posible sin el entusiasmo, la constancia, el tesón y el magnífico trabajo en equipo realizado por todos. Mi más sincero agradecimiento también a todas las personas que han colaborado en este proyecto aportando sus conocimientos, su experiencia, y sobre todo por su ayuda en el campo de vuelo.

Concluyo parafraseando a J.F.Kennedy: "Escogimos este proyecto para hacerlo realidad, no porque sea fácil, sino porque es difícil". Que nadie lo dude, podemos realizar cualquier otro proyecto que nos proponamos hacer.

Jesús Manuel Recuenco Andrés
TRA #12241 L2