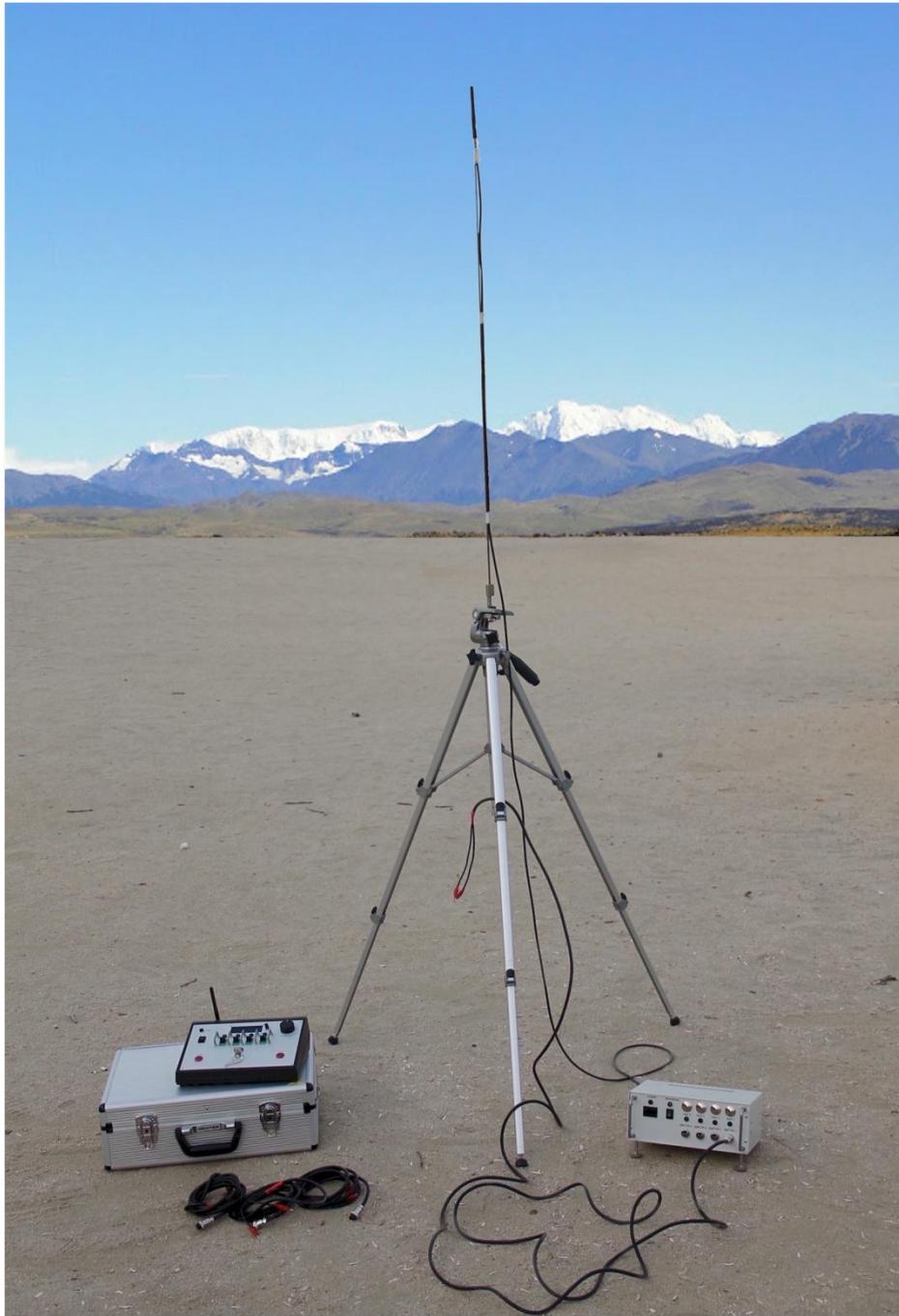


Centralita de lanzamiento inalámbrica

Por:
Alejandro Amor García y Jesús Manuel Recuenco Andrés.



Fotografía: Alejandro Amor Gracia.
Composición: Jesús Manuel Recuenco Andrés.

Índice

• Introducción.....	2
• Objetivo.	3
• Requisitos.	3
• Solución.	3
• Arquitectura y topología de red.....	5
• Hardware de comunicaciones.....	6
• Hardware de control.....	6
• La Consola de Control de Lanzamiento.....	7
• Componentes.....	7
• Presupuesto.....	9
• Esquemas de circuitos y PCB.....	10
• Esquema de conexión.....	14
• Soporte para la electrónica.....	14
• Montaje de los componentes.....	15
• La Terminal de Disparo.	21
• Componentes.....	21
• Presupuesto.....	22
• Esquemas de circuitos y PCB.....	24
• Esquema de conexión.....	26
• Soporte para la electrónica.....	26
• Montaje de los componentes.....	27
• Programación.....	35
• Protocolos de funcionamiento.....	35
• Organigrama de la Consola de Control de Lanzamiento.....	37
• Organigrama de la Terminal de Disparo.....	39
• Lista de comandos.....	40
• Pruebas realizadas.....	41
• Instrucciones de uso.....	43
• Documentación y utilidades.....	48

Introducción.

El Modelismo Espacial es una actividad que consiste en construir modelos de cohete, bien a escala de los cohetes reales o bien modelos de diseño propio. Estos modelos son impulsados por motores cohete de muy diversos tipos y características, obedecen a las mismas leyes físicas de los cohetes reales en cuanto al vuelo parabólico y orbital, están dotados de un sistema de recuperación, y pueden lanzarse repetidas veces de forma segura conforme a las normas de seguridad establecidas para su práctica.

En dichas normas de seguridad se establece que, para realizar el lanzamiento de un cohete de forma segura, el encendido del motor o motores instalados en el modelo debe realizarse **siempre** por medios eléctricos y manteniendo una distancia mínima de seguridad entre el operador de la consola de disparo y la rampa de lanzamiento (ver Tabla 1).

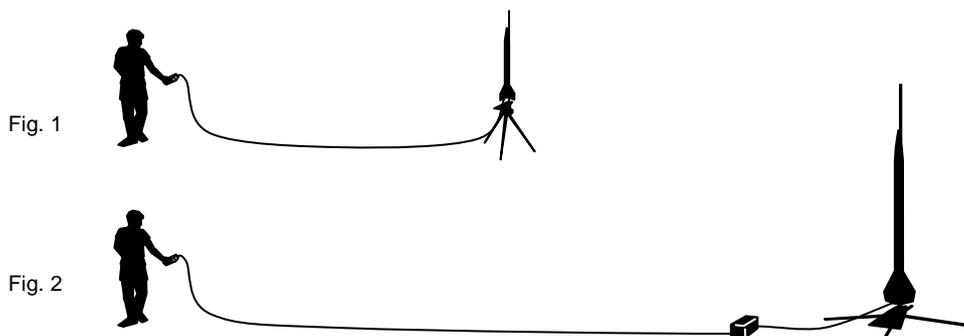
Tabla 1.

Rocket's Total Installed Impulse, Ns	Motor type	Minimum Clear Distance (Mts)		Minimum Safe Distance, Commercial Launch (Mts)		Minimum Safe Distance, Research Launch (Mts)	
		Regular	Sparky	Non-Complex	Complex	Non-Complex	Complex
0.01 to 160.00	A-G*			9	9	15	15
160.01 to 320	H	15	23	30	61	61	76
320.01 to 640.00	I	15	23	30	61	61	76
640.01 to 1280.00	J	15	23	30	61	61	76
1,280.01 to 2,560	K	23	36	61	91	76	96
2,560.01 to 5,120	L	30	45	91	152	91	152
5,120.01 to 10,240	M	38	61	152	305	152	305
10,240.01 to 20,480	N	38	61	305	457	305	457
20,480.01 to 40,960	O	38	61	457	610	457	610
40,960.01 to 890,000	P-T	38	61	N/A	N/A	610	762

*Distances for commercial Model Rocket Motors. High Power 'F' and 'G' Motors (exceeding the limits in the definition of Model Rocket Motor) shall be flown at the 'H' distance.

Así pues, para realizar los lanzamientos, es necesario disponer de un equipo en tierra capaz de efectuar el encendido de los motores instalados en el cohete mediante resistencias eléctricas (ignitores), y que además esto se realice a una distancia mínima de seguridad.

En la actualidad, la mayoría de los sistemas electrónicos utilizados para realizar el lanzamiento de un modelo de bajo o medio impulso constan básicamente de un mando de disparo y un cable de pocos metros en cuyo extremo hay dos terminales que se conectan al ignitor del motor (Fig. 1), mientras que para lanzar cohetes de alto impulso el sistema consiste en una consola de lanzamiento conectada por medio de un cable de varios metros, hasta una caja de disparo situada cerca de la plataforma de lanzamiento y que está dotada de una batería de la cual a su vez sale un cable en cuyo extremo hay dos terminales que se conectan al ignitor del motor (Fig. 2).



Estos sistemas tienen el inconveniente de que la distancia de seguridad que se puede mantener entre el operador de la consola y la plataforma de lanzamiento, conforme a las

normas de seguridad (ver Tabla 1), queda limitada por la longitud máxima del cable del sistema de lanzamiento utilizado, y en consecuencia, también queda limitada la potencia máxima del cohete que se desee lanzar con seguridad.

Desde hace ya muchos años se ha tratado de encontrar un sistema alternativo al encendido del motor de un cohete a distancia, sin tener que depender de un cable en el que, para una determinada sección, la caída de tensión es mayor cuanto más largo sea dicho cable.

Objetivo.

El objetivo de este proyecto es desarrollar un sistema de lanzamiento inalámbrico de alcance medio, que sea versátil, fiable, efectivo, y seguro.

Requisitos.

El sistema de lanzamiento inalámbrico deberá cumplir los siguientes requisitos:

- 1º.- El alcance de la señal inalámbrica entre la Consola de Control de Lanzamiento y la Terminal de Disparo deberá ser como mínimo de 300 metros, en línea recta y sin obstáculos.
- 2º.- Debe garantizarse la fiabilidad de la conexión entre la Consola de Control de Lanzamiento y la Terminal de Disparo de forma unívoca e inequívoca.
- 3º.- Debe garantizarse la integridad y correcta interpretación de las órdenes o comandos que se intercambien entre la Consola de Control de Lanzamiento y la Terminal de Disparo.
- 4º.- Cumplirá con los mismos requisitos básicos de seguridad (protocolos) empleados en los sistemas de lanzamiento convencionales.
- 5º.- El sistema será versátil, es decir, debe ser capaz de realizar con efectividad lanzamientos múltiples de cohetes de bajo, medio, y alto impulso, con la posibilidad de contemplar la utilización de varias Terminales de Disparo en el campo de lanzamiento.
- 6º.- La autonomía de funcionamiento del sistema debe ser de una jornada de 8 horas, dependiendo del uso.

Solución.

Una solución consistiría en disponer de una consola de mando conectada a una Terminal de Disparo remota mediante una conexión de Radio Frecuencia (RF). En la actualidad los sistemas basados en RF son bastante económicos, fiables, y fáciles de implementar, y son muy efectivos incluso a gran distancia.

Sin embargo, el sistema RF no es capaz por sí sólo de discriminar las señales recibidas de otras fuentes emisoras de RF, así pues creemos que estos sistemas no garantizan una seguridad total, pudiendo ocasionar un lanzamiento inesperado pese a haber implementado múltiples protocolos de seguridad tanto a pie de la Terminal de Disparo como en la propia Consola de Control de Lanzamiento. Por tanto descartamos este sistema por no reunir los requisitos mínimos de seguridad y fiabilidad exigibles.

Gracias a los avances tecnológicos en electrónica, hoy día disponemos en el mercado de dispositivos programables como tarjetas controladoras y transceptores de alta calidad asequibles al bolsillo del aficionado, que permiten desarrollar una gran variedad de proyectos relacionados con la robótica, la programación, y las telecomunicaciones.

Para conseguir el objetivo y cumplir los requisitos exigidos, es necesario implementar un sistema que utilice un protocolo de comunicaciones basado en el intercambio de paquetes de información cifrados a través de una **Red personal Wifi**. Por tanto, el sistema se basará en el modelo de *Interconexión de Sistemas Abiertos OSI*.

La solución la encontramos en la tecnología ZigBee. ZigBee constituye la gran apuesta de nuestro proyecto puesto que será el medio de transmisión elegido para el envío y la recepción de datos. ZigBee es el nombre con el que se especifica un conjunto de protocolos estándar de comunicaciones de alto nivel. Esta especificación ofrece una solución para comunicaciones inalámbricas de bajo coste y mínimo consumo. El principal objetivo que pretende satisfacer una red de comunicación ZigBee es la posibilidad de realizar proyectos que requieran comunicaciones seguras, con baja tasa de envío de datos, y maximización de la vida útil de sus baterías.

ZigBee opera sobre la banda ISM para proyectos industriales, científicos, médicos y particulares; en concreto puede operar sobre los 868 MHz en Europa, los 915 MHz en Estados Unidos, y los 2.4 GHz en todo el mundo.



Al ser éste último (el de 2.4 GHz) de uso libre en todo el mundo, optamos por esta opción a la hora de desarrollar nuestro proyecto. En el rango de frecuencias de 2.4 GHz pueden definirse hasta 16 canales, cada uno de ellos con un ancho de banda de 5 MHz.

Uno de los aspectos más característicos de ZigBee son los servicios que ofrece para el soporte de comunicaciones seguras. Se protege el establecimiento y el transporte de claves, el cifrado de trama, y el control de dispositivos. La seguridad depende de la correcta gestión de las claves, de la adecuada implementación de los métodos (programas software), y de los protocolos de seguridad en el campo de vuelo.

Por otro lado es necesario implementar los protocolos de operaciones necesarios para el manejo y funcionamiento correcto de la *Consola de Control de Lanzamiento* y de la *Terminal de Disparo* conectada. Esto se realizará mediante programación software de las tarjetas controladoras.

La solución la encontramos en la tecnología Arduino y la programación Orientada a Objetos (Arduino C++). Arduino es una plataforma de electrónica abierta, destinada a la creación de proyectos flexibles, basada en un software libre, gratuito, y fácil de usar. Arduino proporciona una amplia gama de tarjetas controladoras programables, dotadas de un microcontrolador y una serie de pines configurables de E/S de datos, a los que pueden conectarse una gran variedad de dispositivos como: sensores, pantallas LCD, relés, servos, LEDs, drivers para motores, etc. ya sea para recibir información del entorno o para enviar órdenes a dichos dispositivos para que realicen unas determinadas acciones.



La tarjeta controladora Arduino se programa mediante el lenguaje C++ nativo de ARDUINO, con posibilidad de construir librerías propias y específicas. Para ello se dispone de un IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) para PC o portátil, con el cual podemos desde la misma aplicación editar, compilar, enlazar y cargar los programas en la tarjeta controladora por medio de un puerto USB.

Una vez cargado el programa en la memoria del microcontrolador de la tarjeta controladora, ésta puede desconectarse del PC o Portátil y funcionar independientemente conectado a su propia fuente de alimentación, que en nuestro caso será una batería LiPo recargable.

Arquitectura y topología de la red.

La arquitectura de la red estará basada en la pila de protocolos ZigBee. La pila de protocolos ZigBee (Fig. 3), también conocida como ZigBee Stack, se basa en el nivel físico (PHY) y el control de acceso al medio (MAC) que están definidos en el estándar IEEE 802.15.4, el cual desarrolla estos niveles para redes inalámbricas de área local de baja tasa de transferencia.

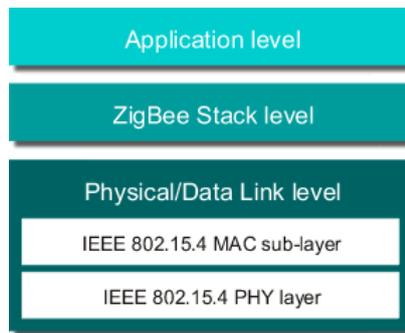


Fig. 3: Pila de protocolos ZigBee.

La red puede configurarse en una topología en estrella, en la que el nodo coordinador (*Consola de Control de Lanzamiento*) se sitúa en el centro, y toda conexión que se quiera realizar con los distintos nodos periféricos de la red (*Terminales de Disparo*) deberá ser establecida por el nodo coordinador.

Esta red en estrella tendría un nodo central activo que coordina el intercambio de las informaciones transmitidas desde y hasta los distintos nodos de la periferia. Esta topología es típica de las redes locales, aunque la mayoría de las redes de área local tienen un router, un switch, o un hub que actúa como nodo central coordinando y distribuyendo la información que se transmite a cada nodo periférico. En nuestro caso la conexión se establecerá “punto a punto” de forma “dedicada” entre la *Consola de Control de Lanzamiento* y una única *Terminal de Disparo* con la que se desee interactuar, que será la que se seleccione en la *Consola de Control de Lanzamiento*, permaneciendo el resto de las terminales “a la escucha”. (Fig. 4).

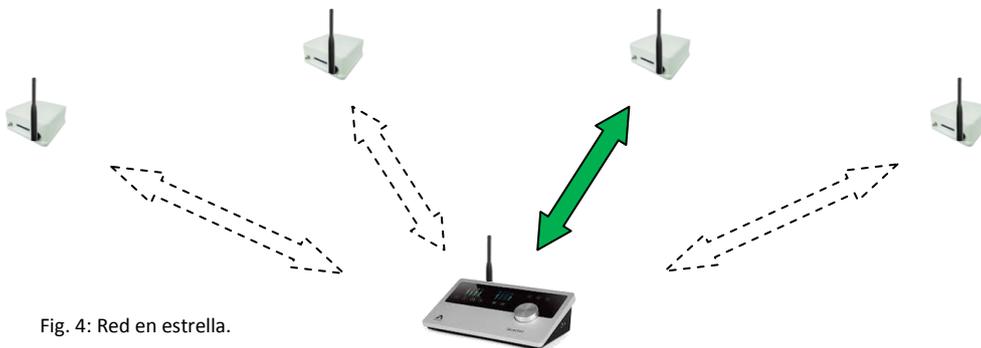


Fig. 4: Red en estrella.

Las ventajas que nos aporta una red en estrella es la facilidad a la hora de implementarla, adecuada para redes temporales. El fallo de un nodo periférico no influirá en el comportamiento del resto de la red. Además no hay problemas con colisiones de datos, ya que como hemos dicho, la conexión es “punto a punto” con la *Terminal de Disparo* seleccionada. En ningún caso las *Terminales de Disparo* se conectarían entre sí

La *Terminal de Disparo* que se conecte a la *Consola de Control de Lanzamiento* se limitará a recibir las órdenes enviadas por ésta, a interpretarlas, a ejecutarlas correctamente, y a responder de forma inmediata.

En los períodos largos de inactividad, en los que no haya que enviar o recibir información, tanto la *Consola de Control de Lanzamiento* como las *Terminales de Disparo* entrarán en modo “sleep” o de “stand by” para reducir el consumo de energía.

Hardware de comunicaciones.

Para desarrollar la parte de las comunicaciones utilizaremos inicialmente dos transceptores XBee basados en tecnología ZigBee, compatibles con Arduino, concretamente el modelo **XBee Pro 63 mW RPSMA - Series 2**. (Fig. 5)

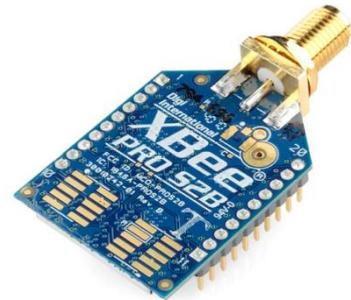


Fig. 5: Módulo XBee Pro 63mW RPSMA.

Uno de estos transceptores se instalará en la *Consola de Control de Lanzamiento* y el otro se instalará en la *Terminal de Disparo*. Sus características principales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 2.

Max data rate	Frequency band	Transmit power	Antenna	IO pins digital	ADC inputs	Range	Electric	Dim. (mm)	Weight (gr)
250 Kbps	2.4 GHz	63mW output (+17dBm).	RPSMA	8	(6) 10-bit	1 mile (1600m)	3.0-3.4v / 295mA	46x24x8	3

Para garantizar el máximo alcance y evitar la pérdida de señal por el efecto suelo, será necesario mantener la antena dipolo de la *Terminal de Disparo* en alto. Cuando la distancia entre la *Terminal de Disparo* y la *Consola de Control de Lanzamiento* sea superior a 60 metros, conviene utilizar un trípode portátil con un mástil (varilla) en cuyo extremo colocaremos la antena dipolo a una altura mínima de dos metros junto a la *Terminal de Disparo*.

La disposición de los pines en el módulo XBee es la que se muestra en la Fig. 6 de la derecha. Usaremos sólo los pines 1, 2, 3 y 10. El pin 1 recibe la tensión regulada de 3.3v de la *XBee Explorer* sobre la que irá montado el módulo. El pin 10 irá conectado al pin GND de la tarjeta controladora. El pin 2 (Tx) del módulo XBee debe conectarse al pin RX de la controladora Arduino, mientras que el pin 3 (Rx) de módulo XBee irá conectado al pin TX de la Arduino.

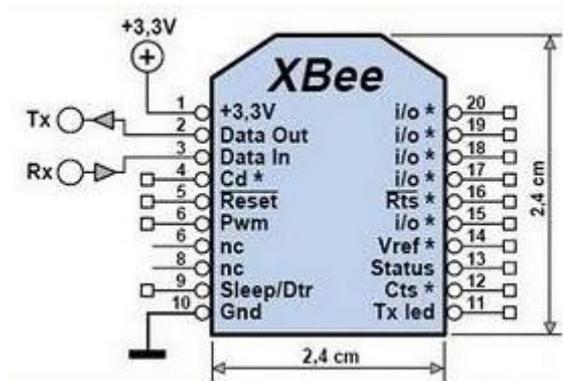


Fig. 6: Terminales del Módulo XBee.

Hardware de control.

Para implementar los programas y protocolos utilizaremos dos tarjetas Arduino. Concretamente para la *Consola de Control de Lanzamiento* utilizaremos el modelo **Arduino Mega 2560** (Fig. 7) ya que dispone de suficientes pines de conexión para todos los dispositivos periféricos que tendremos que conectar, y para la *Terminal de Disparo* utilizaremos la tarjeta **Arduino Leonardo** (Fig. 8) que posee igualmente suficientes pines para conectar los diferentes dispositivos periféricos que tendrá que utilizar.

Las características principales de las tarjetas controladoras se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3.

Microcontroller	Digital I/O Pins	PWM Channels	Analog Input Pins	Flash Memory	SRAM	EEPROM	Clock Speed	Electric	Dim. (mm) W L H	Weight (gr)
ATmega2560	54 (15 provide PWM output)	15	16	256 KB (8 KB used by bootloader)	8 KB	4 KB	16 MHz	7-12v / 350mA	53,6x102x15,3	34,9
ATmega32u4	20	7	12	32 KB (4 KB used by bootloader)	2.5 KB	1 KB	16 MHz	7-12v / 350mA	69x53,3x15,3	20

La tarjeta controladora Arduino Mega 2560, posee un procesador ATmega2560, mientras que la Arduino Leonardo posee un micro procesador ATmega32u4, ambos a 16 MHz con CPU 8-bit AVR.

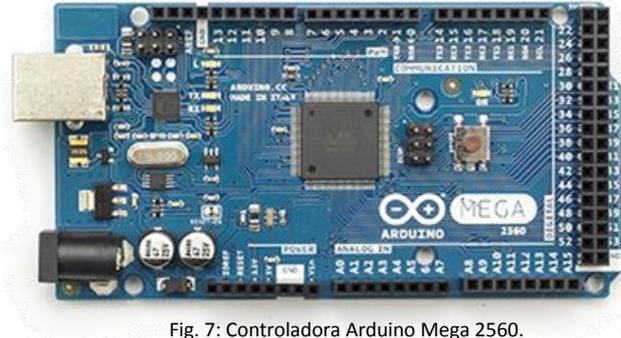


Fig. 7: Controladora Arduino Mega 2560.



Fig. 8: Controladora Arduino Leonardo.

Ambas tarjetas están dotadas de una conexión USB para conectar al PC o Portátil.

La Consola de Control de Lanzamiento.

Componentes.

- Periféricos.
 - Un interruptor de encendido / apagado.
 - Diodo LED verde de encendido.
 - Cuatro conmutadores de palanca de tres posiciones para test / armado de ignitores.
 - Cuatro diodos LED bicolor rojo/verde, uno por cada conmutador de palanca.
 - Un diodo LED bicolor rojo/verde para READY.
 - Un interruptor de cerradura con llave.
 - Dos pulsadores de disparo color rojo.
 - Un conmutador rotativo para seleccionar la Terminal de Disparo.
 - Un display LCD retroiluminado de 16x2 dígitos.
 - Una antena dipolo RPSMA 2GHz plegable.
 - Seis soportes porta-LEDs 5mm.
 - Un mando regulador de contraste del display LCD.
 - Cinco barras de protección para los conmutadores de palanca.
 - Conexiones para la carga de la batería.
 - Conexión Puerto USB.
- Componentes internos.
 - Una batería LiPo 2S de 7,4v DC 5100 mAh.
 - Una tarjeta controladora Arduino Mega 2560.
 - Una PCB reguladora de tensión.
 - Una PCB reguladora para el Display LCD.
 - Una PCB interfaz de los periféricos, con zumbador 85db regulado por CI NE555.
 - Un módulo de comunicación XBee Pro 63 mW RPSMA - Series 2.
 - Una tarjeta reguladora Explorer compatible para el módulo XBee.



Fig. 9: Interruptor basculante bipolar 2 posiciones. Ref. IT11105 (Electrónica Embajadores).



Fig. 10: Diodo LED bicolor difuso verde / rojo. Ref. SMDL5DBIC (Electrónica Embajadores).



Fig. 11: Diodo LED difuso verde. Ref. SMDL5DV (Electrónica Embajadores).



Fig. 12: Soporte porta LED plástico negro cónico. Ref. SLRTF5020 (Telkron).



Fig. 13: Pulsador antivandálico rojo 1NA. Ref. IT4A15R (Electrónica Embajadores).



Fig. 14: Antena dipolo 2,4 GHz RPSMA Tipo Duck. (EBAY).



Fig. 15: Conmutador de palanca encastar 3 posiciones 1C. Ref. IT22WC31 (Electrónica Embajadores).



Fig. 17: Módulo Display LCD 16x2 caracteres blancos retroiluminados con fondo azul. (EBAY).



Fig. 16: Interruptor cerradura con llave plana 2NA+2NC. Ref. IT1A205 (Electrónica Embajadores).



Fig. 19: Botón de mando 6mm negro. Ref. BT11233 (Electrónica Embajadores).



Fig. 18: Conmutador rotativo configurable 4P+3C. Ref. IT5A043 (Electrónica Embajadores).

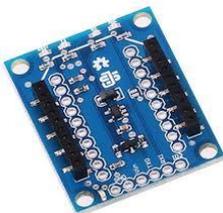


Fig. 21: Tarjeta XBee Explorer reguladora. (EBAY)



Fig. 20: Carga de batería: Hembrilla 4mm negra Ref. CT6190NE, y roja Ref. CT6190RO. Conector poste 2mm macho recto 3C. (Electrónica Embajadores).



Fig. 22: Zumbador piezocerámico sin oscilador 85dB PCB. Ref. ZBPZS01 (Electrónica Embajadores).



Fig. 23: Batería LiPo Modelleexpert 5100/2S 7.4v White Line. (AEROMODELO).



Fig. 24: Barra protectora interruptores M4. (Fabricación propia).

Presupuesto.

Componente.	Ud.	P.Ud.	Total
ANTENA 2,4 GHz RPSMA TIPO DUCK	1	6,55	6,55
ARANDELA PLANA M4	10	0,02	0,20
ARDUINO MEGA2560 R3 ATMEGA16U2 REV3	1	23,00	23,00
BATERIA LIPO MODELLE EXPERT 5100/2S 7,4V WHITE LINE	1	38,00	38,00
CABLE CINTA 1000MM 40 HILOS	60 cm	4,33	2,60
CABLE FLEXIBLE UNIPOLAR WRAPPING AWG30 1000MM 0.25MM	2	0,36	0,72
CAJA RETEX RA2N ABOX 268x34-77,5x184	1	18,02	18,02
CIRCUITO INTEGRADO 7805T	2	1,75	3,50
CIRCUITO INTEGRADO LM556 (NE556)	1	0,76	0,76
CONDENSADOR CERAM. MULTICAPA X7R 100nF 25V 105°	3	0,13	0,39
CONDENSADOR CERAM. MULTICAPA X7R 10nF 25V 105°	2	0,13	0,26
CONDENSADOR ELECTROLIT. RADIAL 100uF 25V 105°	1	0,05	0,05
CONDENSADOR ELECTROLIT. RADIAL 10uF 25V 105°	4	0,05	0,20
CONDENSADOR ELECTROLIT. RADIAL 47uF 25V 105°	1	0,05	0,05
CONECTOR CABLE PLANO 26P HEMBRA AEREA	1	0,50	0,50
CONECTOR CABLE PLANO 26P MACHO PCB	1	0,69	0,69
CONECTOR MACHO RECTO 3 VIAS PASO 2.50 MM SERIE EH	2	0,01	0,02
CONECTOR POSTE 2,54 2 VIAS HEMBRA Y PINES	2	0,17	0,34
CONECTOR POSTE 2,54 2 VIAS MACHO RECTO	2	0,16	0,32
CONECTOR REGLETA PCB 2 VIAS	9	0,28	2,52
CONMUTADOR PALANCA ENCASTRAR 3 POS 1 CIRCUITO	4	3,60	14,40
CONMUTADOR ROTATIVO 4 POS 3 CIRCUITOS	1	2,69	2,69
DIODO 1N5817	1	0,13	0,13
DIODO LED 5MM DIFUSO BICOLOR ROJO-VERDE	5	0,33	1,65
DIODO LED 5MM DIFUSO VERDE	1	0,13	0,13
DISPLAY LCD 16 x 2 CHARACTER MODULE WITH BLUE BACKLIGHT	1	5,95	5,95
HEMBRILLA PANEL 4MM NEGRA/ROJA	2	0,42	0,84
INTERRUPTOR BASCULANTE BIPOLAR 2 POSICIONES NEGRO	1	1,02	1,02
INTERRUPTOR CERRADURA LLAVE PLANA GRANDE 2NA+2NC	1	15,54	15,54
LAMINA ACETATO TRANSPARENTE ADHESIVA	1	0,21	0,21
LETRAS TRANSFERIBLES 3MM HELVETICA	1	0,73	0,73
MANDO CONMUTADOR ROTATIVO 6MM NEGRO 33MM DIAM	1	1,49	1,49
PLACA FIBRA POSITIVA 1C 100x150 PFP-3	1	3,52	3,52
PLACA FIBRA POSITIVA 2C 100x160 PFP-3	1	6,82	6,82
PLACA XBEE EXPLORER REGULADA	1	8,65	8,65
PLANCHA POLIESTIRENO BLANCO 297x210 1,5MM	1	1,37	1,37
PULSADOR PANEL ANTIVANDALICO ROJO 1NA	2	4,75	9,50
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 10K	16	0,03	0,48
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 120	5	0,03	0,15
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 220	5	0,03	0,15
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 270	1	0,03	0,03
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 3K3	1	0,03	0,03
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 4K7	2	0,03	0,06
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 7K5	1	0,30	0,30
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 68K	1	0,03	0,03
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 35	1	0,03	0,03
RESITOR VARAIBLE POTENCIOMETRO 10K	1	2,58	2,58
SEPARADOR PCB HEXAGONAL 5MM M3	12	0,12	1,44
SEPARADOR PCB HEXAGONAL 7MM M3	4	0,15	0,60
SOPORTE LED CONICO PLASTICO 5MM	6	0,28	1,68
TERMORETRACTIL 1200MM 2MM	1	1,65	1,65
TIRA PINES HEMBRA RECTA 1x40 ORO (SPB)	4	0,61	2,44
TIRA PINES MACHO ACODADO 1x40 ORO (SPB)	2	0,45	0,90
TIRA PINES MACHO RECTA 1x40 ORO (SPB)	3	0,39	1,17
TORNILLO CHASIS PC HEXAGONAL	6	0,13	0,78
TORNILLO M3 4MM CABEZA RECTA	17	0,04	0,68
TORNILLO M3 4MM CABEZA TRAPEZOIDAL	4	0,05	0,20
TUERCA M3	5	0,02	0,10
TUERCA M4	10	0,03	0,30
VARILLA CALIBRADA HIERRO ZINCADO LISA 4MM	1	1,75	1,75
XBEE PRO 63 mW (+17dBm) 2,4 GHz Serie 2B RPSMA	1	35,24	35,24
ZOCALO INTEGRADO 7,62MM DIL 14 PIN PLANO	1	0,12	0,12
ZUMBADOR PIEZOCERAMICO 3-28V10MA 85 DB D23 R15MM	1	1,28	1,28
TOTAL:			227,50

Nota: Los importes son sin IVA.

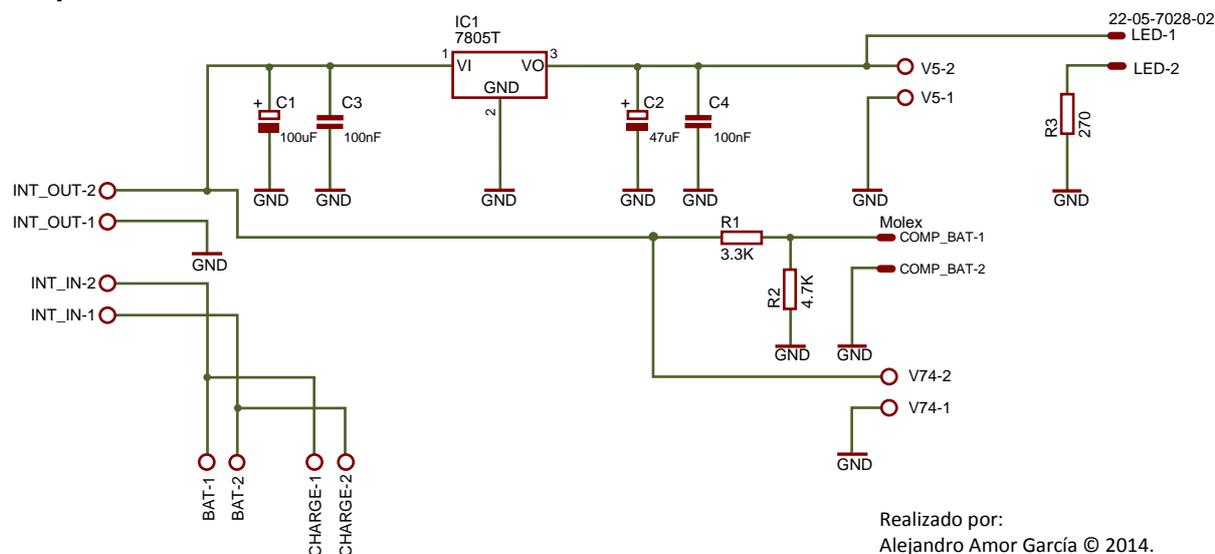
Esquemas de circuitos y PCBs.

En esta sección sólo se exponen los esquemas y los dibujos de las tarjetas diseñadas y fabricadas exprofeso para la *Consola de Control de Lanzamiento*, no se exponen por tanto los esquemas de las tarjetas adquiridas comercialmente como son: Tarjeta controladora Arduino Mega 2560, Tarjeta reguladora Explorer compatible para XBee, y Módulo de comunicaciones XBee Pro 63mW Series 2. Puede obtener amplia información de éstos productos en las páginas oficiales de los fabricantes, cuyos enlaces se indican en la sección de Documentación y utilidades.

Tarjeta reguladora de tensión y carga de la batería.

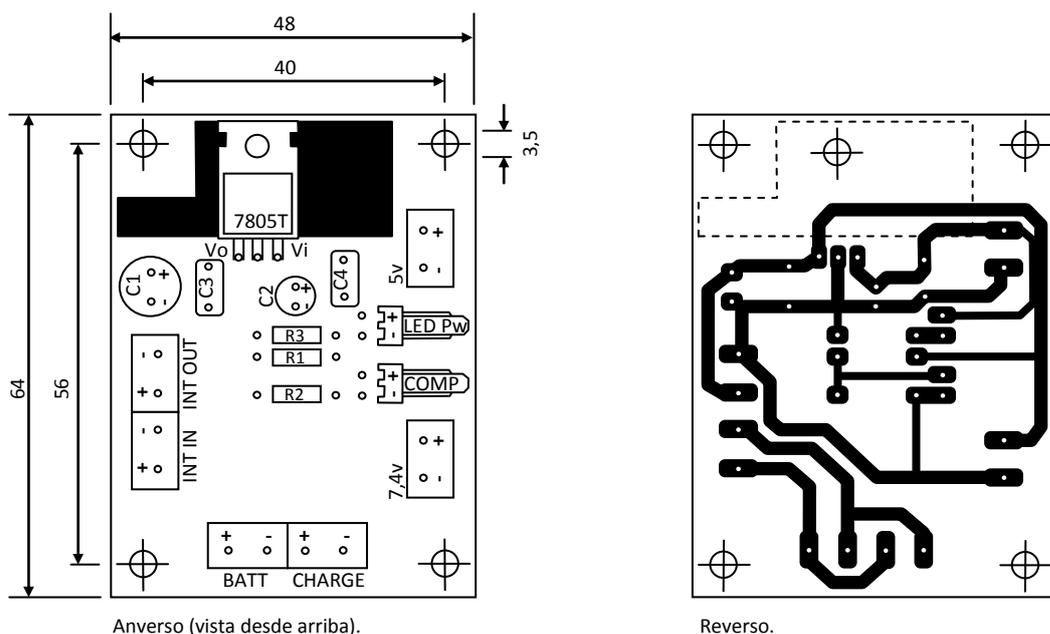
Esta tarjeta sirve para el encendido y apagado del circuito, para regular la tensión suministrada a los dispositivos, realizar la carga de la batería y opcionalmente comprobar el nivel de carga de la batería.

Esquema del circuito.



PCB.

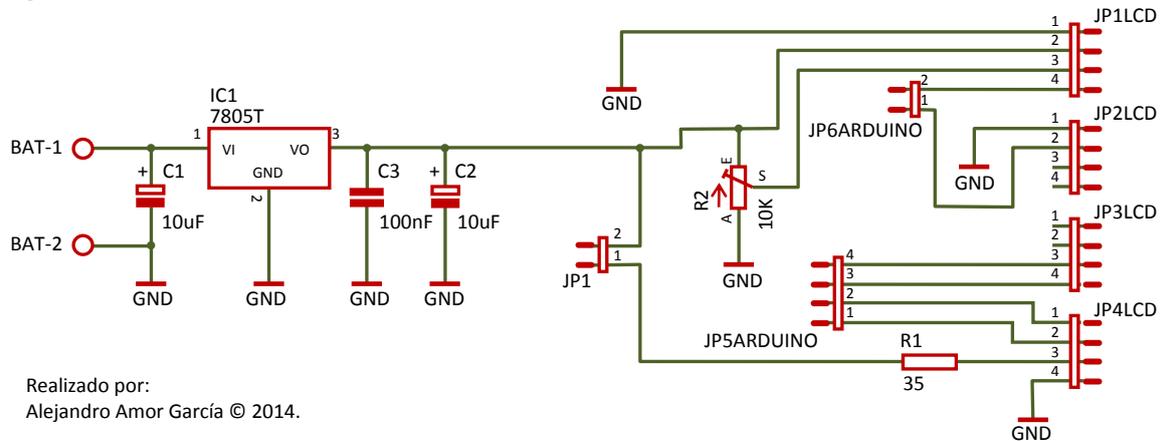
Placa de fibra vidrio con cubierta de cobre a doble cara. Las imágenes que se muestran son a escala aproximada 1:1. Las dimensiones indicadas son en milímetros.



Tarjeta reguladora de tensión para el display LCD.

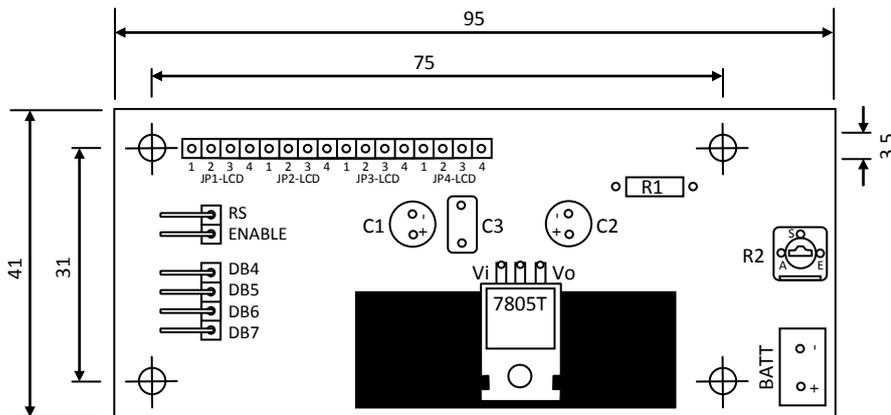
El Display LCD de 2 x 16 caracteres con retroiluminación azul compatible con Arduino funciona con una tensión de 5v, pero necesita disponer de su propia tarjeta reguladora de tensión de forma independiente a la tarjeta controladora Arduino, ya que el consumo del display retroiluminado (100-150 mA) es elevado.

Esquema del circuito.

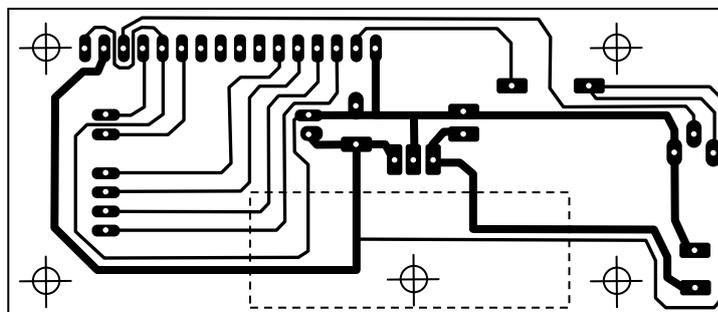


PCB.

Placa de fibra vidrio con cubierta de cobre a doble cara. Las imágenes que se muestran son a escala aproximada 1:1. Las dimensiones indicadas son en milímetros.



Anverso (vista desde arriba).



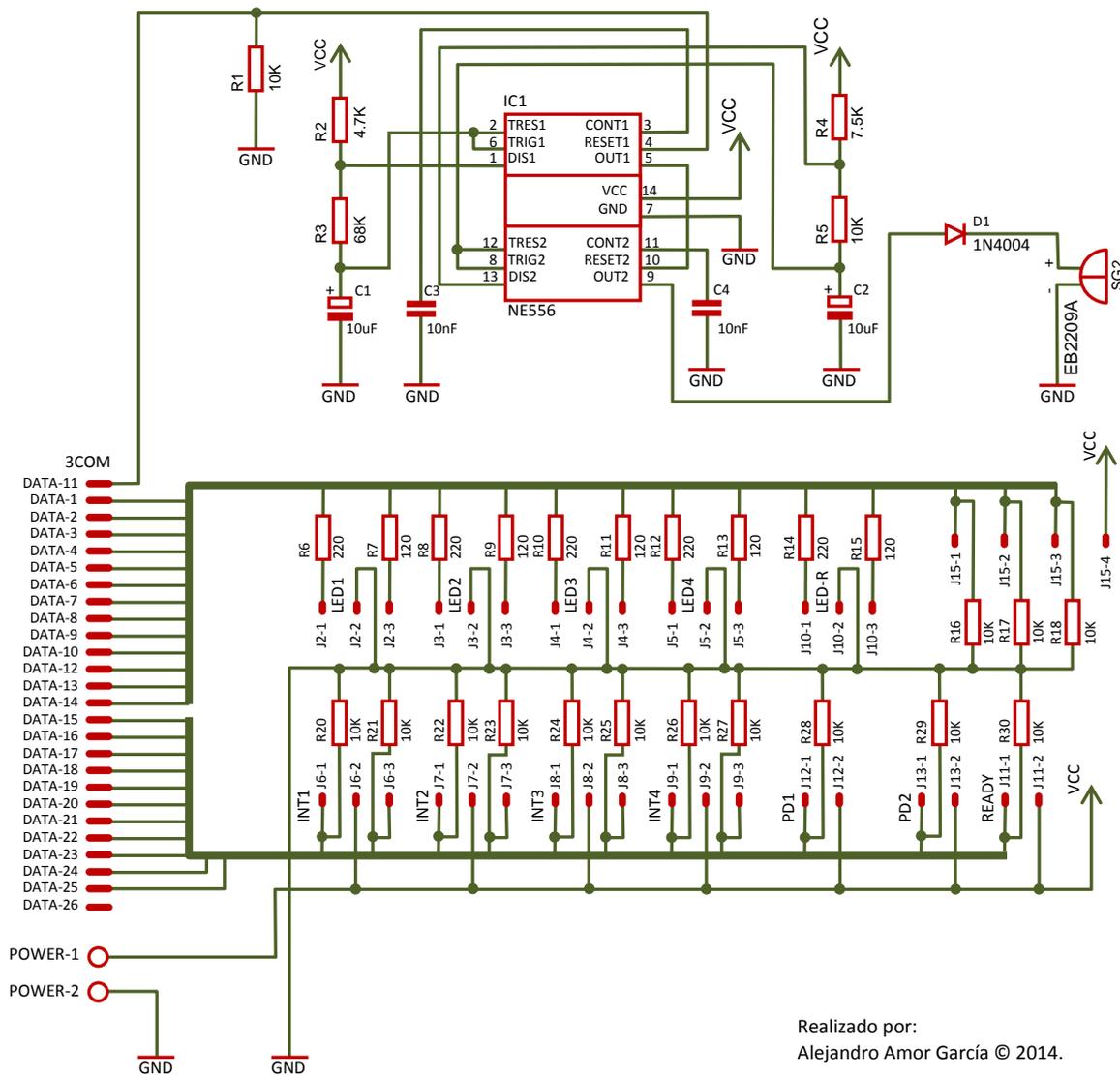
Reverso.

Tarjeta interfaz.

Esta tarjeta incorpora un zumbador que suena intermitentemente a razón de tres pulsos por segundo y una pausa de un segundo. Para conseguir este efecto sonoro se ha utilizado el integrado NE556. Asimismo unifica las conexiones de los periféricos del panel (Pulsadores, LEDs e interruptores) con la tarjeta controladora Arduino.

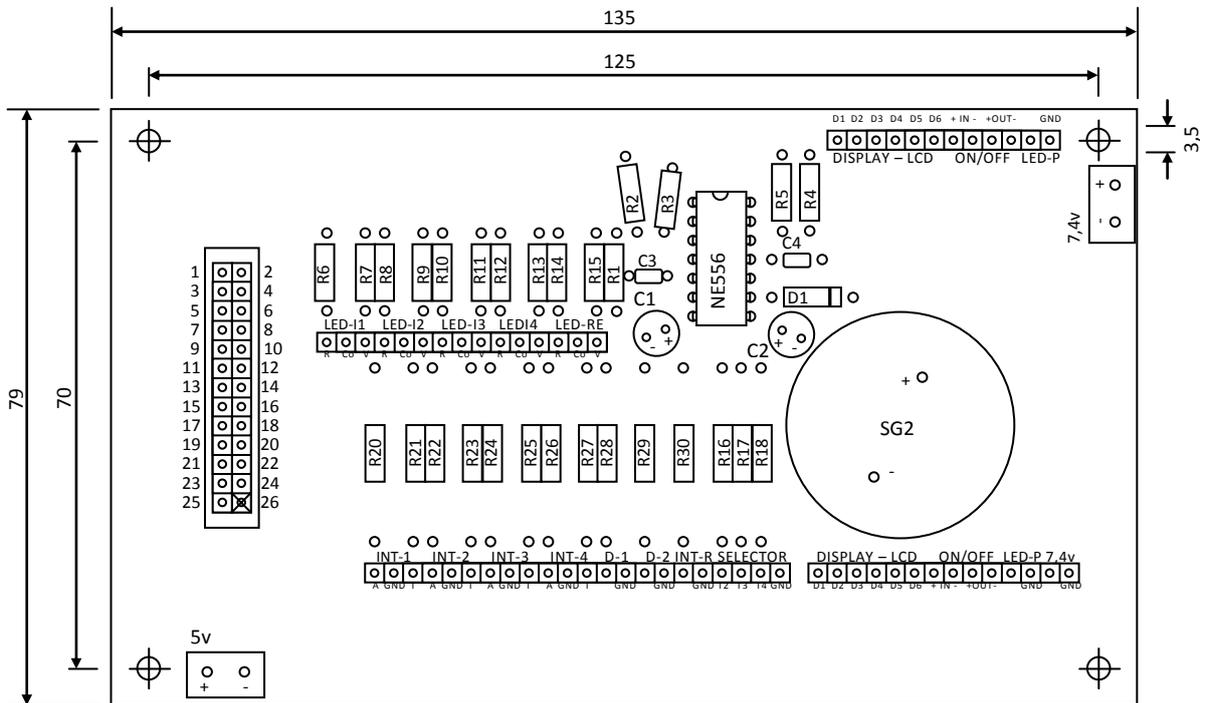
Actúa también como una simple “pasarela” para la alimentación del Display LCD y conexión del bus de datos del mismo con la tarjeta controladora Arduino. Todo esto contribuye de forma considerable a reducir el entramado de cables en el interior de la consola, ya que todas estas conexiones entre la tarjeta interfaz y el panel se realizan mediante un único cable plano de 51 hilos, lo que permite una fácil apertura del panel y un cómodo acceso al interior de la consola.

Esquema del circuito.

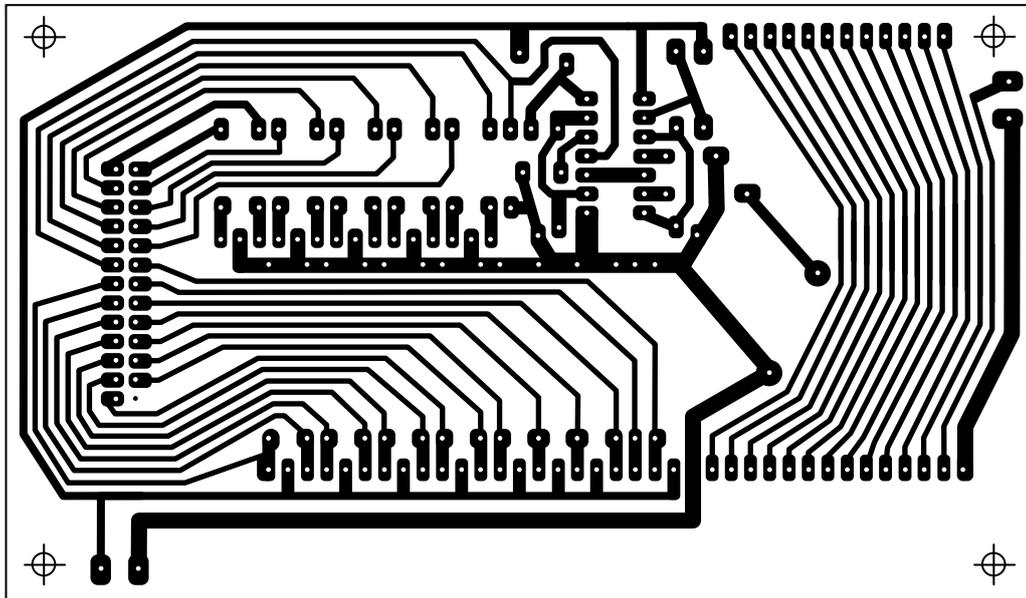


PCB.

Placa de fibra vidrio con cubierta de cobre de una sola cara. Las imágenes que se muestran son a escala aproximada 1:1. Las dimensiones indicadas son en milímetros.



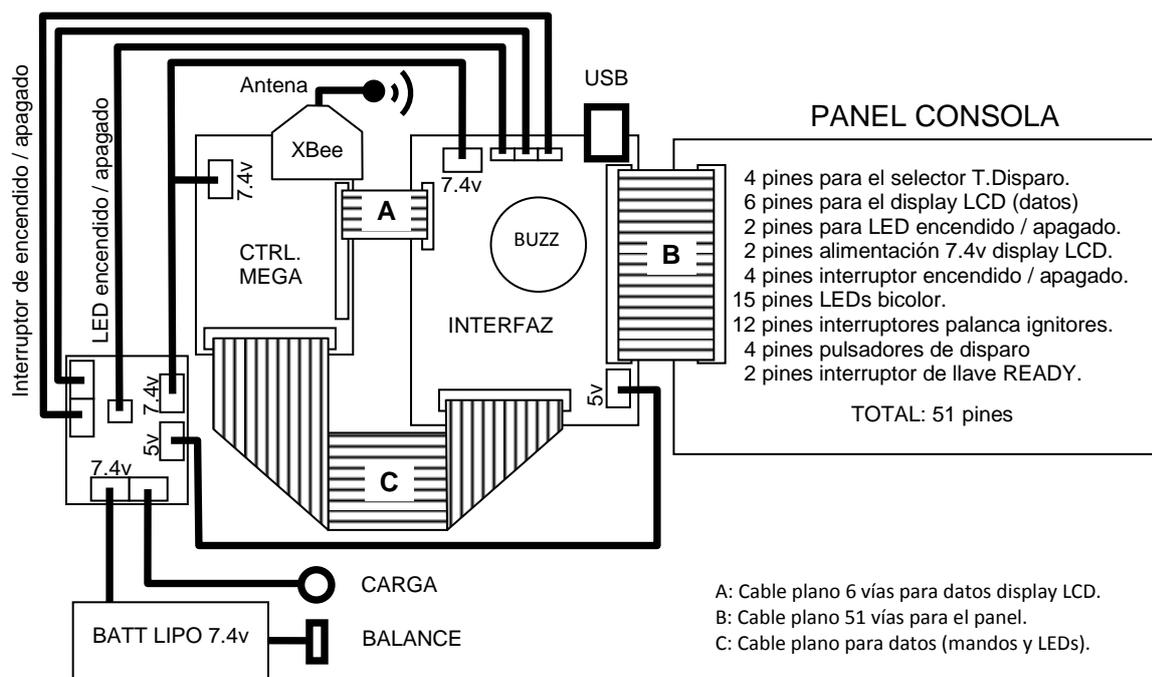
Anverso (vista desde arriba).



Reverso.

Realizado por:
Jesús Manuel Recuenco Andrés © 2014.

Esquema de conexión.



Soporte para la electrónica.

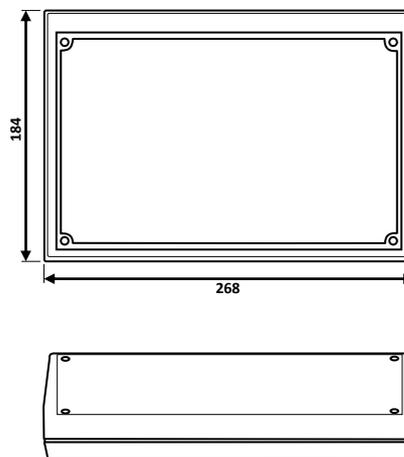
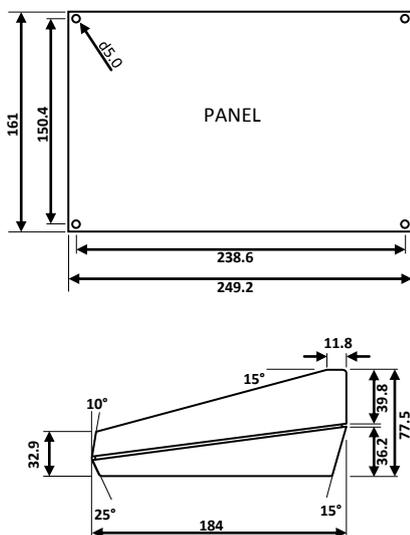
La caja para contener todos los componentes que llevará la *Consola de Control de Lanzamiento*, es la Retex ABOX modelo 33020112 de plástico ABS color negro con panel de aluminio de 2 mm, que además de ser un material resistente a golpes tiene forma de pupitre ergonómico, y por sus reducidas dimensiones resulta muy cómoda para transportar y almacenar.

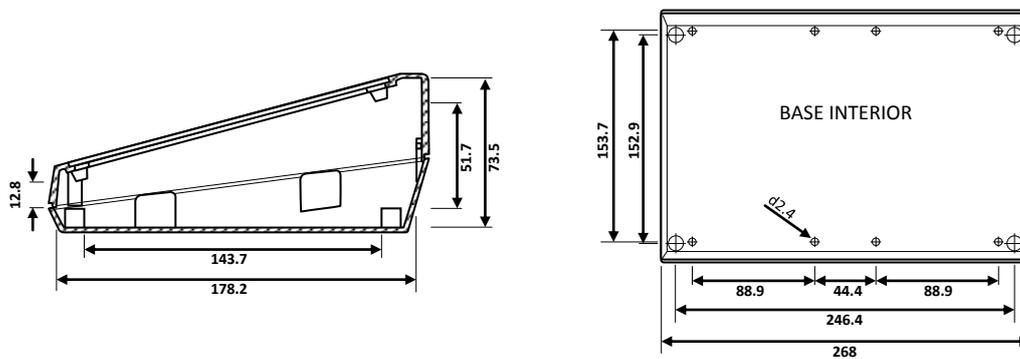
Sus principales dimensiones son:

- Ancho: 184 mm
- Alto trasero: 77,5 mm
- Alto delantero: 32,9 mm
- Largo: 268 mm



Fig 25: La caja Retex ABOX incluye 8 tornillos tirafondos y 4 pies de goma insertables.





Montaje de los componentes.

La placa de base para la fijación de los distintos dispositivos a instalar en el interior de la consola consiste en una plancha de poliestireno de 1,5 mm de grosor, sobre la que realizamos las perforaciones necesarias para fijar los componentes. La imagen que se muestra es a escala aproximada 1:2.

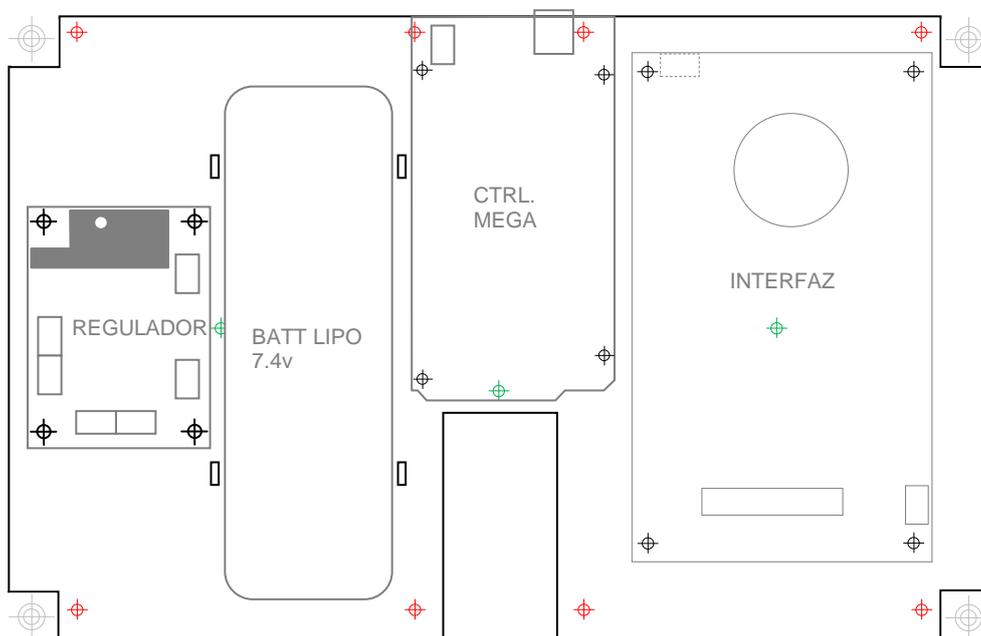


Fig 26: Vista en planta de la placa de base para la electrónica. Todos los orificios son de 3 mm.

Los ocho orificios coloreados en rojo son para fijar la placa a la base de la caja. Los tres orificios coloreados en verde son para colocar separadores de PCB de 7 mm en la parte inferior, para dar más rigidez a la placa de base.

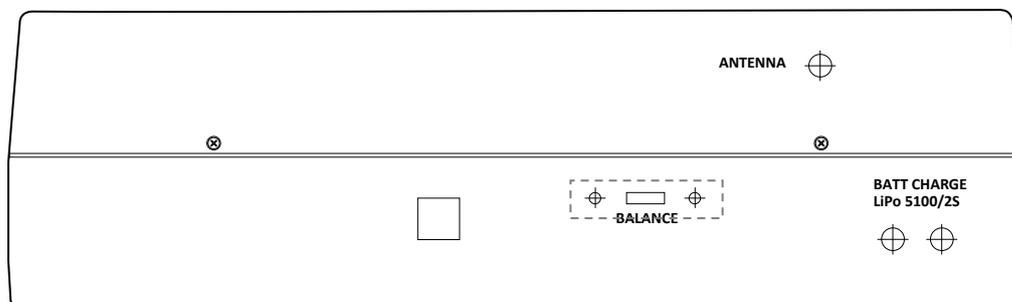


Fig 27: Serigrafía y perforaciones a realizar en la trasera de la caja pupitre ABOX. Los orificios del conector RPSMA de la antena y carga de batería son de 6 mm.

Preparamos el conector para la carga balanceada de las celdas de la batería LiPo. Para ello tomamos una porción de placa de fibra de vidrio sin cobre de 12x40 mm. A uno de los conectores le sustituimos los tres pines que tiene por otros más largos (12 mm), al otro conector le quitamos los tres pines. Pasamos los pines a través de la porción de placa de fibra y pegamos con cuidado la base de ambos conectores a la placa de fibra con pegamento de contacto.

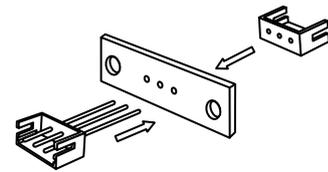


Fig 28: Conector para la carga balanceada.

Para adaptar la conexión de alimentación de corriente en la tarjeta controladora Arduino, retiramos con cuidado el conector Jack hembra que viene soldado a la PCB, y lo sustituimos por un conector rack para PCB de 2 vías. Es importante observar la polaridad de la alimentación de la tarjeta controladora.

Polaridad Arduino

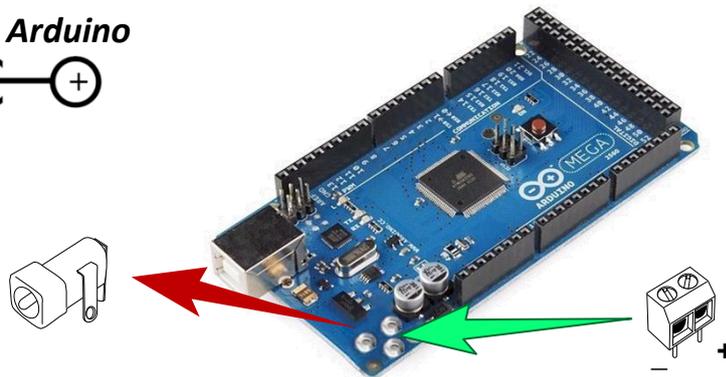


Fig 29: Sustitución del conector de alimentación de la tarjeta controladora.

Realizamos el mismo proceso en la otra tarjeta controladora Leonardo que vamos a utilizar en la Terminal de Disparo. La polaridad de alimentación es la misma en todas las tarjetas de la familia Arduino.

El cableado para la alimentación de los dispositivos se realiza por debajo de la placa de base.

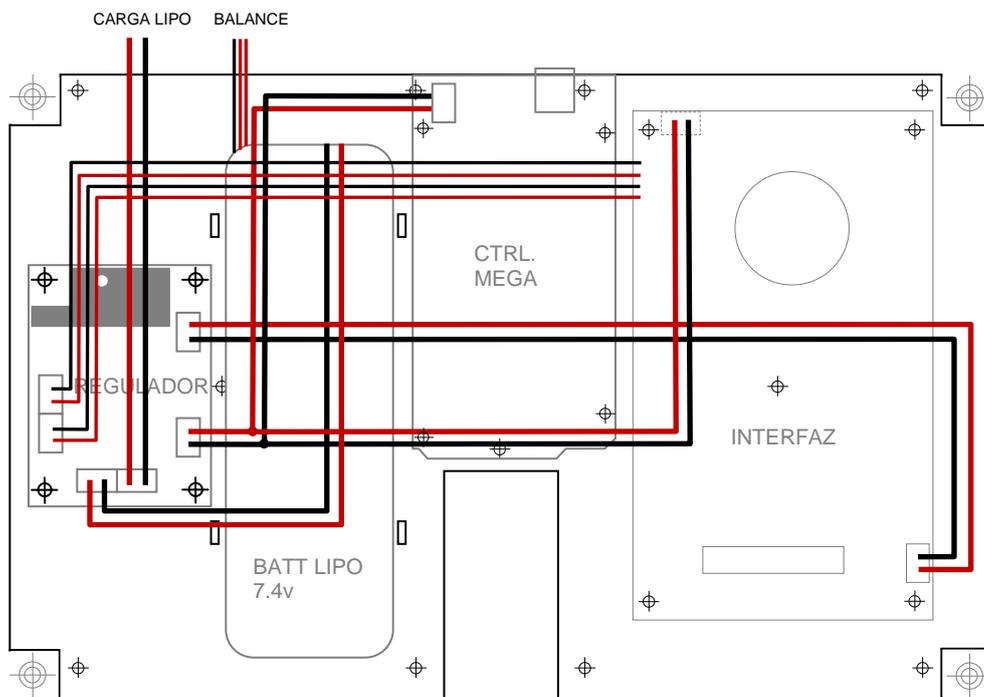


Fig 30: Cableado de alimentación, interruptor de encendido/apagado, balance y carga de la batería.

En el panel de la consola practicamos todos los orificios necesarios para instalar los siguientes periféricos:

- Porta LEDs (\varnothing 8 mm)
- Conmutador rotatorio (\varnothing 9 mm)
- Interruptores de palanca (15x11 mm)
- Pulsadores de disparo (\varnothing 16 mm)
- Interruptor de llave READY (\varnothing 16 mm)
- Interruptor de encendido / apagado (19x13 mm)
- Display LCD (24x71 mm)
- Fijación del display LCD (\varnothing 3 mm x4)
- Regulador de contraste display LCD (\varnothing 3,5 mm)
- Barras de protección de los interruptores (\varnothing 4 mm).

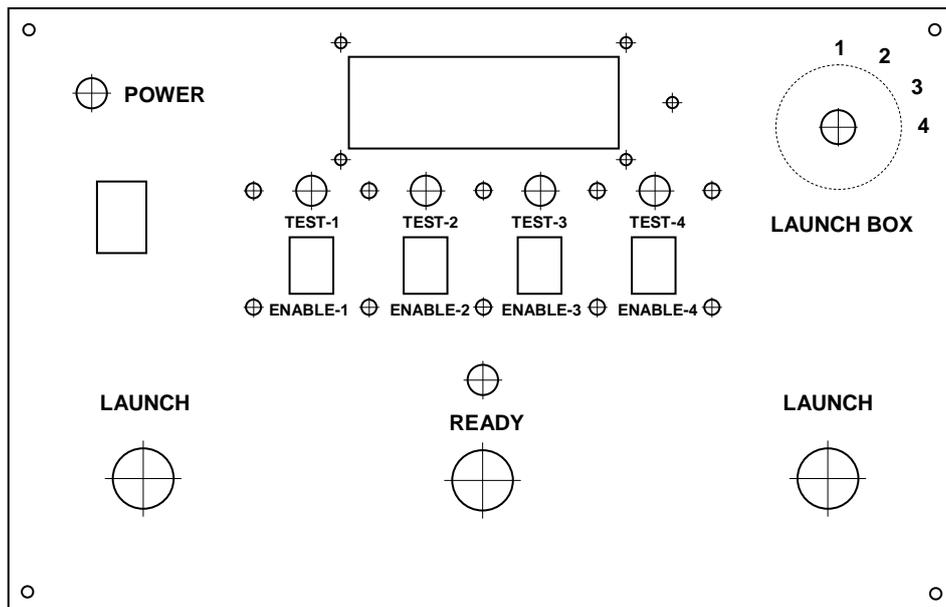


Fig 31: Serigrafía y perforaciones en el panel de la consola.

Los pulsadores de disparo se sitúan a ambos extremos del panel para evitar que puedan accionarse de forma accidental, siendo necesario que sean accionados con ambas manos.

Para rotular las etiquetas utilizamos las letras transferibles, una vez puestas, se cubre todo el panel con una lámina de acetato transparente para protegerlas.

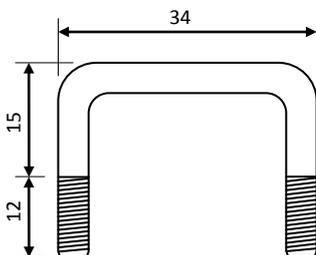


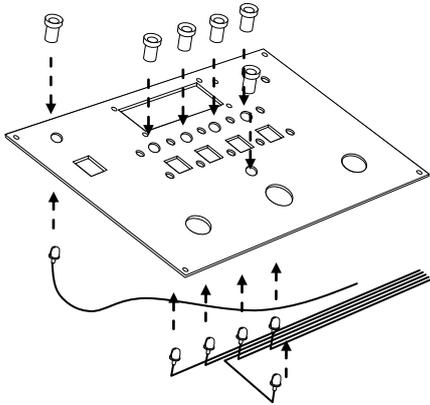
Fig 32: Barra protectora de interruptores.

Confeccionamos cinco barras protectoras para los interruptores de palanca a partir de una varilla lisa de hierro zincado M4, cortándola conforme a las medidas indicadas en la siguiente figura, y practicando en ellas una rosca en cada extremo utilizando una hembrilla de roscar.

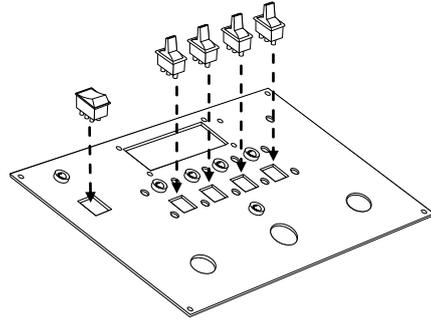
Estas barras protegerán los interruptores de palanca frente a posibles golpes.

Montaje del panel de control.

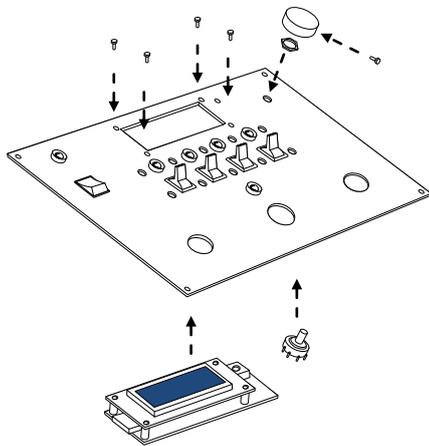
1



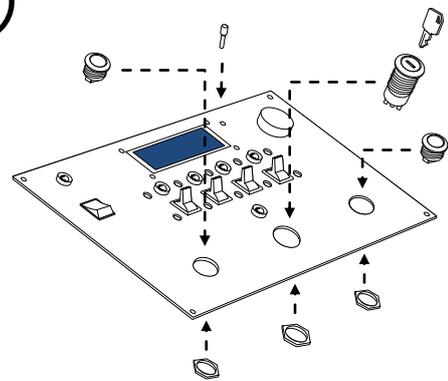
2



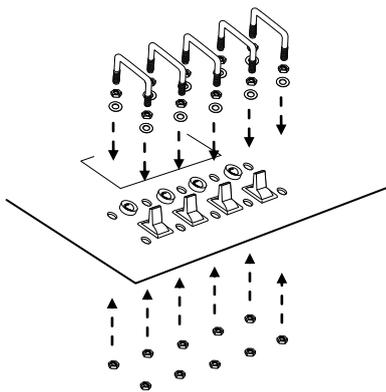
3



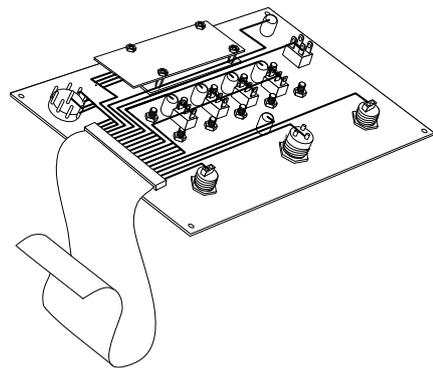
4



5



6



Lado cable plano.

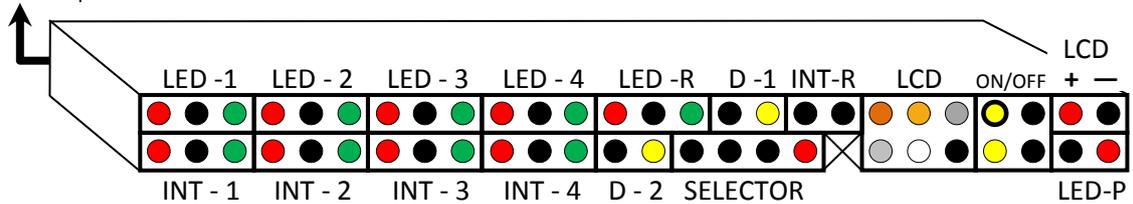
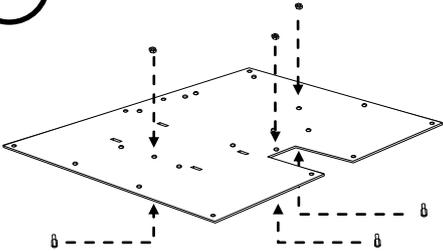


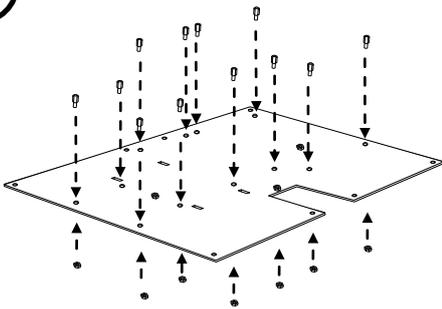
Fig. 33: Disposición de los pines en el conector bajo el panel de la consola, lado periféricos.

Montaje de la placa base.

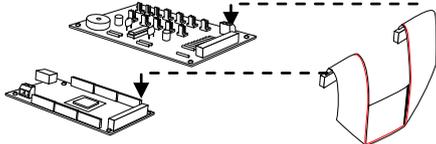
7



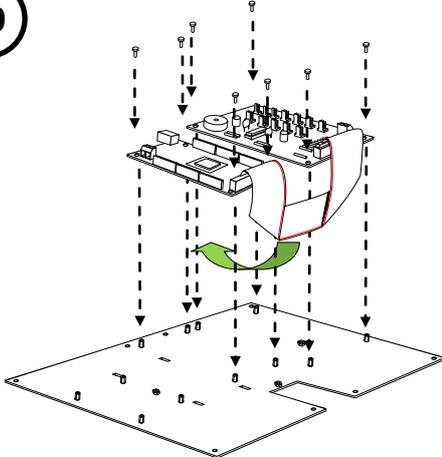
8



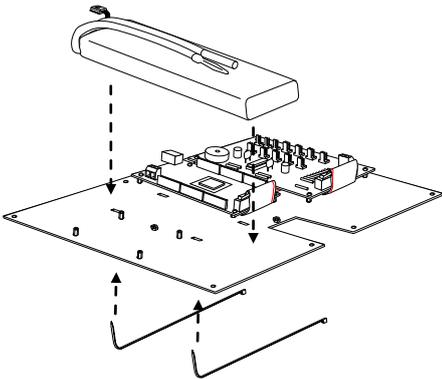
9



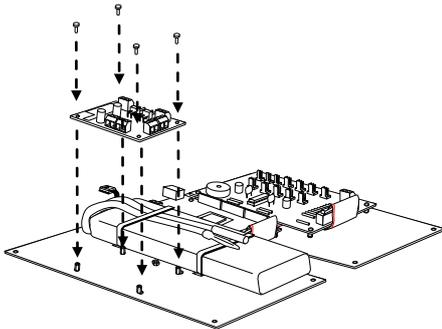
10



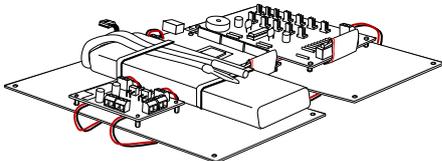
11



12

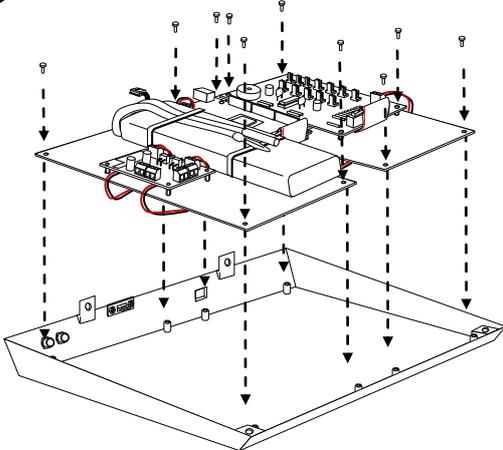


13

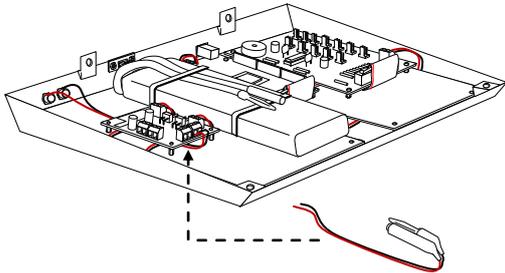


Montaje de la Consola de Control de Lanzamiento.

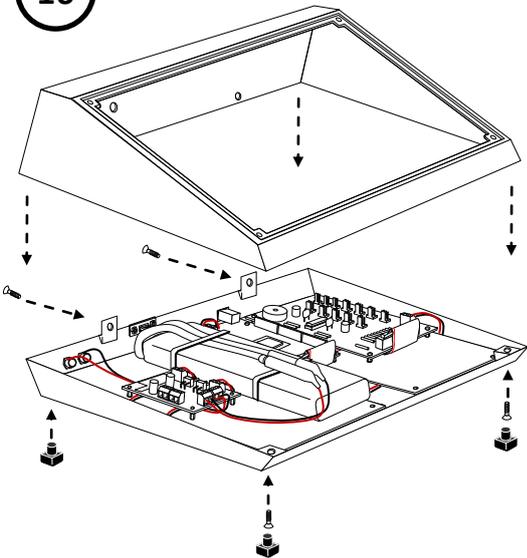
14



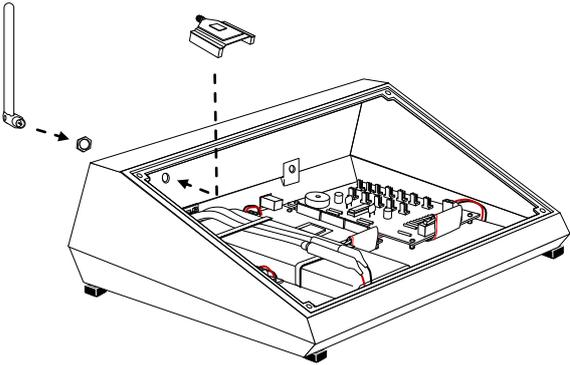
15



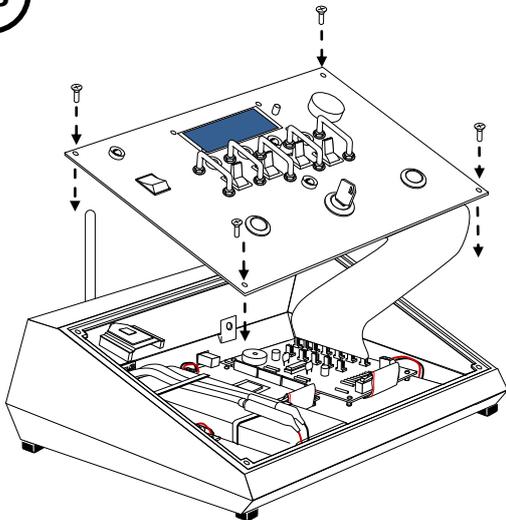
16



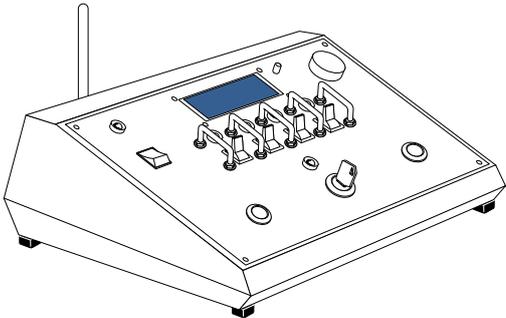
17



18



19



La Terminal de Disparo.

Componentes.

- Periféricos.
 - Dos interruptores de encendido / apagado.
 - Un conmutador de seguridad (Interruptor SAFE).
 - Diodo LED verde de encendido.
 - Diodo LED bicolor para el SAFE.
 - Cuatro pulsadores para el test de ignitores.
 - Cuatro diodos LED verde, uno por cada pulsador.
 - Conexión RPSMA para antena.
 - Una antena dipolo RPSMA 2GHz plegable.
 - Conexiones para la carga de la batería LiPo.
 - Conexiones para la carga de la batería Ac/Pb.
 - Seis soportes para diodos LED.
 - Cuatro salidas de tensión para ignitores.
 - Conexión puerto USB.
- Accesorios.
 - 15 mts. manguera 2 cables 1,5 mm² de sección para 4 ignitores.
 - 3 mts. cable coaxial 50 Ohm 4 mm apantallado para antena.
 - Trípode con pértiga de elevación para la antena.
- Componentes internos.
 - Una batería LiPo S2 de 7,4v DC, 6100 mAh.
 - Una batería Acido/Plomo de 12v DC, 7A.
 - Fusible lento 15A.
 - Una tarjeta controladora Arduino Leonardo.
 - Una tarjeta reguladora de tensión y carga.
 - Cuatro tarjetas de interfaz para ignitores
 - Un zumbador piezoeléctrico 5v, 90db.
 - Un módulo de comunicación XBee Pro 63 mW RPSMA - Series 2.
 - Una tarjeta reguladora Explorer compatible para el módulo XBee.



Fig. 34: Interruptor basculante bipolar 2 posiciones. Ref.IT11105 (Electrónica Embajadores).



Fig. 35: Diodo LED bicolor difuso verde / rojo. Ref. SMDL5DBIC (Electrónica Embajadores).



Fig. 36: Diodo LED difuso verde. Ref. SMDL5DV (Electrónica Embajadores).



Fig. 37: Soporte porta LED plástico negro cónico. Ref. SLRTF5020 (Telkron).



Fig. 38: Hembrilla 4mm negra Ref. CT6190NE, y roja Ref. CT6190RO. (Electrónica Embajadores).



Fig. 39: Batería LiPo Police Pack 6100/2S 7.4v Green Line. (AEROMODELO).



Fig. 40: Batería Ac/Pb Yuasa 12v 7 Ah. Ref. BA127Y (Telkron).



Fig. 41: Antena dipolo 2,4 GHz RPSMA Tipo Duck. (EBAY).



Fig. 42: Pulsador antivandálico . Ref. IT4A008 (Electrónica Embajadores).



Fig. 43: Conector hembra aéreo de 2 vías. Ref. CTEAHA2 (Electrónica Embajadores).



Fig. 44: Conector macho panel de 2 vías. Ref. CTEAMB2 (Electrónica Embajadores).



Fig. 45: Conmutador basculante bipolar 2 posiciones. Ref. IT11102 (Electrónica Embajadores).



Fig. 46: Zumbador piezoeléctrico. 90 db con cables. Ref. ZBPZC09 (Electrónica Embajadores)



Fig. 47: Portafusibles Ref. FU5A530 y Fusible lento 15A Ref. FUCR5T103 (Electrónica Embajadores).



Fig. 48: Pinzas cocodrilo. Ref. CTJ1PR (Electrónica Embajadores)



Fig. 49: Conector SMA hembra crimpar aéreo Ref. CTP0015 y Conector SMA macho crimpar aéreo Ref. CTP0002 (Electrónica Embajadores).

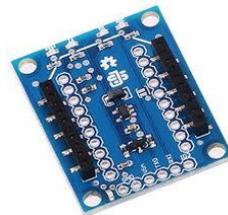


Fig. 50 Tarjeta Xbee Explorer reguladora. (EBAY)



Fig. 51: Cable manguera 2 x 1,5 mm² sección. Ref. CA2A100 (Electrónica Embajadores).



Fig. 52: Cable coaxial 50 Ohm Ref. CA1A058 (Electrónica Embajadores).

Presupuesto.

Componente.	Ud.	P.Ud.	Total
ANTENA 2,4 GHz RPSMA TIPO DUCK	1	6,55	6,55
ARANDELA PLANA M6	6	0,03	0,18
ARDUINO LEONARDO R3 BOARD REV3 MEGA32UA	1	15,90	15,90
BATERIA ACIDO-PLOMO 12V 7AH YUASA	1	17,36	17,36
BATERIA LiPo 6100/2S POLICE 7,4v GREEN LINE	1	43,00	43,00
CABLE COAXIAL RG58 C/U 50OHM 1000MM 4MM	3	0,83	2,49
CABLE FLEXIBLE UNIPOLAR 1000MM 0.50MM	2	0,13	0,26
CABLE MANGUERA 1000MM 2 HILOS 1,5MM	15	0,68	10,20
CAJA RETEX KIT SOLBOX RS-13 250X100X160MM	1	37,04	37,04
CIRCUITO INTEGRADO 7805T	1	1,75	1,75
CIRCUITO INTEGRADO OPTOACOPLADOR 4N35	8	0,41	3,28

Componente.	Ud.	P.Ud.	Total
CONDENSADOR CERAM. MULTICAPA X7R 100nF 25V 105°	2	0,13	0,26
CONDENSADOR ELECTROLIT. RADIAL 100uF 25V 105°	1	0,05	0,05
CONDENSADOR ELECTROLIT. RADIAL 47uF 25V 105°	1	0,05	0,05
CONECTOR MACHO RECTO 3 VIAS PASO 2.50 MM SERIE EH	2	0,01	0,02
CONECTOR MICROFONICO AEREO HEMBRA 2 POLOS	4	1,20	4,80
CONECTOR MICROFONICO BASE MACHO 2 POLOS	4	1,31	5,24
CONECTOR POSTE 2,54 2 VIAS HEMBRA Y PINES	2	0,17	0,34
CONECTOR POSTE 2,54 2 VIAS MACHO RECTO	2	0,16	0,32
CONECTOR POSTE 2,54 3 VIAS HEMBRA Y PINES	1	0,25	0,25
CONECTOR POSTE 2,54 3 VIAS MACHO RECTO	1	0,25	0,25
CONECTOR POSTE 2,54 4 VIAS HEMBRA Y PINES	4	0,33	1,32
CONECTOR POSTE 2,54 4 VIAS MACHO RECTO	4	0,33	1,32
CONECTOR REGLETA PCB 2 VIAS	19	0,28	5,32
CONMUTADOR BASCULANTE 2P 1C NEGRO	1	0,95	0,95
DIODO LED 5MM DIFUSO BICOLOR ROJO-VERDE	1	0,33	0,33
DIODO LED 5MM DIFUSO VERDE	5	0,13	0,65
FUSIBLE CRISTAL 5X20 LENTO 10A 250V	1	0,12	0,12
HEMBRILLA PANEL 4MM NEGRA/ROJA	4	0,42	1,68
INTERRUPTOR BASCULANTE BIPOLAR 2 POSICIONES NEGRO	2	1,02	2,04
LAMINA ACETATO TRANSPARENTE ADHESIVA	1	0,21	0,21
LETRAS TRANSFERIBLES 3MM HELVETICA	1	0,73	0,73
MUELLE ESPIRAL F5 M9 80MM	2	0,49	0,98
PLACA FIBRA POSITIVA 1C 100x150 PFP-3	2	3,52	7,04
PLACA FIBRA POSITIVA 2C 100x160 PFP-3	1	6,82	6,82
PLACA FIBRA VIDRIO SIN COBRE 1,5MM 350X150MM	2	7,29	14,58
PLACA XBEE EXPLORER REGULADA	1	8,65	8,65
PORTAFUSIBLES CHASIS ROSCA 5X20	1	1,40	1,40
PULSADOR PANEL ANTIVANDALICO CROMADO 1NA	4	3,35	13,40
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 10K	12	0,03	0,36
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 120	1	0,03	0,03
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 1K	12	0,03	0,36
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 220	2	0,03	0,06
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 3K3	2	0,03	0,06
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 47K	1	0,03	0,03
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 7K5	1	0,30	0,30
RESISTENCIA CARBON 1/4W 5% 470	4	0,30	1,20
RESORTE HORQUILLA F8 0.5MM 40MM	2	0,05	0,10
SEPARADOR PCB HEXAGONAL 5MM M3	20	0,12	2,40
SOPORTE LED CONICO PLASTICO 5MM	6	0,28	1,68
TERMORETRACTIL 1200MM 2MM	1	1,65	1,65
TIRA PINES MACHO ACODADO 1x40 ORO (SPB)	1	0,45	0,45
TIRA PINES MACHO RECTA 1x40 ORO (SPB)	1	0,39	0,39
TORNILLO M3 12MM CABEZA TRAPEZOIDAL	2	0,05	0,10
TORNILLO M3 4MM CABEZA RECTA	12	0,04	0,48
TRANSISTOR 2N2222	4	0,55	2,20
TRANSISTOR IRF540 SPB	4	0,87	3,48
TUERCA PLANA M6	4	0,12	0,48
VARILLA CALIBRADA ACERO INOX LISA 6MM	1	1,99	1,99
XBEE PRO 63 mW (+17dBm) 2,4 GHz Serie 2B RPSMA	1	35,24	35,24
ZUMBADOR PIEZOELECTRICO 2-24VDC 90DB CON HILOS	1	1,49	1,49
TOTAL:			271,66

Nota: Los importes son sin IVA.

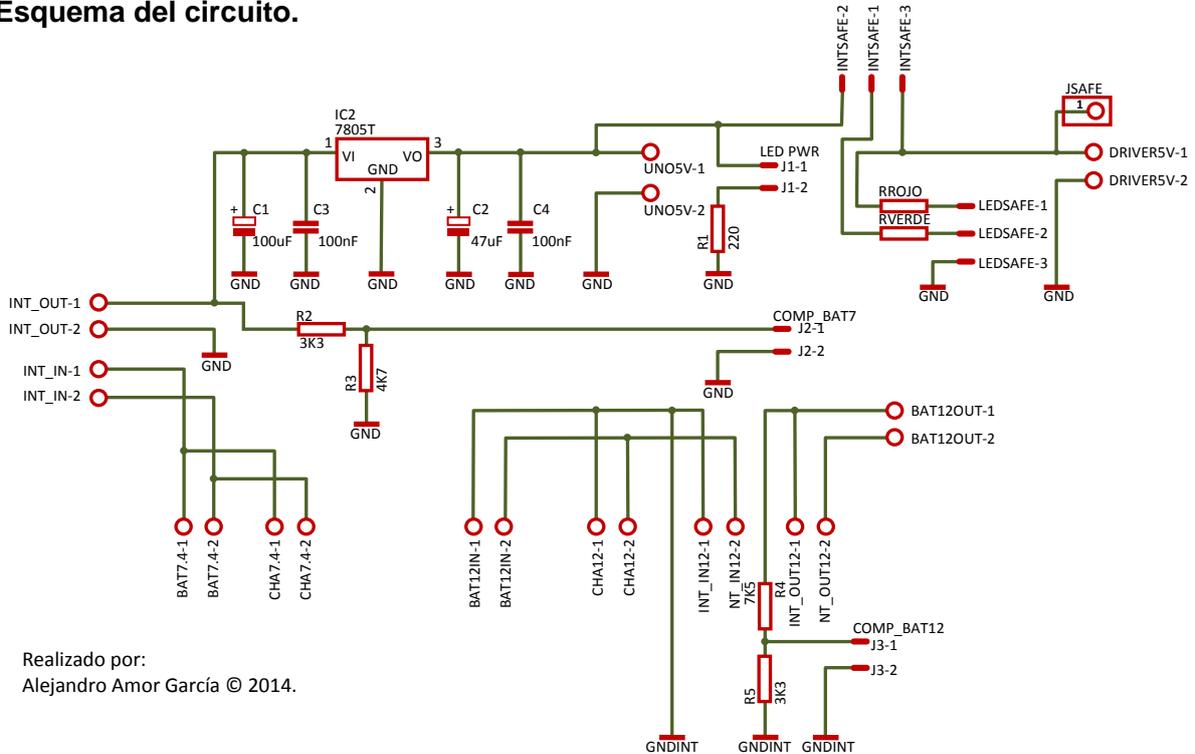
Esquemas de circuitos y PCBs.

En esta sección sólo se exponen los esquemas y los dibujos de las tarjetas diseñadas y fabricadas exprofeso para la *Terminal de Disparo*.

Tarjeta reguladora de tensión y carga de la batería.

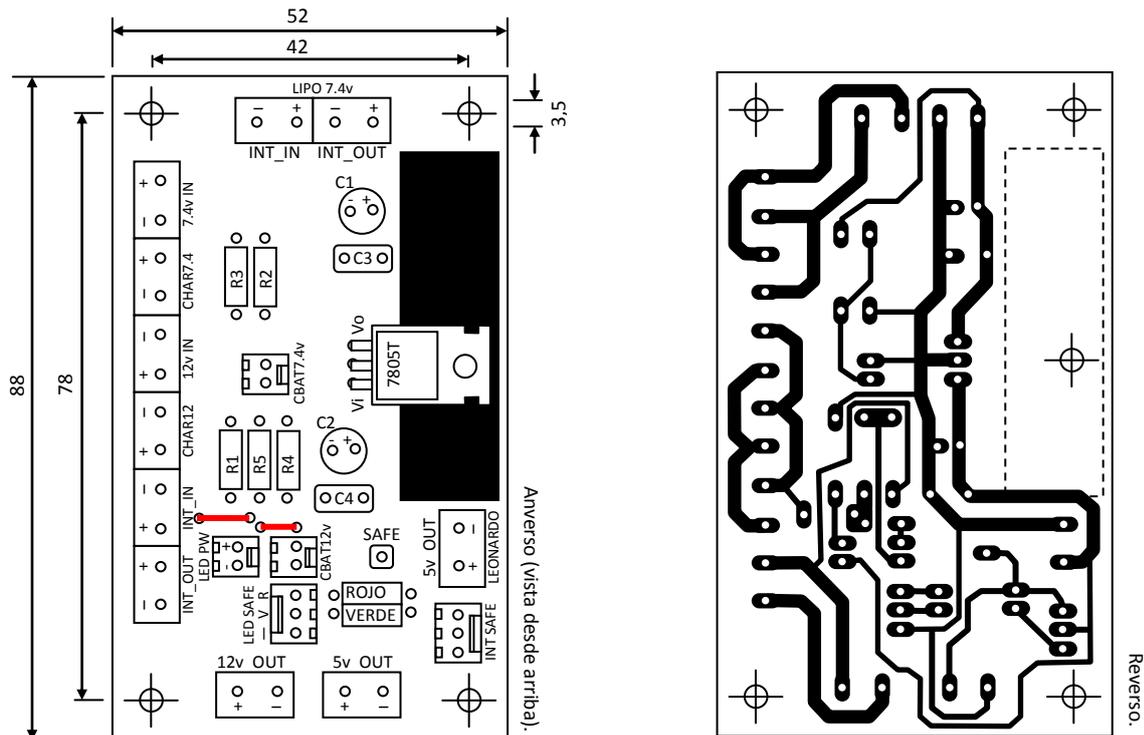
Esta tarjeta sirve para regular la tensión suministrada a los dispositivos, realizar la carga de las baterías y opcionalmente comprobar el nivel de carga de las mismas. También sirve de interfaz para comprobar el estado del interruptor SAFE.

Esquema del circuito.



PCB.

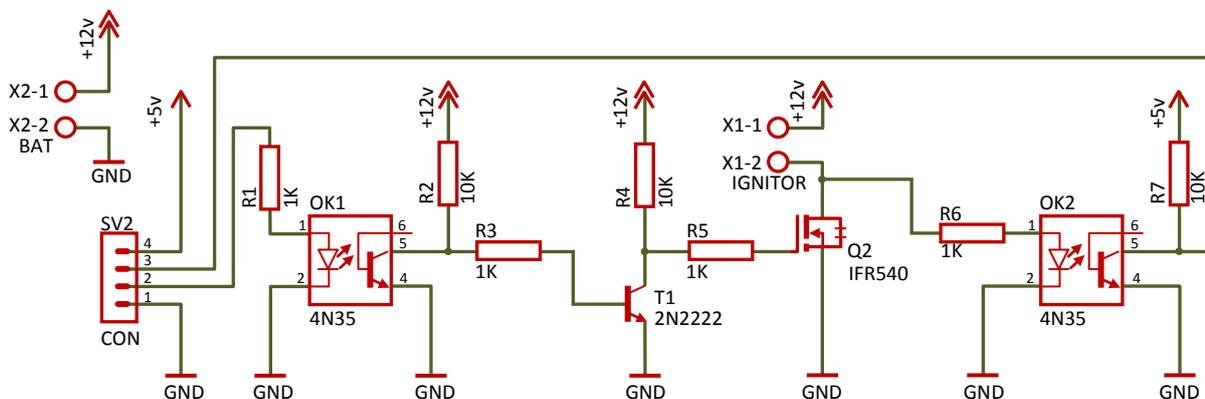
Placa de fibra vidrio con cubierta de cobre a doble cara. Las imágenes que se muestran son a escala aproximada 1:1. Las dimensiones indicadas son en milímetros.



Driver ignitor.

Esta tarjeta tiene la función de quemar un ignitor, por lo tanto dispondremos de una tarjeta driver por cada salida de ignitor. La tarjeta driver ignitor actúa de interfaz entre la controladora Arduino Leonardo y el propio ignitor, posee una alimentación adicional mediante una batería Ac/Pb de 12v 7 Ah para asegurar el quemado del ignitor, asimismo permitirá realizar la comprobación de continuidad del ignitor a pie de rampa.

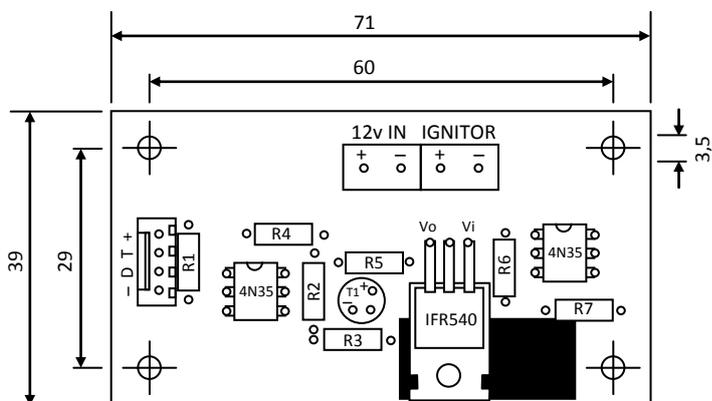
Esquema del circuito.



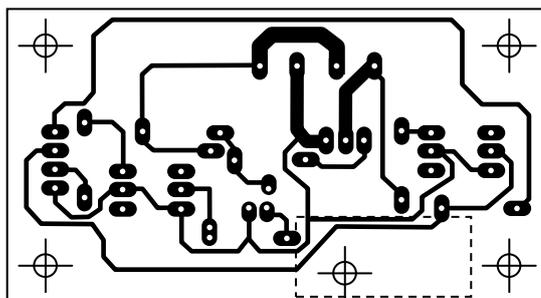
Realizado por:
Alejandro Amor García © 2014.

PCB.

Placa de fibra vidrio con cubierta de cobre a doble cara. Las imágenes que se muestran son a escala aproximada 1:1. Las dimensiones indicadas son en milímetros.



Anverso (vista desde arriba).

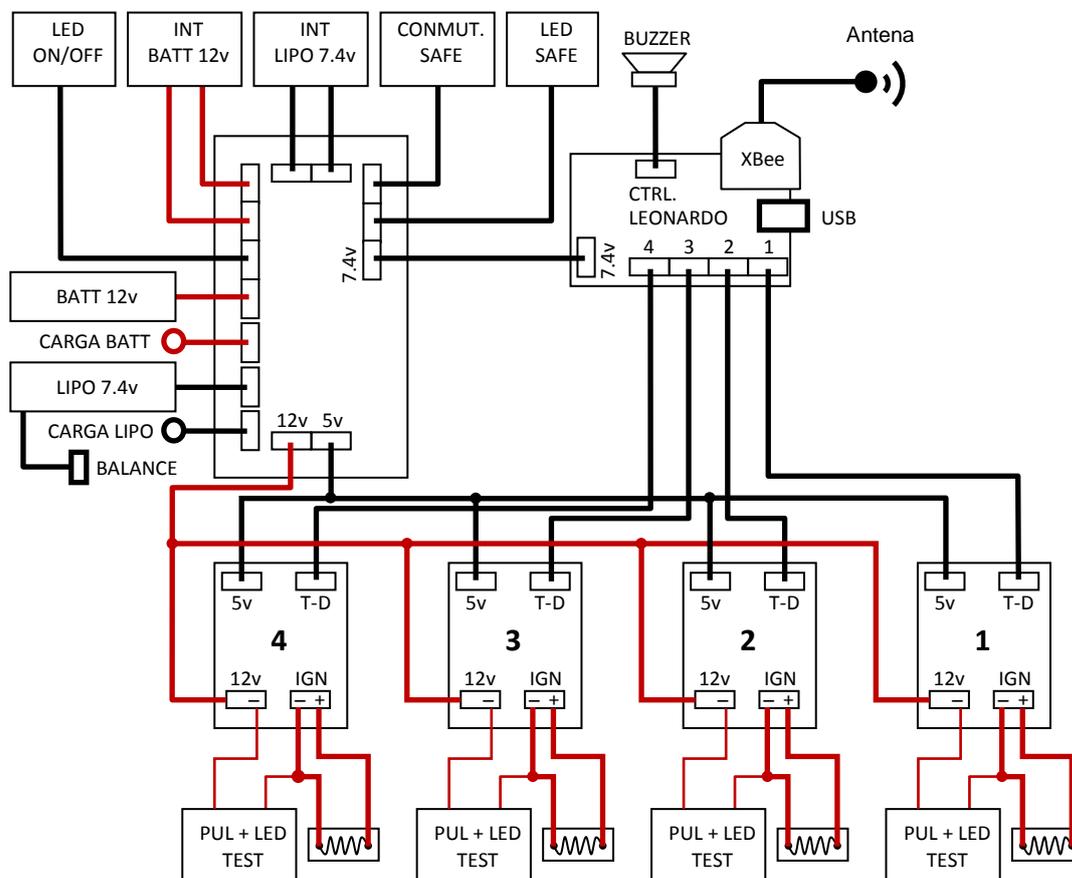


Reverso.

Esquema de conexión.

En el esquema de las conexiones hay que distinguir dos circuitos independientes:

- El circuito alimentado por la batería LiPo de 7,4v, y regulado 5v (negro).
- El circuito alimentado por la batería de ácido-plomo 12v (rojo).



Soporte para la electrónica.

La caja para contener todos los componentes que llevará la *Terminal de Disparo* es la Retex Kit SOLBOX modelo RS13. Es una caja totalmente desmontable y muy robusta, hecha de chapa de acero, acabado con pintura Epoxi color gris polar, con panel trasero y delantero de aluminio de 2 mm.

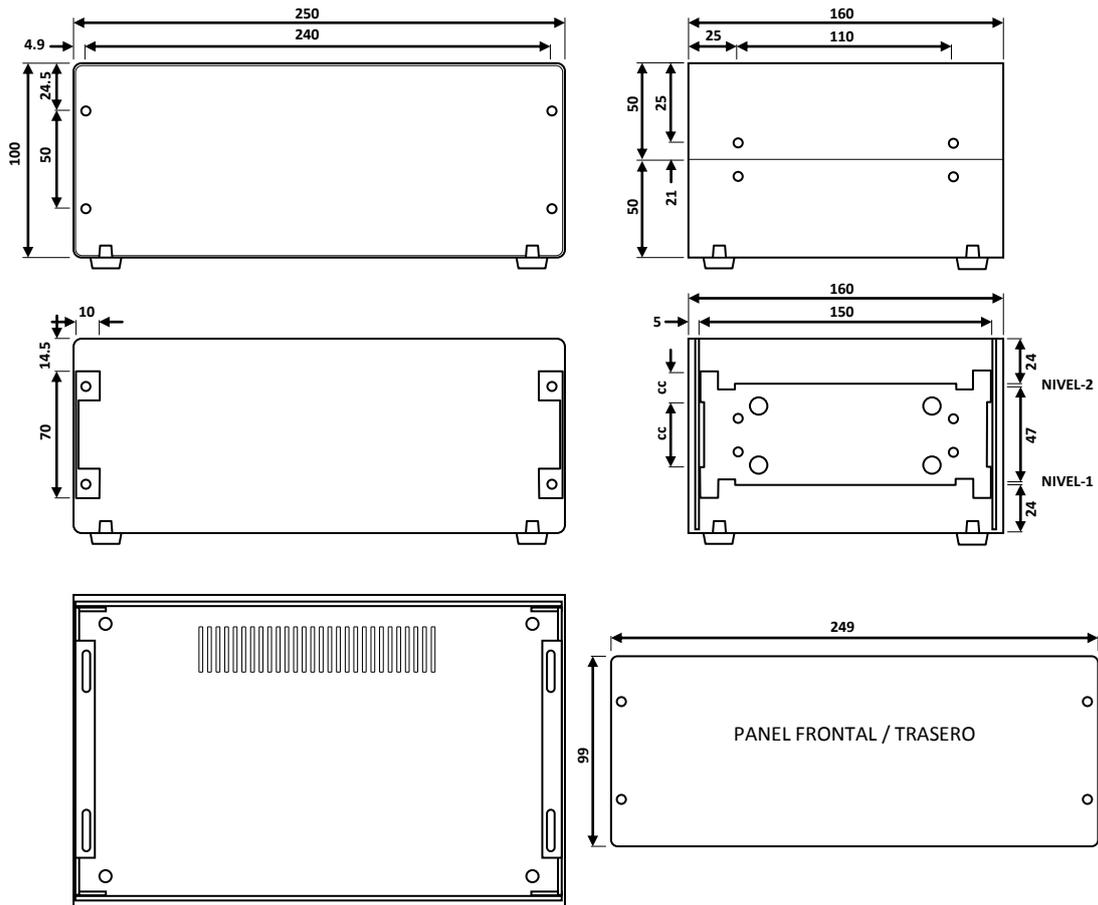
Las dimensiones principales son:

- Ancho: 160 mm.
- Alto: 100 mm.
- Largo: 250 mm.



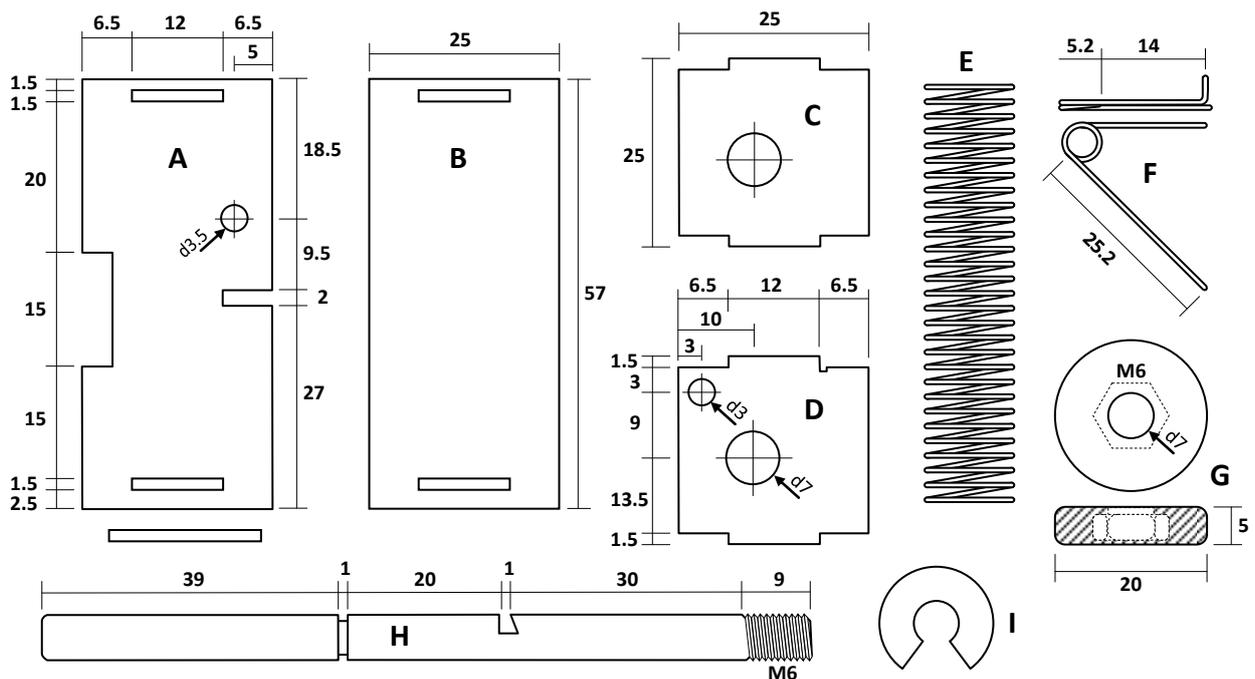
Fig 53: La caja Retex SOLBOX RS13 incluye 4 pies de goma insertables.

En este modelo se incluyen cuatro pies de goma insertables, sin embargo no son extensibles, por lo que montaremos en el interior un mecanismo de patas extensibles que eleven el frontal unos 15° aproximadamente. Tampoco incluye asas para el transporte, por lo que tendremos que mecanizarlas e instalarlas en el panel frontal.



Montaje de los componentes.

La estructura interior de la caja tiene soportes en dos niveles para instalar dos placas base para la electrónica. En primer lugar confeccionamos las estructuras que contendrán un pequeño mecanismo que permita la extracción de las patas que van a sustituir a los dos pies delanteros. Los siguientes dibujos están a escala aprox. 1:1



Todas las piezas han de hacerse por duplicado.

- A** - Panel lateral de fibra de vidrio de 1,5 mm, lado de la pared de la caja.
- B** - Panel lateral de fibra de vidrio de 1,4 mm, lado opuesto al panel A.
- C** - Panel superior de fibra de vidrio de 1,5 mm.
- D** - Panel inferior de fibra de vidrio de 1,5 mm.
- E** - Muelle de acero 0,5 mm, 10x55 mm.
- F** - Resorte-horquilla de acero 0,6 mm.
- G** - Pie fabricado con epoxi de dos componentes y tuerca M6 insertada.
- H** - Varilla lisa de acero inoxidable M6 100 mm.
- I** - Arandela plana abierta M6 para tope del muelle.

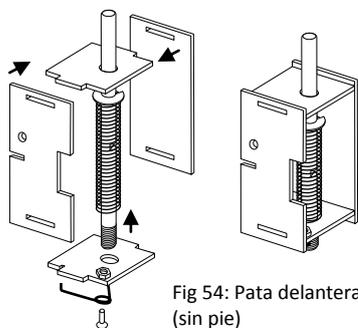


Fig 54: Pata delantera izquierda.
(sin pie)

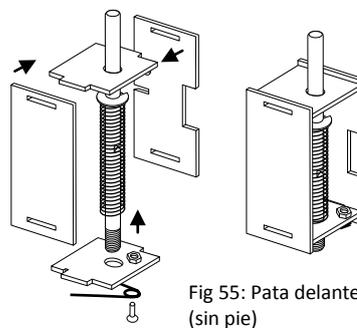
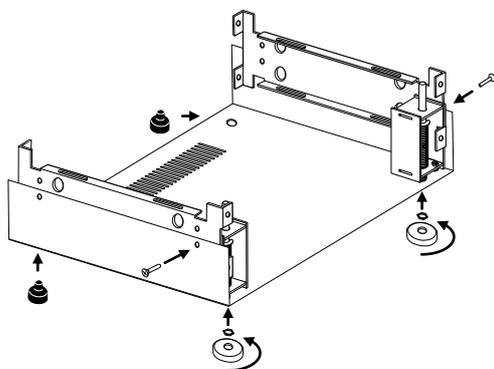


Fig 55: Pata delantera derecha.
(sin pie)



Una vez montadas las patas extraíbles, pasamos a preparar los paneles frontal y trasero.

En primer lugar realizamos las perforaciones conforme al dibujo (Fig. 56 y 57), y posteriormente se realizará la serigrafía con letras transferibles.

Para proteger las etiquetas, cubriremos el panel con lámina de acetato transparente adhesiva.

En el panel frontal practicamos todos los orificios necesarios para instalar los siguientes periféricos:

- Porta LEDs (\varnothing 8 mm)
- Conmutador SEGURIDAD (\varnothing 19x13 mm)
- Interruptores de encendido / apagado (19x13 mm)
- Pulsadores de test (\varnothing 20 mm)
- Conectores para los ignitores (\varnothing 16 mm)

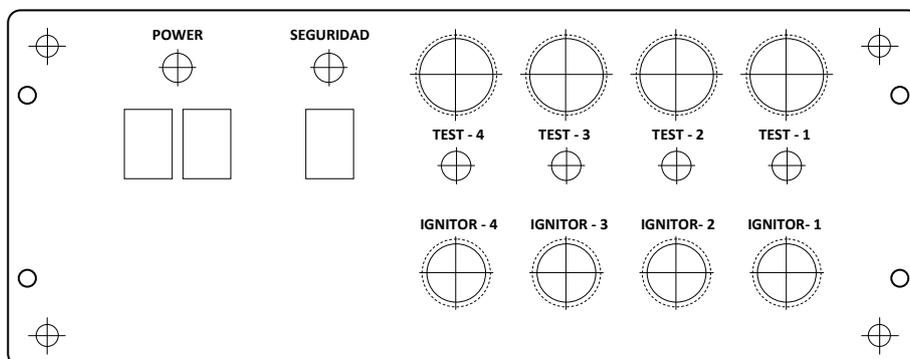


Fig 56: Serigrafía y perforaciones en el panel frontal de la Terminal de Disparo. Escala aprox. 1:2

En el panel trasero practicamos todos los orificios necesarios para instalar los siguientes periféricos:

- Porta fusible (\varnothing 15 mm)
- Conector RPSMA para la antena (\varnothing 6 mm)
- Conexión mini USB (12x3 mm)
- Conectores para carga de baterías (\varnothing 8 mm)
- Conector para la carga balanceada (\varnothing 10x4 mm)

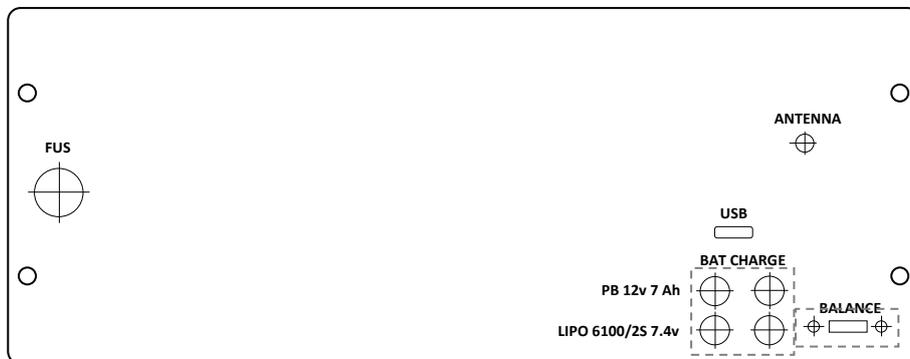


Fig 57: Serigrafía y perforaciones en el panel trasero de la Terminal de Disparo. Escala aprox. 1:2

Preparamos el conector para la carga balanceada de las celdas de la batería LiPo. Para ello tomamos una porción de placa de fibra de vidrio sin cobre de 10x30 mm. A uno de los conectores le sustituimos los tres pines que tiene por otros más largos (12 mm), al otro conector le quitamos los tres pines. Pasamos los pines a través de la porción de placa de fibra y pegamos con cuidado la base de ambos conectores a la placa de fibra con pegamento de contacto.

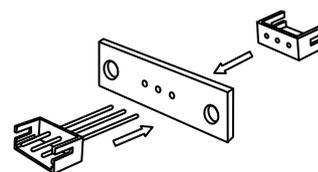


Fig 58: Conector para la carga balanceada.

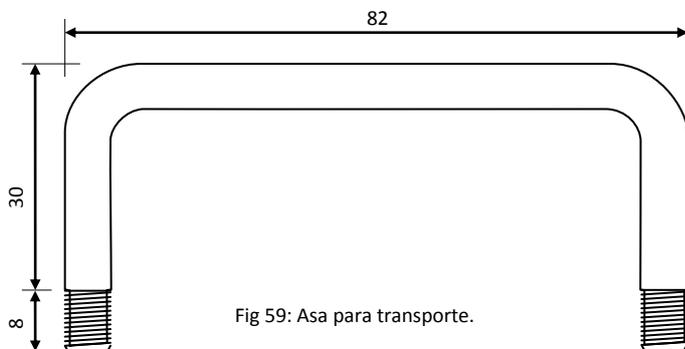
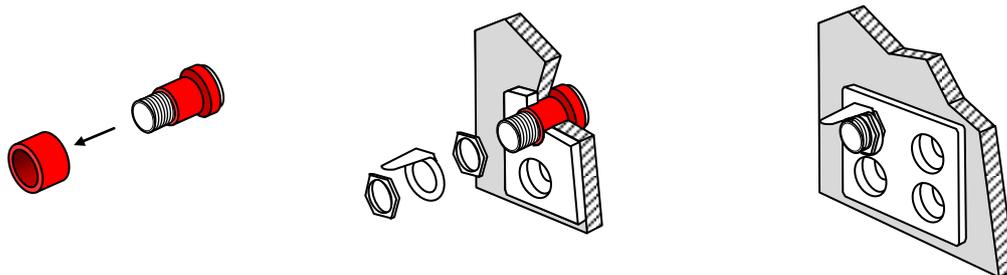


Fig 59: Asa para transporte.

Confeccionamos dos asas para el transporte a partir de una varilla lisa de acero inoxidable M6, cortándola conforme a las medidas indicadas en la siguiente figura, y practicando en ellas una rosca en cada extremo utilizando una hembrilla de roscar.

Dibujo a escala aproximada 1:1

Dado que el panel trasero es de aluminio, debemos aislar los conectores para la carga de las baterías. Para ello utilizaremos una placa de poliestireno de 25x20mm, 1 mm de grosor, sobre la que practicamos cuatro orificios de 8 mm de diámetro para que entre el conector y su cubierta aislante (Fig. 60).



En el primer nivel pondremos los drivers de los ignitores y la tarjeta controladora Leonardo sobre la placa de fibra de vidrio (Fig. 60), de forma que quede a la altura de los conectores para los cables de los ignitores. Bajo esta placa fijaremos la batería LiPo con un par de bridas.

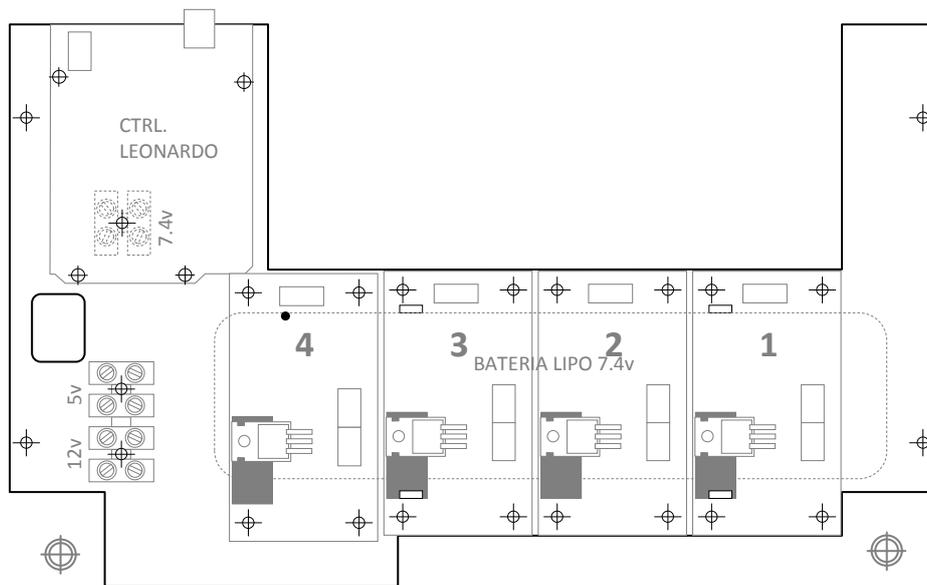


Fig 60: Vista en planta de la placa del primer nivel, y colocación de los dispositivos. Escala aprox. 1:2.

En el segundo nivel pondremos el buzzer y la PCB reguladora sobre otra placa de fibra de vidrio (Fig. 61) de forma que quede situada al mismo nivel de los interruptores y de los pulsadores de test de los ignitores.

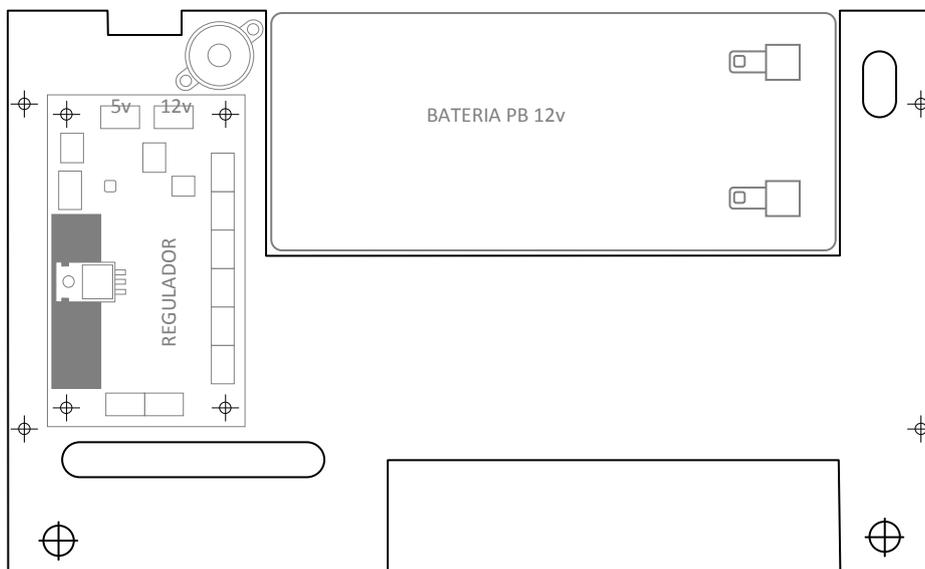


Fig 61: Vista en planta de la placa del segundo nivel, y colocación de los dispositivos. Escala aprox. 1:2.

Para adaptar la conexión de alimentación de corriente en la tarjeta controladora Arduino Leonardo, retiramos con cuidado el conector Jack hembra que viene soldado a la PCB, y lo sustituimos por un conector rack para PCB de 2 vías (ver Fig. 29). Es importante observar la polaridad de la alimentación de la tarjeta controladora.

El cableado para la carga de las baterías, y alimentación de los dispositivos instalados en la placa del primer nivel, pasan a través las aberturas practicadas en ambas placas, hasta llegar a la PCB reguladora de tensión y alimentación situada en el segundo nivel.

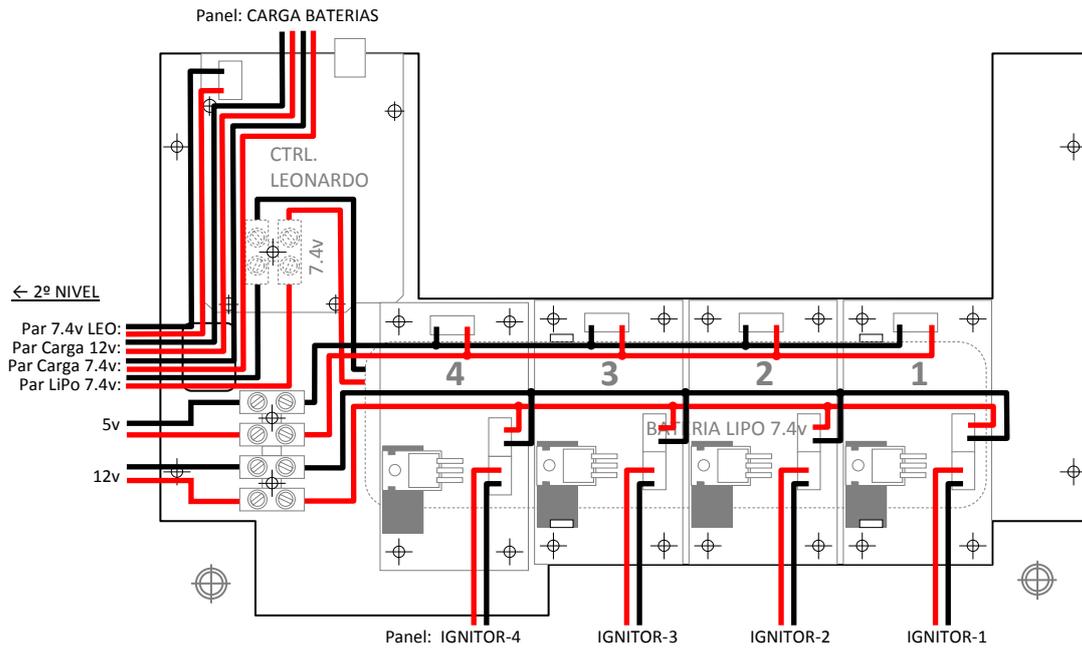


Fig 62: Cableado en el primer nivel.

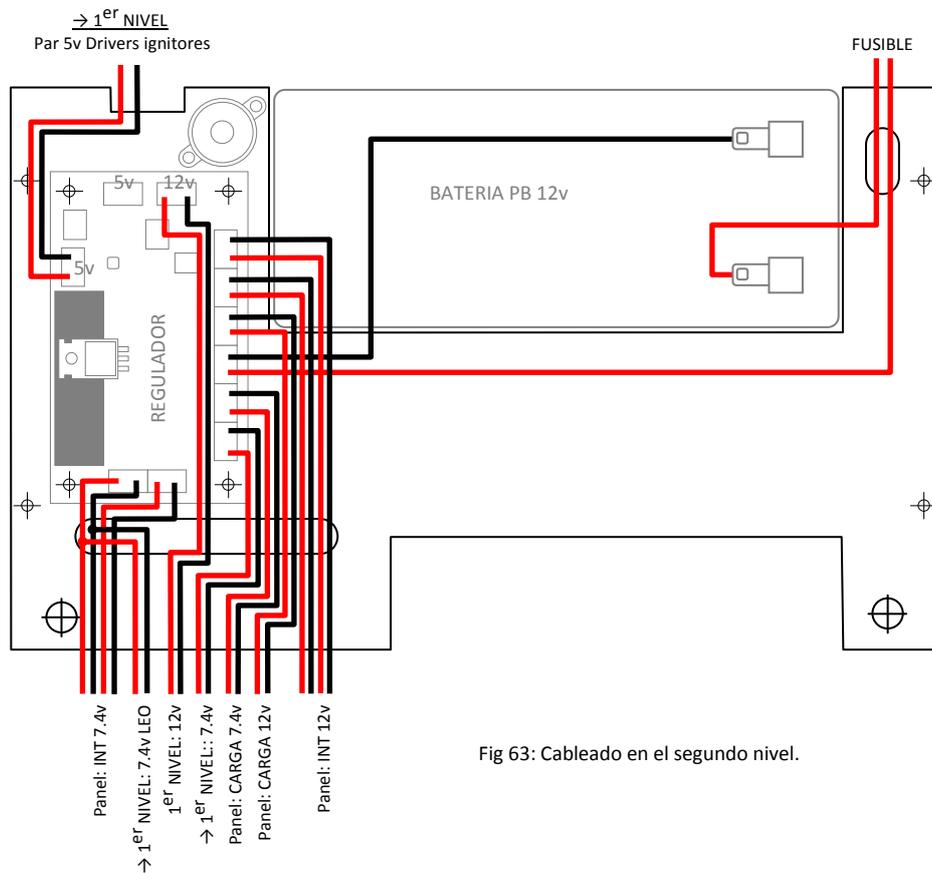
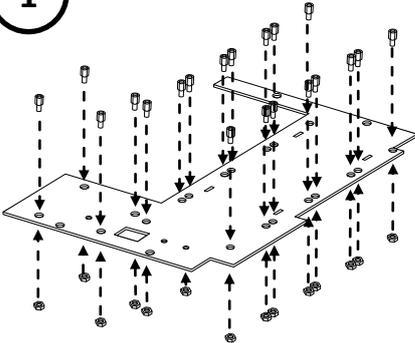


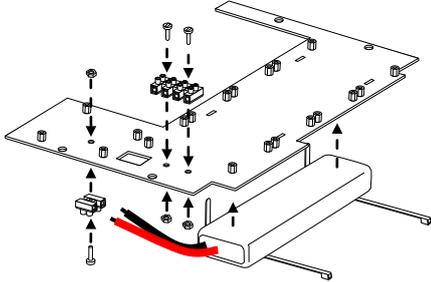
Fig 63: Cableado en el segundo nivel.

Montaje del primer nivel.

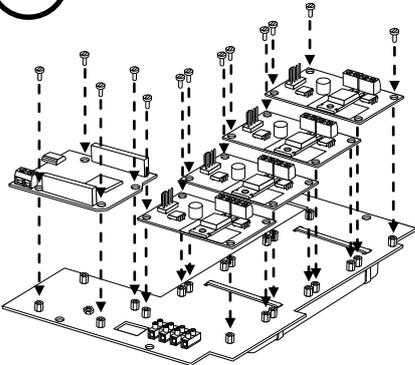
1



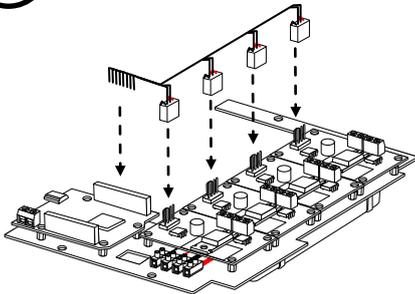
2



3

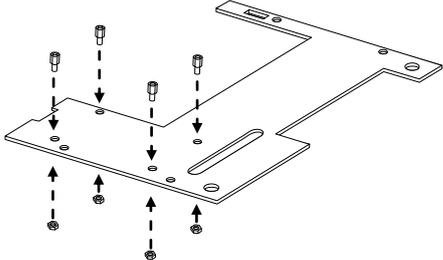


4

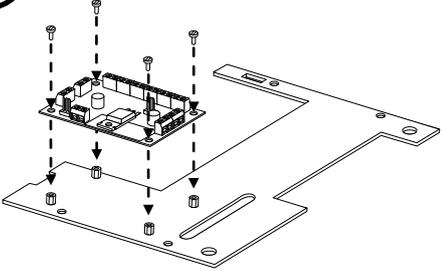


Montaje del segundo nivel.

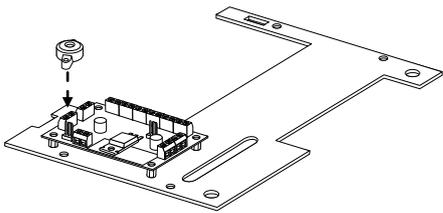
5



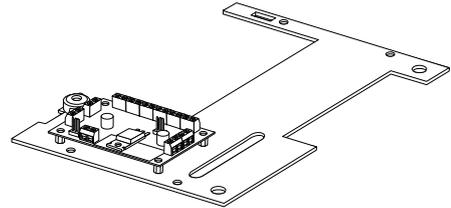
6



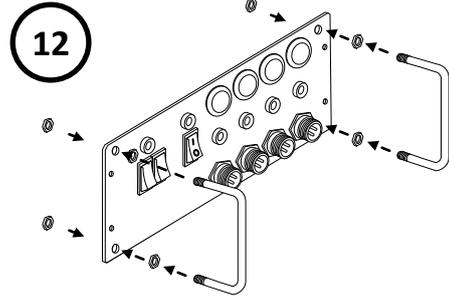
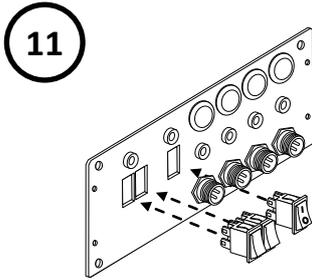
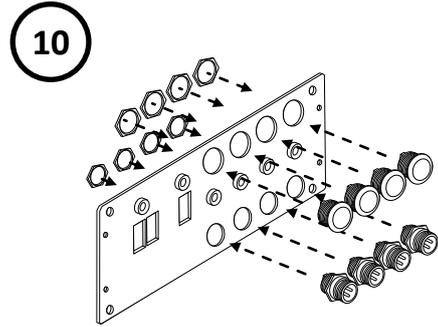
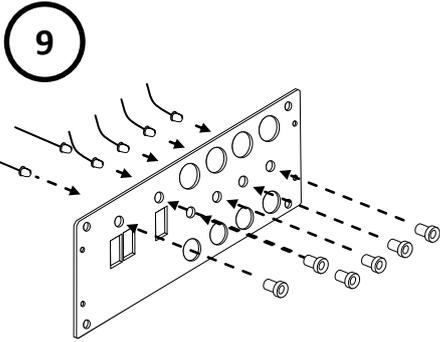
7



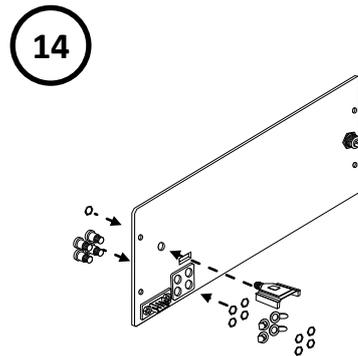
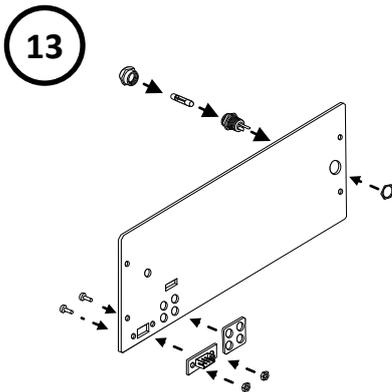
8



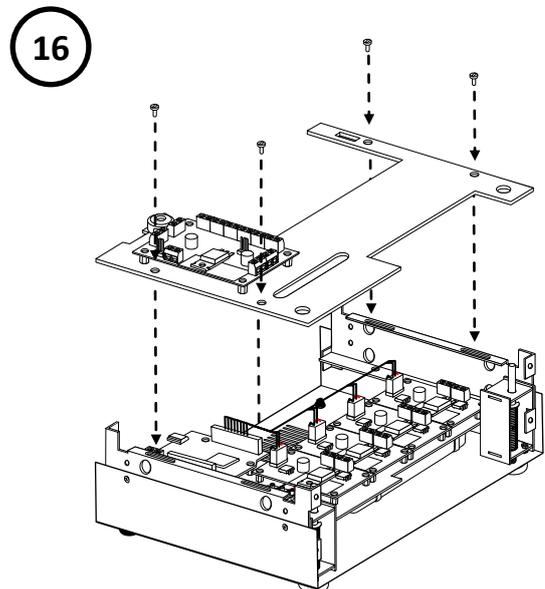
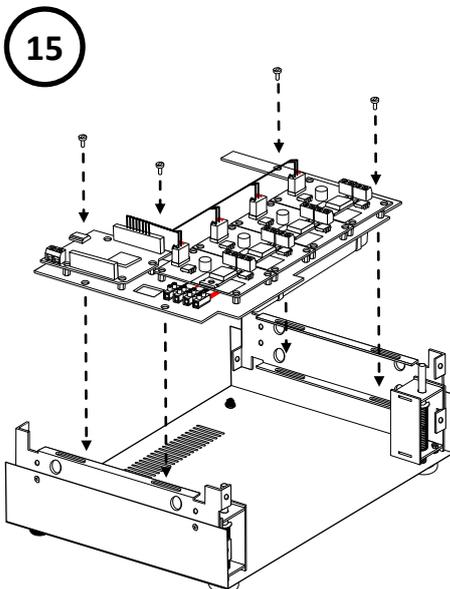
Montaje del panel frontal.



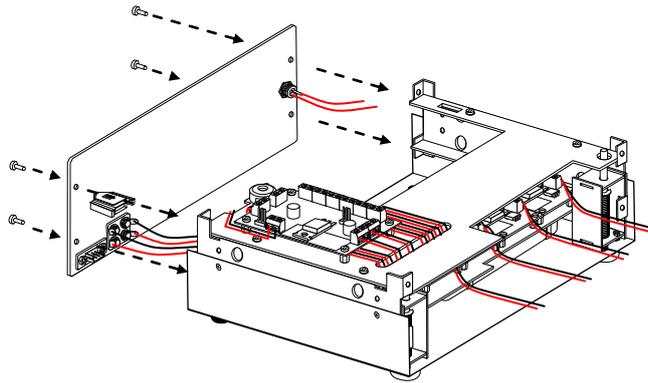
Montaje del panel trasero.



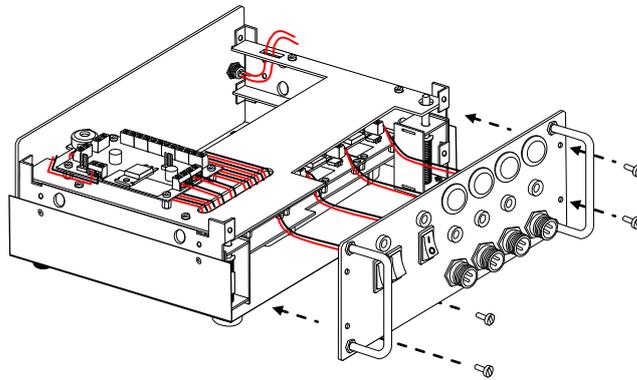
Montaje de la Terminal de Disparo.



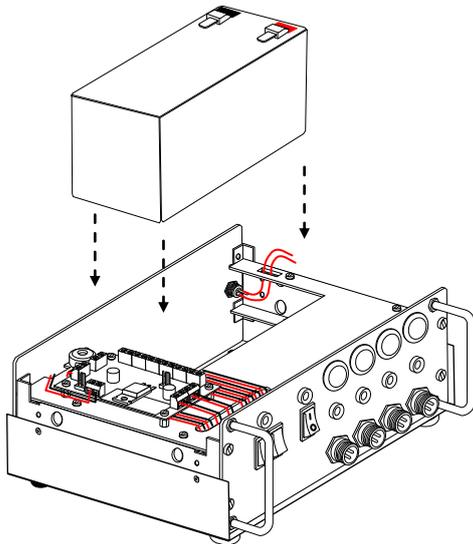
17



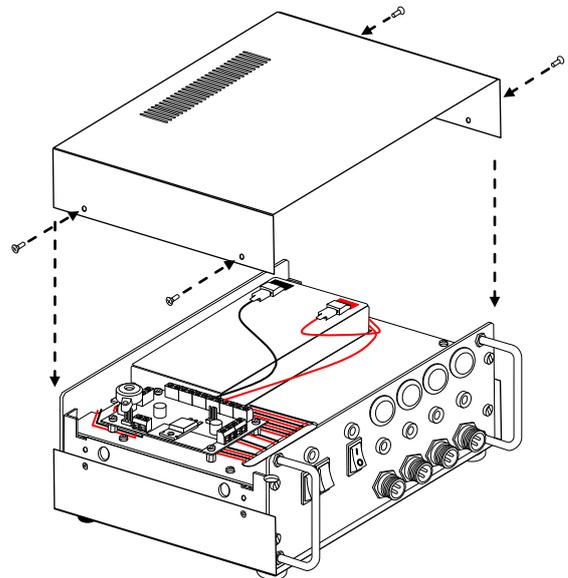
18



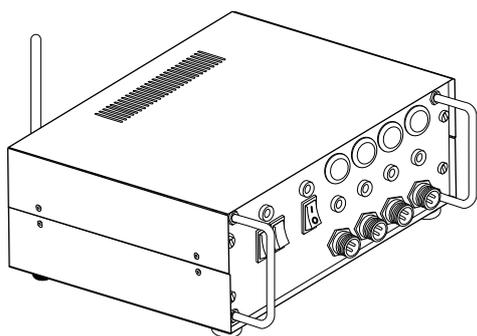
19



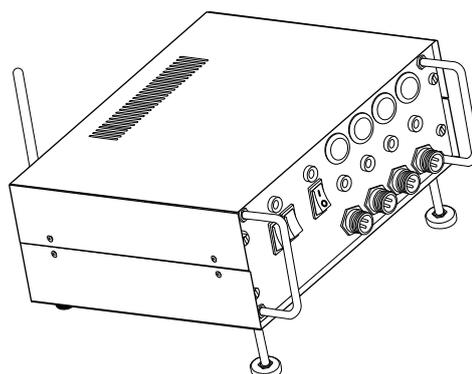
20



21



22



Preparación de las mangueras eléctricas para los ignitores.

Para enlazar la caja de disparo con los terminales de los ignitores hemos preparado cuatro mangueras con diferentes longitudes. Tres mangueras de 2,5 metros, y uno de 5 metros de longitud.

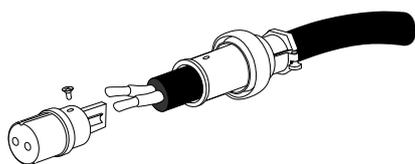


Fig 64: Conector cable ignitor abierto, listo para soldar.

Para cada uno utilizamos una manguera flexible de dos cables de 1,5 mm² de sección cada uno. Un extremo de la manguera se suelda al conector aéreo hembra de 2 vías, y en el otro extremo se sueldan dos pinzas de cocodrilo, una en cada cable.

Programación.

Protocolos de funcionamiento.

En este apartado definimos la forma como deberá funcionar el sistema una vez que se hayan ubicado los Terminales de Disparo y la Consola de Control de Lanzamiento en sus correspondientes ubicaciones en el campo de lanzamiento.

1º.- Tanto la Consola de control como los Terminales podrán encenderse en cualquier orden.

2º.- Antes de encender la Consola de control, todos los interruptores del panel, así como la llave de READY deberán estar en posición OFF o apagado.

3º.- Al encender la Consola de Control de Lanzamiento, ésta realizará un proceso de iniciación del sistema durante el cual se comprobará la posición de los interruptores del panel y el estado de la conexión con la Terminal de Disparo seleccionada.

4º.- Si durante el proceso de iniciación se detecta que hay interruptores activados en el panel, se mostrará un mensaje de error y la consola permanecerá bloqueada hasta que todos los interruptores estén en la posición OFF o apagado.

5º.- Si durante el proceso de iniciación no se detecta conexión con la Terminal de Disparo seleccionada, se mostrará un mensaje indicando "Sin conexión", y la consola permanecerá bloqueada hasta que se restablezca la conexión con dicha Terminal de Disparo.

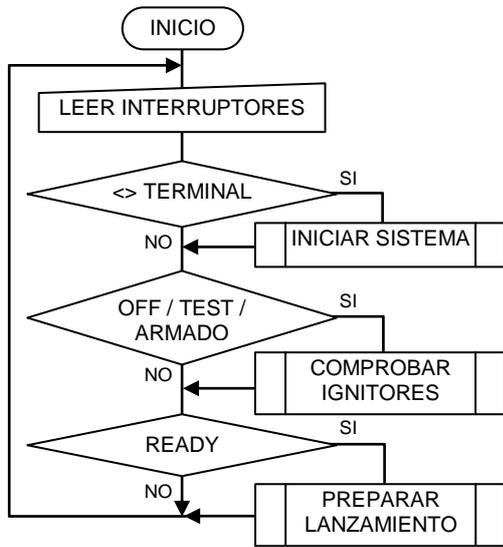
6º.- Cada vez que se seleccione una Terminal de Disparo diferente, se ejecutará el proceso de iniciación del sistema.

- 7º.- Una vez que finalice el proceso de iniciación del sistema, se mostrará el mensaje "Preparado". A partir de este momento se podrá operar en el panel de la Consola, y se podrá seleccionar otra Terminal de Disparo diferente.
- 8º.- El Test y Armado de los ignitores podrá realizarse en cualquier momento. Si no se recibe respuesta desde la Terminal de Disparo seleccionada, se mostrará un mensaje indicando "Sin conexión", y la consola permanecerá bloqueada hasta que se restablezca la conexión con dicha Terminal de Disparo.
- 9º.- El interruptor de llave READY podrá activarse en cualquier momento. Al activarse dicho interruptor, se iniciará el proceso de preparación para el lanzamiento.
- 10º.- Si durante el proceso de preparación del lanzamiento no hay ignitores armados en el panel, la consola mostrará un mensaje de error y quedará bloqueada hasta que se desactive el interruptor de llave READY.
- 11º.- Si durante el proceso de preparación del lanzamiento no existe conexión con la Terminal seleccionada, la consola permanecerá bloqueada hasta que se restablezca la conexión con dicha Terminal de Disparo.
- 12º.- Si durante el proceso de preparación del lanzamiento el interruptor SAFE de la Terminal de Disparo seleccionada está en posición ON, la consola permanecerá bloqueada hasta que dicho interruptor cambie a la posición OFF o apagado.
- 13º.- Si durante el proceso de preparación del lanzamiento se cumplen las condiciones 10º, 11º, y 12º, comenzará el proceso de lanzamiento activando una alarma de aviso tanto en la Consola de Control de Lanzamiento como en la Terminal de Disparo seleccionada y se dará indicación de "Lanzamiento preparado".
- 14º.- Si durante el proceso de lanzamiento el interruptor de llave READY regresa a la posición de apagado, se mostrará un mensaje de "Lanzamiento anulado" y se desactivarán todas las alarmas.
- 15º.- Durante el proceso de lanzamiento, para efectuar el lanzamiento es necesario presionar los dos pulsadores de disparo a la vez, con una diferencia entre pulsaciones menor de 1 seg. Si la diferencia entre pulsaciones es mayor a 1 seg. se mostrará el mensaje de "Repita pulsación" y se reiniciará el intervalo de pulsación cuando se dejen de presionar los pulsadores de disparo.
- 16º.- Tras el lanzamiento se mostrará información sobre el resultado del proceso de lanzamiento. Si todos los ignitores armados se han quemado, se mostrará el mensaje de "Lanzamiento OK", de lo contrario se indicarán los ignitores que han fallado.
- 17º.- Una vez realizado el proceso de lanzamiento será obligatorio desactivar el interruptor de llave READY. Mientras el interruptor de llave READY permanezca en posición activado, la consola permanecerá bloqueada y las alarmas sonando. Una vez desactivado el interruptor de llave READY se desactivarán todas las alarmas.
- 18º.- Cada vez que el interruptor de llave READY regrese a la posición desactivado, se comprobará el estado de los interruptores en el panel. Si hay algún interruptor en posición distinta de OFF o apagado, se mostrará un mensaje de error y la consola permanecerá bloqueada hasta que todos los interruptores estén en la posición OFF o apagado.
- 19º.- A pié de la rampa de lanzamiento se podrá realizar en cualquier momento el Test de los ignitores conectados en la propia Terminal de Disparo, independientemente de que ésta esté conectada o no a la Consola de Control de Lanzamiento.
- 20º.- La Terminal de Disparo seleccionada dará respuesta a todos los comandos que reciba de la Consola de Control de Lanzamiento.
- 21º.- Tanto en la Consola de Control de Lanzamiento como en la Terminal de Disparo seleccionada se realizará el Checksum de la información transmitida y recibida, descartando aquella información que no cumpla este requisito.

Organigrama de la Consola de Control de Lanzamiento.

Estos organigramas son sólo a título orientativo. En ellos no se detallan todas las variables ni todos los subprocesos utilizados en la programación final.

Bucle principal.

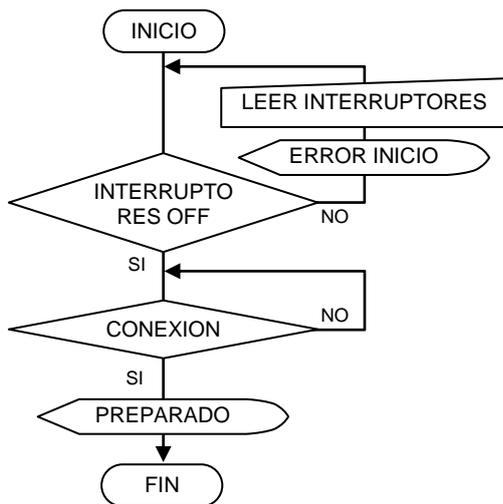


El bucle principal de la Consola de Control de Lanzamiento se ejecuta indefinidamente y comienza leyendo el estado (posición) actual de los interruptores en el panel. La primera vez en ejecutarse el bucle principal, el flujo entrará a realizar el proceso de "Iniciar sistema", luego no volverá a ejecutar este proceso salvo que se seleccione otro Terminal de Disparo distinto al actual.

Si alguno de los interruptores del panel cambia de posición a OFF, TEST, o ARMADO, el flujo pasará a ejecutar el proceso de "Comprobar ignitores".

Si la llave READY está activada, el flujo pasará a ejecutar el proceso de "Preparar lanzamiento".

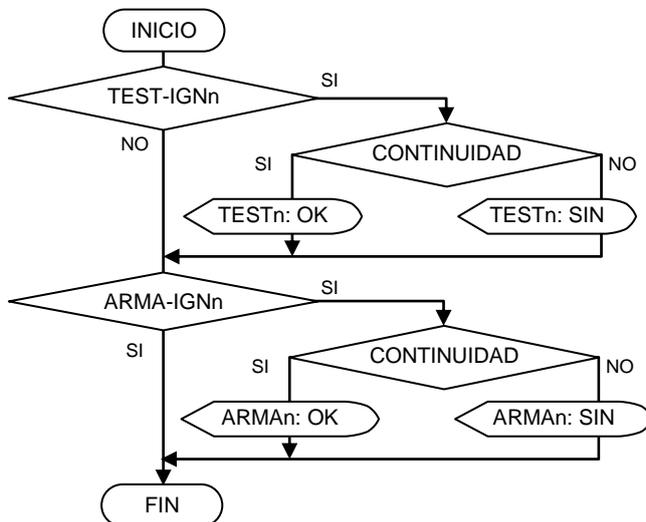
Proceso "Iniciar sistema".



El flujo del proceso comienza comprobando que todos los interruptores en el panel de la consola están en la posición OFF (apagado), incluyendo la llave READY. En caso de haber algún interruptor en posición distinta, aparecerá un mensaje de error en el display y se volverá a comprobar el estado de los interruptores indefinidamente hasta que todos ellos estén en posición OFF.

Una vez que todos los interruptores estén en posición OFF, el flujo continua comprobando la conexión con la Terminal de Disparo seleccionada. En caso de no haber conexión, se volverá a realizar esta comprobación indefinidamente hasta que exista dicha conexión. Una vez exista conexión, se mostrará el mensaje PREPARADO en el display del panel.

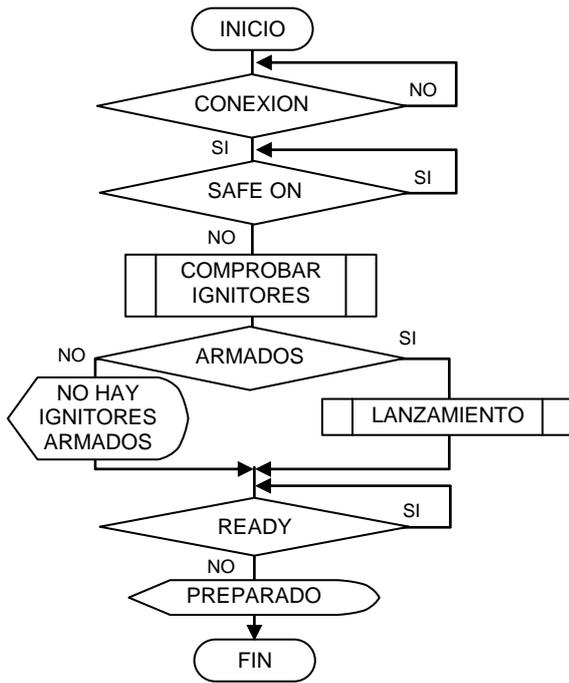
Proceso "Comprobar ignitores".



Si el interruptor está en posición de TEST, se comprueba si existe continuidad en la Terminal de Disparo. En caso afirmativo, se mostrará un mensaje en el display dando el OK, en caso negativo el mensaje indicará que no hay continuidad en el ignitor.

Si el interruptor está en posición de ARMADO, se comprueba si existe continuidad en la Terminal de Disparo. En caso afirmativo, se mostrará un mensaje en el display dando el OK, en caso negativo el mensaje indicará que no hay continuidad en el ignitor.

Proceso "Preparar lanzamiento".



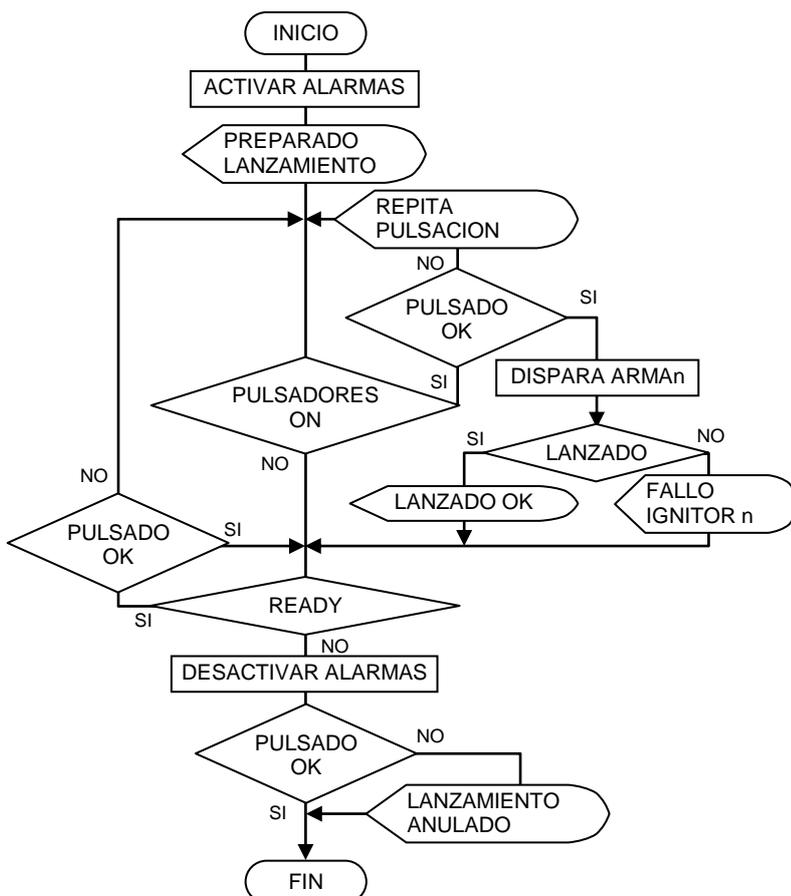
En este proceso el flujo comienza con la comprobación de la conexión, en caso de existir conexión se comprueba el estado del interruptor SAFE en la Terminal de Disparo.

Si el interruptor SAFE está en posición ON, entonces se vuelve a comprobar su posición hasta que éste esté en la posición OFF.

Seguidamente se procede a comprobar la continuidad en los ignitores que estén armados. Si no hay ignitores armados en el panel, se muestra un mensaje indicando esta circunstancia, en caso contrario, se procederá a ejecutar el proceso de "Lanzamiento".

El sistema quedará bloqueado mientras la llave READY esté en posición activada.

Proceso "Lanzamiento".



En este proceso el flujo comienza activando las alarmas tanto en la Consola de Control de Lanzamiento como en la Terminal de Disparo seleccionada.

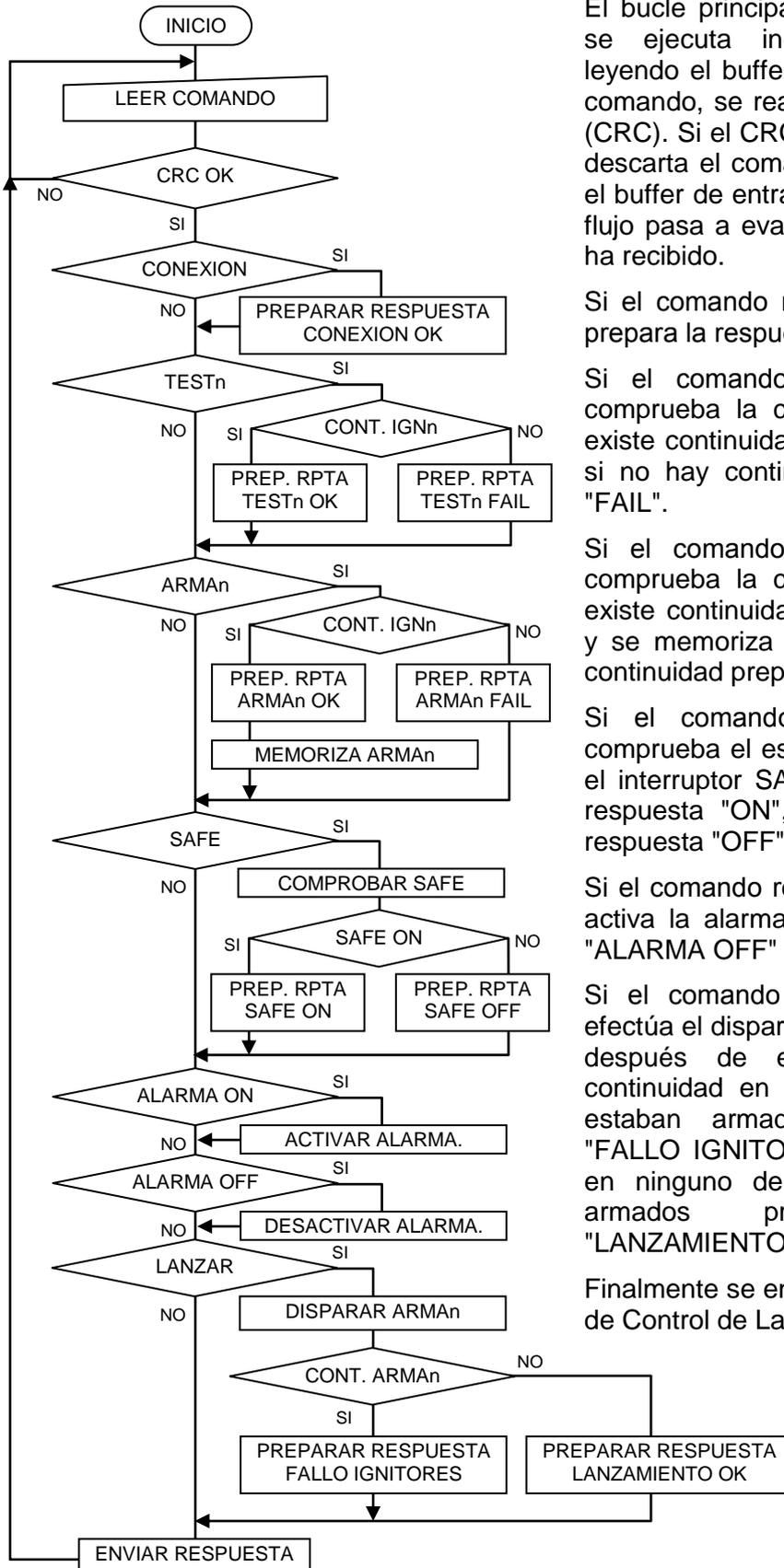
Mientras el interruptor de llave READY permanezca activado se comprueba la pulsación de los pulsadores de disparo. Si la pulsación ha sido correcta se envía el comando de disparo a la Terminal, la cual responderá con el resultado.

Independientemente del resultado será obligatorio desactivar el interruptor de llave READY.

Cuando se desactive el interruptor de llave READY, se desactivan las alarmas y se comprueba si ha habido pulsación de disparo. Si no hubo pulsación de disparo se entiende que se trata de una anulación.

Organigrama de la Terminal de Disparo.

Bucle principal.



El bucle principal de la Terminal de Disparo se ejecuta indefinidamente y comienza leyendo el buffer de entrada. Si se recibe un comando, se realiza la prueba del Checksum (CRC). Si el CRC no es correcto, entonces se descarta el comando recibido y vuelve a leer el buffer de entrada. Si el CRC es correcto, el flujo pasa a evaluar qué tipo de comando se ha recibido.

Si el comando recibido es "CONEXIÓN", se prepara la respuesta "CONEXIÓN OK".

Si el comando recibido es "TESTn", se comprueba la continuidad de ignitor (n). Si existe continuidad prepara la respuesta "OK", si no hay continuidad prepara la respuesta "FAIL".

Si el comando recibido es "ARMAAn", se comprueba la continuidad de ignitor (n). Si existe continuidad prepara la respuesta "OK" y se memoriza el ignitor armado, si no hay continuidad prepara la respuesta "FAIL".

Si el comando recibido es "SAFE", se comprueba el estado del interruptor SAFE. Si el interruptor SAFE está activado prepara la respuesta "ON", de lo contrario prepara la respuesta "OFF".

Si el comando recibido es "ALARMA ON", se activa la alarma. Si el comando recibido es "ALARMA OFF" se desactiva la alarma.

Si el comando recibido es "LANZAR", se efectúa el disparo de los ignitores armados. Si después de efectuar el disparo existe continuidad en alguno de los ignitores que estaban armados prepara la respuesta "FALLO IGNITORES", si no hay continuidad en ninguno de los ignitores que estaban armados prepara la respuesta "LANZAMIENTO OK".

Finalmente se envía la respuesta a la Consola de Control de Lanzamiento.

Lista de comandos.

Comando	Origen	Destino	Funcionalidad	Acción en origen	Acción en destino
\$C1-TEST	Consola	Terminal	Comprobar continuidad en el ignitor nº 1.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$C2-TEST	Consola	Terminal	Comprobar continuidad en el ignitor nº 2.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$C3-TEST	Consola	Terminal	Comprobar continuidad en el ignitor nº 3.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$C4-TEST	Consola	Terminal	Comprobar continuidad en el ignitor nº 4.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$C1-ARMA	Consola	Terminal	Solicitud de armado del ignitor nº 1.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$C2-ARMA	Consola	Terminal	Solicitud de armado del ignitor nº 2.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$C3-ARMA	Consola	Terminal	Solicitud de armado del ignitor nº 3.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$C4-ARMA	Consola	Terminal	Solicitud de armado del ignitor nº 4.	Esperar respuesta	Evaluar y responder
\$T1-HIGH	Terminal	Consola	Respuesta cuando hay continuidad en el ignitor nº 1.	N/A	Mostrar respuesta
\$T2-HIGH	Terminal	Consola	Respuesta cuando hay continuidad en el ignitor nº 2.	N/A	Mostrar respuesta
\$T3-HIGH	Terminal	Consola	Respuesta cuando hay continuidad en el ignitor nº 3.	N/A	Mostrar respuesta
\$T4-HIGH	Terminal	Consola	Respuesta cuando hay continuidad en el ignitor nº 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$T1-DOWN	Terminal	Consola	Respuesta cuando no hay continuidad en el ignitor nº 1.	N/A	Mostrar respuesta
\$T2-DOWN	Terminal	Consola	Respuesta cuando no hay continuidad en el ignitor nº 2.	N/A	Mostrar respuesta
\$T3-DOWN	Terminal	Consola	Respuesta cuando no hay continuidad en el ignitor nº 3.	N/A	Mostrar respuesta
\$T4-DOWN	Terminal	Consola	Respuesta cuando no hay continuidad en el ignitor nº 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$DLAUNCH	Consola	Terminal	Orden de disparo.	Esperar respuesta	Ejecutar comando
\$LANZAOK	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento realizado OK.	N/A	Mostrar respuesta
\$L0001-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitor 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$L0010-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitor 3.	N/A	Mostrar respuesta
\$L0011-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 3 y 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$L0100-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitor 2.	N/A	Mostrar respuesta
\$L0101-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 2 y 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$L0110-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 2 y 3.	N/A	Mostrar respuesta
\$L0111-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 2, 3 y 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1000-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitor 1.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1001-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 1 y 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1010-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 1 y 3.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1011-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 1, 3 y 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1100-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 1 y 2.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1101-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 1, 2 y 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1110-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 1, 2 y 3.	N/A	Mostrar respuesta
\$L1111-F	Terminal	Consola	Respuesta de lanzamiento fallido en ignitores 1, 2, 3 y 4.	N/A	Mostrar respuesta
\$SF-HIGH	Terminal	Consola	Interruptor SAFE en posición ON.	N/A	Mostrar respuesta
\$SF-DOWN	Terminal	Consola	Interruptor SAFE en posición OFF.	N/A	Mostrar respuesta
\$CCONNECT	Consola	Terminal	Comprobar conexión.	Esperar respuesta	Responder
\$CONN-OK	Consola	Terminal	Respuesta conexión OK.	N/A	Mostrar respuesta
\$AL-HIGH	Consola	Terminal	Activar la alarma de la Terminal de Disparo.	N/A	Ejecutar comando
\$AL-DOWN	Consola	Terminal	Desactivar la alarma de la Terminal de Disparo.	N/A	Ejecutar comando

Nota: Para ver el código fuente de la Consola de Control de Lanzamiento y de la Terminal de Disparo, puede descargarlo en la sección de Documentación y utilidades.

Pruebas realizadas.

Pruebas de quemado de ignitores.

Se realizaron pruebas de quemado de ignitores de diferentes tipos con resultados satisfactorios. También se efectuó una prueba de quemado múltiple de ignitores, también con resultado satisfactorio.

Tabla 3

Prueba Nº	Tipo ignitor	Resist. Ω	Conectores	L. Cable (mts.)	Resultado
1	ESTES	2,1	1	5	Satisfactorio
2	ESTES	2,1	2 - 3 - 4	2,5 - 2,5 - 2,5	Satisfactorio
3	Copperhead	4,9	1	5	Satisfactorio
4	Copperhead	4,9	1 - 2 - 3 - 4	5 - 2,5 - 2,5 - 2,5	Satisfactorio
5	Custom	0,5	1	5	Satisfactorio

Pruebas de conexión WiFi.

En una segunda fase, se realizaron pruebas de señal WiFi en campo abierto. El alcance de la señal WiFi está limitado a las características de los módulos transceptores XBee y al tipo de antena utilizada. En nuestro caso, el módulo de transmisión XBee utilizado tiene una potencia de señal de 63mW de salida (+17 dBm) a 2.4 GHz, lo que proporciona un alcance máximo de 1600 metros según el fabricante (Ver Tabla 2). Sin embargo, la antena utilizada tanto en la Consola de control como en la Terminal de Disparo, es una antena dipolo omnidireccional de alta ganancia con una potencia máxima de 50mW (+3 dbi), el rendimiento de la antena se degrada al estar próxima al suelo.

Para utilizar la Terminal de Disparo hasta una distancia de 60 metros, basta con incorporar la antena dipolo tipo duck directamente en el conector SMA del panel trasero y mantener la Terminal de disparo elevada sobre el suelo. Sin embargo, para mayores distancias se recomienda ubicar esta antena en una posición más elevada. Para ello es necesario disponer de un cable coaxial RG58 con conectores SMA para la antena dipolo y un trípode o poste vertical en cuyo extremo se ubica la antena dipolo.

Las pruebas de señal se realizaron de la siguiente forma:

1º.- La Terminal de Disparo se conecta a la antena, elevada del suelo hasta una altura aproximada de 2 metros, y permanecerá siempre encendida y fija en el mismo sitio durante la realización de las pruebas.

2º.- Se traslada la Consola de control apagada hasta la distancia indicada en la prueba a realizar. Una vez allí se enciende y se observa en el display LCD que se ha realizado la conexión con la Terminal de Disparo.

3º.- Se repite el paso anterior, hasta que la Consola de control no pueda realizar la conexión con la Terminal de Disparo.

Tabla 4

Prueba Nº	Distancia (mts)	Antena con trípode	Antena sin trípode
1	15	Satisfactorio	Satisfactorio
2	30	Satisfactorio	Satisfactorio
3	60	Satisfactorio	Satisfactorio
4	75	Satisfactorio	N/A
5	100	Satisfactorio	N/A
6	150	Satisfactorio	N/A
7	305	Satisfactorio	N/A
8	350	Sin Conexión	N/A
9	460	N/A	N/A
10	610	N/A	N/A

N/A : Prueba no realizada.

Mediciones eléctricas.

Incluimos algunas mediciones sobre el consumo de intensidad de corriente de las baterías en función de su uso. La realización de diferentes operaciones sobre la *Consola de control de lanzamiento* implica un determinado consumo en las baterías, tanto en las baterías de la *Terminal de disparo* como en la batería de la propia *Consola de control de lanzamiento*, que alimentan a los diferentes dispositivos que intervienen en cada operación.

Centralita de Control de Lanzamiento.

Batería LiPo 5100 mAh	
Estado / Operación	mAh
Stand by	164.2
Test de un ignitor.	180.8
Test de tres ignitores.	228.2
Armado de tres ignitores.	200.2
Preparar lanzamiento.	218.4
Lanzamiento (1 ignitor).	220.0

Terminal de disparo.

Batería LiPo 6100 mAh	
Estado / Operación	mAh
Stand by	136.5
Test de un ignitor.	140.8
Test de tres ignitores.	144.3
Armado de tres ignitores.	144.5
Preparar lanzamiento.	134.0
Lanzamiento (1 ignitor).	139.5

Batería Ac/PB 7000 mAh	
Estado / Operación	mAh
Stand by	38.1
Test de un ignitor (Pulsador).	59.0
Quemado (1 ignitor).	298.0

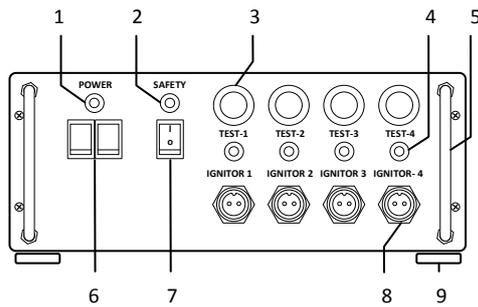
Conclusiones.

Sería posible aumentar el alcance de la señal WiFi utilizando otro tipo de antenas. No obstante, con las antenas dipolo omnidireccionales utilizadas, el alcance de la señal es más que suficiente para lanzamientos HPR con motores hasta la Clase "N", manteniendo la distancia de seguridad requerida en las normas de seguridad NAR y Tripoli.

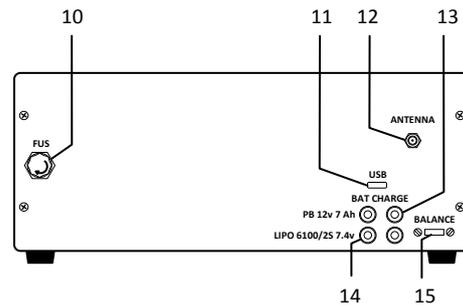
En cuanto al consumo de las baterías podemos asegurar, a la vista de los datos obtenidos en las mediciones, que dependiendo del uso que se le dé, el sistema puede tener una autonomía superior a la exigida de 8 horas por jornada.

Instrucciones de uso.

Terminal de Disparo.



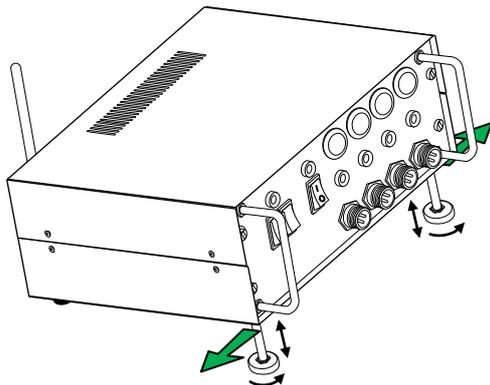
PANEL FRONTAL



PANEL TRASERO

- 1.- Indicador de encendido.
- 2.- Indicador de Seguridad.
- 3.- Pulsadores para Test de ignitores.
- 4.- Indicadores para Test de ignitores.
- 5.- Asas para transporte.
- 6.- Interruptores de encendido/apagado.
- 7.- Interruptor para Seguridad.
- 8.- Conectores para cable de ignitores.
- 9.- Patas delanteras extraíbles.

- 10.- Fusible.
- 11.- Conector puerto Mini USB.
- 12.- Conector SMA para antena.
- 13.- Conectores para carga de batería 12v.
- 14.- Conectores para carga de batería 7,4v.
- 15.- Conector para carga LiPo balanceada.



Para extraer las patas delanteras y elevar el frontal de la Terminal de Disparo, tirar del pie hasta que asome la ranura de la pata, girar el pie en el sentido de las agujas del reloj hasta que la ranura quede mirando hacia el lateral, al que corresponde a la pata. Finalmente dejar que la pata vuelva a introducirse lentamente hasta que suene un click. Para introducir las patas totalmente, girar el pie en el sentido de las agujas del reloj y soltar la pata.

Ubicar la Terminal de Disparo en las proximidades de las plataformas de lanzamiento. Si la distancia entre la Terminal de Disparo y la Consola de Control de Lanzamiento es inferior a 60 metros, bastará con incorporar la antena dipolo directamente en el panel trasero de la Terminal y colocarla en posición elevada sobre el suelo unos centímetros.

Si la distancia es superior a 60 metros se utilizará el cable de antena junto con el trípode y una varilla en cuyo extremo se colocará la antena dipolo de forma que ésta quede elevada sobre el suelo unos 2 metros aproximadamente (Fig.65).

Conviene proteger la Terminal de Disparo de la exposición directa del Sol con alguna cubierta. No someter la Terminal de Disparo a temperaturas superiores a 50°C

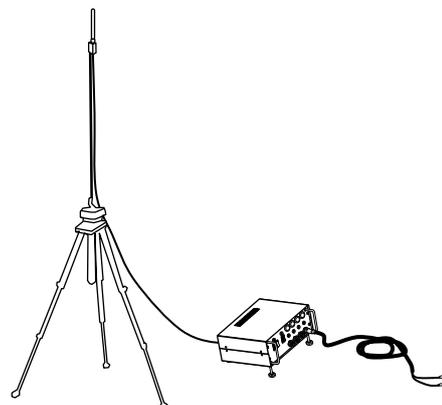


Fig 65: Terminal con trípode y cable de antena.

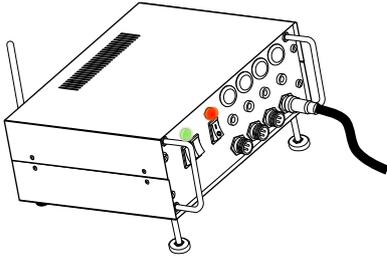


Fig 66: Interruptor SAFE ON, Terminal bloqueada.

Para encender la Terminal de Disparo, pulsar el interruptor de encendido. Se encenderá el led de Power en verde y el led del SAFE lucirá en rojo si el interruptor SAFE está en posición ON, o verde si el interruptor está en posición OFF. Conectar las mangueras de ignitor que se quieran utilizar en el panel frontal de la Terminal de Disparo. Evitar en todo momento que los terminales de cocodrilo de los cables estén en contacto con superficies metálicas.

Mientras el interruptor SAFE esté en posición ON (Fig.66), no se podrán realizar lanzamientos desde la Consola de control. Para realizar lanzamientos desde la Consola de control es necesario que el interruptor SAFE esté en la posición OFF (Fig.67).

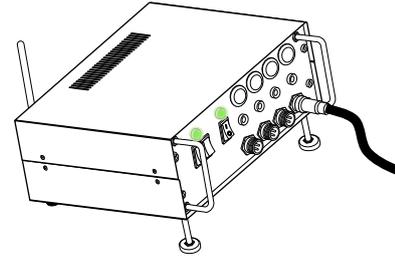


Fig 67: Interruptor SAFE OFF, Terminal desbloqueada.

En cualquier momento puede realizarse el test de continuidad de los ignitores en la Terminal de Disparo a pie de rampa de lanzamiento.

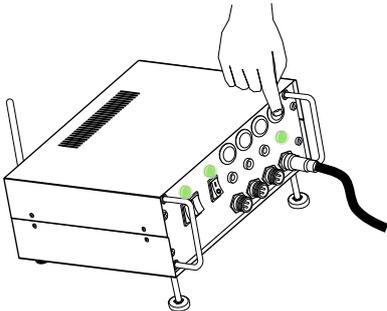


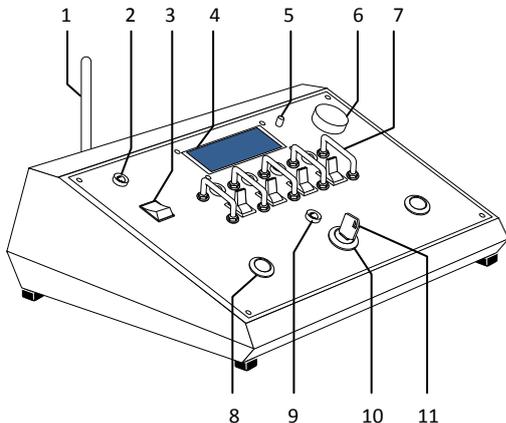
Fig 68: Test OK del ignitor-1 a pié de rampa.

Para ello basta con accionar el pulsador correspondiente. Si el led testigo del ignitor se ilumina en verde, significa que hay continuidad, si el led no luce significa que no hay continuidad en el ignitor, por lo que conviene sustituirlo por otro.

Independientemente de la posición del interruptor SAFE, puede realizarse el test de ignitor a pie de rampa en cualquier momento (Fig.68).

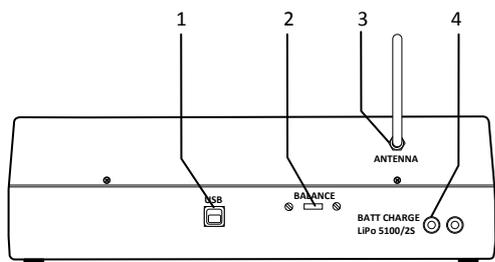
Cuando en la Consola de control se active el interruptor de llave READY, sonará una alarma de forma continua indicando que el lanzamiento es inminente, por tanto hay que despejar el área de lanzamiento.

Consola de Control de Lanzamiento.



PANEL DE CONTROL

- 1.- Antena dipolo RPSMA 2,4 GHz tipo duck.
- 2.- Indicador de encendido.
- 3.- Interruptor de encendido/apagado.
- 4.- Display LCD retroiluminado.
- 5.- Regulador de contraste display.
- 6.- Selector de Terminal de Disparo.
- 7.- Barras protectoras.
- 8.- Pulsadores de disparo.
- 9.- Indicador de READY.
- 10.- Interruptor de llave READY.
- 11.- Llave del interruptor READY.



TRASERA DE LA CONSOLA

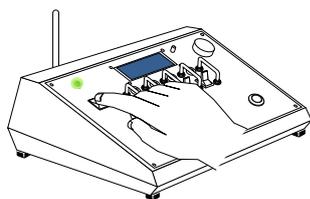
- 1.- Conector puerto USB.
- 2.- Conector para carga LiPo balanceada.
- 3.- Conector SMA para antena dipolo.
- 4.- Conectores para carga de la batería LiPo.

Para encender la Consola de Control de Lanzamiento, pulsar el interruptor de encendido. Se encenderá el led de Power en verde y comenzará la iniciación del sistema.

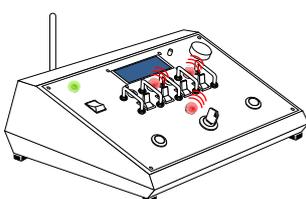
Lecturas en el display LCD:

Nota: Actualmente sólo disponemos de una Terminal de Disparo, así pues, todas las posiciones del mando selector apuntan a la misma Terminal.

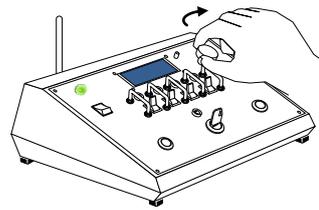
PROCESO DE INICIO	
	Iniciación del Sistema. Este mensaje aparece cuando se enciende la Consola, o se selecciona otra Terminal de Disparo.
	Espera la señal de conexión con la Terminal de Disparo seleccionada en el panel de la Consola, en este caso la Nº 1.
	Establecida la conexión con la Terminal de Disparo Nº 1.
	El sistema está preparado para operar. En este estado se puede seleccionar otra Terminal de Disparo diferente.
	En el panel de la Consola de control hay interruptores activados, éstos se indican con el LED correspondiente parpadeando en rojo. Los interruptores deben desactivarse para continuar.
	No se ha establecido la conexión con la Terminal de Disparo seleccionada. El proceso se reanuda cuando se restablezca la conexión.



ENCENDIDO DE LA CONSOLA

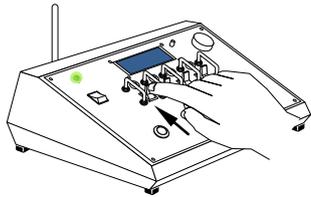


ERROR: INTERRUPTORES ON.

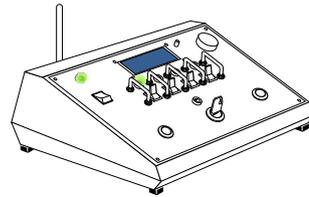


SELECCIÓN DE LA TERMINAL

TEST DE IGNITOR	
	Comprobación de continuidad en el ignitor Nº 1. Este mensaje aparece cuando se sitúa el interruptor de palanca en la posición correspondiente de "TEST-1".
	Respuesta de la Terminal de Disparo seleccionada, informando que existe continuidad en el ignitor Nº 1. Se encenderá el LED correspondiente en verde.
	Respuesta de la Terminal de Disparo seleccionada, informando que no existe continuidad en el ignitor Nº 1. El LED correspondiente permanecerá apagado.

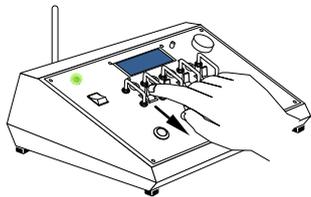


TEST DEL IGNITOR

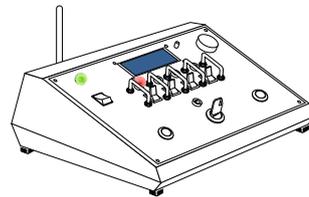


TEST DEL IGNITOR OK

ARMADO DEL IGNITOR	
ARMA IGNITOR-1:	Solicitud de armado del ignitor N° 1. Este mensaje aparece cuando se sitúa el interruptor de palanca en la posición correspondiente de "ENABLE-1".
ARMA IGNITOR-1: ARMADO OK.	Respuesta de la Terminal de Disparo seleccionada, informando que el ignitor N° 1 está armado y listo. Se encenderá el LED correspondiente en rojo.
ARMA IGNITOR-1: SIN CONTINUIDAD.	Respuesta de la Terminal de Disparo seleccionada, informando que el ignitor N° 1 no se ha podido armar porque no hay continuidad. El LED correspondiente permanecerá apagado.

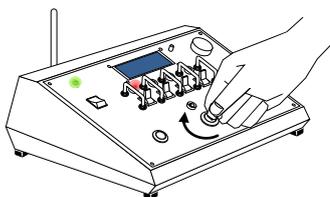


ARMADO DEL IGNITOR

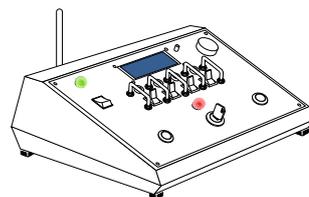


ARMADO DEL IGNITOR OK

PREPARACIÓN DEL LANZAMIENTO	
NO HAY IGNITORES ARMADOS.	Al activar el interruptor de llave "READY" se inicia el proceso de preparación del lanzamiento. Se ha comprobado que no hay interruptores armados en el panel. Desactivar el interruptor de llave "READY" para regresar al estado de PREPARADO.
TERMINAL: 1 CONEXION..	Al activar el interruptor de llave "READY" se inicia el proceso de preparación del lanzamiento. Se comprueba que existe conexión con la Terminal seleccionada, en este caso la N° 1.
TERMINAL: 1 CONEXION OK.	Confirmada la conexión con la Terminal de Disparo N° 1.
TERMINAL: 1 SIN CONEXION.	Se ha perdido la señal de conexión con la Terminal de Disparo seleccionada. El proceso permanecerá bloqueado hasta que se restablezca la conexión.
TERMINAL: 1 SEGURIDAD ON.	Se ha detectado que el interruptor "SAFETY" en la Terminal de Disparo está activado. EL proceso permanecerá bloqueado hasta que el interruptor "SAFETY" se desactive.
TERMINAL: 1 SEGURIDAD OFF.	Se ha comprobado que el interruptor "SAFETY" en la Terminal de Disparo está desactivado.

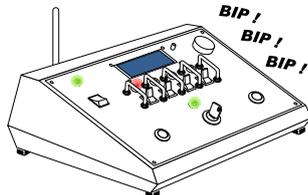


PREPARAR LANZAMIENTO

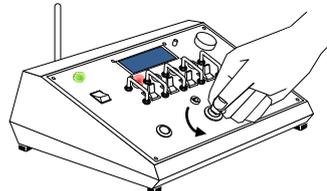


ERROR: NO HAY IGNITORES ARMADOS

LANZAMIENTO	
LANZAMIENTO ** PREPARADO **	El sistema está preparado para que se efectúe el lanzamiento.
LANZAMIENTO ANULADO.	Se ha anulado el proceso de lanzamiento al desactivar el interruptor de llave "READY".
PULSADO OK.	Los pulsadores "LAUNCH" se han accionado correctamente.
ERROR PULSACION REPITA...	Los pulsadores "LAUNCH" se han accionado de forma alternada. Los pulsadores de disparo deben accionarse simultáneamente. Puede repetir la pulsación para efectuar el lanzamiento.
LANZAMIENTO OK. PONER READY OFF.	Se ha efectuado correctamente el disparo de todos los ignitores que estaban armados en la Terminal de Disparo seleccionada. Es necesario desactivar el interruptor de llave "READY" para regresar al estado de PREPARADO.
FALLO IGNITORES. PONER READY OFF.	Se ha detectado que algunos ignitores que estaban armados en la Terminal de Disparo, no se han quemado. En el panel los LEDs correspondientes parpadean en rojo. Es necesario desactivar el interruptor de llave "READY" para regresar al estado de PREPARADO.



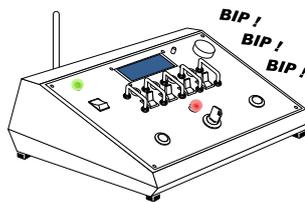
LANZAMIENTO PREPARADO



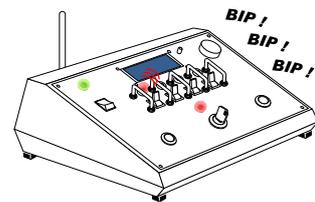
ANULAR LANZAMIENTO



LANZAMIENTO



LANZAMIENTO OK



ERROR: FALLO EN IGNITORES

Para efectuar el lanzamiento es necesario que se presionen los dos pulsadores a la vez. El sistema no realiza ninguna cuenta regresiva ni lanzamientos automáticos, la cuenta regresiva la deberá realizar el RSO o LCO. Hay una pequeña demora entre el instante de accionar los pulsadores de disparo y el instante de quemado del ignitor (o ignitores) de un segundo aproximadamente. Después de cada lanzamiento hay que poner los interruptores en posición OFF.

Algunos consejos.

Dependiendo del uso, la autonomía del sistema por jornada es de 8 horas aproximadamente. El consumo de energía será mínimo cuando no se estén transmitiendo o recibiendo señales.

Conviene realizar un buen mantenimiento de las baterías. Mantenga y guarde las baterías siempre con algo de carga. Ponga a cargar las baterías el día antes de utilizarlas y deje que se carguen totalmente.

No conviene exponer los equipos al Sol por un largo período de tiempo, procure una sombra o protección. No someter los equipos a temperaturas superiores a 50°C. Evite que entre humedad en los equipos, el daño puede ser irreparable.

Mantenga siempre limpias las pinzas de cocodrilos de conexión a los ignitores. Retire el polvo y los residuos adheridos en los contactos por la combustión de los motores con un cepillo de púas de acero o papel de lija. Sustituya los cocodrilos de contacto si observa que están demasiado deteriorados por el uso.

Documentación y utilidades.

[Código fuente \(sketchs\) y librerías para programar las tarjetas controladoras.](#)

[Web oficial de Arduino.](#)

[Software Arduino para programar las tarjetas controladoras.](#)

[Software XCTU para configurar módulos XBee y utilidades.](#)

[Especificaciones Tarjeta controladora Arduino Mega 2560.](#)

[Especificaciones Tarjeta controladora Arduino Leonardo.](#)

[Especificaciones módulo XBee Pro 63mW RPSMA Series 2B.](#)