

Escuela de Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño, implementación y validación de un cargador de
baterías de iones/polímero de litio*

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

ALUMNO: Damián Fernández Vilar

DIRECTORES: Juan José Rodríguez Andina

UniversidadeVigo

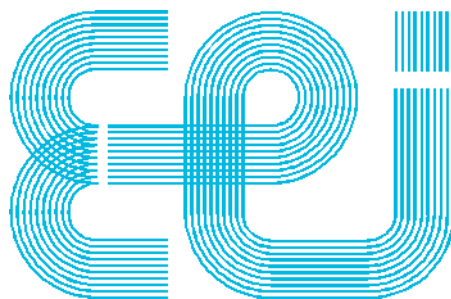
Índice

Documento 01: Memoria

Documento 02: Planos

Documento 03: Pliego de condiciones

Documento 04: Presupuesto



Escuela de Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño, implementación y validación de un cargador
de baterías de iones/polímero de litio*

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

DOCUMENTO 01

MEMORIA

UniversidadeVigo

Memoria

1	Introducción	1
1.1	Objetivos del trabajo.....	2
1.2	Estructura de la memoria.....	3
2	Diseño, implementación y montaje del sistema.....	4
2.1	Especificaciones de las baterías de iones/polímero de Litio	4
2.2	Especificaciones del sistema	5
2.3	Selección de un controlador	6
2.4	Funcionamiento del IC BQ2057W	9
2.5	Cálculos del diseño	12
2.6	Diseño del esquemático	16
2.7	Montaje en placa de prototipos.....	18
2.8	Diseño de la PCB.....	19
2.9	Disposición en el vehículo.....	22
3	Modo de utilización y validación del sistema.....	24
3.1	Modo de utilización del equipo	24
3.2	Resultados de ciclos de carga	25
4	Conclusiones	26
4.1	Resumen del proyecto	26
4.2	Líneas futuras	27
5	Bibliografía	28

Figuras

Figura 1.1 Dispositivos electrónicos	1
Figura 2.1 Turnigy 2 cell 2200 mAh	5
Figura 2.2 IC BQ24105*	6
Figura 2.3 IC BQ2057W*	6
Figura 2.4 Pines del IC BQ2057W, encapsulado SOIC*	6
Figura 2.5 Perfil de carga de las baterías de Litio	9
Figura 2.6 Diagrama de bloques	10
Figura 2.7 Circuito conmutación	13
Figura 2.8 Ejemplo de aplicación	16
Figura 2.9 Esquema del cargador	17
Figura 2.10 Esquema del cargador modificado	17
Figura 2.11 Modelo 3D de la placa adaptadora	18
Figura 2.12 Placa de prototipo	18
Figura 2.13 Generación de netlist	19
Figura 2.14 Layout a doble cara	20
Figura 2.15 Vista superior (Top) del modelo 3D	20
Figura 2.16 Vista inferior (Bottom) del modelo 3D	21
Figura 2.17 Capa superior de la PCB	21
Figura 2.18 Capa inferior de la PCB	21
Figura 2.19 Interior del chasis	22
Figura 2.20 Parte superior del chasis	23
Figura 3.1 Vista superior de la placa	24
Figura 4.1 Diagrama alimentación inalámbrica*	27

Tablas

Tabla 1 Características eléctricas del IC BQ2057W	8
Tabla 2 Estado del cargador.....	11
Tabla 3 Medidas en placa de prototipo	19
Tabla 4 Medidas en <i>PCB</i>	22
Tabla 5 Temperatura del encapsulado del transistor externo, con la PCB dentro del chasis .	23
Tabla 6 Temperatura del encapsulado del transistor externo, con la PCB ubicada sobre el chasis.....	23
Tabla 7 Cargas a 0,4C	25
Tabla 8 Cargas a 0,8C	25

1 INTRODUCCIÓN

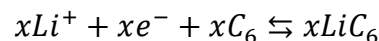
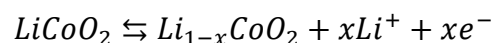
En la actualidad una gran cantidad de dispositivos electrónicos de consumo utilizan baterías de Litio-Ion y Litio-Polímero. Se usan para proporcionar alimentación a casi la totalidad de dispositivos portátiles, tales como: móviles, ordenadores portátiles, tablets, cepillos de dientes, además de a otros como los vehículos eléctricos...



Figura 1.1 Dispositivos electrónicos

Como se puede observar su utilización se extiende a múltiples ámbitos, y esto se debe a su gran capacidad para almacenar energía con un tamaño y peso muy reducido en comparación con las baterías convencionales, como las baterías de plomo o las baterías de níquel nadmio, que eran las más utilizadas en este tipo de dispositivos en el pasado. Además, las baterías de litio no tienen efecto memoria, por lo que su vida útil es mayor. (1)

El funcionamiento de este tipo de baterías se basa en el principio de inserción/extracción de iones de litio a partir de un material de electrodo negativo (por ejemplo grafeno [C_6]) y otro de electrodo positivo (compuesto que contiene litio) gracias a un electrolito líquido que proporciona el medio conductor. (2)



El gran inconveniente de esta tecnología reside en la posibilidad de una ignición espontánea, que puede ser causada tanto por una exposición prolongada a temperaturas muy altas (más de 45°C durante la carga y más de 60°C durante la descarga) como por una corriente de carga/descarga no apropiada (los límites pueden estar en 1C para la carga y entre 10C – 40C para la descarga*). En particular se debe tener especial cuidado durante el proceso de carga ya que es el más delicado tanto en cuestión de temperatura máxima como de control de corriente. Por ello disponer un circuito de carga que se ajuste a las características de la batería que a utilizar es de vital importancia. (3) (1) (4)

*Esta nomenclatura se utiliza para especificar la corriente máxima que puede soportar una batería durante la carga/descarga en función de su capacidad. Por ejemplo, una batería de 2200 mAh con una especificación de carga de 1C y de descarga de 20C se puede cargar a un máximo de 2,2 A y la corriente máxima que puede proporcionar es de 44 A. (5)

1.1 Objetivos del trabajo

En este trabajo se lleva a cabo el diseño, implementación y validación experimental de un cargador para baterías de iones/polímero de litio. El cargador se integrará en el entorno de espacio inteligente ubicado en el Departamento de Tecnología Electrónica, y permitirá a los vehículos eléctricos del mismo cargar su batería sin necesidad de extraer ésta, evitando asimismo el uso de un cargador comercial. Se pretende mantener la filosofía de bajo coste de este entorno, pero prestando atención a la fiabilidad dado riesgo de ignición indicado en el apartado anterior.

Para lograr este objetivo global, se seguirán una serie de pasos que se detallan a continuación:

- **Estudio de las baterías:**

Las baterías que se utilizan en el entorno de espacio inteligente son Lipo de la marca Turnigy de 2 celdas en serie (7,4 V de tensión nominal) con una capacidad de 2200 mAh. El diseño del cargador se basa en las especificaciones de esta batería, pero dejando abierta la posibilidad del uso de otras baterías de 2 celdas en serie con capacidades que estén en torno a los 2000 mAh.

- **Selección de un controlador:**

En el mercado existe una gran diversidad de controladores de carga para baterías Lipo. En este trabajo ha primado que el tamaño y el coste de la solución final fueran mínimos, por lo que se buscó un dispositivo que necesitara el mínimo número de componentes externos para su configuración. De esta forma se disminuye tanto el coste como el tamaño del circuito, a costa de perder ciertas opciones de control/configuración que en esta aplicación no son imprescindibles.

- **Diseño teórico:**

Se calculan los componentes necesarios para que el cargador sea lo más eficiente posible para las especificaciones de la batería utilizada. De esta forma además es posible reducir los límites de trabajo de los componentes de potencia necesarios, disminuyendo el coste total del diseño.

- **Diseño del esquemático:**

A partir de los cálculos anteriores se pasa al diseño del esquemático del circuito. Para ello se utiliza la herramienta de diseño Eeschema de KiCad EDA, que es un software con licencia open-source GNU GPL v2.

- **Montaje en protoboard:**

Una vez finalizado el diseño del esquemático se procederá a su montaje en una placa de prototipo para comprobar el funcionamiento del circuito y depurar posibles errores o inexactitudes antes de realizar el diseño final de la placa de circuito impreso (Printed Circuit Board, PCB). De esta forma se ahorra en costes de desarrollo, ya que se minimiza el riesgo de producir una placa de circuito impreso con un error que la haga inservible.

- **Diseño de la PCB:**
Consiste en situar los componentes y pistas de forma que se cumplan los requisitos de tamaño máximo que impone el vehículo. Para esto se utiliza otra herramienta englobada en KiCad EDA denominada, Pcbnew, que permite diseñar PCBs de hasta 32 capas.

- **Validación del sistema:**
En esta fase se lleva a cabo la implementación del circuito en PCB y su validación experimental. Se caracteriza asimismo el comportamiento de las baterías en sucesivos ciclos de carga y descarga, información que resultará útil para otros trabajos relacionados con el modelado y la estimación del estado de carga de las baterías.

1.2 Estructura de la memoria

El presente documento se estructura como sigue:

- En el capítulo 2 se describe el proceso de diseño, implementación y montaje del sistema.
- En el capítulo 3 se detalla el correcto modo de utilización del equipo y los resultados de la validación.
- En el capítulo 4 se exponen las conclusiones alcanzadas y las posibles líneas futuras de mejora del equipo.

2 DISEÑO, IMPLEMENTACIÓN Y MONTAJE DEL SISTEMA

2.1 Especificaciones de las baterías de iones/polímero de Litio

Las baterías de iones/polímero de litio ofrecen un ratio capacidad/peso/volumen muy superior respecto a las tecnologías anteriores (Ni-Cd, Ni-Mh), además de poseer una capacidad de descarga igual o incluso superior a éstas. (1)

Estas características han contribuido a que las baterías de tipo iones/polímero de litio se estén imponiendo en el campo de la electrónica portable, desde la electrónica de consumo (teléfonos móviles, modelismo, etc.) hasta la electrónica industrial (sensores inalámbricos, instrumentación, etc.).

Pero no todo son ventajas en la utilización de este tipo de baterías. A diferencia de las “tradicionales”, que se pueden cargar simplemente con una fuente de alimentación que proporcione una tensión igual a la nominal de la batería y una corriente constante, las baterías de iones/polímero de litio se tienen que cargar en 3 fases distintas dependiendo del nivel de carga en que se encuentren. Por esta razón es necesario disponer de cargadores específicos.

Las baterías Lipo están compuestas por celdas con una tensión nominal de 3,7 V y una capacidad determinada. Para aumentar la tensión lo que se hace es conectar celdas en serie obteniendo de esta forma baterías de 3,7 V (1s), 7,4 V (2s), 11,1 V (3s), y así sucesivamente. Además es posible conectar celdas en paralelo, para aumentar la capacidad del conjunto.

La tensión mínima a la que se puede descargar una celda sin inutilizarla es de 3 V, pero es recomendable no descargarlas a menos de 3,2 V. Durante la carga las celdas se pueden cargar hasta una tensión de 4,2 V. (6)

Además se deben seguir una serie de normas para prolongar la vida útil y evitar posibles accidentes:

- Cargar las baterías únicamente con cargadores adecuados.
- No sobrepasar la corriente de carga nominal (1C) durante la carga.
- Es recomendable realizar habitualmente cargas a menos de 0,5C.
- Respetar los ratios de descarga.
- Vigilar durante la carga/descarga el desequilibrio entre celdas para impedir que sobrepasen los valores límite por celda.
- Las baterías de iones/polímero de litio no tienen efecto memoria, por lo tanto no es necesario descargarlas al completo para realizar una carga.
- No realizar nunca cortocircuitos entre bornes de la batería, ya que esto podría provocar una explosión.
- Desechar baterías que estén hinchadas o tengan desperfectos aparentes.
- Para su almacenaje es conveniente dejar las baterías a su tensión nominal (3,7 V por celda).



Figura 2.1 Turnigy 2 cell 2200 mAh

Este trabajo se basa en una batería de dos celdas (7,4 V) mostrada en la Figura 2.1, con una capacidad de 2200 mAh y un ratio de descarga de 20C-30C. Esto quiere decir que durante la descarga se le pueden demandar a la batería 44 A de forma continuada (Ec. 1) y durante tiempos cortos (en torno a los 3 segundos) picos de corriente de 66 A (Ec. 2).

$$2,2[A * h] * 20C = 44 A \quad \text{Ec. 1}$$

$$2,2[A * h] * 30C = 66 A \quad \text{Ec. 2}$$

2.2 Especificaciones del sistema

Para realizar el diseño del circuito controlador de carga de la batería se deben tener en cuenta diversos factores y requisitos.

Aunque el valor de tensión nominal para una batería de dos celdas es de 7,4 V, cuando se realiza una carga completa la tensión entre bornes de la batería es de 8,4 V. Por lo tanto la tensión de alimentación del sistema tiene que tener un valor superior a esta tensión. En este diseño se decidió la utilización de una tensión de alimentación de 12 V.

En cuanto a la corriente que se inyectará a la batería, aunque el límite de corriente para una carga segura es de 1C se especifica un porcentaje inferior (0,8C) para prolongar la vida útil a costa de incrementar el tiempo de carga unos minutos. Además existe una opción de carga lenta (0,4C).

Con estos datos ya se puede determinar unos valores mínimos para la fuente de alimentación:

- Tensión de salida: 12 V
- Intensidad de salida: 1,8 A
- Potencia: 22 W

2.3 Selección de un controlador

Dado el gran volumen de productos que utilizan baterías de iones/polímero de litio para su alimentación, existen en el mercado multitud de chips controladores de carga. Estos chips son muy configurables y por lo tanto se pueden adaptar a distintas baterías.

Se decidió utilizar un chip de Texas Instruments por la disponibilidad de muestras gratuitas, que facilitan el prototipado, y por la facilidad posterior de encontrar los chips de esta marca en cualquier distribuidor.

En un primer momento se estudió la posibilidad de utilizar el chip BQ24105, que se adecuaba perfectamente a las baterías utilizadas y cuyas posibilidades de configuración/control son muy elevadas, pero finalmente se desechó su posible utilización debido al alto coste de fabricación que supondría montar los prototipos con este IC, ya que el encapsulado PVQFN debido a su gran miniaturización necesita una muy alta precisión tanto en la realización de la PCB como en su posterior montaje. (7)



Figura 2.2 IC BQ24105*

Por el motivo anterior se realizó una búsqueda de posibles chips cuyo encapsulado fuera de fácil montaje. De esta búsqueda se llegó a un chip con encapsulado SOIC (de fácil montaje) como es el BQ2057W. (8)



Figura 2.3 IC BQ2057W*

Este chip no ofrece unas posibilidades de configuración/control tan altas como el mencionado anteriormente, pero son más que suficientes para la aplicación.

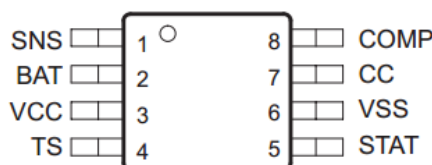


Figura 2.4 Pines del IC BQ2057W, encapsulado SOIC*

* Imágenes de los circuitos integrados cortesía de Texas Instruments

A continuación se detallan sus posibilidades de configuración:

- **Current-sense input (SNS)**
La corriente de carga de la batería es sensada a partir de la caída de tensión en una resistencia externa. Ajustando el valor de esta resistencia se puede ajustar la corriente de carga.
- **Battery-voltage input (BAT)**
Permite realizar una lectura del valor de tensión en bornes de la batería.
- **Temperature sense input (TS)**
Entrada para una monitorización externa de la temperatura de la batería.
- **Charge-status output (STAT)**
Salida tri-estado que indica carga en proceso, carga completa y fallo de temperatura o modo dormido.
- **Charge-control output (CC)**
La corriente que se inyecta a la batería es controlada por un transistor tipo P (MOSFET o BJT) que a su vez es controlado por esta salida.
- **Automatic charge-rate compensation input (COMP)**
Define el ratio de compensación de la resistencia interna de la batería. El autocomp es un mecanismo que mejora el tiempo de carga de la batería, teniendo en cuenta la resistencia interna de esta para de esta forma adecuar de una forma más óptima las fases de carga.

Parámetro	Descripción	Condiciones de Test	MIN	TYP	MAX	Unidades
Condiciones de operación						
VCC	Alimentación	-	4,5	-	15	V
T _A	Temperatura ambiente	-	-20	-	70	°C
Regulación de la tensión de la batería						
V _{O(REG)}	Tensión de salida	BQ2057W	8,317	8,40	8,484	V
Regulación de corriente						
V _{sns}	Umbral de la regulación de corriente	BQ2057W (High-side)	113,6	125	137,5	mV
Detección de fin de carga						
I _{Terminación}	Umbral de la corriente de terminación	VCC- V _{sns}	-24	-14	-4	mV
Comparador de precarga						
V _{min}	Umbral de precarga	BQ2057W	6,18	6,3	6,43	V
Regulación de corriente de precarga						
I _{Prechg}	Corriente de precarga	VCC-V _{sns}	-	13	-	mV
Comparador de recarga						
V _{RCH}	Umbral de recarga	BQ2057W	8,21	8,2	8,19	V
Pin de Estado						
V _{OL(STAT)}	Tensión baja de salida de estado	I _{OL} =10 mA	-	-	0,7	V
V _{OH(STAT)}	Tensión alta de salida de estado	I _{OH} =5 mA	VCC-0,5	-	-	V
Pin de control de carga						
V _{OL(CC)}	Tensión de salida baja	I _{O(CC)} = 5 mA	-	-	1,5	V
I _{O(CC)}	Corriente de sumidero	Sin exceder P _D	5	-	40	mA

Tabla 1 Características eléctricas del IC BQ2057W

2.4 Funcionamiento del IC BQ2057W

La carga de las baterías se divide en 3 fases: Acondicionamiento, corriente constante y tensión constante, como se muestra en la Figura 2.5. (9)

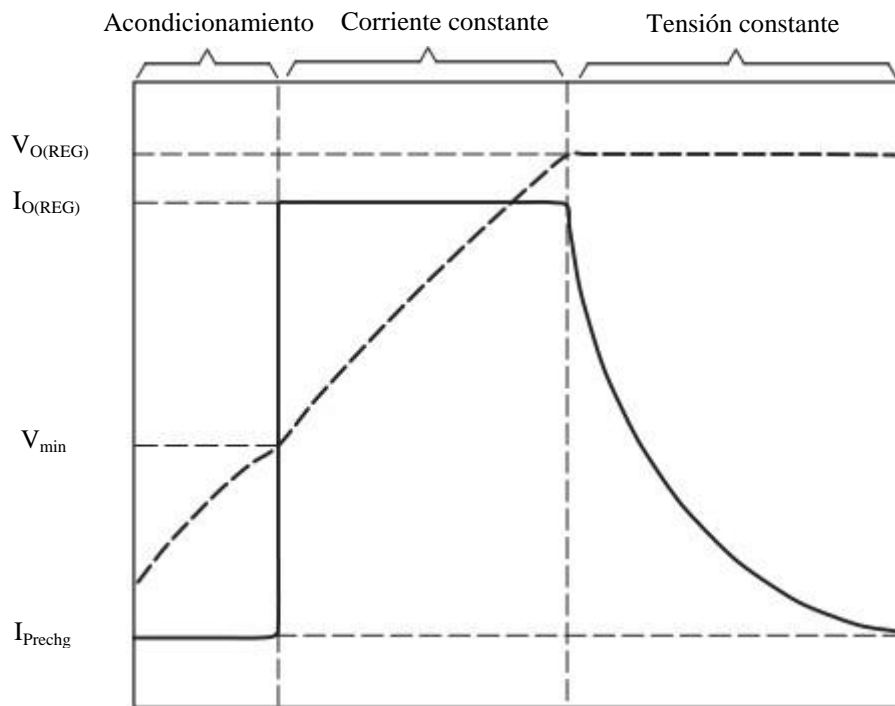


Figura 2.5 Perfil de carga de las baterías de Litio

Si la tensión de la batería está por debajo del umbral mínimo de tensión (V_{min}), se activa una precarga a una corriente de aproximadamente el 10% de la de carga nominal, para acondicionar la batería. Esta fase de precarga además de acondicionar la batería también minimiza la disipación de calor en el transistor externo en esta primera fase de carga.

Una vez superado el umbral de tensión mínimo se aplica una corriente constante a la batería. Esta corriente de carga se puede regular modificando el valor de la resistencia externa de sensado. Esta fase de corriente constante continúa hasta que se alcanza el valor de tensión de regulación de carga ($V_{O(REG)}$).

Por último, se continúa con una carga a tensión constante, fase que se dará por concluida, y con ella la carga de la batería, cuándo la corriente de carga disminuya hasta el umbral de terminación de carga (I_{TERM}).

A continuación se explica en base a la Figura 2.6 el funcionamiento interno del controlador. (8)

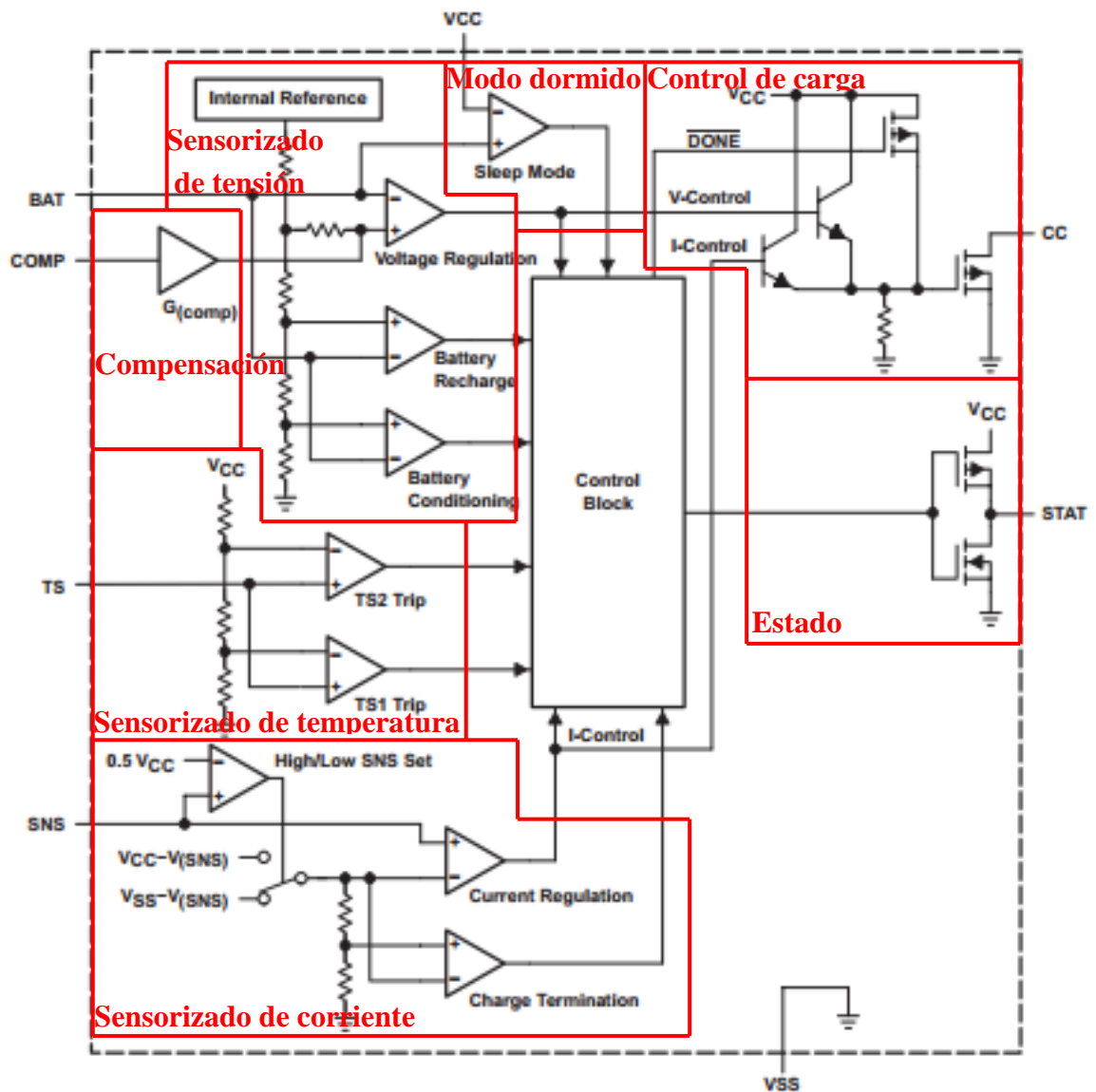


Figura 2.6 Diagrama de bloques

- **Sensado de corriente:**

La tensión en esta entrada se compara con una tensión de referencia, que dependiendo de si se configura la sensorización de corriente en la parte de “alta corriente” o en la de “baja” será de $V_{CC}-V_{(SNS)}$ o de $V_{SS}-V_{(SNS)}$. Esta selección de referencia se hace automáticamente mediante un amplificador operacional que compara la tensión en SNS con la mitad de la tensión de alimentación. Como el valor de V_{SNS} está en torno a 125 mV si la tensión en SNS es mayor de $0,5 \cdot V_{CC}$ el conmutador se situará en la posición de $V_{CC}-V_{(SNS)}$ como es el caso del diseño elegido para este sistema.

La tensión en SNS se compara con una tensión de referencia ($V_{CC}-V_{(SNS)}$) obteniendo a la salida del amplificador operacional una corriente proporcional a esta diferencia. Esta señal es leída por el bloque de control y además controla la base de uno de los transistores de la zona de Control de corriente (CC).

- **Sensado de temperatura:**

Con este divisor de tensión interno acompañado de dos amplificadores operacionales se comprueba que el valor de tensión que proporciona un montaje externo con un divisor de tensión con una resistencia PTC o NTC está comprendido entre un 30% y un 60% de la tensión de alimentación. En esta aplicación se dejará el control de la temperatura al controlador del espacio inteligente, pues es un dato que interesa tanto durante la carga como durante el funcionamiento normal del vehículo, por lo que será este el que decida la habilitación o inhabilitación del proceso de carga activando una salida digital de la placa controladora (0-5 V).

- **Sensado de tensión:**

En este bloque un nivel de referencia se divide mediante una red resistencias en tres umbrales de tensión diferentes (V_{\min} , V_{RCH} , $V_{O(REG)}$). Estos umbrales de tensión internos se comparan con la tensión en la batería mediante tres amplificadores operacionales, que mandan una señal al bloque de control. De esta forma se determina la zona del perfil de carga en la que se encuentra la batería en cada momento. A su vez el amplificador de regulación de tensión controla la base de otro de los transistores del control de carga.

- **Control de carga:**

El pin CC está conectado al drenador de un transistor MOSFET que controla la corriente que pasa por un transistor externo, que puede ser BJT o MOSFET. Dependiendo de la tensión aplicada a la puerta del transistor interno se controla la corriente/tensión de base/puerta del transistor externo.

- **Compensación:**

Mediante una red de resistencias conectadas al pin COMP se puede compensar el valor de la resistencia interna de la batería y de esta forma mejorar el tiempo de carga. Para calcular los valores de esta red se necesita un estudio de las impedancias de este modelo de batería en concreto. Como no se dispone de este estudio y tampoco es el fin de este trabajo lo que se hace es inhabilitar esta función conectando este pin directamente a la tensión de alimentación.

- **Modo dormido:**

Mediante una comparación entre la tensión de alimentación y el valor de tensión de la batería en un determinado instante se detecta la presencia o ausencia de alimentación. En el momento que se detecta una tensión de alimentación y la presencia de una batería se inicia el proceso de carga.

- **Estado:**

Mediante un montaje de 3-estados se controlan dos LEDs que nos indican el estado en que se encuentra el cargador. En la Tabla 2 se puede observar las posibles combinaciones de encendido de los LEDs para cada estado. Además mediante este pin también se podría realizar una comunicación con la placa controladora.

Estado	Led 1	Led 2
En carga	X	-
Carga completada	-	X
Modo dormido	X	X

Tabla 2 Estado del cargador

2.5 Cálculos del diseño

- **Regulación de corriente**

La regulación de corriente se hace a partir de la caída de tensión en la resistencia de sensado. Por los motivos anteriormente mencionados esta resistencia se coloca en la parte de “alta corriente”. Además, como uno de los requisitos es la posibilidad de realizar cargas a dos velocidades diferentes, se diseñó un circuito de conmutación para la selección de la corriente de carga.

$$R_{sns} = \frac{V_{(sns)}}{I_{O(sns)}} \quad \text{Ec. 3}$$

De la hoja de características extraemos el valor típico de $V_{(sns)}$, 125 mV.

Como se comentó con anterioridad la carga lenta se realiza a 0,4C.

$$0,4C \rightarrow 0,4 * 2,2A = 0,88 A$$

Usando la Ec. 3 obtenemos:

$$R_{sns_1} = \frac{125 mV}{0,88 A} = 0,142 \Omega$$

Por motivos de disponibilidad y seguridad se decidió utilizar una R_{SNS1} de 0,15 Ω ya que aunque el valor más próximo al teórico sería el de 0,14 Ω , la utilización de este aumentaría el valor de la corriente de carga, mientras que utilizando un valor de 0,15 Ω la corriente disminuye. De la Ec. 3 se puede obtener el valor de intensidad que se obtendría teóricamente con esa resistencia.

$$I_{O(sns)} = \frac{V_{(sns)}}{R_{sns_1}} = \frac{125 mV}{0,15 \Omega} = 0,833 A$$

Como se observa el valor de la corriente nominal es ligeramente inferior al valor obtenido para una carga a 0,4C.

Para el caso de la carga rápida que se realiza a 0,8C.

$$0,8C \rightarrow 0,8 * 2,2A = 1,76 A$$

Usando la Ec. 3 obtenemos:

$$R_{sns_2} = \frac{125 \text{ mV}}{1,76 \text{ A}} = 0,071 \Omega$$

En este caso sí que se escoge el valor (0,07 Ω) más próximo al teórico porque como se puede observar en la Ec. 4 el valor de corriente no supera el límite de 1C.

$$I_{o(sns)} = \frac{V_{(sns)}}{R_{sns_2}} = \frac{125 \text{ mV}}{0,07 \Omega} = 1.786 \text{ A} < 2.2 \text{ A} \quad \text{Ec. 4}$$

Para poder escoger entre las dos velocidades de carga, se diseña un circuito de conmutación controlado por un interruptor mecánico para el caso del primer prototipo (Figura 2.7). Para futuras implementaciones totalmente controladas electrónicamente se utilizará un interruptor electrónico, gobernado por el microcontrolador embarcado en el vehículo.

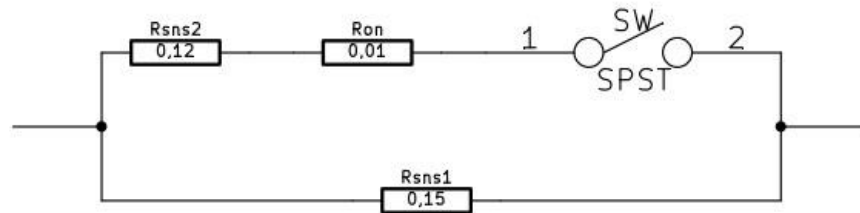


Figura 2.7 Circuito conmutación

Como se puede observar, cuando el interruptor SW está abierto, la rama superior del paralelo no forma parte de la red de sensado. Por lo tanto la resistencia equivalente es igual al valor de Rsns₁ (en este caso 0,15 Ω , que es el valor de resistencia para obtener una corriente de carga de 0,4C).

Si se cierra el interruptor SW, se observa que se obtiene una red en paralelo donde en la rama superior se tiene la suma de Rsns₂ más la resistencia interna del interruptor (según su hoja de características su valor máximo es de R_{on}=0,01 Ω). De este planteamiento se puede calcular el valor de la resistencia Rsns₂ para conseguir una resistencia equivalente de 0,07 Ω .

$$R_{eq} = 0,07 \approx \frac{R_{sns_1} * (R_{sns_2} + R_{on})}{R_{sns_1} + (R_{sns_2} + R_{on})} \approx \frac{0,15 * (R_{sns_2} + R_{on})}{0,15 + (R_{sns_2} + R_{on})} \quad \text{Ec. 5}$$

De la Ec. 5 se obtiene el valor de la resistencia de sensado Rsns₂.

$$\rightarrow (R_{sns_2} + R_{on}) = 0,1312 \rightarrow \text{Si } R_{on} = 0,01\Omega \rightarrow R_{sns_2} = 0,1212 \Omega$$

Se usará un valor estándar próximo al teórico, como por ejemplo $0,12\Omega$. Con este valor de resistencia y usando la Ec. 5 se obtiene la corriente de carga:

$$R'_{eq} = \frac{R_{sns1} * (R_{sns2} + R_{on})}{R_{sns1} + (R_{sns2} + R_{on})} = \frac{0,15 * (0,12 + 0,01)}{0,15 + (0,12 + 0,01)} = 0,0696 \Omega$$

$$I_{o(sns_{eq'})} = \frac{V_{(sns)}}{R'_{eq}} = \frac{125 \text{ mV}}{0,0696 \Omega} = 1.795 \text{ A}$$

En el peor de los casos, con R_{on} y la resistencia de las pistas de la PCB nulas la corriente máxima de carga sería:

$$R''_{eq} = \frac{R_{sns1} * (R_{sns2} + R_{on})}{R_{sns1} + (R_{sns2} + R_{on})} = \frac{0,15 * (0,12 + 0)}{0,15 + (0,12 + 0)} = 0,0667 \Omega$$

$$I_{o(sns_{eq''})} = \frac{V_{(sns)}}{R'_{eq}} = \frac{125 \text{ mV}}{0,0667 \Omega} = 1.875 \text{ A}$$

Como se puede observar ni en el hipotético caso de interruptor ideal y pistas con resistencia nula sobrepasaríamos la corriente de carga máxima de las baterías utilizadas (2,2A).

- **Regulación de voltaje.**

Para la regulación del voltaje de carga de la batería se utilizará la propia referencia interna (8,4 V) del controlador escogido. Este es el valor de referencia hasta el cual se cargará la batería.

- **Selección del transistor externo.**

El circuito integrado BQ2057 está diseñado para trabajar con un transistor tipo P. El transistor pMOS se selecciona en base a los cálculos que se realizan a continuación.

La potencia máxima que soporta el transistor corresponde al voltaje de la batería mínimo y corriente de carga máxima.

$$P_{Dmax} = (V_{in} - V_D - V_{sns} - V_{BAT}) * I_o = (12 - 0,7 - 0,1 - 6) * 1,8 = 9,36 \text{ W} \quad \text{Ec. 6}$$

A partir de esta potencia se realiza el cálculo que permita garantizar que la disipación térmica del encapsulado sea efectiva.

$$\theta_{JA} = \frac{(T_{max(J)} - T_{A(max)})}{P_D} = \frac{(175 - 40)}{9,36} = 14,42 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{W} \quad \text{Ec. 7}$$

A continuación se calcula la tensión mínima de disparo del transistor:

$$V_{GS} = (V_D + V_{sns} + V_{OL(CC)}) - V_{in} = (0,7 + 0,1 + 1,5) - 12 = -9,7 \text{ V}$$

El transistor debe por tanto cumplir las siguientes especificaciones:

$$V_{DS} \leq -15 \text{ V}$$

$$P_{Dmax} \geq 9,36 \text{ W}$$

$$\Theta_{JC} \leq 14,42 \text{ }^{\circ}\text{C/W}$$

$$I_D \geq 4 \text{ A}$$

$$V_{GSth} \geq -9,7 \text{ V}$$

- **Condensador de entrada.**

Se coloca un condensador de 0,1 μF en paralelo a la entrada de alimentación del circuito para desacoplar las altas frecuencias que introduciría la fuente de tensión conmutada, que se utiliza para la alimentación del circuito cargador.

- **Condensador de salida.**

Aunque no es necesario un condensador de salida para obtener una tensión estable en bornes de la batería, se coloca un condensador de 0,1 μF en paralelo a ésta, para mantener un nivel de tensión a la salida cuando la batería no está conectada.

- **Disipación térmica**

Se necesitará un plano de disipación para el transistor externo. Se calcula el área de cobre necesaria para una disipación efectiva. Con el coeficiente obtenido en la Ec. 7 y el coeficiente térmico entre la unión y la carcasa del transistor escogido se puede calcular el área de cobre necesaria. (10)

$$\text{Área placa} \geq \frac{500 \left[\frac{^{\circ}\text{C} * \text{cm}^2}{\text{W}} \right]}{\theta_{JA} - \theta_{JC} \left[\frac{^{\circ}\text{C}}{\text{W}} \right]} \geq 38,7 \text{ cm}^2 \quad \text{Ec. 8}$$

El área necesaria para una correcta disipación del calor generado por el transistor es muy grande para las especificaciones del sistema, debido al limitado espacio disponible en los vehículos. Por esta razón se añade al diseño un disipador de aluminio que ayude al plano de disipación.

2.6 Diseño del esquemático

Para el diseño del esquemático se parte de uno de los ejemplos que se proponen en la hoja de características del IC BQ2057W, modificándolo en base a las necesidades de este caso en particular. (8)

En la Figura 2.8 se puede ver el circuito de partida.

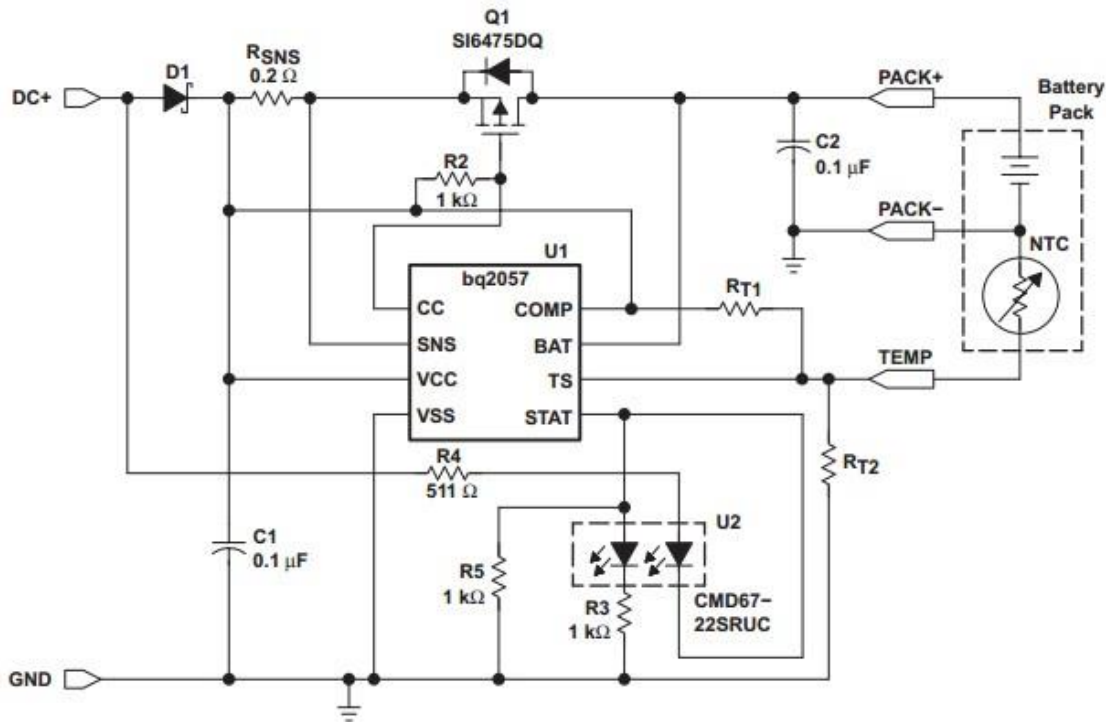


Figura 2.8 Ejemplo de aplicación

Partiendo de este diseño se introducen nuevas funciones, como la selección de dos velocidades de carga, y se eliminan otras, como el sensado de temperatura. Para el diseño del esquemático se utiliza el programa KiCad eeschema. Es necesario crear el componente BQ2057W, ya que no está incluido en las librerías del programa.

2.7 Montaje en placa de prototipos

El siguiente paso es realizar el montaje del circuito en una placa de prototipos para comprobar el correcto funcionamiento del sistema antes de proceder a la realización de la PCB.

El mayor problema a la hora de realizar este ensayo es el uso de componentes de montaje superficial. A la hora de comprar el material se tuvo en cuenta este hecho y se pidieron componentes de montaje pasante de todos aquellos componentes que fue posible. En el caso del IC BQ2057W no fue posible adquirirlo en montaje pasante por lo que se diseñó una pequeña placa de circuito impreso, como se puede observar en la Figura 2.11, para poder conectar este IC a una placa de prototipo.

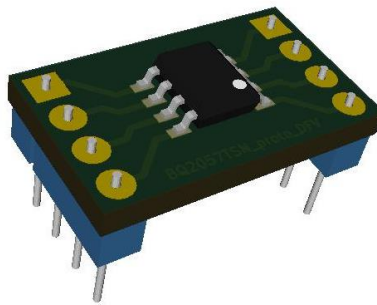


Figura 2.11 Modelo 3D de la placa adaptadora

A continuación se procede al montaje en la placa de prototipo y a la comprobación de su correcto funcionamiento.

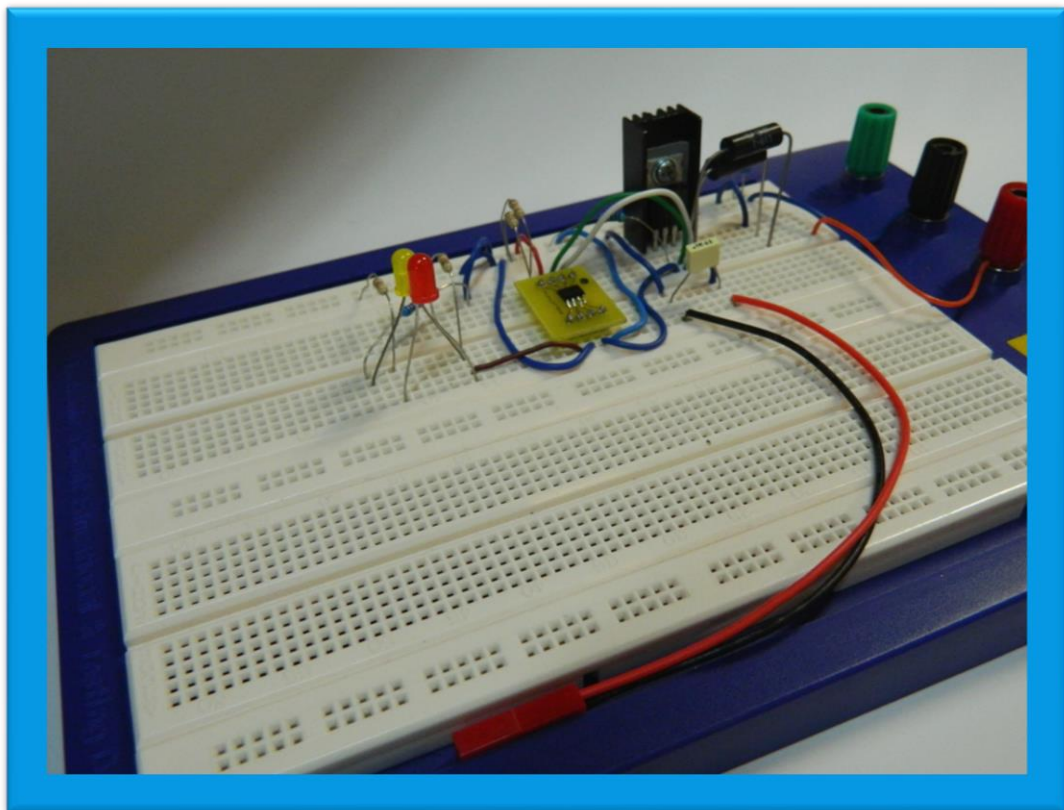


Figura 2.12 Placa de prototipo

Para la comprobación del correcto funcionamiento del circuito se realizan una serie de medidas que se recogen en la Tabla 3.

	Valor teórico	Valor real	Unidades
$V_{sns}(pin)$	125	123,3	mV
$V_{sns}(R_{sns})$	125	120,1	mV
$I_o(0,15\Omega)$	0,833	0,81	A
$I_o(0,15//0,12)$	1,795	1,76	A

Tabla 3 Medidas en placa de prototipo

2.8 Diseño de la PCB

Una vez comprobado el correcto funcionamiento del circuito y que todas las medidas se ajustan a los valores esperados se procederá al diseño de la placa de circuito impreso que se usará como prototipo final.

El primer paso es generar una “netlist” en la herramienta de diseño (Figura 2.13), en la que se guarda la información sobre las conexiones entre los distintos elementos del esquemático.

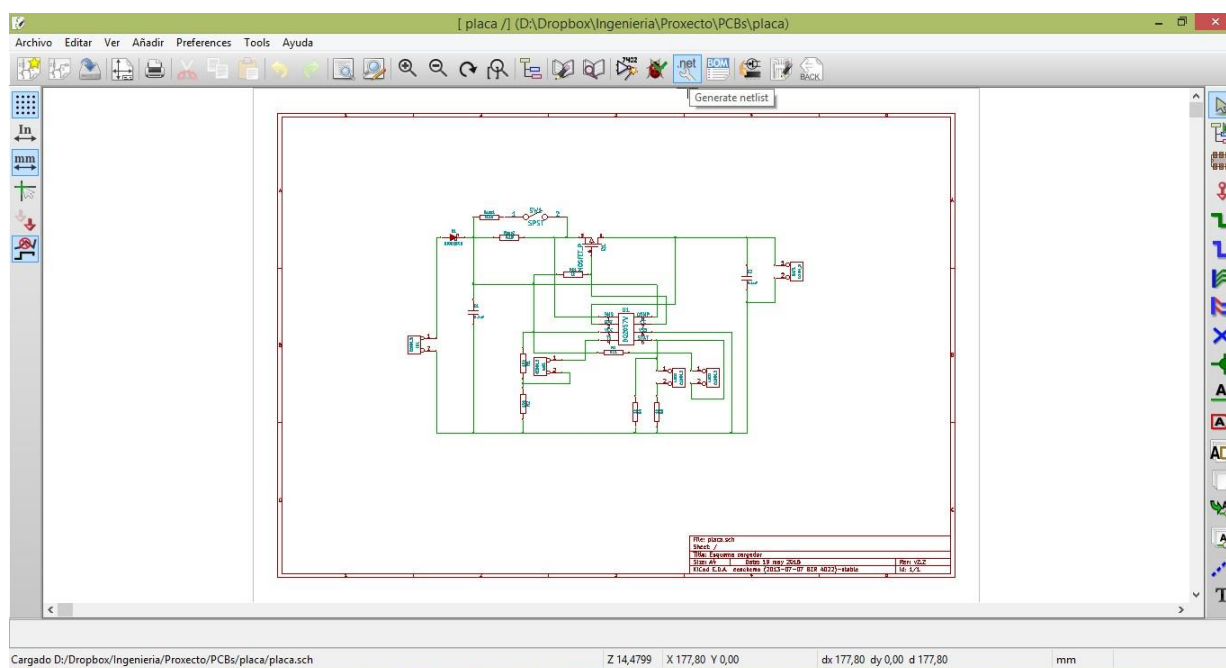


Figura 2.13 Generación de netlist

A continuación se relacionan los componentes con la huella que les corresponde dependiendo del tipo de encapsulado y se selecciona el tamaño de la PCB. En este caso se ha elegido un tamaño de placa de 98x25 mm.

Lo siguiente es la colocación de los componentes de forma que queden repartidos por la placa y teniendo en cuenta su función. Por ejemplo, se colocan los conectores en los bordes de la placa para tener un buen acceso. Además se debe tener en cuenta que en este caso la placa es de doble cara, por lo que se debe definir qué componentes se sitúan en cada una.

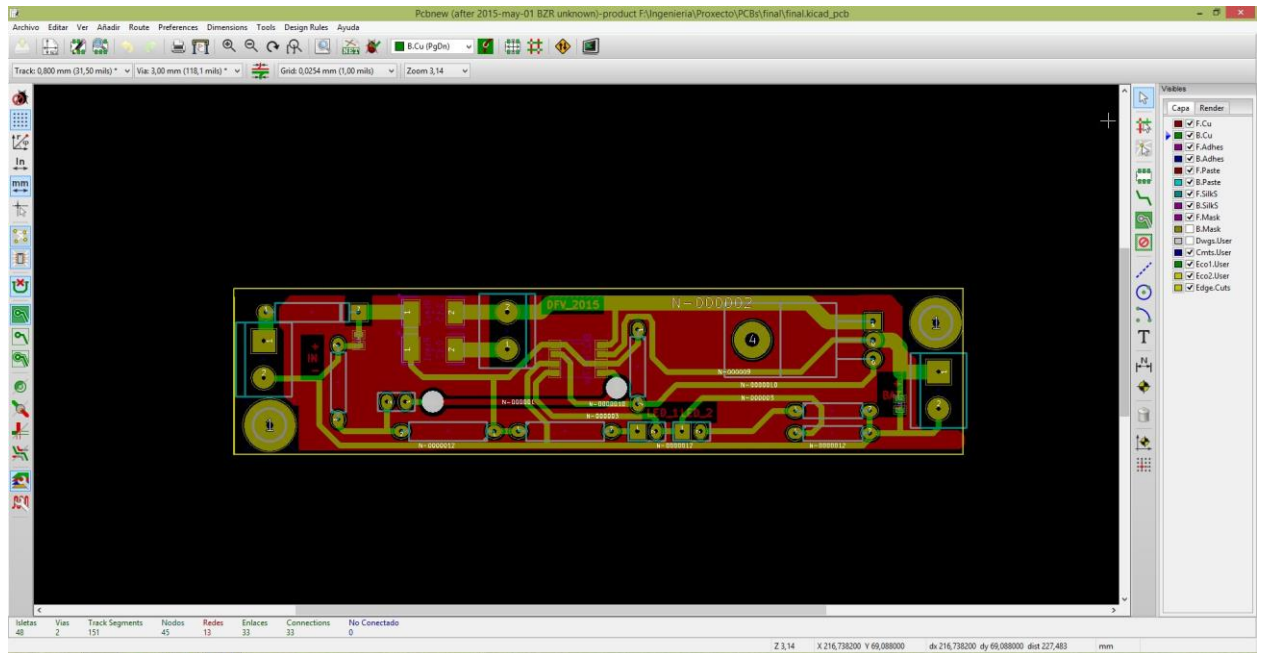


Figura 2.14 Layout a doble cara

Una vez colocados los componentes en el emplazamiento deseado se realizan las pistas de conexión. En este caso la mayoría de las pistas se encuentran en la capa inferior para de esta forma crear una superficie de disipación lo más grande posible en la capa superior. El ancho de pista es de 0,8 mm excepto en la pista que une las resistencias de sensado con el pin SNS y con el positivo de la batería, donde se cambia a 2mm. Esto se debe a que por este tramo circula hasta 1,8 A y con pistas de 0.8 mm la caída de tensión en las pistas sería de 10 mV por cm de pista, lo que afectaría negativamente al funcionamiento del circuito.

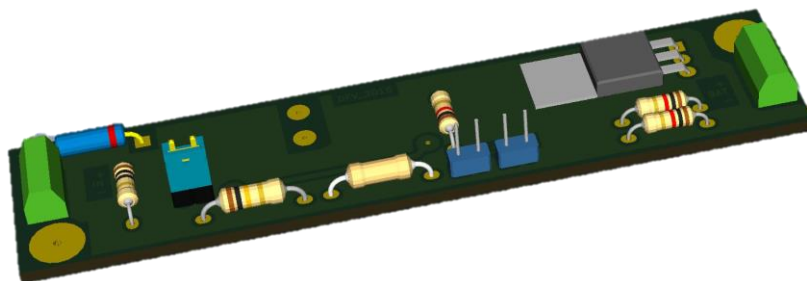


Figura 2.15 Vista superior (Top) del modelo 3D

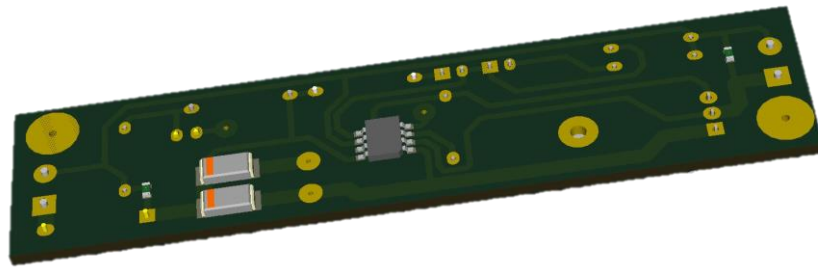


Figura 2.16 Vista inferior (Bottom) del modelo 3D

Gracias al modelo 3D (Figura 2.15 y Figura 2.16) se puede observar la distribución de los componentes en la placa y detectar posibles interferencias entre ellos. Una vez se comprueba que no existen problemas de espacio con los componentes se procede a la fabricación y montaje de la PCB.

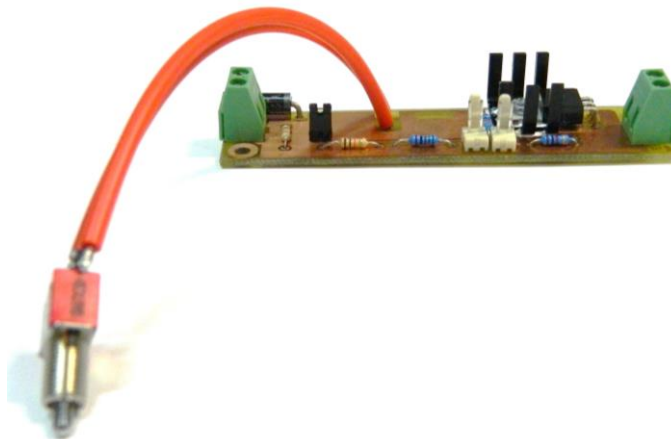


Figura 2.17 Capa superior de la PCB

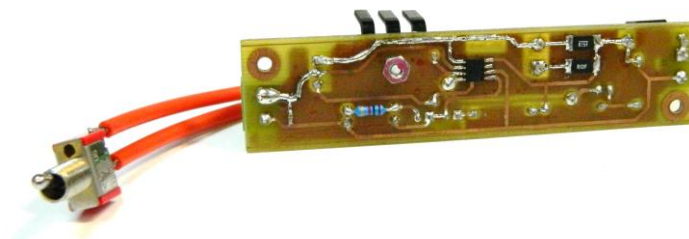


Figura 2.18 Capa inferior de la PCB

Una vez fabricada y montada la PCB (Figura 2.17 y Figura 2.18) se realizan una serie de medidas para comprobar su correcto funcionamiento. Estas medidas se muestran en la Tabla 4.

	Valor teórico	Valor real	Unidades
$V_{sns}(pin)$	125	120,5	mV
$V_{sns}(R_{sns})$	125	119,7	mV
$I_O(0,15\Omega)$	0,833	0,80	A
$I_O(0,15//0,12)$	1,795	1,72	A

Tabla 4 Medidas en PCB

Si se observa la Tabla 4 se puede comprobar que los valores reales se aproximan un poco menos a los teóricos que en el caso de la Tabla 3. Esto se debe a que en el primer diseño de la placa de circuito impreso se cometió un error en el dimensionado de una de las pistas. Para aprovechar la placa de circuito impreso que se había fabricado se hizo una modificación en la misma para que los resultados de los experimentos fuesen válidos. Esta es la razón por la que las lecturas reales mostradas en la Tabla 4 no se ajustan a las teóricas tanto como sería deseable.

2.9 Disposición en el vehículo

Existen dos posibles localizaciones para la colocación del cargador en el vehículo. Una de ellas es en el interior del chasis (Figura 2.19), lugar donde va alojada la batería, y la otra sobre el chasis (Figura 2.20).

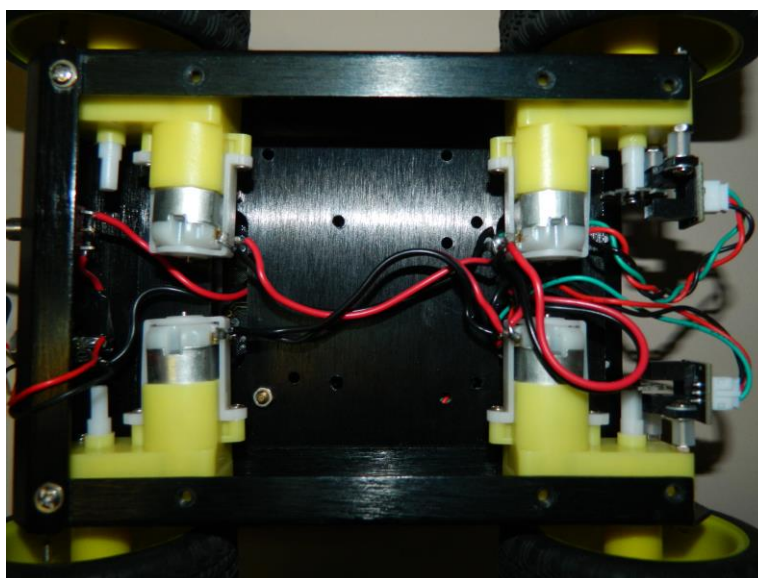


Figura 2.19 Interior del chasis

La primera es la que supone más restricciones en cuanto a tamaño, por lo que las dimensiones de la PCB se adaptaron a este espacio. Ya con el prototipo montado se realizaron pruebas de temperatura ya que este espacio además de ser reducido tiene una nula circulación de aire, por lo que la temperaturas podría llegar a ser excesiva. En la Tabla 5 se pueden comprobar las temperaturas alcanzadas por el transistor externo en su carcasa tras distintos tiempos de funcionamiento

$I_{O(REG)}$ [A]	0'	10'	20'	30'	40'
0,8	30°C	85°C	85°C	84°C	81°C
1,71	30°C	110°C	108°C	108°C	106°C

Tabla 5 Temperatura del encapsulado del transistor externo, con la PCB dentro del chasis

Se puede observar que aunque no se llega a alcanzar el límite de temperatura máximo de funcionamiento del transistor (150°C), esta fuerte disipación de calor unido al mínimo flujo de aire que existe dentro del chasis provoca que la temperatura dentro del chasis llegue a alcanzar los 80°C en el caso de la carga rápida, una temperatura muy superior a los 45° que puede soportar como máximo la batería durante la carga. Por esta razón se desechó la opción del monje de cargador y batería dentro del chasis.

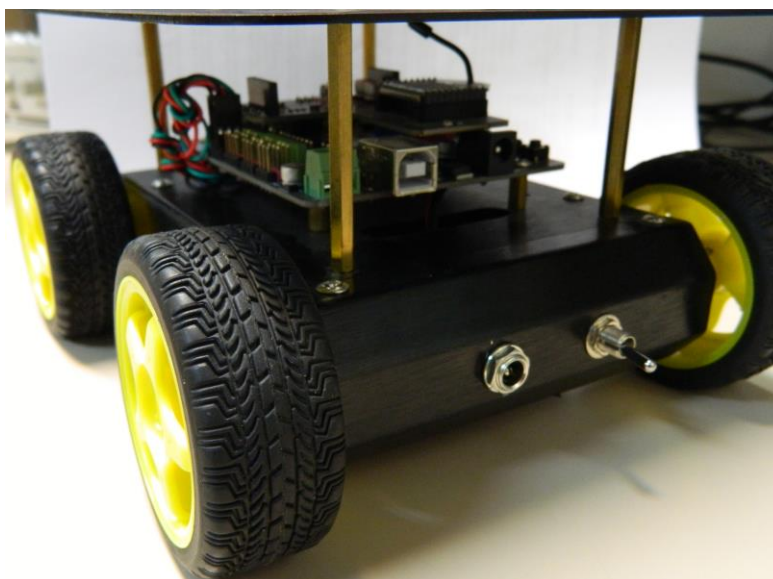


Figura 2.20 Parte superior del chasis

Al situar la placa encima del chasis se mejora la refrigeración del circuito además de no aportar calor al recinto donde se aloja la batería durante su carga. En la Tabla 6 se observa como las temperaturas bajan considerablemente respecto a las de la placa en el interior del chasis.

$I_{O(REG)}$ [A]	0'	10'	20'	30'	40'
0,8	30°C	65°C	66°C	67°C	63°C
1,71	30°C	91°C	91°C	91°C	88°C

Tabla 6 Temperatura del encapsulado del transistor externo, con la PCB ubicada sobre el chasis

3 MODO DE UTILIZACIÓN Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA

3.1 Modo de utilización del equipo

Se procede a dar una breve explicación sobre el correcto manejo del equipo. En la Figura 3.1 se pueden observar las conexiones que es necesario efectuar así como las configuraciones que es posible realizar sobre el equipo.

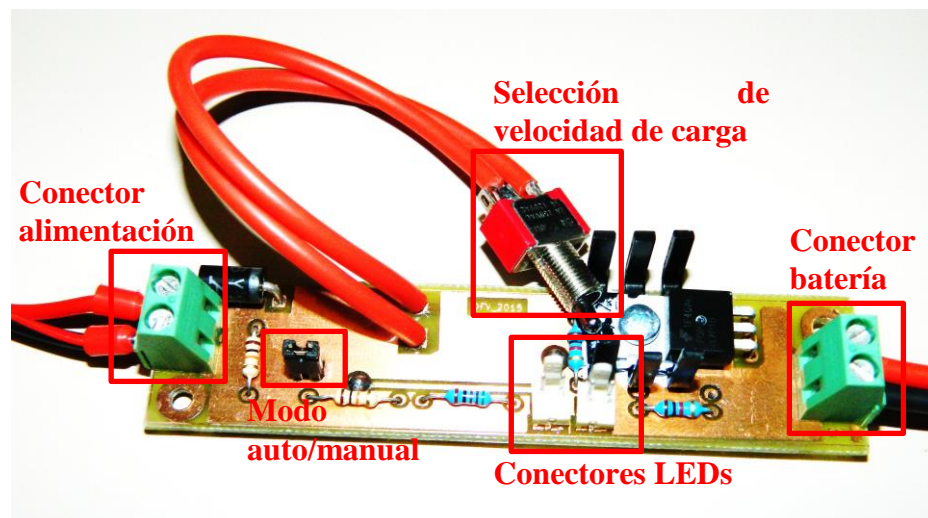


Figura 3.1 Vista superior de la placa

- **Conector alimentación:**
En este conector tipo “*phoenix*” se conecta la fuente de alimentación continua de 12 V de tensión y una corriente mínima de 1,8 A. Se debe prestar especial cuidado a la polaridad de la conexión, conectando siempre en el terminal superior el positivo y en el inferior el negativo, tal como se muestra en la imagen.
- **Conector batería:**
Este otro conector tipo “*phoenix*”, situado en el lado opuesto al anterior, se utiliza para conectar los bornes de la batería. Al igual que en el caso anterior se debe prestar atención a la polarización, siendo el terminal superior el positivo de la batería y el inferior el negativo.
- **Conectores LEDs:**
Se utilizan conectores con un único sentido de conexión para asegurar la correcta conexión. En todo caso, desde una vista superior de la placa el cátodo de ambos diodos estará conectado al pin derecho de su correspondiente conector.
- **Modo auto/manual:**
Con este “*jumper*” se puede configurar el modo de funcionamiento de la placa entre automático o manual bajo el control del microcontrolador del vehículo. En el caso del modo automático el “*jumper*” debe estar conectado haciendo un puente entre los 2 pines del

conector. Para el modo manual se debe conectar una salida digital (0-5 V) de la placa controladora al pin izquierdo del conector antes mencionado.

- **Selección de velocidad de carga:**

Mediante este interruptor se selecciona la velocidad de carga de la batería. En su posición abierta (marcada con un punto sobre el interruptor) se seleccionará la velocidad de carga lenta (0,4C) mientras que si se cierra se seleccionará la carga rápida (0,8C). Se recomienda seleccionar la velocidad de carga deseada antes de conectar la batería para su carga.

3.2 Resultados de ciclos de carga

Para asegurar la fiabilidad del cargador de baterías Li-ion/Li-po se le somete a procesos de carga sucesivos tanto a la velocidad lenta (0,4C) como a velocidad rápida (0,8C). Con estas pruebas se pretende demostrar que las cargas con este cargador son seguras y ni el usuario, ni las baterías ni el vehículo sufrirán ningún daño.

A continuación se adjuntan una serie de tablas donde se exponen los datos obtenidos después de una serie de cargas:

V_{i_T} [V]	V_{i_1} [V]	V_{i_2} [V]	%Carga	I_o [A]	Tiempo	V_{o_T} [V]	V_{o_1} [V]	V_{o_2} [V]
6,24	3,02	3,21	12%	0,8	231'	8,4	4,2	4,2
6,9	3,7	3,2	35%	0,8	184'	8,42	4,14	4,28
6,88	3,33	3,55	40%	0,8	189'	8,42	4,2	4,22
6,79	3,11	3,68	35%	0,8	194'	8,42	4,15	4,27
7,28	3,61	3,67	50%	0,8	192'	8,42	4,2	4,22

Tabla 7 Cargas a 0,4C

V_{i_T} [V]	V_{i_1} [V]	V_{i_2} [V]	%Carga	I_o [A]	Tiempo	V_{o_T} [V]	V_{o_1} [V]	V_{o_2} [V]
6	3	3	0%	1,71	103'	8,4	4,2	4,2
6,19	3,09	3,1	11%	1,71	96'	8,4	4,2	4,2
7,86	3,93	3,93	75%	1,71	41'	8,4	4,2	4,2
6,44	3,43	3,01	20%	1,71	105'	8,4	4,2	4,2
6,88	3,2	3,68	45%	1,71	90'	8,41	4,16	4,25
7,59	3,79	3,8	60%	1,71	60'	8,42	4,2	4,22

Tabla 8 Cargas a 0,8C

Como se puede observar, incluso en la carga de baterías con celdas desbalanceadas el cargador ofrece un buen rendimiento dejando las baterías perfectamente balanceadas al final de la carga en la mayoría de los casos. En casos donde la batería estaba demasiado desbalanceada el cargador consigue balancearla casi por completo, este desbalanceo mínimo siempre es inferior a 0,2 V, por lo que la batería no correría ningún peligro.

4 CONCLUSIONES

4.1 Resumen del proyecto

El objetivo principal del trabajo es el de diseñar un cargador de baterías integrable en los vehículos autónomos utilizados en el entorno de espacio inteligente ubicado en el Departamento de Tecnología Electrónica. Además uno de los requisitos secundarios es el de realizar el proyecto manteniendo la filosofía de bajo coste que impera en este entorno. De los resultados obtenidos se puede concluir que:

- Las baterías Li-ion/Lipo son las más adecuadas para este entorno, por su relación capacidad/peso/volumen. Sin embargo, es fundamental garantizar que sus condiciones de funcionamiento no dan lugar a una ignición o incluso explosión de las mismas.
- Se diseñó un cargador fácilmente integrable en los vehículos de forma que no es necesario modificar su geometría, por lo que no afecta al entorno en absoluto. Su funcionamiento correcto se validó experimentalmente y se caracterizaron temporalmente sus ciclos de carga
- El coste total es de 14,45€ por cada cargador que se desee fabricar. Este coste es ínfimo en comparación con el precio de los cargadores comerciales que ronda los 150€. Además de la notable diferencia en el ámbito económico también se debe tener en cuenta que la integración de un cargador comercial en el vehículo sería casi imposible por la limitada disponibilidad de espacio.

4.2 Líneas futuras

La evolución lógica de este proyecto sería la implementación de un dispositivo de carga inalámbrica en el vehículo (Figura 4.1). De esta forma sería posible la carga totalmente autónoma de la batería, pues en estos momentos con lo desarrollado en este trabajo fin de grado es necesario conectar el vehículo a una fuente de alimentación de laboratorio para cargar la batería. (11)

La transferencia de energía por inducción es una posible solución, ya que esta tecnología está lo suficientemente desarrollada como para que su coste de implementación no sea excesivo y para que la documentación relativa a la tecnología sea fácilmente accesible. El chip de Texas Instruments BQ51025 es una posible opción ya que es uno de los pocos que permite una V_{out} de 10 V, por lo que sería ideal para esta aplicación. (12)

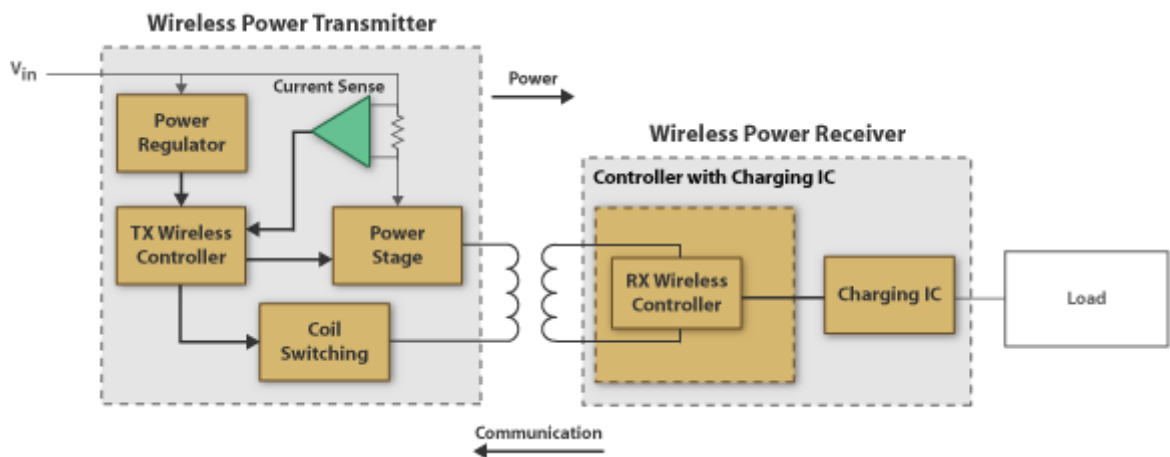
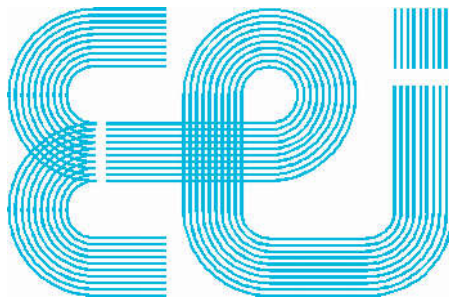


Figura 4.1 Diagrama alimentación inalámbrica*

5 BIBLIOGRAFÍA

1. **Lab, Electronics.** How to rebuild a Li-Ion battery pack. [En línea] 2013. http://www.electronics-lab.com/articles/Li_Ion_reconstruct/index.html.
2. **Ltd, Gold Peak Industries.** *Lithium Ion technical handbook*. 2007.
3. **Technologies, PowerStream.** Lithium-ion Battery Charging Basics. [En línea] 2010. <http://www.powerstream.com/li.htm>.
4. *Safety and handling guidelines for Electrochem Lithium Batteries.* **Power, Electrochem Commercial.** s.l. : Rutgers University, 2009.
5. Battery University. *What is C-rate?* [En línea] http://batteryuniversity.com/learn/article/what_is_the_c_rate.
6. Battery University. *How do Lithium Batteries Work?* [En línea] http://batteryuniversity.com/learn/article/lithium_based_batteries.
7. Texas Instruments. *BQ24105*. [En línea] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq24105-q1.pdf>.
8. Texas Instruments. *BQ2057*. [En línea] <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/bq2057.pdf>.
9. Battery University. *Charging Lithium-ion*. [En línea] http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_lithium_ion_batteries.
10. Texas Instruments. *Thermal Design*. [En línea] <http://www.ti.com/lit/an/snva419c/snva419c.pdf>.
11. Battery University. *Charging without Wires*. [En línea] http://batteryuniversity.com/learn/article/charging_without_wires.
12. Texas Instruments. *BQ51025*. [En línea] <http://www.ti.com.cn/cn/lit/ds/slusbx7b/slusbx7b.pdf>.



Escuela de Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño, implementación y validación de un cargador
de baterías de iones/polímero de litio*

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

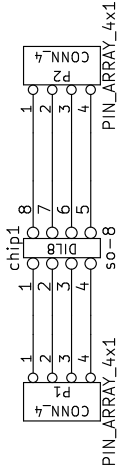
Documento 02

PLANOS

Universidade de Vigo

Planos

1 Esquemático de la placa adaptadora	1
2 PCB adaptadora	2
3 Esquema del cargador completo	3
4 Esquema del cargador para PCB.....	4
5 PCB cargador capa superior.....	5
6 PCB cargador capa inferior.....	6

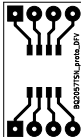



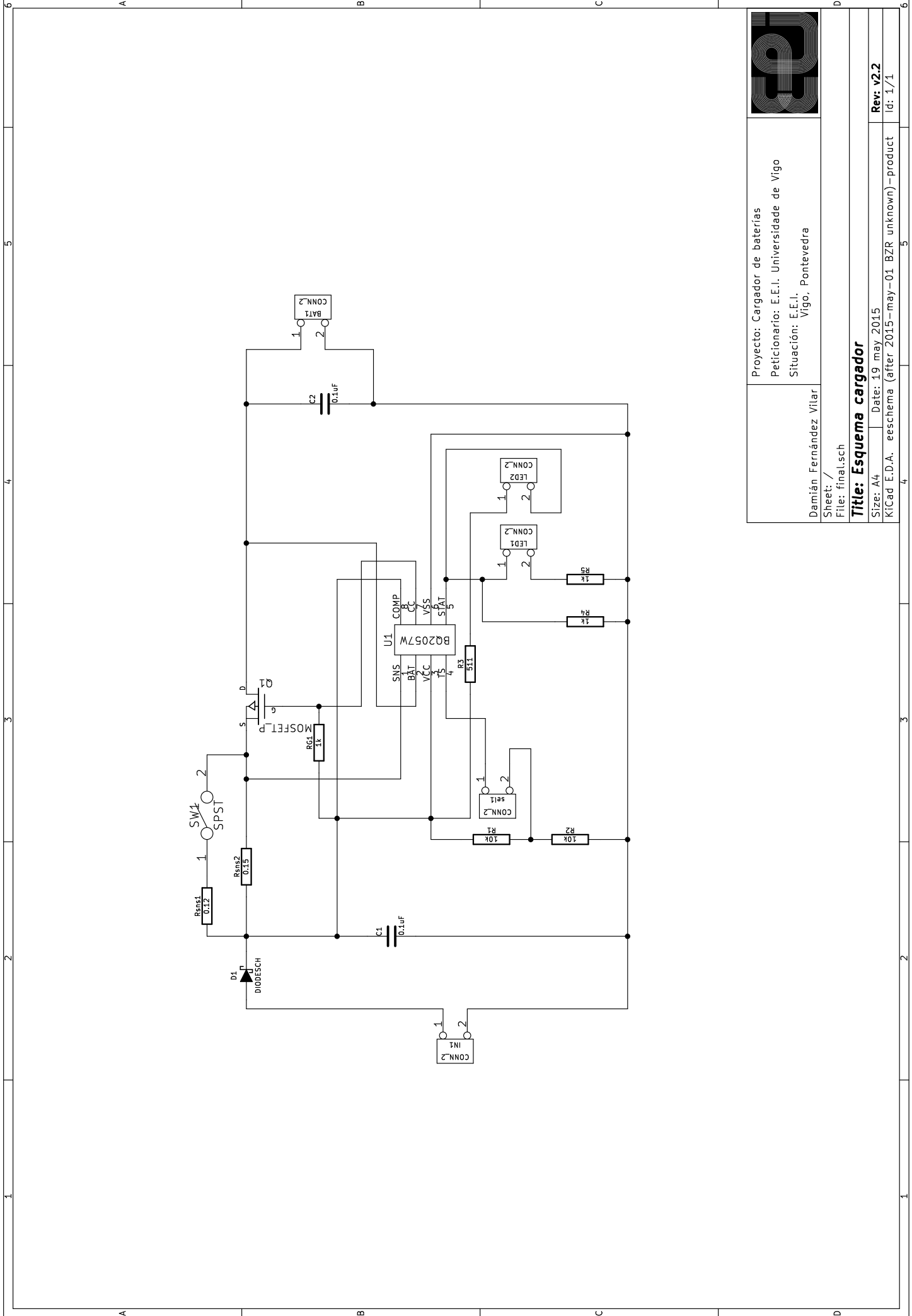
Proyecto: Cargador de baterías	
Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo	
Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra	
Damián Fernández Vilar	
Sheet: /	
File: proto.sch	

Title: Esquemático de la placa adaptadora

Size: A4	Date: 24 mar 2015
KiCad E.D.A. eeschema (after 2015-may-01 BZR unknown)-product	Rev: Id: 1/1



1	2	3	4	5
A				
B				
C				
D				
				
				
		Proyecto: Cargador de baterías Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra		
		Damián Fernández Vilar Sheet: File: proto.kicad_pcb		
		Title: PCB adaptadora		
		Size: A4 Date:		Rev:
		KiCad E.D.A. pcbnew (after 2015–may–01 BZR unknown)–product		Id: 1/1
1	2	3	4	5



Proyecto: Cargador de baterías
Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo
Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra

Sheet: /

File: final.sch

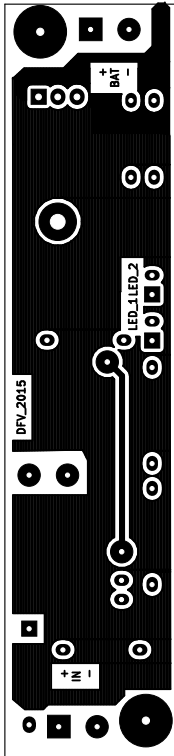

Title: Esquema cargador

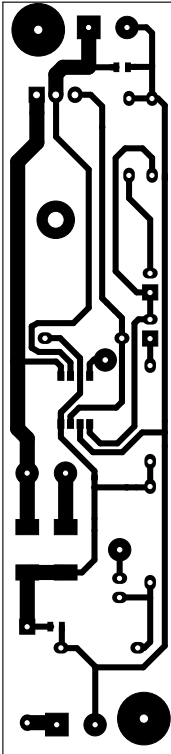

Size: A4 Date: 19 may 2015

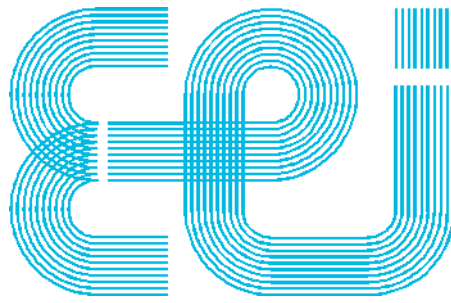
KiCad E.D.A. eeschema (after 2015-may-01 BZR unknown)-product

Rev: v2.2

Id: 1/1

1	2	3	4	5	6																				
A	<div></div>																								
B																									
C																									
D	<table><tr><td colspan="2">Proyecto: Cargador de baterías</td></tr><tr><td colspan="2">Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo</td></tr><tr><td colspan="2">Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra</td></tr><tr><td colspan="2">Damián Fernández Vilar</td></tr><tr><td>Sheet:</td><td></td></tr><tr><td>File: final.kicad_pcb</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Title: Cargador_DFV</td></tr><tr><td>Size: A4</td><td>Date:</td></tr><tr><td>KiCad E.D.A. pcbnew (after 2015-may-01 BZR unknown)-product</td><td>Rev: 1</td></tr><tr><td></td><td>Id: 1/1</td></tr></table> <div></div>					Proyecto: Cargador de baterías		Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo		Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra		Damián Fernández Vilar		Sheet:		File: final.kicad_pcb		Title: Cargador_DFV		Size: A4	Date:	KiCad E.D.A. pcbnew (after 2015-may-01 BZR unknown)-product	Rev: 1		Id: 1/1
Proyecto: Cargador de baterías																									
Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo																									
Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra																									
Damián Fernández Vilar																									
Sheet:																									
File: final.kicad_pcb																									
Title: Cargador_DFV																									
Size: A4	Date:																								
KiCad E.D.A. pcbnew (after 2015-may-01 BZR unknown)-product	Rev: 1																								
	Id: 1/1																								
1	2	3	4	5	6																				

1	2	3	4	5																					
A	<div></div>				A																				
B					B																				
C					C																				
D	<table><tr><td colspan="2">Proyecto: Cargador de baterías</td></tr><tr><td colspan="2">Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo</td></tr><tr><td colspan="2">Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra</td></tr><tr><td>Damián Fernández Vilar</td><td></td></tr><tr><td>Sheet:</td><td></td></tr><tr><td>File: final.kicad_pcb</td><td></td></tr><tr><td colspan="2">Title: Cargador_DFV</td></tr><tr><td>Size: A4</td><td>Date:</td></tr><tr><td>KiCad E.D.A. pcbnew (after 2015-may-01 BZR unknown)-product</td><td>Rev: 1</td></tr><tr><td></td><td>Id: 1/1</td></tr></table> <div></div>				Proyecto: Cargador de baterías		Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo		Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra		Damián Fernández Vilar		Sheet:		File: final.kicad_pcb		Title: Cargador_DFV		Size: A4	Date:	KiCad E.D.A. pcbnew (after 2015-may-01 BZR unknown)-product	Rev: 1		Id: 1/1	D
Proyecto: Cargador de baterías																									
Peticionario: E.E.I. Universidade de Vigo																									
Situación: E.E.I. Vigo, Pontevedra																									
Damián Fernández Vilar																									
Sheet:																									
File: final.kicad_pcb																									
Title: Cargador_DFV																									
Size: A4	Date:																								
KiCad E.D.A. pcbnew (after 2015-may-01 BZR unknown)-product	Rev: 1																								
	Id: 1/1																								
1	2	3	4	5	6																				



Escuela de Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño, implementación y validación de un cargador
de baterías de iones/polímero de litio*

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

Documento 03

PLIEGO DE CONDICIONES

UniversidadeVigo

Pliego de condiciones

1 Introducción 1

2 Zonas de uso 2

3 Sistemas auxiliares..... 3

1 INTRODUCCIÓN

En el pliego de condiciones se especifican las condiciones técnicas para una correcta carga de las baterías de ion/polímero de litio.

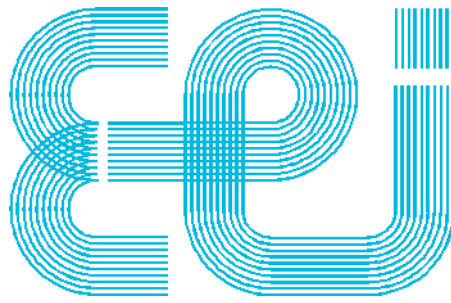
- Se debe comprobar el desbalanceo de las baterías, si estas no son las usadas usualmente. El cargador diseñado no integra un balanceador, por lo que en el caso de que se conecte una batería desbalanceada en exceso (más de 0,2 v) se podría producir una sobrecarga en una de las celdas.
- Nunca se debe utilizar el cargador con una batería de capacidad inferior a 800 mAh, pues se estaría incumpliendo la norma de 1C como velocidad de carga.

2 ZONAS DE USO

El dispositivo no cuenta con protección IP67 por lo que su uso queda restringido a zonas interiores.

3 SISTEMAS AUXILIARES

Para el funcionamiento del cargador se necesitará una fuente de alimentación con una tensión de salida de 12 V y una intensidad de salida mínima de 1,8 A.



Escuela de Ingeniería Industrial

TRABAJO FIN DE GRADO

*Diseño, implementación y validación de un cargador
de baterías de iones/polímero de litio*

Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática

Documento 04

PRESUPUESTO

UniversidadeVigo

Presupuesto

1 Introducción 1

2 Presupuesto parcial 2

 2.1 Planificación 2

 2.2 Desarrollo del proyecto 2

 2.3 Redacción del proyecto 3

3 Presupuesto total 4

1 INTRODUCCIÓN

En este documento se analizan los costes parciales y totales que se consideran en el desarrollo del presente proyecto de Diseño, implementación y validación de un cargador de baterías de iones/polímero de litio.

El coste humano se contabiliza en horas de trabajo y el material se expresa en diferentes unidades atendiendo a sus características.

2 PRESUPUESTO PARCIAL

Los costes se presentan divididos en diferentes fases de trabajo.

2.1 Planificación

Planificación				
Concepto	Uds	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Desplazamientos	viajes	30	0,68 €	20,40 €
Fase documentación	h	40	10,00 €	400,00 €
Horas de internet	h	40	0,15 €	6,00 €
Uso ordenador	h	40	0,22 €	8,80 €
Total sin IVA				435,20 €
IVA (21%)				91,39 €
Total				526,59 €

2.2 Desarrollo del proyecto

Desarrollo del proyecto				
Concepto	Uds	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Desplazamientos	viajes	120	0,68 €	81,60 €
Prototipado, diseño y validación	h	720	10,00 €	7.200,00 €
Horas de internet	h	100	0,15 €	15,00 €
Uso ordenador	h	360	0,22 €	79,20 €
Total sin IVA				7.375,80 €
IVA (21%)				1.548,92 €
Total				8.924,72 €

Componentes				
Concepto	Referencia	Unidades	Precio unitario	Precio total
Rsns2 0.12	71-WSLT2512R1200FEB	1	0,82 €	0,82 €
Rsns1 0.15	71-WSL2512R1500FEA	1	0,82 €	0,82 €
BQ2057W soic	595-BQ2057WSN	1	2,31 €	2,31 €
Transistor mosfet	512-FQP17P10	1	1,16 €	1,16 €
Leds red	859-LTL2R3KRD-EM	1	0,08 €	0,08 €
Leds green	859-LTL2R3KGD-EM	1	0,08 €	0,08 €
Soportes led	749-CR-174	2	0,15 €	0,31 €
R 511	660-MF1/4D52R5110F	1	0,11 €	0,11 €
R 10k	660-MF1/4LCT52R103J	2	0,11 €	0,22 €
R 1k	660-MF1/4LCT52R102J	2	0,11 €	0,22 €
Condensador 0.1uF	77-VJ0603Y104JXPBC	2	0,06 €	0,12 €
interruptor SPST	100SP1T2B1M1QEH	1	2,16 €	2,16 €
conectores 2 pin polarizados	571-640454-2	2	0,09 €	0,18 €
Conectores phoenix 2 pin	612-100-A2111	2	1,12 €	2,24 €
Placa cobre	590-587	0,2	5,59 €	1,12 €
Total sin IVA				11,95 €
IVA (21%)				2,51 €
Total				14,45 €

2.3 Redacción del proyecto

Redacción del proyecto				
Concepto	Uds	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Licencia Microsoft Office	viajes	30	0,68 €	20,40 €
Impresión	h	1	70,00 €	70,00 €
Horas de trabajo	h	200	10,00 €	2.000,00 €
Horas de internet	h	100	0,15 €	15,00 €
Uso ordenador	h	120	0,22 €	26,40 €
Total sin IVA				2.131,80 €
IVA (21%)				447,68 €
Total				2.579,48 €

3 PRESUPUESTO TOTAL

Presupuesto total	
Planificación	526,59 €
Desarrollo del proyecto	8.939,17 €
Presentación de resultados	2.579,48 €
Total	12.045,24 €

Después de incluir los impuestos pertinentes el coste total del proyecto asciende a “*doce mil cuarenta y cinco con veinte cuatro*” (12.045,24 €).

Damián Fernández Vilar
76826096-R

Vigo, a 17 de febrero de 2016