

*Cargador de baterías inductivo para
dispositivos alimentados por USB*

MEMORIA



**Escuela Universitaria
de Ingeniería Técnica
Industrial de Zaragoza**

VOLUMEN 1

David Gómez Armas

Contenido

0. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO	- 3 -
1. ALCANCE.....	- 4 -
2. HISTORIA Y ANTECEDENTES	- 5 -
2.1 El estándar USB	- 10 -
3. REQUISITOS DE DISEÑO.....	- 11 -
4. DESARROLLO	- 13 -
4.1 Alimentación	- 14 -
4.2 Convertidor DC-AC	- 16 -
4.3 Circuito L-C Primario.....	- 23 -
4.4 Receptor	- 26 -
4.5 Adaptación	- 29 -
4.6 Soluciones desechadas y problemas encontrados.....	- 31 -
4.7 Posibles y futuras mejoras	- 32 -
4.8 Prototipo y laboratorio.....	- 34 -
5. RESULTADOS FINALES	- 38 -
6. NORMAS Y REFERENCIAS	- 39 -
6.1. Disposiciones legales y normas aplicadas	- 39 -
6.2. Bibliografía	- 40 -
6.3. Software utilizado	- 41 -
6.4. Definiciones y Abreviaturas	- 41 -
7. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS	- 43 -
8. ANEXOS	- 43 -
8.1 Hojas de datos de componentes “Datasheets”	- 43 -

0. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVO

Los sistemas de transferencia de potencia por acoplo inductivo o “*ICPT*”, hacen uso de la inducción electromagnética para transferir energía a través del aire entre dispositivos separados físicamente. Partiendo de estos conocimientos, y de la necesidad creciente que tienen multitud de dispositivos electrónicos de funcionar mediante baterías internas, se puede ver que con la aplicación de esta tecnología, en la práctica se puede conseguir la transmisión de la energía necesaria para recargar estas baterías sin que exista contacto físico entre el dispositivo y el cargador. En cuanto a sus características generales, se resumirían en una estación de carga que envía energía electromagnética por acoplamiento inductivo a un aparato receptor cercano, el cual se encarga de almacenar esta energía en las baterías.

Es un sistema de recarga ya utilizado en multitud de dispositivos que requieren la ausencia de contactos eléctricos, ya sea para evitar el peligro de electrocución por parte de sus usuarios finales, para facilitar y unificar el proceso de recarga al no existir cables de conexión, su uso en aparatos impermeables, etc...

El objeto del proyecto enunciado consiste en la redacción y diseño de un prototipo de cargador de baterías inductivo para dispositivos que utilicen el sistema de alimentación USB. Este desarrollo servirá como base a futuras investigaciones o mejoras que permitan incorporar con comodidad y total seguridad esta tecnología de recarga inalámbrica al dispositivo que se desee.

Se describirá el proceso de desarrollo seguido para la construcción de cada una de las partes esenciales de que consta un sistema “*ICPT*”, con el objetivo de que el prototipo sea funcional y alcance los estándares de alimentación exigidos.

1. ALCANCE

D. Alejandro Ibarz García, perteneciente a “Tecnodiscap” (<http://tecnodiscap.unizar.es/>) un grupo de investigación enmarcado dentro del Instituto de Investigación en Ingeniería de Aragón (I3A), adscrito al Dpto. de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones de la Universidad de Zaragoza, realizó la propuesta para la realización de este proyecto de ingeniería en el presente curso 2009/10.

El objetivo del grupo “Tecnodiscap” es la mejora de la calidad de vida de las personas con algún tipo de discapacidad, dependencia o necesidades especiales mediante servicios basados en la aplicación de las Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC). Una de las líneas de actividad del grupo de investigación son las comunicaciones inalámbricas y las redes de sensores. El grupo “Tecnodiscap” diseña y fabrica sensores inalámbricos electrónicos propios, para el desarrollo de aplicaciones y servicios de domótica avanzada, y ambientes inteligentes. En el grupo de investigación se identificaron, a través del estudio de requisitos funcionales, necesidades en lo relativo a la recarga de sensores inalámbricos: facilidad de recarga, estandarización eléctrica de la recarga y necesidad de estanqueidad (recubrimiento de silicona) para algunos dispositivos debido al tipo de usuario final o a la creación de electrónica integrada en la ropa.



Ilustración 1.1

El alcance de este proyecto comprende la creación de un prototipo funcional, que será utilizado como referencia para implementar un sistema de recarga inalámbrico y estanco para otros tipos de dispositivos fabricados por “Tecnodiscap” que utilizan batería y estándar USB, aunque podría ser extrapolable a todo tipo de dispositivos que utilicen dicho estándar como sistema de alimentación.

2. HISTORIA Y ANTECEDENTES

El fenómeno de inducción electromagnética en el que se basa el funcionamiento del nuestro cargador fue descubierto por Michael Faraday en 1831, se basa fundamentalmente en que cualquier variación de flujo magnético que atraviesa un circuito cerrado genera una corriente inducida, y en que la corriente inducida sólo permanece mientras se produce el cambio de flujo magnético. La ley de Faraday establece:

$$\oint_C \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{d}{dt} \int_S \vec{B} \cdot d\vec{A}$$

Donde \vec{E} es el campo eléctrico, $d\vec{l}$ es el elemento infinitesimal del contorno C , \vec{B} es la densidad de campo magnético y S es una superficie arbitraria, cuyo borde es C . Por medio del teorema de Stokes puede obtenerse una forma diferencial de esta ley:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{d\vec{B}}{dt}$$

En el caso de un inductor con N vueltas de alambre, la fórmula anterior se transforma en:

$$V_\varepsilon = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Donde V_ε es el voltaje inducido y $d\Phi/dt$ es la tasa de variación temporal del flujo magnético Φ . La dirección negativa del voltaje inducido se debe a la ley de Lenz. En la ilustración 2.1 se puede observar una representación imaginaria del campo generado por un inductor atravesando y generando flujo en otro, principio básico del funcionamiento de esta ley.

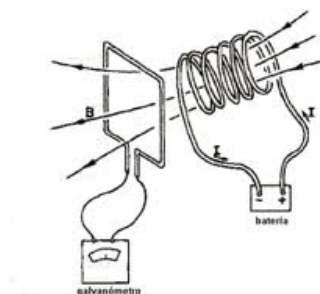


Ilustración 2.1

Los primeros experimentos útiles con "bobinas de inducción" fueron llevados a cabo por Nicholas Callan en el Maynooth College, Irlanda, en 1836, uno de los primeros investigadores en darse cuenta de que cuantas más espiras hay en el secundario, en relación con el bobinado primario, más grande es el aumento de la FEM.

Los científicos e investigadores basaron sus esfuerzos en evolucionar las bobinas de inducción para obtener mayores voltajes en las baterías. Así entre la década de 1830 y la década de 1870, los esfuerzos para construir mejores bobinas de inducción, en su mayoría por ensayo y error, reveló lentamente los principios básicos de los transformadores.

Un diseño práctico y eficaz no apareció hasta la década de 1880, pero dentro de poco, el transformador tendría un papel decisivo en la "Guerra de Corrientes", que los sistemas de distribución de corriente alterna (AC) y continua (DC) mantuvieron por hacerse con el control del mercado eléctrico.

En 1876, el ingeniero ruso Pavel Yablochkov inventó un sistema de iluminación basado en un conjunto de bobinas de inducción en el que el bobinado primario se conectaba a una fuente de corriente alterna y los devanados secundarios podían conectarse a varias "velas eléctricas" (lámparas de arco), de su propio diseño. Las bobinas utilizadas en el sistema se comportaban como transformadores primitivos. La patente alegó que el sistema podría, "proporcionar suministro por separado a varios puntos de iluminación con diferentes intensidades luminosas procedentes de una sola fuente de energía eléctrica".

En 1882, Lucien Gaulard y John Dixon Gibbs expusieron por primera vez un dispositivo con un núcleo de hierro llamado "generador secundario" en Londres, luego vendería la idea a la compañía Westinghouse de Estados Unidos.

Entre 1884 y 1885, los ingenieros húngaros Zipernowsky, Bláthy y Deri de la compañía Ganz crearon en Budapest el modelo "ZBD" de transformador de corriente alterna, basado en un diseño de Gaulard y Gibbs (Gaulard y Gibbs sólo diseñaron un modelo de núcleo abierto). Dando así lugar al nacimiento del transformador como lo conocemos hoy en día, y también descubrieron la fórmula matemática básica de los transformadores:

$$\frac{V_s}{V_p} = \frac{N_s}{N_p}$$

(donde V_s es el voltaje en el secundario y N_s es el número de espiras en el secundario, V_p y N_p se corresponden al primario)

Su solicitud de patente hizo el primer uso de la palabra "transformador", una palabra que había sido acuñada por Bláthy Ottó.

En 1885, George Westinghouse compró las patentes del ZBD y las de Gaulard y Gibbs. Él le encomendó a William Stanley la construcción de un transformador de tipo ZBD para uso comercial. Desde aquel entonces y con la inclusión de la electricidad en la vida cotidiana, los transformadores pasaron a formar parte habitual de la mayoría de los aparatos eléctricos que utilizamos.

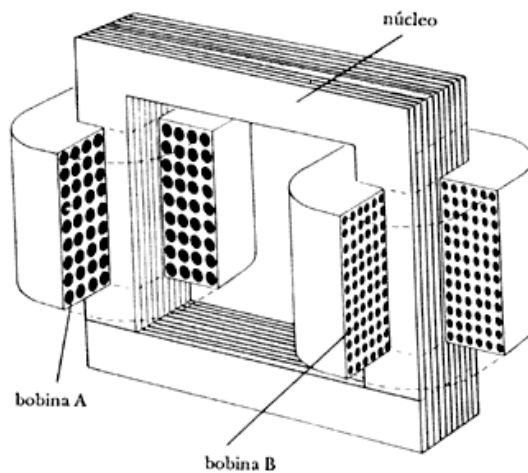


Ilustración 2.2

Los sistemas de recarga inductiva, utilizan los mismos principios que los transformadores habituales, pero separando físicamente los componentes del mismo, esto es, colocando el primario en la base de carga, y el secundario en el propio dispositivo a cargar. Para hacernos una idea del aspecto final que puede presentar esta tecnología en aplicaciones de uso cotidiano se ha investigado el estado del arte y seleccionado para mostrar como ejemplo un modelo de cargador Touchstone™ para el teléfono móvil Palm® Pre (<http://www.palm.com/es/es/products/accessories/touchstone-technology.html>). En la ilustración 2.3 se muestra el despiece de ambas partes, dejando al descubierto las bobinas que suponen el principio de funcionamiento del mismo.



Ilustración 2.3

En la actualidad el uso de este tipo de tecnología está en auge, aunque no es una novedad, no ha sido hasta hace pocos años, con la creciente expansión del mercado de la electrónica de consumo, que su utilización a podido masificarse. Las principales aplicaciones comerciales son en productos que necesitan ser estancos y carecer de conexiones eléctricas, como cepillos de dientes, cuchillos eléctricos, etc... Y más recientemente aplicado a todo tipo de “gadgets” y dispositivos electrónicos de bolsillo, cómo móviles, mp3, cámaras, videoconsolas, etc... como puede verse en la siguiente imagen, motivado por la necesidad de simplificar y reunir los sistemas de carga.



Ilustración 2.4

Sin embargo la gran mayoría de estos sistemas son exclusivos para cada fabricante, utilizando sus propias soluciones de ingeniería, y debido a la multitud de combinaciones entre la frecuencia de trabajo empleada, o el tamaño y geometría de los bobinados, hace imposible la compatibilidad entre ellos. No hay hasta el momento ninguna normalización al respecto, pero actualmente existe una asociación de empresarios, el “*Wireless Power Consortium*” con grandes empresas de electrónica a sus espaldas como Nokia, Phillips, LG, Energizer y muchas otras, que pretende estandarizar en un futuro los sistemas de recarga inductiva. Incluyendo en sus objetivos una serie de mejoras al respecto, como la adopción un sistema de guiado magnético para la colocación del receptor, bajo consumo energético, o el uso de comunicaciones entre el dispositivo a cargar y la base, entre otras.



Ilustración 2.5

Al comienzo del desarrollo de este proyecto no existen referencias ni especificaciones claras que deban cumplir los dispositivos de recarga inalámbrica que pretendan estar adheridos a este estándar, por lo que se incluirán dentro de las posibles y futuras mejoras, así como en las conclusiones finales de la memoria, las actualizaciones que vayan surgiendo sobre este tema.

2.1 El estándar USB

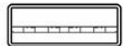







El Universal Serial Bus (bus universal en serie) abreviado comúnmente como USB, es un puerto que sirve para conectar periféricos a un ordenador. Fue creado en 1996 por siete empresas (que actualmente forman el consejo directivo): IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC.

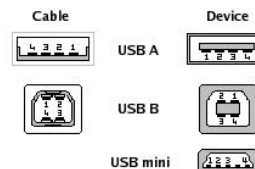
El diseño del USB tenía en mente eliminar la necesidad de adquirir tarjetas separadas para poner en los puertos bus ISA o PCI, y mejorar las capacidades “*plug-and-play*” permitiendo a esos dispositivos ser conectados o desconectados al sistema sin necesidad de reiniciar.

Actualmente se ha convertido en el sistema de interconexión por excelencia, y es utilizado por infinidad de periféricos y de todo tipo de dispositivos electrónicos, tanto para el intercambio de datos, como para la transmisión de energía, ya sea para alimentar el propio aparato o bien recargar su batería.

El estándar USB utiliza un voltaje de alimentación de +5V, en cuanto a la corriente suministrada, este puerto sólo admite la conexión de dispositivos de bajo consumo, es decir, que tengan un consumo máximo de 100 mA por cada puerto; sin embargo, en caso de que estuviese conectado un dispositivo que permite 4 puertos por cada salida USB (extensiones de máximo 4 puertos), entonces la energía del USB se asignará en unidades de 100 mA hasta un máximo de 500 mA por puerto. Con la aparición de sucesivas revisiones del estándar, como el actual USB 3.0, la corriente suministrada para ciertas aplicaciones aumenta de los 500 mA a los 900 mA, que sirven para abastecer la batería de un teléfono móvil o un reproductor audiovisual portátil en menos tiempo.

A continuación se muestran los diferentes conectores USB más utilizados, así como la correspondencia de utilización de cada patilla. Los tipos de conector USB más utilizados son el tipo A, para aplicaciones genéricas, y los tipos mini-USB para pequeños aparatos como teléfonos móviles o reproductores portátiles.

Tipo	Imagen de puerto	Imagen de conector
Tipo A	4.5mm x 12.0mm 	
Tipo B	7.3mm x 8.5mm 	
Mini A	3.0mm x 6.8mm 	
Mini B	3.0mm x 6.8mm 	



Pin	Signal	Color	Description
1	VCC		+5V
2	D-		Data -
3	D+		Data +
4	GND		Ground

Ilustración 2.1.1

3. REQUISITOS DE DISEÑO

Este proyecto está enfocado al diseño e implementación de un sistema de recarga inalámbrica de baterías. Su funcionamiento debe cumplir los estándares del sistema de alimentación USB, es decir proporcionar un mínimo de 100mA con una tensión de 5V a su salida, para asegurar su compatibilidad con el mayor número de dispositivos ya existentes que utilicen dicho estándar, como por ejemplo:

- Teléfonos móviles
- Reproductores portátiles
- Cámaras digitales
- Videoconsolas de bolsillo
- Accesorios informática

Su utilidad final será la de ser utilizado con otros aparatos fabricados por “Tecnodiscap”, como sensores o comunicadores, por lo que su implementación en los dispositivos mencionados anteriormente se deja para futuros estudios, debiéndose centrar los esfuerzos en la creación y estudio de un modelo funcional del sistema.

Constará de una base de recarga, que producirá el campo inductivo que permita la carga de baterías. Y de un circuito resonante de recogida y adaptación de esa energía cuya finalidad será la implementación en otros dispositivos alimentados de forma habitual a través de USB.

La recarga se realizará cuando el circuito resonante se encuentre dentro del radio de acción de la base, siendo normalmente el punto óptimo de transferencia de energía, la unión de las superficies cercanas a la ubicación de ambas bobinas de inducción.

El sistema debe contar con indicadores de funcionamiento en la base y de proceso de recarga activo en el receptor, e interruptor de puesta en marcha y apagado.

En la ilustración 3.1 se ha elaborado un diseño conceptual de lo que podría ser el aspecto final del sistema en funcionamiento, aunque se trata únicamente de un dibujo meramente orientativo, cuyo objetivo es facilitar la comprensión de la finalidad de este proyecto.

Cuando se quiera efectuar la recarga de algún dispositivo, se deberá conectar la base para que empiece a generar el campo electromagnético, y posteriormente colocar encima y de forma adecuada el receptor, para lo cual nos guiaremos por la iluminación del LED indicador de recarga activa.

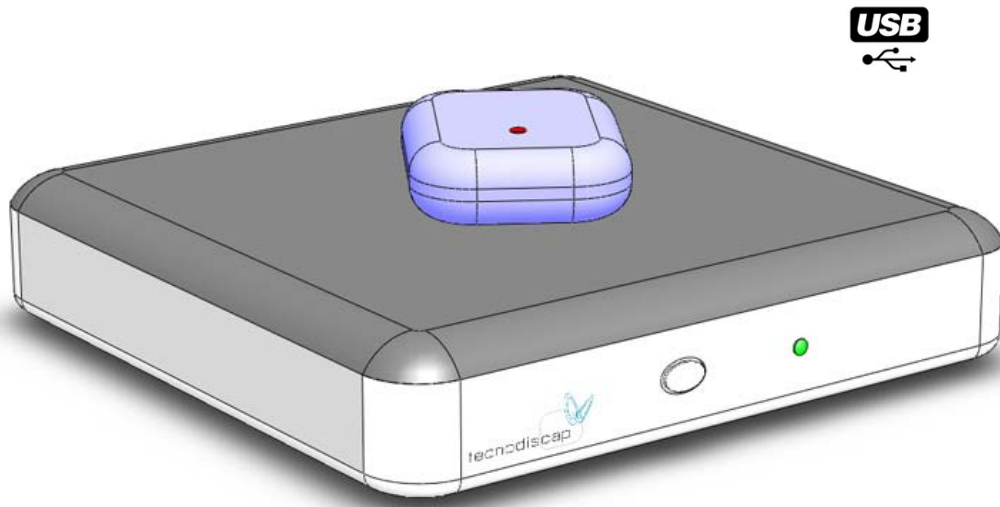


Ilustración 3.1

4. DESARROLLO

Respecto al funcionamiento general del sistema ya se ha hablado de los principios del transformador, y de cómo la energía es transferida desde el primario al secundario. Partiendo de estas consideraciones, necesitaremos dos circuitos L-C resonantes acoplados, el primero situado en la base de carga (primario) y el segundo en el dispositivo a recargar (secundario).

El circuito primario, o tanque resonante, se encargará de transmitir la energía por inducción, para ello es necesario que circule por el mismo una señal variable. La alimentación directa de 220v / ~50hz es demasiado elevada y tiene una frecuencia insuficiente para que el sistema cumpla las especificaciones, por ello se empleará una fuente de alimentación AC/DC y un convertidor DC/AC para obtener una señal senoidal de menor voltaje y mucha más frecuencia, lo que posibilita una transferencia de potencia mayor.

El circuito secundario, o receptor resonante, recogerá la energía que el circuito L-C primario emite al situarse en sus inmediaciones. Esta energía debe ser de nuevo adaptada por un rectificador AC/DC y así obtener la señal uniforme de 5V que se necesita para recargar las baterías.

A continuación se muestra un diagrama de bloques básicos del sistema, más adelante se analizarán en profundidad y por separado, todos los aspectos del diseño.

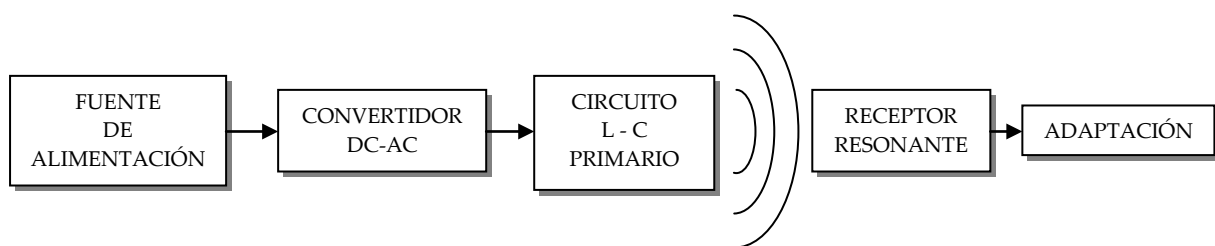


Ilustración 4.1

4.1 Alimentación

Para la alimentación del dispositivo, se va a necesitar una fuente AC-DC que proporcione el voltaje y la corriente necesaria a partir de la red eléctrica doméstica de 220V/50Hz. Dado que los requisitos de diseño nos exigen en la salida un voltaje de 5V/0.1A, la fuente de alimentación a emplear deberá ser capaz, al menos, de entregar unos valores mayores de tensión y corriente a su salida, para asegurar que, pese al consumo del propio circuito y las pérdidas inherentes al acoplo inductivo, el sistema funcionará correctamente.

En concepto, se va a utilizar el principio de un transformador que nos dicta la relación entre voltajes y tamaño de las bobinas:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1}$$

Se utilizará una relación de transformación cercana a la unidad, por lo que para asegurarnos alcanzar la tensión de 5V necesaria en el secundario a pesar de las posibles pérdidas inherentes al sistema se ha seleccionado un valor de alimentación de 10V, bastante común en aplicaciones electrónicas, y fácil de obtener a partir de la red eléctrica.

Un voltaje más alto permitiría una mayor transferencia de potencia al circuito receptor, pero a costa de un incremento en las pérdidas y el calentamiento de los componentes de los circuitos primario y secundario totalmente innecesario ya que no se va a requerir más energía que la demandada por el estándar USB, por lo que no resultan interesantes valores de alimentación más elevados para este caso.

En cuanto a requisitos de corriente, la fuente de alimentación debe ser capaz de proporcionar hasta 1.5A, necesarios para el consumo de los propios componentes y de la carga a conectar en el receptor. Se ha seleccionado el modelo GFP241DA-1024 del fabricante "PLPU", mostrado en la ilustración 4.1.1, que proporciona una salida de 10V@2,4A, suficientes para satisfacer las necesidades del proyecto. Se trata de una fuente de capacidades conmutadas, lo que la hace más compacta y eficiente que las fuentes de alimentación tradicionales.



Ilustración 4.1.1

Además, para la alimentación de ciertos componentes lógicos presentes en el circuito primario les es necesario proporcionar una tensión de 5V. Para lo que se utilizará un regulador estándar de la familia 78xx, en este caso un 7805, que alimentado con los 10V de los que ya disponemos, nos dará una salida estable de 5V adecuada para tal fin.

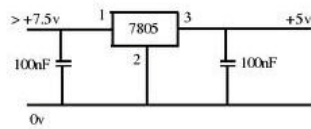


Ilustración 4.1.2

4.2 Convertidor DC-AC

Para la transferencia de potencia entre bobinas ha de tenerse muy en cuenta la frecuencia de trabajo. Cuando se trata de un sistema fuertemente acoplado, como los transformadores convencionales u otros sistemas con núcleos magnéticos y sin entrehierro, se puede trabajar a frecuencias bajas de 50 o 60 Hz porque los flujos dispersos son bajos y el coeficiente de inducción mutua es elevado. Sin embargo cuando se trata de bobinas débilmente acopladas, como es el caso, los flujos dispersos son muy elevados y la inducción mutua es baja, se hace necesario trabajar a frecuencias elevadas para conseguir una transferencia de potencia eficiente.

Los sistemas de transferencia de potencia inductivos acoplados o ICPT (Inductively Coupled Power Transfer) suelen utilizar frecuencias del orden de decenas de KHz, dependiendo de la carga que tengan que alimentar, a continuación se tratarán de establecer los principios para la selección de una frecuencia adecuada a la aplicación en este proyecto.

Partiendo del circuito equivalente de dos bobinas acopladas magnéticamente mostrado en la figura 4.2.1, alimentado a una tensión senoidal de valor eficaz V_1 con una frecuencia ω .

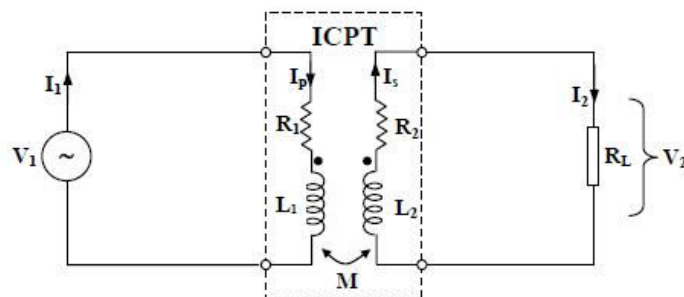


Ilustración 4.2.1

Se considerará la frecuencia de trabajo, aquella que de lugar a la máxima transferencia de potencia activa a la carga.

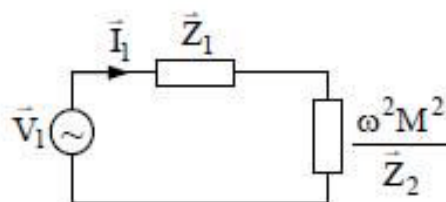


Ilustración 4.2.2

Simplificando el circuito a la impedancia vista desde la fuente (figura 4.2.2) y sabiendo que la impedancia de secundario reflejada en el primario es:

$$Z_r = \frac{\omega^2 M^2}{Z_2}$$

$$V_1 = (Z_1 + Z_r)I_p$$

La condición de máxima transferencia de potencia a la carga se producirá cuando la impedancia reflejada sea iguala a la conjugada de la impedancia de primario:

$$Z_1^* = Z_r$$

$$Z_r = \frac{\omega^2 M^2 (R_2 + R_L)}{(R_2 + R_L)^2 + (\omega L_2)^2} - j \frac{\omega^2 M^2 \omega L_2}{(R_2 + R_L)^2 + (\omega L_2)^2}$$

Al igualar con Z_1^* se obtiene que:

$$R_1 = \frac{\omega^2 M^2 (R_2 + R_L)}{(R_2 + R_L)^2 + (\omega L_2)^2}$$

$$\omega L_1 = \frac{\omega^2 M^2 \omega L_2}{(R_2 + R_L)^2 + (\omega L_2)^2}$$

Para conseguir fácilmente esta igualdad basta trabajar en resonancia en ambos devanados añadiendo condensadores de compensación, ya que así las partes imaginarias de ambas impedancias se anulan. En estas condiciones se obtiene la frecuencia de resonancia para una máxima transferencia de potencia a la carga:

$$R_1 = \frac{\omega^2 M^2}{R_2 + R_L}$$

$$\omega = \frac{\sqrt{R_1 (R_2 + R_L)}}{M}$$

El valor de inducción mutua entre dos bobinas circulares se puede calcular mediante la siguiente expresión:

$$M = \mu_0 N_1 N_2 \pi \sqrt{R_a R_b} \left(\frac{F_K^3}{16} + 3 \frac{F_K^5}{64} \right)$$

$$F_K = \sqrt{\frac{4R_a R_b}{(R_a + R_b)^2 + h^2}}$$

Siendo R_a y R_b los radios de las bobinas, h la distancia q las separa, y N el número de espiras, se obtiene para las bobinas utilizadas un valor medio cercano a $M=10\mu H$. Que sustituido en la ecuación de frecuencia anterior junto al valor medido en el laboratorio de la resistencia de ambos bobinados nos da un valor de frecuencia:

$$\omega = \frac{\sqrt{0.8\Omega(1.2\Omega + 30\Omega)}}{10 \times 10^{-6} \mu H} = 2\pi f \Rightarrow f = 79513,78 \text{ Hz}$$

Se ha utilizado para los cálculos un valor de carga de 30Ω que garantiza un margen de potencia extra para contrarrestar las posibles pérdidas o desajustes que se produzcan en el acoplo inductivo. Por todo esto se ha seleccionado para utilizar en el diseño del proyecto una frecuencia de 80 KHz, lo que asegurará una transferencia de potencia suficiente al receptor.

Para obtener la onda sinusoidal de excitación de la bobina, a partir de la alimentación de 10V DC, es necesario construir un convertidor DC-AC. Existen multitud de topologías aptas para tal fin, pero se ha optado por un puente en H (Ilustración 4.2.3) con cuatro transistores MOSFET excitados asimétricamente con una onda cuadrada, ya que es un sistema sencillo y robusto, y que además permite una gran libertad de maniobra en el laboratorio de cara a la experimentación con diferente valores de alimentación y frecuencias de trabajo.

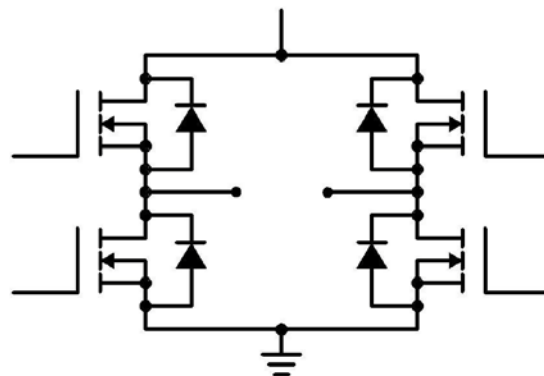


Ilustración 4.2.3

Para la generación de la onda cuadrada que establecerá los estados de corte o saturación de los transistores se emplea un integrado temporizador TS555CN de “ST Microelectronics”, muy extendido y fácil de implementar. Para conseguir unos tiempos de onda simétricos, se necesitan dos diodos adicionales de conmutación rápida 1N5819 que establecerán los caminos de carga y descarga del condensador. Configurando el integrado cómo se observa en la imagen 4.2.4, con $R=R'$, se obtiene un tiempo de conmutación:

$$t = 0.693 RC$$

Tenemos un grado de libertad a la hora de seleccionar el valor de estos componentes, pero para no utilizar valores muy pequeños de R y hacer inestable el circuito, se utiliza un valor de C de 10nF.

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{80000} = 1,25 \times 10^{-5} \text{ s} \quad t = \frac{T}{2} = 6,25 \times 10^{-6} \text{ s}$$

$$6,25 \times 10^{-6} = 0,693 * 10 \times 10^{-9} * R \Rightarrow R = 901,8 \Omega$$

Lo que nos fija el valor de R y R' en unos 901 Ohmios, para lo que se utilizan dos potenciómetros de 1K, regulables con el fin de sintonizar correctamente el circuito y obtener a su salida una onda cuadrada simétrica de 80KHz.

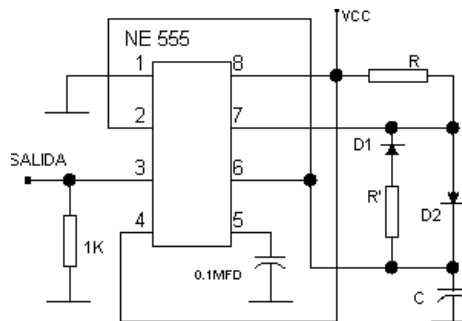


Ilustración 4.2.4

Una vez obtenida la onda cuadrada necesitamos otra exactamente igual, pero desfasada 180°, para excitar ambos lados del puente en H. Para ello se va a emplear un inversor lógico de la familia 74XX, en concreto un modelo SN74LS04N de “Texas Instruments”, que se encargará de invertir la señal.

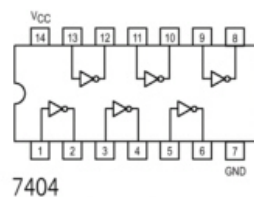


Ilustración 4.2.5

Tomando como salidas, la del propio circuito 555, y esta misma señal invertida por el 7404, ya podemos pasar a excitar los transistores del puente rectificador. Dado que estos circuitos se alimentan y funciona con niveles lógicos TTL de 5V y no son capaces de proporcionar mucha corriente en su salida, se hace necesario utilizar drivers de excitación para asegurar la correcta conmutación de los transistores.

Se empleará el integrado IR2104 de “International Rectifier”, que ha sido diseñado para el propósito de excitar transistores en configuraciones de medio puente, extrapolable a puente completo utilizando dos integrados, uno por cada rama, y que además tiene una serie de características que lo hacen idóneo para esta aplicación:

- Canal de excitación flotante para la adecuada excitación del MOSFET (tipo N) del lado alto del puente.
- Compatibilidad con entrada de nivel lógico.
- Lógica de prevención de conducción cruzada.
- Establecimiento de tiempos muertos entre conmutación.
- Apagado de ambos canales en caso de ausencia de entrada.
- Correspondencias de propagación.

Por todo ello se trata de una solución sencilla y fiable para su implementación. El circuito recomendado por el fabricante (Ilustración 4.2.6) utiliza sendos condensadores de bombeo y un diodo de recuperación rápida para proporcionar a su salida las corrientes requeridas por los transistores. Se conectará el lado alto del puente a la salida HO (*High-Output*) y el lado bajo a LO (*Low-Output*) a través de resistencias de 10Ω para limitar la corriente absorbida por los MOSFET's.

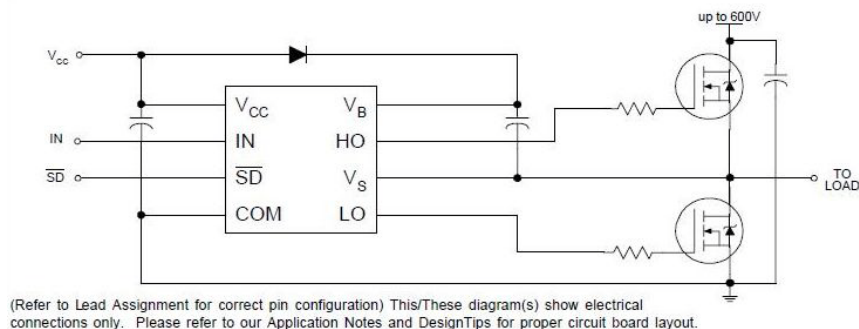


Ilustración 4.2.6

La estructura del puente está formada por cuatro transistores MOSFET de canal N, aunque se puede optar por utilizar canal P en el lado alto por cuestiones de comodidad en la excitación, se usará únicamente canal N para conseguir un diseño simétrico y debido a que los transistores de canal P son más caros y hay menor variedad en el mercado.

El transistor utilizado es el IRF640N de “*International Rectifier*”, con tecnología HEXFET® que le otorga una baja resistencia en conducción ($R_{DS(on)}$) y una rápida conmutación, lo que los hace muy eficientes y fiables. Además ya incluyen en su diseño un diodo de recuperación para la reconducción de corrientes, necesario para evitar daños y sobrecalentamientos en el caso de conectar cargas inductivas, como es el caso.

La potencia máxima en los transistores se da cuando el sistema funciona en condiciones de máximo acoplo inductivo, momento en el cual circula una corriente media por el puente de 1,2A a 1,4A, tomaremos por seguridad un valor de 1,5A para realizar los cálculos de disipación.

$$P_{REG.PERM.(MAX)} = \frac{1}{T} \int_{t1}^{t2} P_T(t) dt = \frac{1}{T} * 10V * 1,5A * t_{ON} = 7,5W$$

$$\vartheta_{SA} < \frac{T_{Jmax} - T_{amb}}{P_{REG.PERM.}} - \vartheta_{JC} - \vartheta_{CS} < \frac{175^{\circ}C - 25^{\circ}C}{7,5W} - 1 \frac{^{\circ}C}{W} - 0,5 \frac{^{\circ}C}{W} < 18,5 \frac{^{\circ}C}{W}$$

Por lo tanto los transistores necesitan disipadores con un valor de resistencia térmica no superior a $18,5^{\circ}C/W$. Se ha optado por una solución sencilla de “Fischer Elektronik” el modelo FK 210 SA-CB para encapsulados TO-220 con una resistencia térmica de $18^{\circ}C/W$, suficientes para evacuar el calor generado.



Ilustración 4.2.7

La estructura final del puente puede apreciarse en la imagen esquemática a continuación:

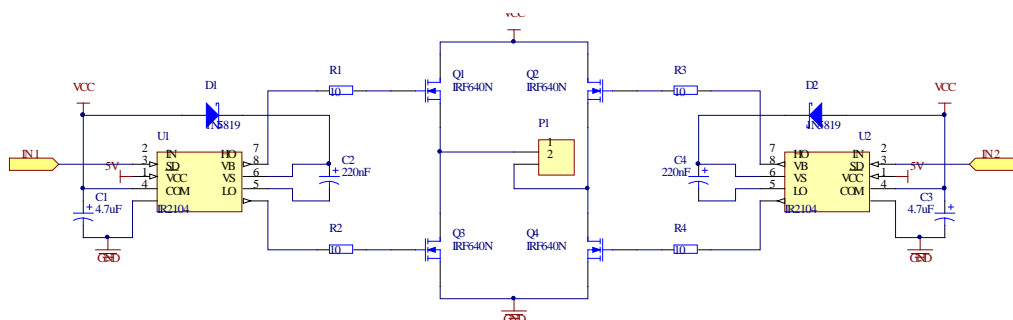


Ilustración 4.2.8

Una vez conectada la carga, en este caso el tanque resonante L-C primario, se aplica sobre ésta una tensión variable que genera en la bobina, la onda senoidal de corriente requerida para efectuar el acoplo inductivo con el receptor. En la ilustración 4.2.9 se muestra una captura de pantalla de la simulación del sistema realizada con el software de simulación “Electronics Workbench” donde se puede observar el funcionamiento teórico del convertidor.

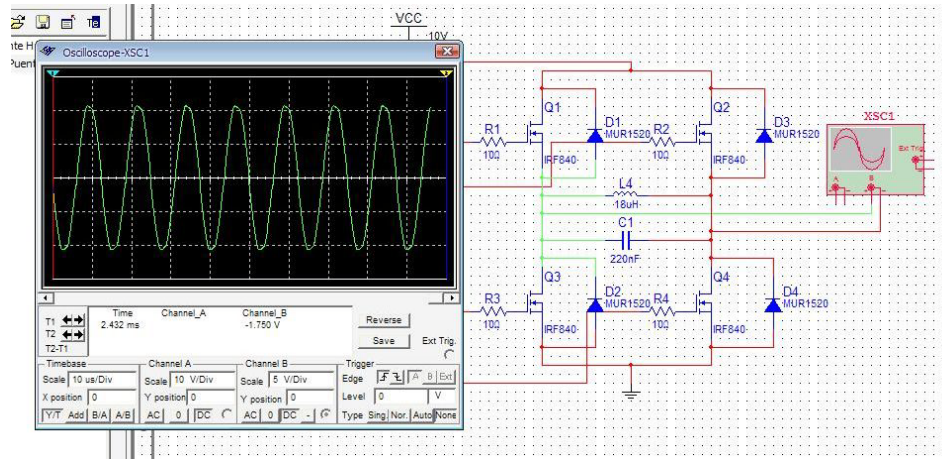


Ilustración 4.2.9

Obviamente el comportamiento ideal que se obtiene en la simulación no llega a obtenerse en la práctica debido a diversos factores que afectan al rendimiento, como los procesos de conmutación, posibles resonancias parásitas, ruido eléctrico, etc... En la siguiente imagen se muestra una captura de osciloscopio en la que se observa la tensión del circuito L-C en el prototipo construido para el laboratorio.

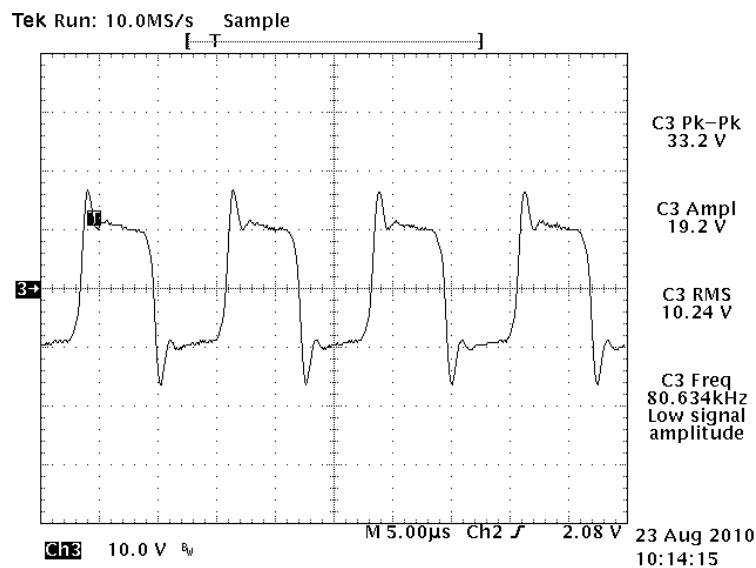


Ilustración 4.2.10

Se puede ver que es una onda cuasi-senoidal, y que tiene ruido proveniente de los procesos transitorios; pero estos aspectos no influyen en gran medida en el acoplo inductivo con el receptor, por lo que las medida correctoras, circuitos de atenuación y perfeccionamiento de la señal, se estudiarán más adelante en el apartado de futuras mejoras.

4.3 Circuito L-C Primario

Aunque en el concepto de acoplo inductivo se haga mención al uso de únicamente dos bobinas, la de primario y secundario, en la práctica hay que utilizar condensadores de compensación, tanto en el receptor, para que al entrar en resonancia se transmita mayor potencia a la carga, como en el primario, para que la impedancia total vista desde la fuente sea de carácter óhmico y que la corriente absorbida sea menor.

En función de la conexión de los condensadores de compensación en los devanados, se obtienen cuatro topologías básicas de compensación:

- a) Compensación Serie-Serie “SS”
- b) Compensación Serie-Paralelo “SP”
- c) Compensación Paralelo-Serie “PS”
- d) Compensación Paralelo-Paralelo “PP”

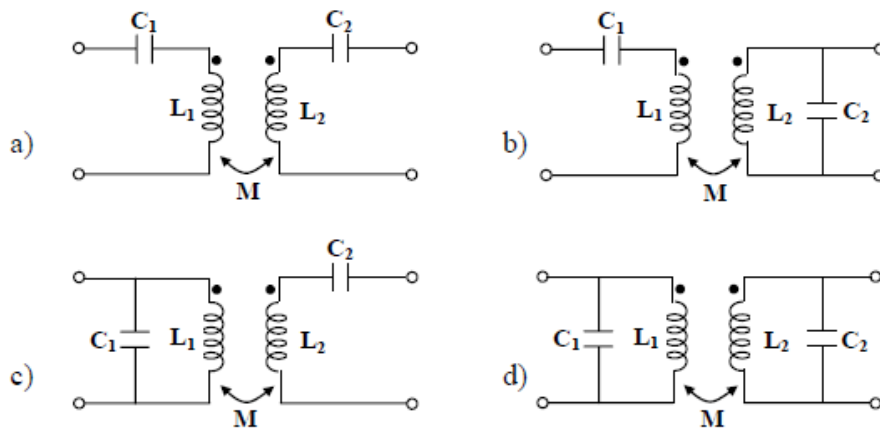


Ilustración 4.3.1

Cada topología presenta sus ventajas e inconvenientes, y no existe un criterio claro de decisión al respecto. La selección se hará en función del comportamiento de la misma respecto al tipo de carga a conectar. Así por ejemplo, en la compensación de primario, si se utiliza condensador en serie se limita la tensión a la salida de la fuente, en cambio, la configuración paralelo se utiliza para que la corriente suministrada por la fuente sea sólo la parte real consumida por el sistema, disminuyendo la corriente por los transistores, esta estructura es la preferida para sistemas con múltiples secundarios conectados a un mismo primario, y será la utilizada en el presente proyecto. La corriente por la bobina y condensador serán más elevadas que en compensación serie, y será necesario aumentar la sección del devanado. Pero nos aseguraremos la generación de un campo potente capaz de satisfacer las demandas de energía establecidas.

Si se utiliza compensación serie en el lado de secundario, el sistema se comporta como fuente de tensión, por lo tanto será independiente de la carga conectada, y prácticamente igual a la tensión de circuito abierto. En cambio, si se usa compensación paralelo en secundario, esta se muestra como una fuente de corriente independiente de

la carga conectada, y prácticamente igual a la corriente de cortocircuito, lo que hace que tenga una protección inherente frente a cortocircuitos fortuitos.

Por lo anteriormente mencionado, la compensación en paralelo del secundario es la preferida en aplicaciones de carga de baterías. Así, para el desarrollo de este proyecto, se utilizará un sistema de acoplo con compensación “PP”, cuyo circuito equivalente sería el siguiente.

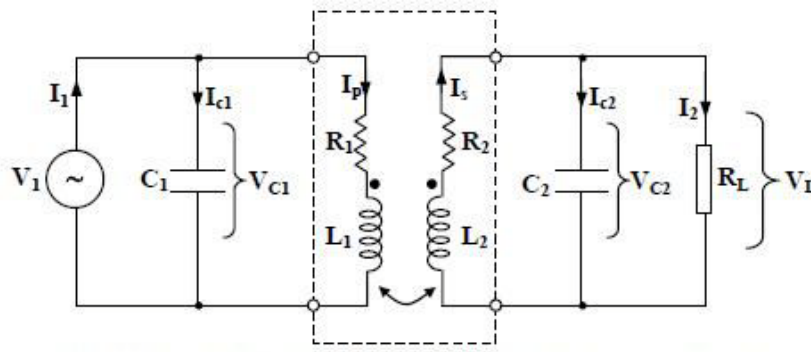


Ilustración 4.3.2

A la hora de seleccionar el tipo de bobinas a utilizar, los sistemas planos o “Flat-Pickup” son los más interesantes desde el punto de vista de recarga de baterías, ya que permiten un elevado grado de libertad tanto de separación como de posicionamiento. Respecto a la forma de las mismas, el mayor factor de acoplamiento posible se obtiene con bobinas de geometría circular y disposición horizontal de las espiras. Es por esto que se utilizará una forma de espiral plana como la de la figura 4.3.3 para la construcción de las bobinas de nuestro sistema.

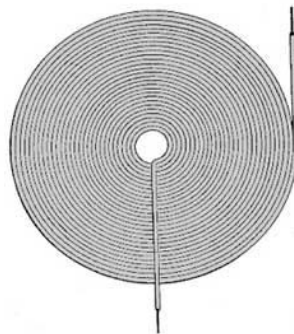


Ilustración 4.3.3

Para la elaboración de la bobina de primario se emplea cable de cobre esmaltado 16SWG de 1.5mm de diámetro del fabricante “Pro Power”, capaz de trabajar con corrientes de hasta 3A, dado que como se ha comentado antes, va a tener que soportar corrientes elevadas. Este se enrolla sobre sí mismo en forma de bobina plana y se utiliza pegamento de contacto o similar para mantener la forma. El diámetro de la misma es de 8,5cm con 21 espiras, tamaño adecuado para asegurar una superficie de acoplo suficientemente grande con el receptor. Una vez construida se puede constatar que el valor de inducción es prácticamente el mismo que el calculado teóricamente, 19μH. El resultado se puede observar en la siguiente foto del prototipo de pruebas.

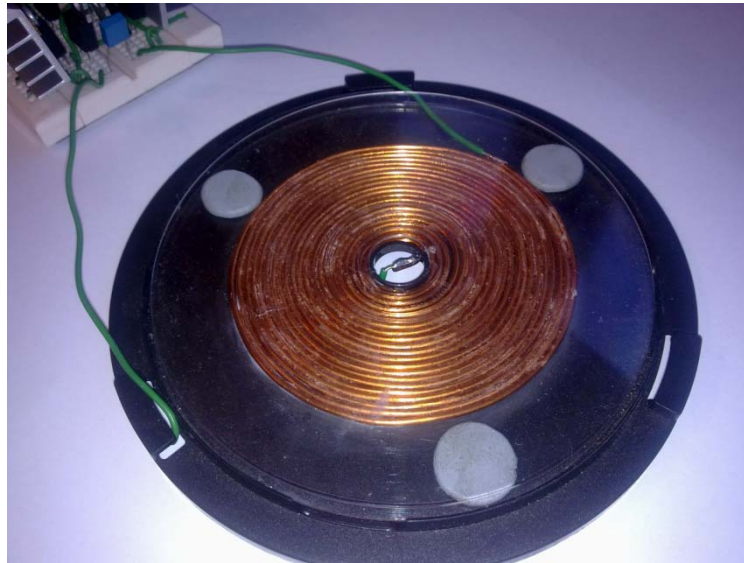


Ilustración 4.3.4

La frecuencia de resonancia del circuito viene dada por la siguiente expresión:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

De forma que tenemos un grado de libertad a la hora de seleccionar los valores del circuito. En este caso, con una frecuencia establecida de 80KHz y un valor de la bobina de 19uH, podemos determinar el valor del condensador de compensación necesario.

$$80.000 = \frac{1}{2\pi\sqrt{19 \times 10^{-6} * C_p}}$$

$$C_p = 208,3 \text{ nF}$$

El circuito resonante final a conectar como carga del puente convertidor quedará como en la imagen 4.3.5, se incluye un condensador de sintonización de pequeño valor para afinar la resonancia.

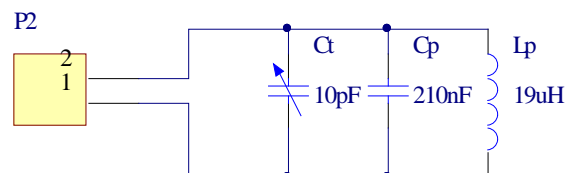


Ilustración 4.3.5

4.4 Receptor

En la bobina receptora o “pick-up” se puede utilizar un cable mas fino ya que tiene que conducir menos corriente, además, dado que éste va a ser integrado en dispositivos pequeños y portátiles interesa que sea lo menos voluminoso posible. Se utiliza cable de cobre esmaltado 22SWG de 0.71mm arrollado de la misma forma que la bobina primaria.

Para valorar las diferencias entre la multitud de valores y tamaños posibles de la bobina a utilizar, se construyeron varios modelos, con mayor o menor número de espiras, o con una configuración de doble capa, como se puede ver en la imagen.



Ilustración 4.4.1

Para determinar cuál es el tipo de diseño óptimo para la aplicación requerida, se realizó una serie de pruebas de laboratorio con el prototipo, que arrojaron los siguientes datos.

	Bobina N°1	Bobina N°2	Bobina N°3
Diámetro (\varnothing)	3cm	3,3cm	4,5cm
Espiras (N)	20	15	21
Inducción (L)	8,7uH	3,6uH	13,9uH
Geometría	Plana doble	Plana simple	Plana simple
Área operación 5V/100mA	28,27cm ²	31,17cm ²	56,74cm ²
Máxima transferencia^[1]	150mA	200mA	500mA
Corriente consumida^[2]	0,71A	0,78A	0,75A
Corriente máxima^[2]	0,9A	1,2A	1,03A

[1] En secundario a 5V y con carga simulada

[2] En primario a 10V

Se muestran a continuación dos capturas de osciloscopio, con los valores de voltaje en secundario, tensión rectificada, tensión regulada, y corriente suministrada, correspondientes a las bobinas N°1 y N°3.

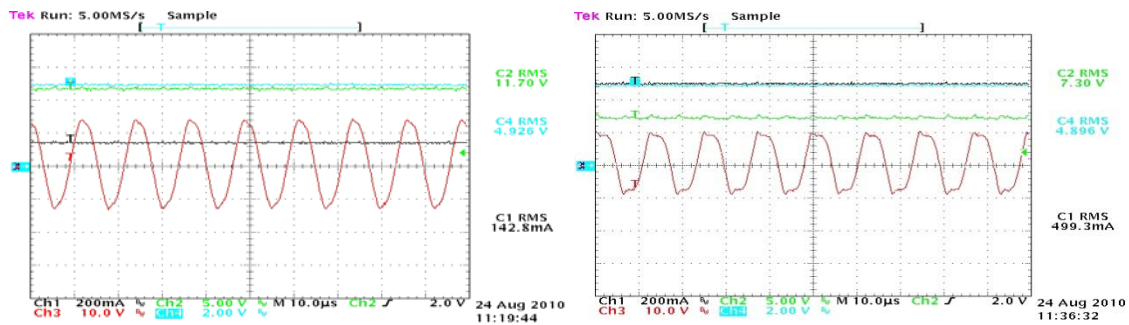


Ilustración 4.4.2

Como se puede ver, todas cumplen con los requisitos de alimentación USB, siempre que se encuentren dentro de su área de operación, y si nos aferramos a este parámetro para determinar la solución más idónea, la bobina N°3 es la que más grado de libertad de movimiento en el acoplo nos permite, como puede observarse en la gráfica siguiente:

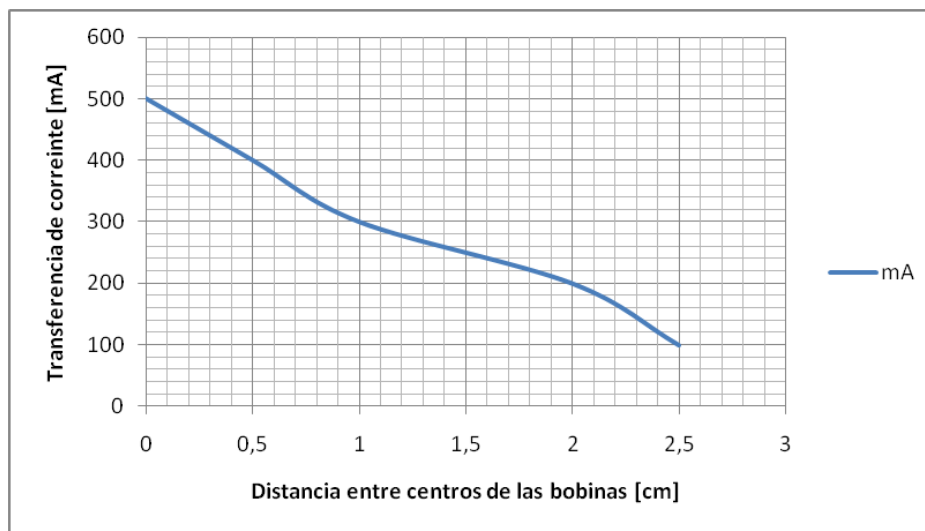


Ilustración 4.4.3

Este tamaño y geometría de bobina colocada en posición centrada, permite una transferencia máxima de 500mA, que logra alcanzar los valores USB de alta potencia, con lo que la recarga de las baterías se haría de forma mucho más rápida. También permite mantener el estándar de 100mA hasta con una desalineación máxima de 2,5cm. Sin embargo es el diseño más voluminoso, y quizás en aplicaciones de baja potencia para pequeños dispositivos interese más un diseño compacto a pesar de no alcanzar valores tan altos de transferencia.

Finalmente, al tratarse de un estudio previo de investigación, quedará a disposición del grupo Tecnodiscap o del lector, la elección de la solución que mejor se adapte a sus necesidades de tamaño y potencia.

De cara a posteriores cálculos y diseño de planos se opta por utilizar el valor de inductancia de la bobina N°3, que una vez conocido, nos permite calcular el valor del condensador de compensación requerido para la frecuencia de 80KHz utilizada.

$$80.000 = \frac{1}{2\pi\sqrt{13,9 \times 10^{-6} * C_p}}$$

$$C_p = 282 \text{ nF}$$

Es muy importante que el circuito trabaje en resonancia, ya que se asegura una transferencia de potencia eficiente, para ajustar este parámetro se debe emplear un condensador variable que permita sintonizar el circuito.

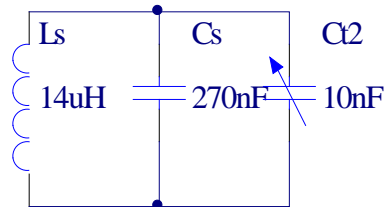


Ilustración 4.4.4

4.5 Adaptación

Una vez conseguido el acoplo entre bobinas, se tiene en el receptor una onda sinusoidal que debe ser de nuevo rectificadada para obtener los 5V DC requeridos por el sistema de recarga. Se utilizará una estructura típica, que consta de un puente rectificador de diodos y un condensador de rizado.

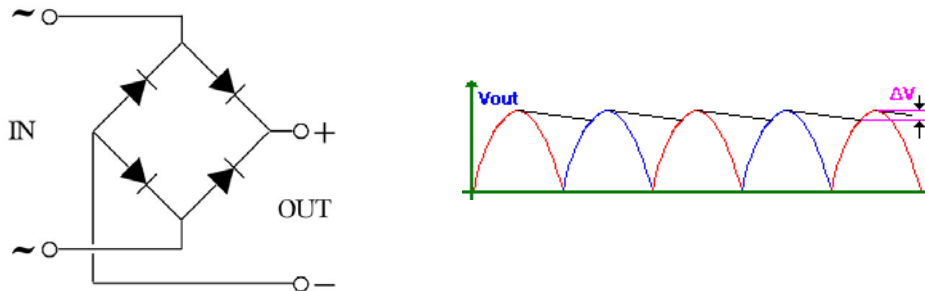


Ilustración 4.5.1

Los diodos a utilizar en el puente rectificador deben tener características de conmutación y recuperación rápidas para garantizar un funcionamiento adecuado, por ello se ha utilizado diodos *Schottky* 1N5819.

Para determinar el valor del condensador de filtrado necesario, tomaremos el valor máximo de corriente suministrable por el sistema de alimentación USB, 500 mA, aunque por el momento se utilice el sistema de baja potencia de 100mA, esto garantizará futura compatibilidad y un mayor filtrado de la onda. Se considerará un índice de rizado no superior a 0,5 Voltios.

$$C_R \geq \frac{I_{max} * t_d}{\Delta V} \geq \frac{0,5A * 6,25 * 10^{-6}}{0,5V} \geq 6,25\mu F$$

A su salida obtenemos una señal cuasi-continua que tiene que ser regulada para dar los valores nominales requeridos, para esto se utiliza un regulador L7805CV de “*ST Microelectronics*”, que garantizará una salida de 5V uniforme, siempre que el valor de entrada al mismo no descienda de los 6V aproximadamente.

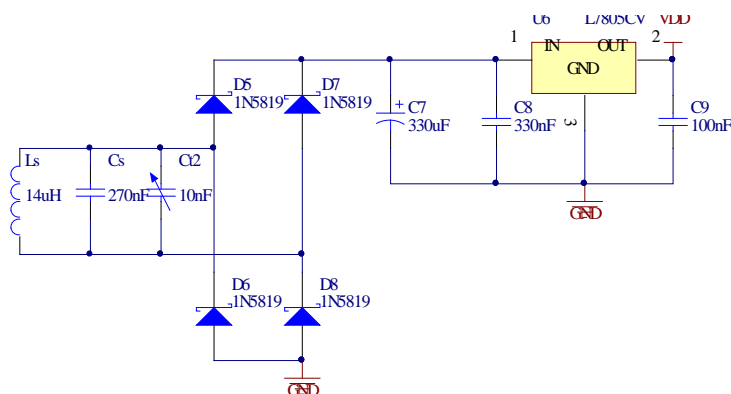


Ilustración 4.5.2

Para regular la carga de la batería se utiliza un circuito integrado de recarga MCP73812T-420I/OT de “Microchip”, especialmente indicado para aplicaciones de recarga USB de baterías “Li-Ion” o “Li-Polymer”. Este circuito proporciona algoritmos específicos de recarga para baterías de celda única, lo que permite alcanzar capacidades óptimas en el menor tiempo de recarga posible. Además incluye una entrada programable para ser utilizado en aplicaciones USB de alta (500mA) o baja (100mA) energía.

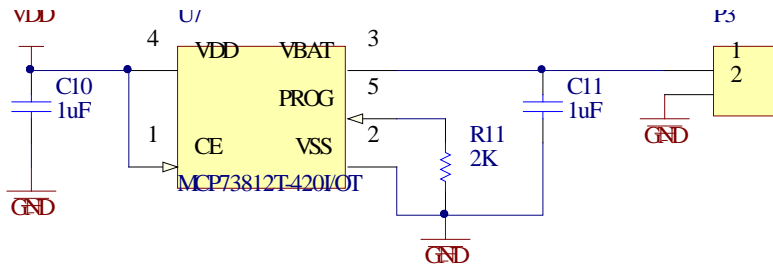


Ilustración 4.5.3

El sistema debe contar con algún tipo de señal que nos indique que el acoplo inductivo es el suficiente como para que la recarga de la batería se produzca. Para ello se va a utilizar un circuito comparador, que nos indicará cuando el regulador proporciona a su salida un valor de tensión suficiente, establecido en un mínimo de 4,7V. Cuando este valor sea superado, el amplificador operacional activará un LED indicador.

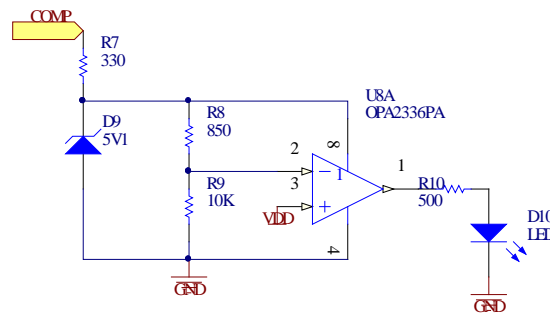


Ilustración 4.5.4

4.6 Soluciones desechadas y problemas encontrados

Este apartado pretende reflejar las diferentes dificultades encontradas a la hora del diseño e implementación del presente proyecto.

Uno de los aspectos que más ha dificultado la construcción de un prototipo funcional es el empleo de placas de laboratorio con montaje en inserción o “*protoboards*”, ya que se manejan elevadas corrientes, altas frecuencias de trabajo, y sistemas resonantes. Cualquier señal parásita o resistencias indeseadas, provocadas por la distribución de placas de inserción internas de la “*protoboard*”, y posibles fallos de conexión provocados por el tipo de contacto mecánico utilizado en los componentes insertados, pueden provocar pérdidas de rendimiento, daños al propio sistema, e incluso fallos de funcionalidad.

Durante la fase de pruebas fue necesaria la utilización de grandes disipadores en los transistores del convertidor DC-AC, debido a la variación de los valores de frecuencia y tensión de alimentación, resonancia, inducción, etc... la corriente circulando por el primario podía llegar a ser muy elevada en algunos casos.

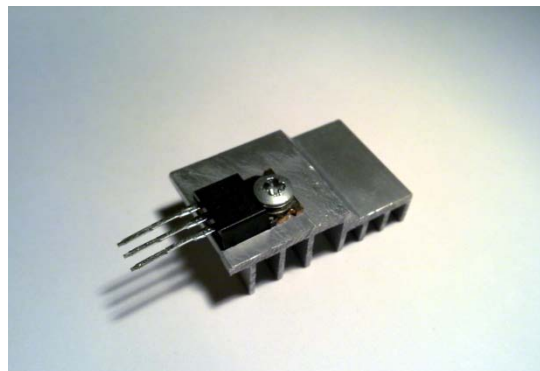


Ilustración 4.6.1

En cuanto a soluciones desechadas, en un principio se optó por utilizar un sistema convertidor DC-AC resonante “*push-pull*” de corriente constante, que utiliza sólo dos transistores, una serie de bobinas para proporcionar corriente al primario, y además contaba con un sistema de conmutación al paso por cero. Aunque la onda que se puede obtener con este tipo de convertidores es más limpia y senoidal, la corriente por el circuito debe ser constantemente controlada, lo que termina por dificultar enormemente el diseño y construcción de un prototipo viable, por lo que tras varios intentos de implementación, este tipo de convertidor fue desechado y sustituido por una topología de puente en H mucho más escalable y robusta.

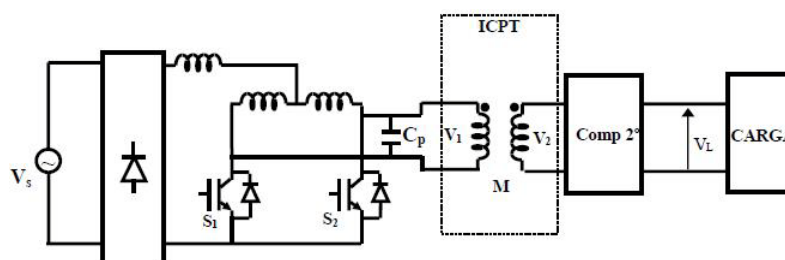


Ilustración 4.6.2

4.7 Posibles y futuras mejoras

A continuación se tratará de establecer una vía de orientación para las posibles mejoras a implementar o futuros cambios de diseño que permitan una mayor eficacia o sencillez en el diseño.

Uno de los aspectos susceptibles de perfeccionar es la obtención de una onda de aspecto más senoidal en la carga, ya que aumentaría la eficiencia del sistema al ofrecer menos pérdidas en conmutación y un acoplo más efectivo. Esto se podría conseguir con la aplicación de técnicas de conmutación ZVS o ZCS, que hacen conmutar al transistor con tensión o corriente cero, lo que hace que sus pérdidas sean mínimas; con la inclusión de redes “Snubber”, que consiguen que la tensión en el transistor durante la conmutación sea inferior a la de la fuente, alejándose su funcionamiento de los límites por disipación y por avalancha secundaria; o la excitación de los transistores con onda senoidal para una conmutación más suave. En esta misma línea también cabría estudiar la posibilidad de utilizar otras topologías convertidoras.

Para disminuir el consumo sin carga del sistema, se puede incluir un circuito que detecte un receptor en posición de acoplo, basado en la diferencia de corriente que circula por el primario cuando, existe o no, transferencia de energía. Para esto sería necesario contar con un sistema de monitorización de corriente, que sería analizada cada cierto tiempo con una pequeña activación del campo, y en caso de encontrar diferencias en el consumo existente, con el de el funcionamiento en vacío, se activaría la fase de recarga, en caso contrario, el sistema permanece en espera realizando comprobaciones periódicas. En esta misma línea, la utilización de comunicación bidireccional inalámbrica entre estación de carga y aparato receptor sería de gran utilidad. Permitiría el intercambio de órdenes entre los dispositivos, lo que se puede enfocar, por ejemplo, la desactivación del campo cuando la recarga esté completada, o el control de la frecuencia y tensión de trabajo por parte de receptores inteligentes para ajustar la base a sus necesidades específicas.

También se podría mejorar la eficiencia del circuito receptor sustituyendo el regulador lineal por un regulador conmutado lo que minimizaría las pérdidas haciendo más eficiente el sistema, y además permitiría mejorar el área efectiva de acoplo al aprovechar mejor la energía captada. Los reguladores conmutados no necesitan un voltaje más elevado que el de salida a su entrada como los reguladores lineales, por lo que se ganarían unos preciados mW en el receptor.

Para mejorar la eficiencia del campo generado, y a la vez proteger al sistema y dispositivos cercanos de posibles interferencias, se podrían escudar con materiales como la ferrita o el aluminio, las caras de las bobinas que no están enfrentadas, consiguiendo un aumento de la inducción mutua, lo que permitiría reducir el consumo total del sistema.

Cercano a la fecha de finalización del proyecto (31 de Agosto 2010) ha sido liberado por el “Wireless Power Consortium”, un documento con las primeras especificaciones técnicas para los sistemas de transferencia inalámbrica de baja energía, en este se pueden encontrar ideas de diseño y posibles mejoras que serán implementadas en futuras revisiones del proyecto.

Una de estas ideas, permitiría libertad total de movimiento y posición dentro de la superficie de recarga, consiste en una matriz o “array” de bobinas (Ilustración 4.7.1) más pequeñas, que crearían un campo uniforme en toda la superficie de la base de recarga, lo que aportaría al sistema mucha más comodidad y facilidad de uso.

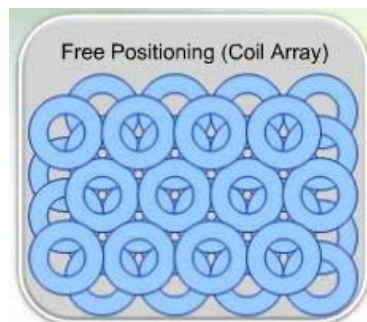


Ilustración 4.7.1

También se ha hecho público que el estándar del “WPC” utilizará frecuencias que van desde los 110KHz hasta los 205KHz, lo que me hace recomendar la variación del valor de excitación utilizado durante este desarrollo a uno más adecuado, para lo que habrá que utilizar una combinación diferente de bobinas y condensadores en los circuitos de resonancia.

Por último cabe resaltar que debido a la amplia combinación de factores que determinan la capacidad y eficiencia de los sistemas ICPT, se podría llevar a cabo un estudio más extenso, con mayor variedad de geometrías y disposiciones para las bobinas, hasta encontrar una combinación más óptima.

4.8 Prototipo y laboratorio

La construcción del prototipo se ha llevado a cabo en placas de inserción rápida utilizando componentes “*Through-Hole*”, lo que facilita enormemente la aplicación de cambios de diseño y el reemplazo de componentes. No obstante un funcionamiento ideal del sistema requiere de un diseño en placa integrada que sea fuerte frente a ruidos y campos electromagnéticos, con una distribución de componentes estudiada, y uso de grandes pistas de alimentación en la zona de potencia.

Las siguientes imágenes muestran los prototipos funcionales del sistema emisor (Ilustración 4.8.1) y receptor (Ilustración 4.8.2).

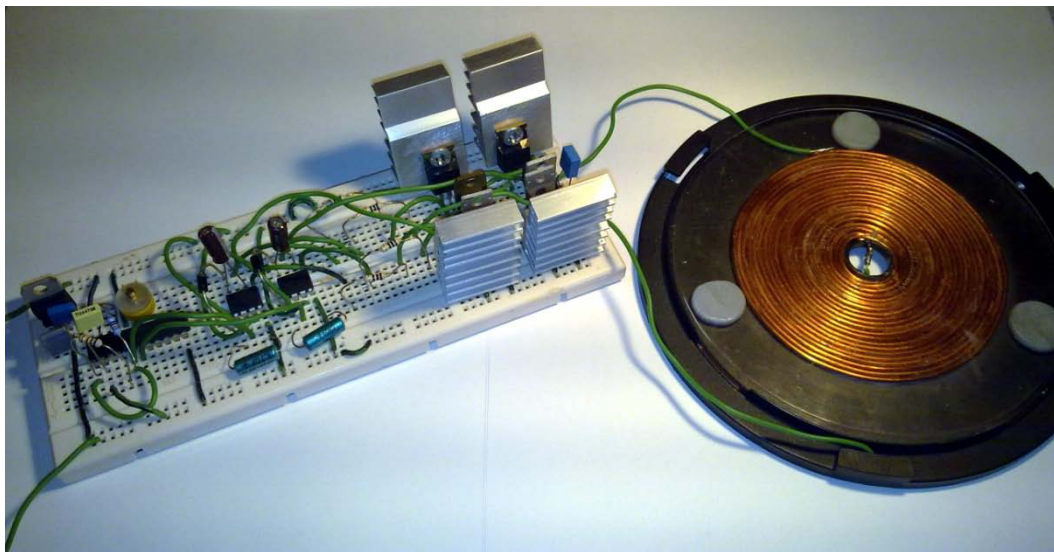


Ilustración 4.8.1

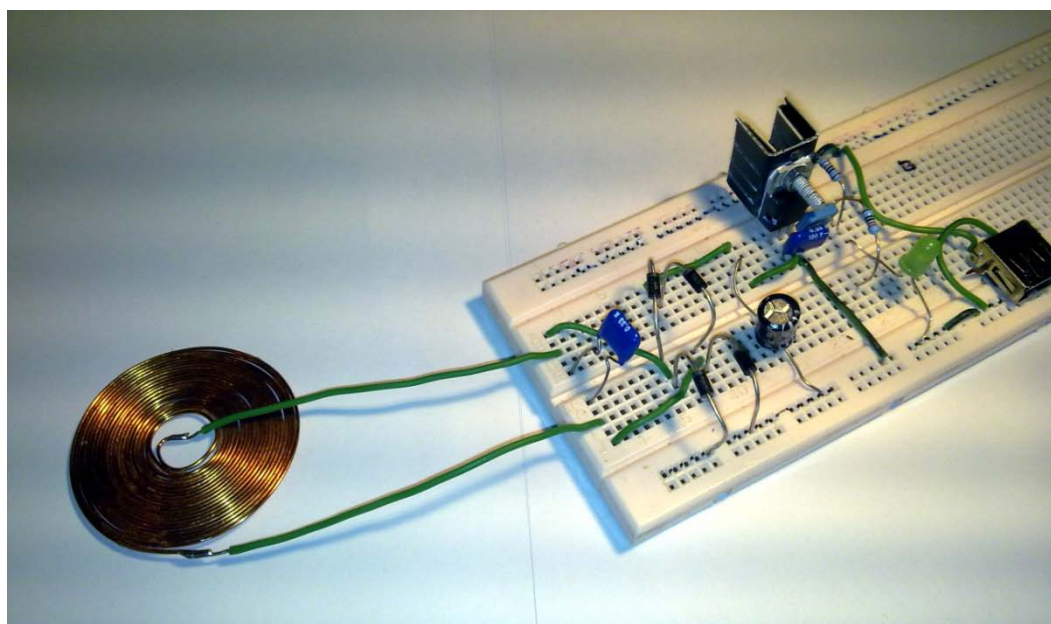


Ilustración 4.8.2

Los ensayos realizados demuestran que el sistema es capaz de entregar a su salida el voltaje y corriente necesarios para satisfacer el estándar USB, tanto de baja, como de alta potencia, lo que garantiza tiempos de recarga similares a los obtenidos a través de fuentes de alimentación convencionales.

En la ilustración 4.8.3 se pueden ver dos dispositivos diseñados y fabricados por “Tecnodiscap”, además de las baterías de Ion-Litio que se utilizan en este tipo de dispositivos. Con las especificaciones de USB de alta energía llegada a conseguir con el prototipo de pruebas, estaríamos hablando de tiempos de recarga de algo más de 1 hora para el modelo de 600mAh, y alrededor de 2 horas para el modelo de 1080mAh.



Ilustración 4.8.3

La recarga se realiza con un rendimiento cercano al 25%, ya que se pierde energía en los procesos de conmutación del convertidor, durante el acoplo inductivo, y por último en la rectificación y adaptación de la energía transferida.

$$\eta_T = \frac{P_{UTIL}}{P_{TOTAL}} * 100 = \frac{5V * 0,5A}{10V * 1A} * 100 = 25\%$$

En vacío, es decir, sin secundario acoplado, el sistema consume un total de 0,48A, empleados para alimentar los circuitos lógicos, el convertidor y el circuito L-C que genera el campo, lo que ya produce unas pérdidas de 4,8W mientras el sistema no es utilizado, que son dispersadas en forma de calor por los transistores y bobina y también como radiación electromagnética. Desde el punto de vista del ahorro energético interesaría utilizar algún tipo de detección de acoplo para activar o desactivar el sistema únicamente cuando sea preciso

$$P_1 = 10V * 0,48A = 4,8W$$

En la siguiente captura de osciloscopio se puede observar las diferentes ondas medidas en el circuito receptor durante las pruebas, en color rojo la onda en el secundario, en verde el Canal 2 nos muestra esta misma onda rectificada y filtrada, el Canal 4 indica el voltaje a la salida del regulador, y por último en negro el Canal 1 representa la corriente por la carga.

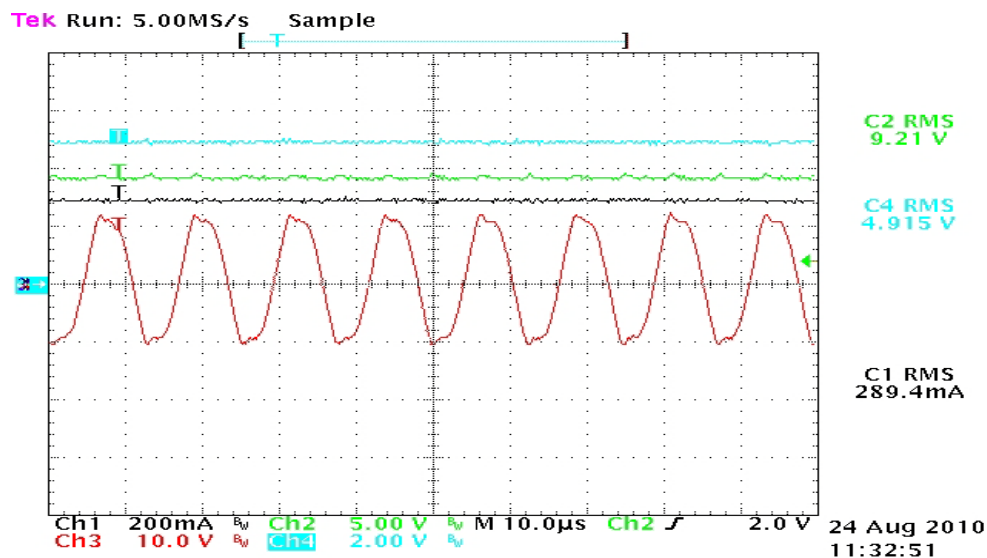


Ilustración 4.8.4

Durante la realización de la construcción, test y ensayo del prototipo, se emplearon una serie de instrumentos de laboratorio, tales como polímetros, fuentes de alimentación variable, generadores de ondas, osciloscopios, y otros, entre los que cabe destacar el manejo de los siguientes.

- ✓ *Osciloscopio digital “Tektronix TDS-714L” (Ilustración 4.8.5 – (a))*

Un osciloscopio de 4 canales muy completo, que permite realizar una gran cantidad de tipos de medición gracias a sus menús interactivos y la compatibilidad con sondas para tensión y corriente.

- ✓ *Sonda diferencial “Yokogawa 700924” (Ilustración 4.8.5 – (b))*

Necesaria para realizar las mediciones con seguridad en puntos donde la tensión no está referenciada a masa, como es el caso de los circuitos L-C resonantes utilizados en el sistema. Esta sonda nos permite hacer una medición segura y precisa con el osciloscopio.

- ✓ *Medidor LCR “Peak Atlas LCR40” (Ilustración 4.8.5 – (c))*

Este dispositivo permite medir de manera rápida la inductancia que tiene una bobina, además permite medir los valores de L, C y R de un circuito determinado.

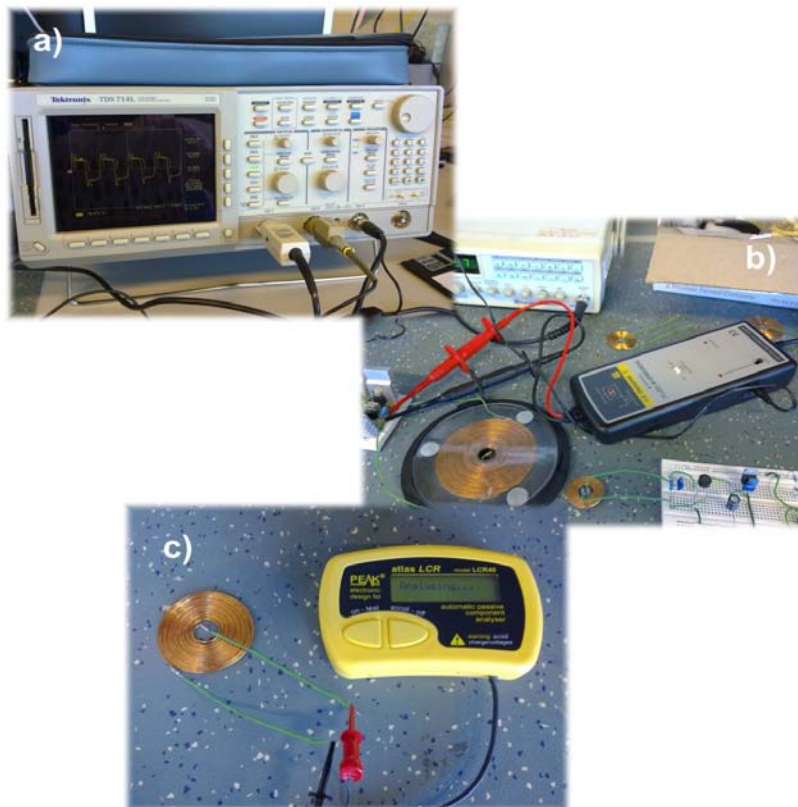


Ilustración 4.8.5

5. RESULTADOS FINALES

Los sistemas IPTC resultan muy interesantes desde el aspecto de la comodidad de uso y ausencia de conexiones. El sistema de recarga obtenido cumple con ambas cualidades, y le permite ser utilizado en aplicaciones específicas que requieran estanqueidad y protección.

En el aspecto de la implementación práctica de este proyecto hay que reseñar que el circuito receptor debe minimizarse y ser construido con componentes SMD de pequeño tamaño, esto facilita su uso e integración en dispositivos existentes y futuros, tales como teléfonos móviles, reproductores portátiles, dispositivos “*bluetooth*”, y un largo etcétera.

Para el correcto funcionamiento del sistema de recarga, la bobina del receptor debe situarse dentro del radio de acción del campo generado por el circuito primario en la base emisora, el mayor acoplo se produce cuando ambas bobinas están centradas entre sí, por lo tanto es necesario colocar de forma correcta el receptor para que la recarga comience, para tal fin se incluye un LED que nos indicará la posición correcta.

Puede existir cierto calentamiento en las bobinas, sobre todo después de un uso prolongado, pero no resulta peligroso y es una consecuencia normal producida por las pérdidas ocasionadas por el “*Efecto Joule*”.

Como conclusión personal me gustaría resaltar el proceso de aprendizaje a la hora de abordar los grandes y pequeños problemas encontrados a lo largo del desarrollo de este proyecto, y en concreto del prototipo de pruebas, ya que como es habitual la teoría nunca suele ajustarse a la realidad del laboratorio. Estos aspectos se unen a la satisfacción personal que se obtiene al conseguir construir un dispositivo útil y funcional a partir de puros aspectos teóricos, lo que enriquece aún más la experiencia universitaria y permite ver con una mayor perspectiva la utilidad de los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera.

En definitiva, se han alcanzado los objetivos propuestos y se ha conseguido una mayor comprensión de los aspectos técnicos que rodean los sistemas IPTC, y se han localizado multitud de mejoras aplicables al desarrollo de los mismos, aunque quedan fuera del alcance de este proyecto una vez cumplidos los objetivos de “*Tecnodiscap*” que consistían en el estudio previo y construcción de un prototipo funcional, dejándose indicadas en el apartado de posibles y futura mejoras para su estudio posterior. Además el sistema tiene utilidad real y en auge dentro del mercado tecnológico actual, como demuestran las publicaciones científicas al respecto y el posicionamiento de los fabricantes de electrónica, lo que lo hace muy atractivo para su futura implementación en diferentes aparatos electrónicos.

6. NORMAS Y REFERENCIAS

6.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

Es objetivo principal el conocimiento de las distintas normativas y su aplicación en el proyecto en concreto. Todo proyecto con instalaciones de electricidad/electrónica debe cumplimentar una serie de normativas legales y administrativas referentes a él. En el presente tema se van a exponer las distintas reglamentaciones ha cumplir, así como el lugar donde encontrarlas.

Las instalaciones de tipo eléctrico/electrónico en una vivienda deben cumplir con la normativa indicada en el RBT, además de otras principales normativas recogidas en el RBT MIE BT o reglamento de baja tensión, Ministerio de Industria, baja tensión, estas, también se encuentran en la UNE o Una Norma Española.

De forma adicional, el presente proyecto también debe cumplir las disposiciones del reglamento de compatibilidad electromagnética EMC debido a que se emplean campos EM en su funcionamiento, que podrían tanto provocar como sufrir interferencias (EMI).

Sobre prevención de riesgos laborales, en nuestro país se encuentra la LPRL o Ley de Prevención de Riesgos Laborales.

Para llevar a cabo la certificación del cumplimiento de las normas aplicables, AENOR, o Asociación Española de Normalización y Certificación recopila las distintas reglamentaciones y normativas requeridas y participa activamente en el desarrollo de las tareas de normalización y certificación, e impulsa el interés por la calidad y la seguridad de los productos. Se trata de una entidad privada derivada al desarrollo de las actividades de normalización y certificación con competencia en todos los sectores industriales y de servicios, que contribuye a mejorar la calidad de las empresas y sus productos.

6.2. Bibliografía

En la bibliografía se citan tanto libros de texto y publicaciones, como direcciones Web que han resultado de utilidad.

- Pollán Santamaría, Tomás, *Sistemas combinacionales*, PUZ, Zaragoza, 2004
- Pollán Santamaría, Tomás, *Sistemas secuenciales*, PUZ, Zaragoza, 2004
- Pollán Santamaría, Tomás, *Microelectrónica digital*, PUZ, Zaragoza, 2004
- Martín del Brío, Bonifacio, *Sistemas electrónicos basados en microprocesadores y microcontroladores*, PUZ, Zaragoza, 1999
- Torres Portero, Manuel, *Circuitos integrados lineales*, Paraninfo, Madrid, 1994
- Electricidad y Electrometría, EUITIZ, Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- Electrónica de Potencia EUITIZ, Departamento de Ingeniería Eléctrica.
- Villa Gazulla, Juan Luis, *Sistemas de transferencia de energía para vehículos eléctricos mediante acoplo inductivo*, Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza 2009
- Robert Coup, *An Inductively Coupled Universal Battery Charger*, EEE, University of Auckland, 2003
- Torres Portero, Manuel y M. Ángel, *Diseño e ingeniería electrónica asistida con Protel DXP*, 2004
- *Wireless Power Transfer Sytem Description, "WPC"*, 2010
- Travis Deyle, Matthew Reynolds, *PowerPACK: A Wireless Power Distribution System for Wearable Devices*, GIT, 2008
- Pengfei Li, Rizwan Bashirullah, *A Wireless Power Interface for Rechargeable Battery Operated Medical Implants*, IEEE, 2007
- Duleepa J. Thrimawithana, Udaya K. Madawala, MIEEE, University of Auckland, 2010
- Eberhard Waffenschmidt, Toine Staring, *"Philips"*, 2010

- ✓ <http://ieeexplore.ieee.org>
- ✓ <http://www.instructables.com>
- ✓ http://deepfriedneon.com/tesla_f_calcsipiral.html
- ✓ <http://es.wikipedia.org>
- ✓ <http://www.google.es>
- ✓ <http://www.auckland.ac.nz>
- ✓ <http://www.iis.fraunhofer.de>
- ✓ <http://es.farnell.com>
- ✓ <http://www.wirelesspowerconsortium.com>
- ✓ <http://www.palm.com/es/es/products/accessories/touchstone-technology.html>

6.3. Software utilizado

Programas empleados en la redacción, simulación y diseño del proyecto:

- ❖ *Microsoft Word 2007*
- ❖ *Microsoft Excel 2007*
- ❖ *Adobe Acrobat 9*
- ❖ *Adobe Photoshop CS3*
- ❖ *Electronics Workbench 9*
- ❖ *SolidWorks 2008*
- ❖ *Altium Designer 2009*
- ❖ *Foxit PDF Editor*

6.4. Definiciones y Abreviaturas

- *“AC” – Alternative Current o Corriente Alternativa.*
- *C_1 - Condensador de compensación de primario.*
- *C_2 – Condensador de compensación de secundario.*
- *“Datasheet” – Hoja de datos de componentes.*
- *“DC” – Direct Current o Corriente Continua.*
- *“FEM” – Fuerza Electromotriz.*
- *h – Distancia de separación de las bobinas.*
- *I_p – Corriente por el primario.*
- *I_s – Corriente por el secundario.*
- *“ISA” - Investigación en Ingeniería de Aragón.*
- *“ICPT” – Inductively Coupled Power Transfer o Transferencia de potencia con acoplo inductivo.*
- *“ISA” – Industry Standard Architecture o Arquitectura estándar industrial, arquitectura de bus creada por IBM en 1980.*
- *L_p o L_1 – Valor de inducción de la bobina primaria.*
- *L_s o L_2 – Valor de inducción de la bobina secundaria.*
- *“LED” – Light Emitting Diode o Diodo emisor de luz.*
- *“Li-Ion” – Batería de iones de litio.*
- *“Li-Polymer” – Batería de litio y polímero.*
- *M – Coeficiente de inducción mutua entre bobinas*
- *“MOSFET” - Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor o transistor de efecto campo metal-óxido-semiconductor.*
- *“mp3” - MPEG-1 Audio Layer III es un formato de audio digital comprimido.*

- **“PCI”** - *Peripheral Component Interconnect o Interconexión de Componentes Periféricos, consiste en un bus de ordenador para conectar dispositivos periféricos directamente a su placa base.*
- **“plug-and-play”** - *Tecnología que permite a un dispositivo informático ser conectado a un ordenador sin tener que configurar ni proporcionar parámetros adicionales a sus controladores.*
- **“PP”** – *Compensación Paralelo-Paralelo.*
- **“Protoboard”** – *Placa de pruebas de uso genérico reutilizable o semipermanente, usado para construir prototipos de circuitos electrónicos sin soldadura.*
- **“PS”** – *Compensación Paralelo-Serie*
- **“push-pull”** – *Termino para referirse a los tipos de convertidores que efectúan una alimentación bidireccional del transformador.*
- **R_1** – *Resistencia del devanado primario.*
- **R_2** – *Resistencia del devanado secundario*
- **R_a** – *Radio de la bobina primaria.*
- **R_b** – *Radio de la bobina secundaria.*
- **R_L** – *Carga conectada al sistema.*
- **“Schottky”** – *Diodo que proporciona conmutaciones muy rápidas entre los estados de conducción directa e inversa y muy bajas tensiones de umbral.*

- **“Snubber”** – *Dispositivo utilizado para suprimir los transitorios de voltaje en sistemas eléctricos.*
- **“SP”** – *Compensación Serie-Paralelo.*
- **“SS”** – *Compensación Serie-Serie.*
- **“Through-Hole”** – *Tecnología de montaje de circuitos impresos a través de orificio.*
- **“TIC”** – *Tecnología Informática y Comunicaciones.*
- **“TTL”** - *Tecnología de construcción de circuitos electrónicos digitales cuya tensión de alimentación característica se halla comprendida entre los 4,75v y los 5,25V.*
- **“USB”** – *Universal Serial Bus o Bus Serie Universal.*
- **V_1** – *Tensión en el primario.*
- **V_2** – *Tensión en el secundario.*
- **ω** - *Frecuencia angular.*
- **“WPC”** – *Wireless Power Consortium.*
- **“ZBD”** – *Tipo de transformador de corriente alterna inventado por los ingenieros Zipernowsky, Bláthy y Deri.*
- **“ZCS”** – *Zero Current Switching, técnica de conmutación a corriente cero.*
- **“ZVS”** – *Zero Voltage Switching, técnica de conmutación a voltaje cero.*

7. ORDEN DE PRIORIDAD ENTRE LOS DOCUMENTOS BÁSICOS

El orden de prioridad de los documentos básicos del proyecto será el siguiente:

1. Memoria
2. Planos
3. Pliego de condiciones
4. Presupuesto

8. ANEXOS

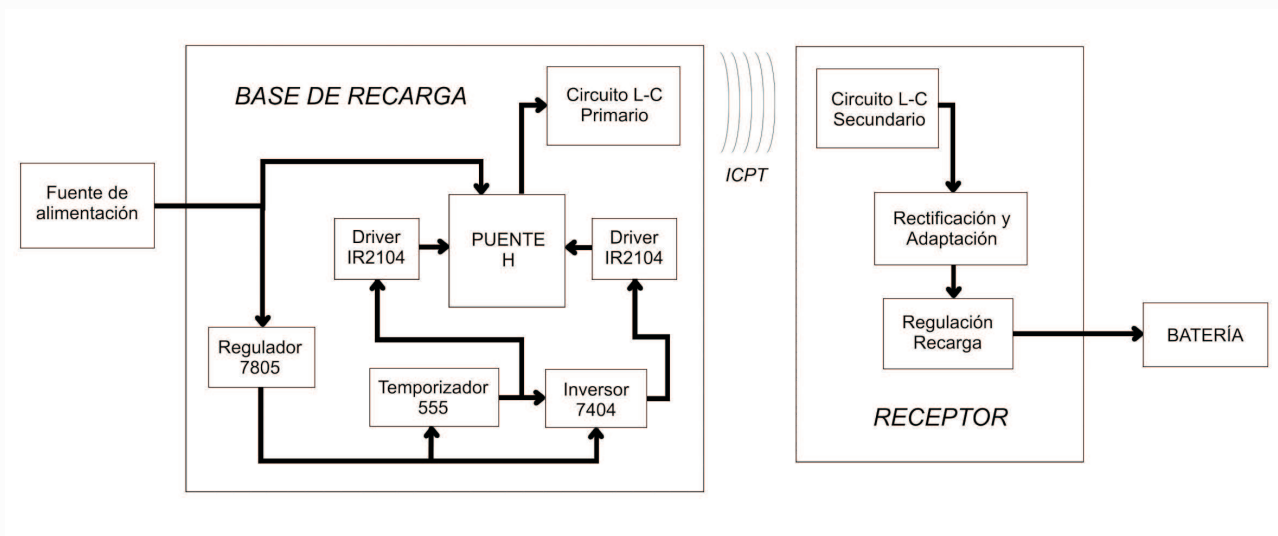
8.1 Hojas de datos de componentes "Datasheets"

A continuación se pueden consultar los aspectos más relevantes de las hojas de información de componentes que proporcionan los fabricantes, sobre los siguientes elementos incorporados a este proyecto:

- ❖ Diodo 1N5819
- ❖ Regulador Lineal 7805
- ❖ Cable de cobre esmaltado
- ❖ Driver IR2104
- ❖ Transistor MOSFET IRF640N
- ❖ Regulador de recarga MCP73812
- ❖ Amplificador Operacional OPA2336
- ❖ Inversor lógico SN74LS04
- ❖ Temporizador TS555CN

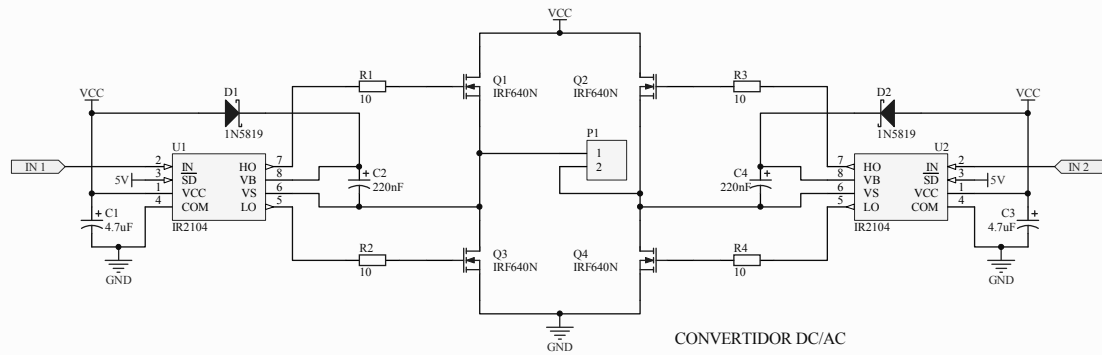
INDICE

- 1._Plano de esquema de bloques***
- 2._Plano de esquemático***
- 3._Listado de componentes***
- 4._Cara Top***
- 5._Cara Bottom***
- 6._Plano de serigrafía***
- 7._Plano de mascarilla***
- 8._Plano Top paste***
- 9._Plano de taladrado***
- 10. Interconexionado***



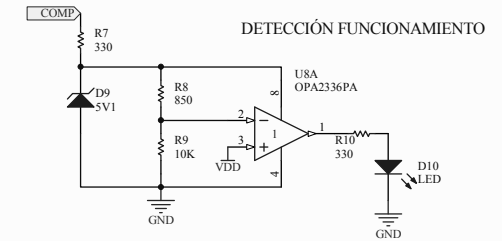
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	<h1>ESQUEMA FUNCIONAL DE BLOQUES</h1>			Plano nº
				1
				NºAlumno 503352
				Curso: 2009-2010

BASE EMISORA

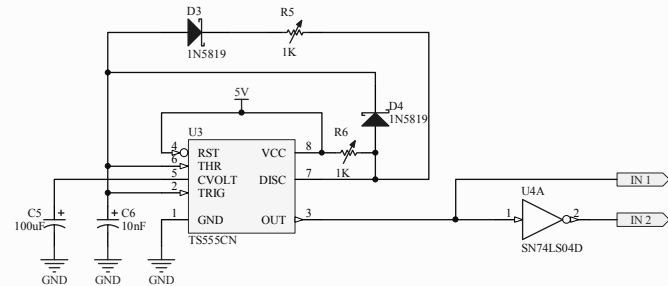


CONVERTIDOR DC/AC

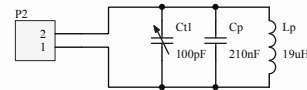
RECEPTOR



DETECCIÓN FUNCIONAMIENTO

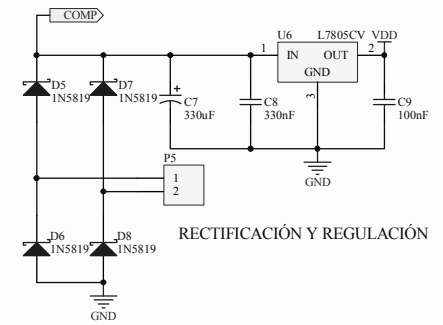
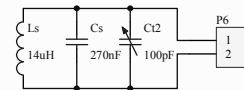


GENERADOR ONDA EXCITACIÓN

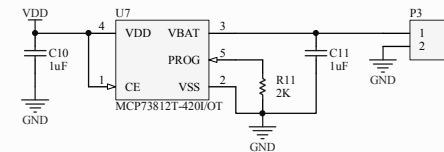


CIRCUITO L-C PRIMARIO

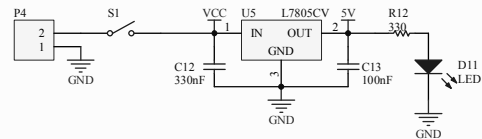
CIRCUITO L-C SECUNDARIO



RECTIFICACIÓN Y REGULACIÓN



CIRCUITO RECARGA BATERÍA



ALIMENTACIÓN

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	<h1>ESQUEMA GENERAL DEL CIRCUITO</h1>			Plano nº
				2
				NºAlumno
		Curso:	2009 - 2010	

Listado de componentes - Circuito Primario

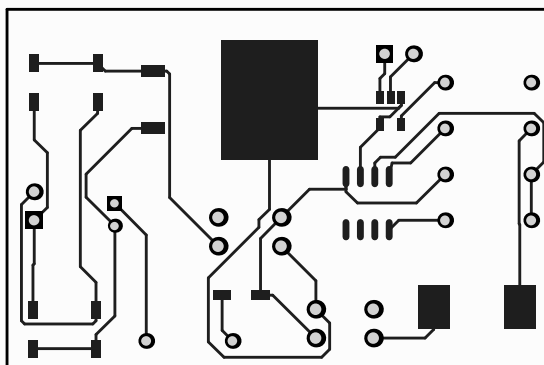
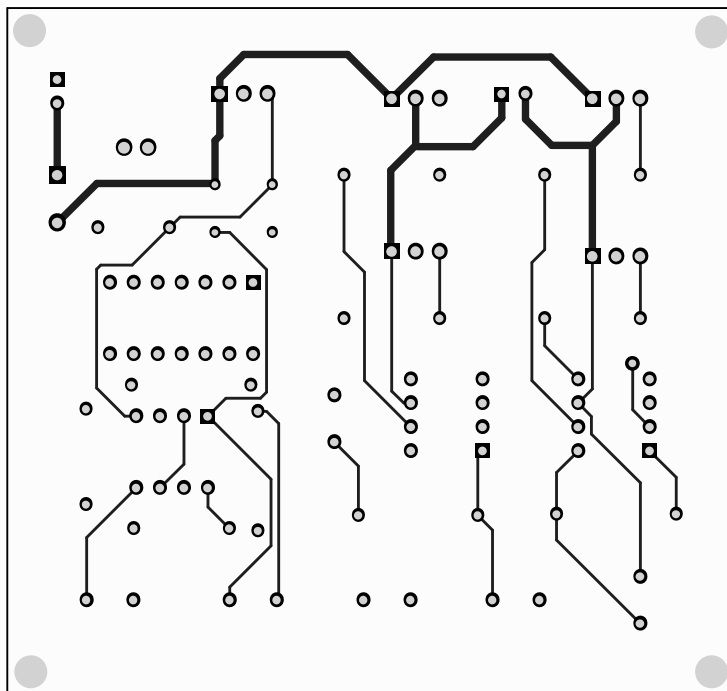
Identificación General	Identificación Particular	Encapsulado	Posición - X (mm)	Posición - Y (mm)
C1	4.7uF	RB5-10.5	11.557	10.795
C2	220nF	RB5-10.5	26.797	30.099
C3	4.7uF	RB5-10.5	35.433	10.795
C4	220nF	RB5-10.5	41.021	10.795
C5	100uF	RB5-10.5	54.737	10.795
C6	10nF	RB5-10.5	67.945	10.795
C12	330nF	RAD-0.2	22.733	52.451
C13	100nF	RAD-0.2	28.829	52.451
Cp	210nF	RAD-0.2	x	x
Ct1	C VAR 100pF	RAD-0.2	x	x
D1	1N5819	AXIAL-0.5	20.193	19.812
D2	1N5819	AXIAL-0.5	27.305	19.939
D3	1N5819	AXIAL-0.5	44.323	24.511
D4	1N5819	AXIAL-0.5	65.405	33.655
D11	LED ROJO	LED-0	14.351	58.928
Lp	19uH	x	x	x
P1	Header 1x2 H	HDR1X2H	5.969	64.643
P2	Header 1x2	HDR1X2	x	x
P4	Header 1x2 H	HDR1X2H	53.213	66.167
Q1	IRF640N	TO220ABN	44.069	64.135
Q2	IRF640N	TO220ABN	65.405	64.135
Q3	IRF640N	TO220ABN	44.069	47.879
Q4	IRF640N	TO220ABN	65.405	47.879
R1	10Ω	AXIAL-0.4	41.529	56.007
R2	10Ω	AXIAL-0.4	41.529	40.767
R3	10Ω	AXIAL-0.4	62.865	56.007
R4	10Ω	AXIAL-0.4	62.865	40.767
R5	POT 1KΩ	CAN-3/D5.9	9.017	18.415
R6	POT 1KΩ	CAN-3/D5.9	19.177	26.035
R12	330Ω	AXIAL-0.4	14.097	50.419
S1	SW-SPST	SPST-2	5.969	53.467
U1	IR2104	DIP8	47.371	30.48
U2	IR2104	DIP8	65.151	30.48
U3	TS555CN	DIP8	18.161	26.543
U4	SN74LS04D	DIP14	19.177	40.767
U5	L7805CV	TO220ABN	25.781	64.643

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	LISTADO DE COMPONENTES			Plano nº 3.1
				NºAlumno 503352
				Curso: 2009-2010

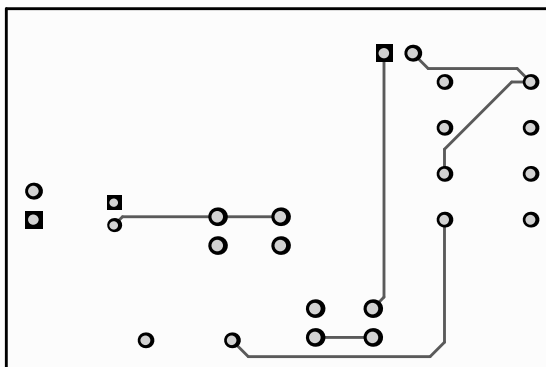
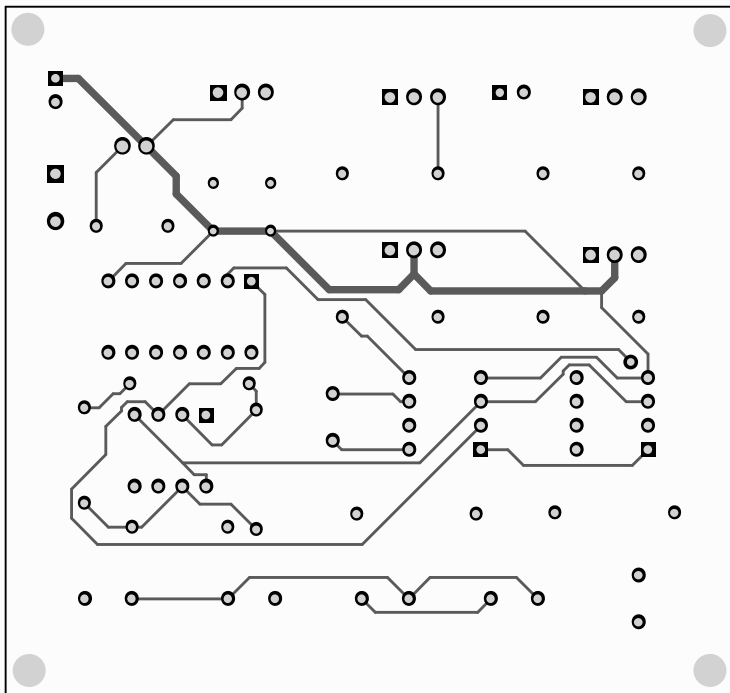
Listado de componentes - Circuito Secundario

Identificación General	Identificación Particular	Encapsulado	Posición - X (mm)	Posición - Y (mm)
C7	330uF	CAPPR2-5x6.8	10.033	14.224
C8	330nF	CAPR2.54-5.1x3.2	19.177	12.7
C9	100nF	CAPR2.54-5.1x3.2	24.765	12.7
C10	1uF	CAPR2.54-5.1x3.2	27.813	4.572
C11	1uF	CAPR2.54-5.1x3.2	32.893	4.572
Cs	270nF	RAD-0.2	x	x
Ct2	C VAR 100pF	RAD-0.2	x	x
D5	1N5819	SOD123/X.85	2.794	25.908
D6	1N5819	SOD123/X.85	2.794	4.064
D7	1N5819	SOD123/X.85	8.509	25.908
D8	1N5819	SOD123/X.85	8.509	4.064
D9	Zenner 5V1	SOD123/X.85	21.209	7.112
D10	LED VERDE	DIODE_SMC	42.037	6.096
Ls	14uH	x	x	x
P3	Header 1x2 H	HDR1X2H	2.921	13.716
P5	Header 1x2	HDR1X2	33.909	28.448
P6	Header 1x2 H	HDR1X2H	x	x
R7	330Ω	AXIAL-0.3	16.637	3.048
R8	850Ω	AXIAL-0.3	43.053	13.716
R9	10KΩ	AXIAL-0.3	43.053	17.78
R10	330Ω	AXIAL-0.3	43.053	21.844
R11	2KΩ	AXIAL-0.3	43.053	25.908
U6	L7805CV	TO254P1510-3_4L	20.193	24.384
U7	MCP73812T-420I/OT	SOT-23-OT5_N	34.417	23.368
U8	OPA2336PA	D008_L	32.385	15.24

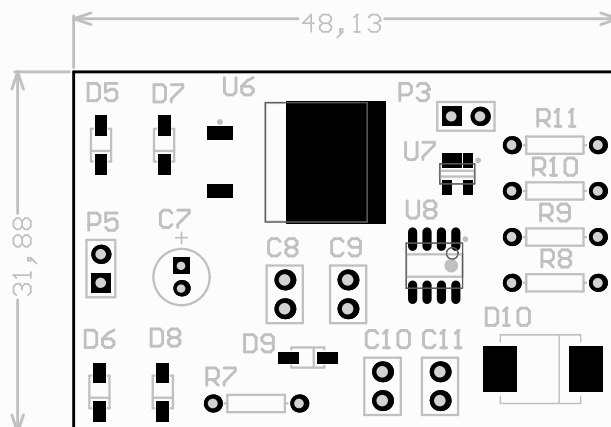
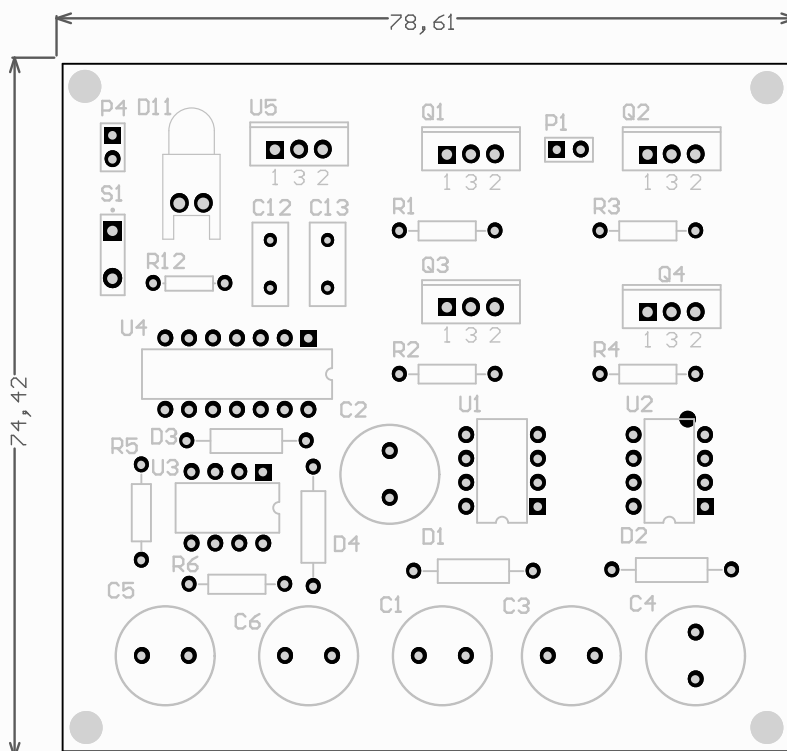
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	LISTADO DE COMPONENTES			Plano nº 3.2
				NºAlumno 503352 Curso: 2009-2010



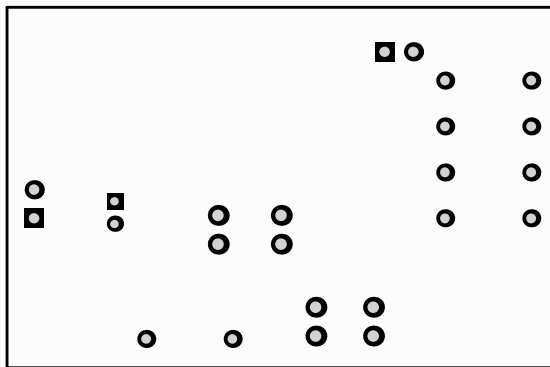
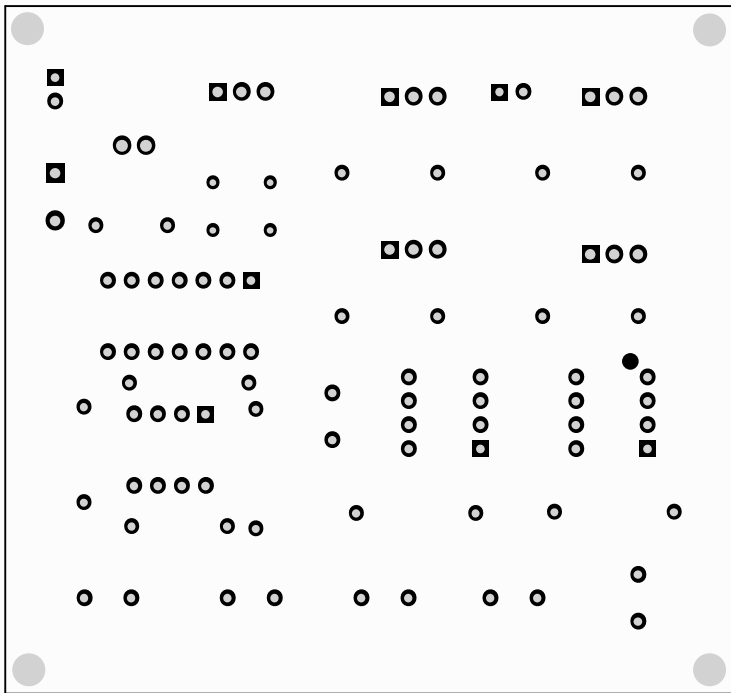
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	CIRCUITO IMPRESO CARA TOP			Plano nº
1:1				4
				NºAlumno
		Curso:	2009-2010	



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	CIRCUITO IMPRESO CARA BOTTOM			Plano nº 5
1:1				NºAlumno 503352
				Curso: 2009-2010



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	SERIGRAFÍA PCB			Plano nº
1:1				6
				NºAlumno 503352
				Curso: 2009-2010



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	MASCARILLA CARA BOTTOM			Plano nº 7
1:1				NºAlumno 503352
				Curso: 2009-2010

1

2

3

4

A

A

B

B

C

C

D

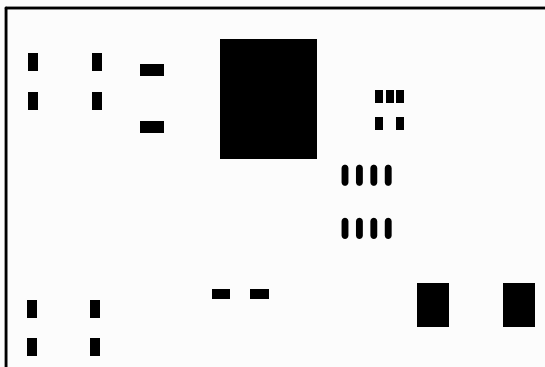
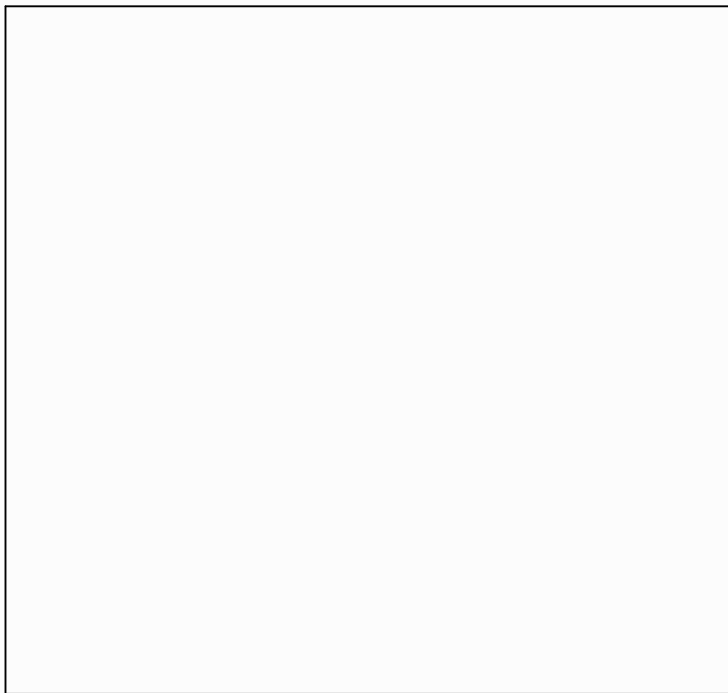
D

E

E

F

F



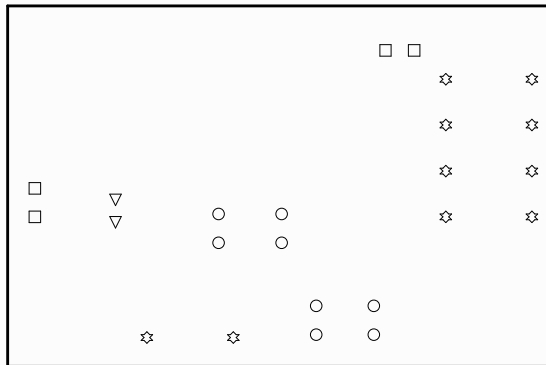
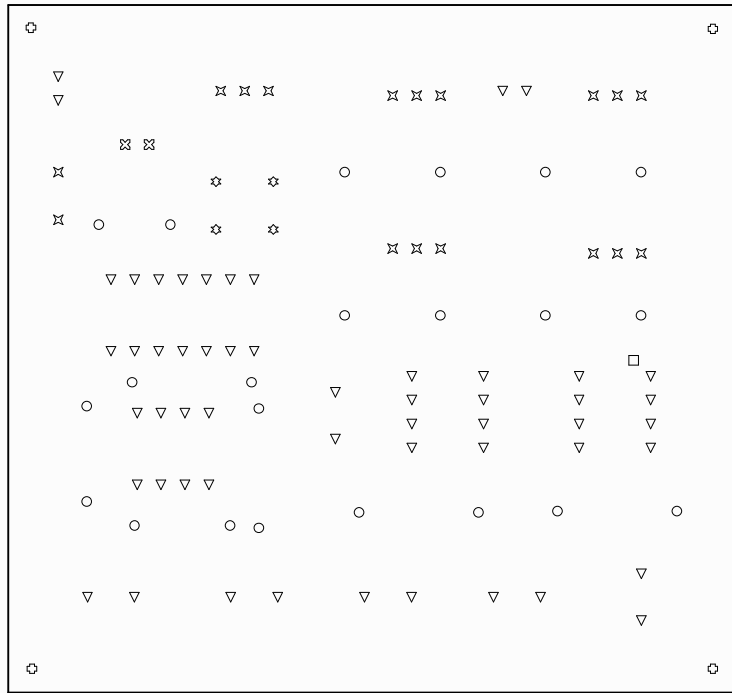
	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas			
Comprobado					
id.s.normas					
Escala: 1:1	<h1>TOP PASTE</h1>			Plano nº 8	
				NºAlumno	503352
				Curso:	2009-2010

1

2

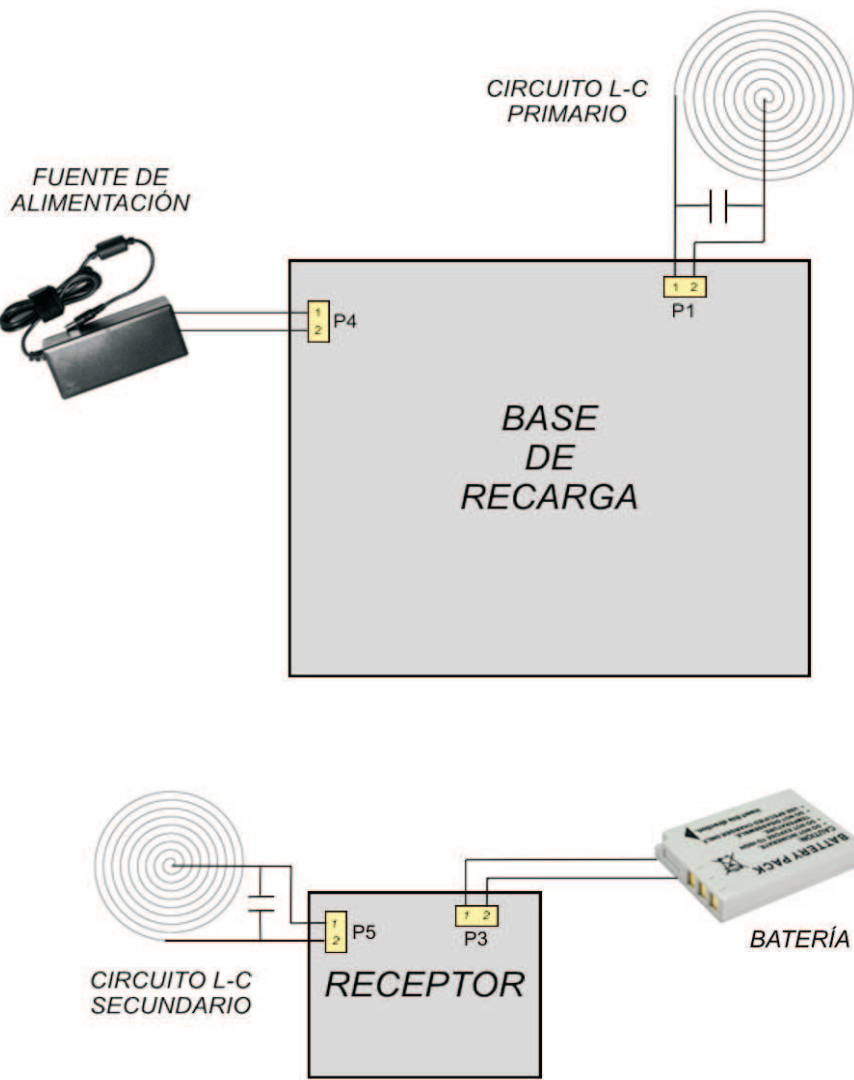
3

4



Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
☆	4	0.7mm (27.559mil)	PTH	Round
□	1	0.8mm (31.496mil)	PTH	Round
○	22	0.85mm (33.465mil)	PTH	Round
▽	54	0.9mm (35.433mil)	PTH	Round
✕	17	1.1mm (43.307mil)	PTH	Round
⊗	2	1.27mm (50mil)	PTH	Round
⊕	4	3.5mm (137.795mil)	PTH	Round
	104 Total			

	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala: 1:1	<h1>TALADRADO PCB</h1>			Plano nº <h1>9</h1>
				NºAlumno 503352 Curso: 2009-2010



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	01-09-10	David Gómez Armas		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	<h1>INTERCONEXIONADO</h1>			Plano nº
1:1				10
				NºAlumno 503352
				Curso: 2009-2010

*Cargador de baterías inductivo para
dispositivos alimentados por USB*

PLIEGO DE CONDICIONES



**Escuela Universitaria
de Ingeniería Técnica
Industrial de Zaragoza**

VOLUMEN 3

David Gómez Armas

Contenido

0. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES	- 4 -
0.1 Normativa de Aplicación	- 4 -
1. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS.....	- 5 -
1.1 Documentación del proyecto.....	- 5 -
1.1.1 Documentación para el propietario	- 5 -
1.1.2 Instrucciones de utilización	- 5 -
1.1.3 Descripción técnica	- 5 -
1.1.4 Documentación para el fabricante.....	- 5 -
1.2 Medidas de seguridad.....	- 6 -
1.2.1 Plazo de garantía	- 6 -
1.2.2 Responsabilidades y obligaciones del fabricante e instalador.....	- 6 -
1.2.3 Exclusión de responsabilidad	- 7 -
1.2.4 Formalización del contrato	- 7 -
1.2.5 Rescisión del contrato	- 8 -
1.3 Normas, leyes y reglamentos	- 8 -
1.3.1 Reglamento de Baja Tensión (RBT)	- 8 -
1.3.2 AENOR	- 9 -
1.3.3 Mercado CE	- 10 -
2. CONDICIONES ECONÓMICAS DEL CONTRATO	- 11 -
2.1 Cláusula de garantía	- 11 -
2.1.1 Garantía.....	- 11 -
2.1.2 Riesgos Cubiertos	- 11 -
2.1.3 Excepciones de la garantía	- 11 -
2.2 Condiciones de pago y plazos de entrega	- 12 -
2.2.1 Plazo final	- 12 -
2.2.2 Condiciones de pago	- 12 -
2.2.3 Plazo de ejecución del proyecto.....	- 12 -
2.2.4 Fianza.....	- 12 -
2.3 Condiciones del proyecto.....	- 12 -
2.3.1 Revisión de precios.....	- 13 -
3. CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES	- 13 -
3.1 Especificaciones de construcción y montaje.....	- 13 -

3.1.1 Precauciones	- 13 -
3.1.2 Ensayos.....	- 14 -
3.1.2.1 Ensayo de resistencia ante los golpes	- 14 -
3.1.2.2 Ensayo de humedad	- 14 -
3.1.2.3 Ensayo térmico.....	- 14 -
3.1.3 Condiciones que deben de seguir los materiales y componentes.....	- 14 -
3.1.3.1 Resistencias	- 15 -
3.1.3.2 Condensadores.....	- 15 -
3.1.3.3 Conductores	- 15 -
3.1.3.4 Tubos de protección.....	- 15 -
3.1.3.5 Circuitos integrados y encapsulados.....	- 16 -
3.1.3.6 Circuitos impresos.....	- 16 -
3.1.4 Realización de las placas de circuito impreso	- 16 -
3.1.4.1 Diferentes tipos de placas de circuito impreso.....	- 16 -
3.1.4.2 Realización del fotolito.....	- 17 -
3.1.4.3 Insolado de la placa.....	- 17 -
3.1.4.4 Revelado de la placa.....	- 17 -
3.1.4.5 Atacado de la placa	- 18 -
3.1.4.6 Acabado de la placa.....	- 18 -
3.1.4.7 Taladrado de la placa	- 18 -
3.1.4.8 Conexión de las vías	- 19 -
3.1.5 Colocación de los componentes.....	- 19 -
3.1.6 Acabado del circuito.....	- 19 -
3.1.7 Mecanizado de las carcasas	- 19 -
3.1.8 Serigrafía de la carcasa	- 19 -
3.1.9 Ensamblado e interconexión de los componentes	- 20 -
3.2 Especificaciones para la puesta en marcha del sistema	- 20 -
3.3 Compatibilidad y relación entre documentos.....	- 20 -
3.4 Representante del contratista	- 20 -
3.5 Interpretación del proyecto	- 20 -
3.6 Modificaciones del diseño del proyecto	- 21 -
3.7 Revisión o alteración del proyecto.....	- 21 -

0. OBJETO DEL PLIEGO DE CONDICIONES

El presente pliego de condiciones tiene como objeto el fijar los métodos que deben seguirse para realizar este proyecto, de forma que se garantice una correcta ejecución de la obra y empleo de los materiales adecuados, con el fin de obtener un dispositivo que cumpla normas y especificaciones requeridas.

Las condiciones aquí establecidas se exigen para proporcionar las garantías suficientes de buen funcionamiento de todos los elementos de dicho dispositivo.

Al mismo tiempo, se hace constar que las condiciones que se exigen, serán las máximas aceptables ya que éste formará parte del contrato que se realizará con el adjudicatario.

Incluye las normas, reglamentos y leyes de carácter general que sean de aplicación para la realización e instalación del equipo.

0.1 Normativa de Aplicación

Será requisito indispensable el cumplimiento de todas las normas que se encuentran recogidas en el presente pliego de condiciones, siendo su incumplimiento motivo de liberación para el proyectista de toda responsabilidad contraída con el cliente y con las diversas partes interventoras en el proyecto.

Serán también observadas, con carácter liberador para el proyectista si su incumplimiento fuera manifiesto, las especificaciones y normas relativas a los componentes, materiales y todos los elementos constituyentes del proyecto.

Por último, también se podrá considerar como un incumplimiento del contrato con carácter liberador para el proyectista el incumplimiento de las distintas recomendaciones y directrices dadas a lo largo de los documentos del proyecto.

1. CONDICIONES ADMINISTRATIVAS

1.1 Documentación del proyecto

1.1.1 Documentación para el propietario

El equipo deberá acompañarse con los documentos que contengan, como mínimo, las instrucciones de utilización, una descripción técnica y una dirección, teléfono o página web a la que el usuario pueda dirigirse. Los documentos de acompañamiento deberán considerarse como una parte componente del equipo.

1.1.2 Instrucciones de utilización

Éstas son las partes constitutivas de las instrucciones de uso:

- a) Información general: las instrucciones de utilización deberán contener toda la información necesaria para hacer funcionar el equipo de acuerdo con su especificación, y, lo que es más importante sin exceder los límites generales de seguridad.
- b) Responsabilidad del fabricante.

1.1.3 Descripción técnica

La descripción técnica deberá proporcionar todos los datos y características de todo aquello que pueda considerarse esencial para un funcionamiento seguro. Es decir, funcionamiento desde la red, indicación de fabricante, frecuencia de alimentación, clasificación y modo de funcionamiento.

1.1.4 Documentación para el fabricante

Se entregará al fabricante una copia del pliego de condiciones del proyecto, así como cuantos planos se necesiten para la completa realización del equipo. El fabricante podrá tomar nota o sacar copia por su cuenta y coste de la memoria, presupuestos y anexos del proyecto, así como segundas copias de todos los documentos.

El fabricante se hace responsable de la buena conservación de los originales, los cuales serán devueltos al ingeniero proyectista después de su utilización.

No se harán por parte del fabricante alteraciones, correcciones, omisiones, adicciones o variaciones en los datos fijados en el proyecto salvo aprobación previa y escrita del proyectista.

1.2 Medidas de seguridad

El fabricante deberá adoptar las máximas precauciones y medidas de seguridad en el acopio de materiales y la ejecución del equipo, para proteger a cualquier usuario, operador del sistema, personal circundante y equipo o instalaciones cercanas de posibles daños y perjuicios, corriendo con la responsabilidad que de ellos se deriven.

Estará obligado al cumplimiento de cuanto el proyectista le dicte para garantizar esa seguridad, bien entendido que, en ningún caso, dicho cumplimiento eximirá al fabricante de dichas responsabilidades.

El instalador deberá tomar las máximas precauciones en todas las operaciones y usos del equipo para proteger las personas o cosas de los peligros procedentes de su trabajo, corriendo por su cuenta las responsabilidades que por tales accidentes se ocasionen.

1.2.1 Plazo de garantía

El plazo de garantía es de 24 meses. Durante dicho plazo, el fabricante se compromete a reparar a su cargo o reponer los componentes defectuosos del equipo siempre que se deban a defectos en la fabricación de materiales. No serán reemplazados aquellos componentes defectuosos debidos a golpes, manipulación o uso indebido por personas ajenas a las autorizadas, así como las causadas por fuerza mayor.

El fabricante se compromete a ser el responsable de la garantía, siendo de su responsabilidad la reparación aunque tuviera que delegar ésta responsabilidad en otra empresa por carecer el fabricante de servicio técnico propio.

1.2.2 Responsabilidades y obligaciones del fabricante e instalador

Serán responsables de todos los daños y perjuicios directos e indirectos, que puedan ocasionar a cualquier persona, propiedad o servicio público o privado, como consecuencia de los actos, omisiones o negligencias del personal a su cargo, o de una deficiente organización del trabajo.

Deberán cumplir todas las disposiciones vigentes y que se dicten en el futuro, sobre materia laboral y social de seguridad en el trabajo. El fabricante deberá seguir todas las órdenes tanto verbales como escritas que le sean dictadas por el ingeniero proyectista.

El instalador deberá incluir una descripción del formato y marca de todos los aparatos y accesorios ofertados de forma que puedan ser diferenciados de otros semejantes.

Así mismo, el instalador debiere tener un servicio de mantenimiento propio para garantizar las reparaciones durante o incluso después de la expiración del plazo de garantía.

1.2.3 Exclusión de responsabilidad

El proyectista, fabricante e instalador no se harán responsables de las posibles reclamaciones en cualquiera de los supuestos siguientes:

- Cuando en caso de accidente, una inspección técnica demuestre que dicho accidente se deba a un aparato o elemento del sistema no suministrado por el fabricante.
- En caso de no haber sido instalado el equipo por una persona designada por el fabricante.
- Cuando habiendo sido instalado el equipo por personal designado por el fabricante, existan deficiencias en accesorios utilizados.
- Si las revisiones necesarias para el correcto funcionamiento del equipo no guardan la necesaria periodicidad, por negligencia por parte del propietario del equipo, a la hora de avisar al instalador para la correspondiente revisión.
- Si se realizaran alteraciones de cualquier tipo en la estructura o mecanismos en el equipo por personal no autorizado.
- Si dichas variaciones hubieran sido realizadas por personal autorizado, pero sin conocimiento del proyectista.
- No se harán responsables por componentes no fabricados por el fabricante, aunque fueran instalados por personal autorizado.
- Si existiese algún tipo de manipulación externa por parte de algún usuario.
- Cuando se hayan realizado otras instalaciones que puedan afectar al correcto funcionamiento del equipo.
- Debido a que aún habiendo sido perfectamente indicado por el instalador el lugar idóneo para el funcionamiento del equipo, éste haya sido trasladado a otra zona donde no se garantiza el perfecto funcionamiento del equipo.
- En caso de cambiar la normativa vigente, dicho equipo quedará anticuado, y en tal caso el propietario deberá solicitar una revisión oportuna del mismo.

1.2.4 Formalización del contrato

El contrato debe ser redactado, leído y firmado por el fabricante y proyectista antes del comienzo de las tareas de fabricación del dispositivo.

Ambas partes han de estar conformes en el contenido del contrato así como en las responsabilidades que se deriven de tal contrato, las cuales están expuestas en este pliego de condiciones del proyecto.

El contrato debe incluir la indemnización, en caso de incumplimiento, del contrato por ambas partes, plazos de ejecución, plazos de recepción o forma de pago.

1.2.5 Rescisión del contrato

El contrato puede ser rescindido por cualquiera de las personas reconocidas como válidas en las cláusulas del mismo o en la vigente legislación. Toda diferencia o falta de acuerdo en el cumplimiento del contrato será resuelta por vía judicial, pudiendo no obstante, si ambas partes convienen en ello, acatar el fallo dictado por un tercer perito o tribunal nombrado a tal efecto.

Podrán ser causas de rescisión del contrato unilateralmente por parte del fabricante, sin que medie indemnización ninguna a proyectista o propietario, en el caso de que se cometa cualquiera de las faltas que a continuación se exponen:

- Si no se respetan las prescripciones de la oferta.
- Si no se mantuvieran los compromisos en la realización del equipo proyectado.
- Si no se cumpliera cualquiera de las restantes especificaciones acordadas.
- El incumplimiento de las medidas de seguridad en el trabajo
- Causar daños o perjuicio a las instalaciones o servicios de la sociedad
- El incumplimiento de las leyes laborales vigentes (impago de impuestos o seguros).

1.3 Normas, leyes y reglamentos

Los Proyectos electrónicos deben cumplir con la reglamentación legal y administrativa vigente. Para ello se han de cumplir ciertas normas, las cuales están convenientemente indicadas en las distintas reglamentaciones.

Las normas y libros a las que vamos a hacer referencia son las expuestas en las normas U.N.E., I.S.O. y AENOR. Es decir, la reglamentación vigente en la actualidad. Por supuesto, también hay que hacer mención a la memoria del proyecto, aunque este último no tenga carácter contractual.

Para la ejecución de este proyecto, se deben tener en cuenta los siguientes reglamentos y normativas.

1.3.1 Reglamento de Baja Tensión (RBT)

Las principales normativas están recogidas en el RBT MIE BT o reglamento de baja tensión, Ministerio de Industria, baja tensión. También se encuentran en la UNE o Una Norma Española.

El “Cargador de Baterías Inductivo” debe instalarse en una vivienda, por tanto deberá cumplir la reglamentación de baja tensión, es decir, las normas indicadas en el RBT.

Las normativas del RBT no son de obligado cumplimiento en los sistemas autónomos que utilizan pequeñas tensiones distintas a la red como, por ejemplo, pilas de alimentación. Se consideran pequeñas tensiones a aquellas inferiores o iguales a 50 V eficaces. En el reglamento se define como tensión usual a la comprendida entre los 50 V y los 500 V.

Respecto a la frecuencia, la normalizada en las instalaciones de la red eléctrica española es de 50 Hz. El artículo seis del RBT hace una especial referencia que debe tenerse muy en cuenta en el desarrollo de nuestro Cargador de Baterías Inductivo. Dice así:

“Las instalaciones de baja tensión pueden producir perturbaciones en la emisión, transmisión y recepción de los sistemas que utilicen ondas radiadas, deberán estar dotadas de los sistemas correctores, que en cada caso, se preceptúan en las correspondientes disposiciones Administrativas”.

1.3.2 AENOR

AENOR, o Asociación Española de Normalización y Certificación, recopila las distintas reglamentaciones y normativas requeridas. AENOR participa activamente en el desarrollo de las tareas de normalización y certificación e impulsa el interés por la calidad y la seguridad de los productos.

Se trata de una entidad privada dedicada al desarrollo de las actividades de normalización y certificación. Es un organismo de normalización con competencia en todos los sectores industriales y de servicios que contribuye a mejorar la calidad de las empresas.

Respecto al desarrollo de proyectos electrónicos, se pueden encontrar en AENOR una gran cantidad de normativas aplicables, de las cuales éstas son las más destacadas a tener en cuenta para nuestro cargador inductivo:

- Norma UNE20916: 1995: Estructuras mecánicas para equipos electrónicos. Terminología.
- Norma UNE21302-2:1973: Vocabulario electrotécnico. Electrónica.
- Norma UNE21302-705: 1996: Vocabulario electrotécnico internacional. Parte 705: Propagación de las ondas de radio.
- Norma UNE21352:1976: Explicación de las cualidades de funcionamiento de quipos de medida electrónicos.

- Norma UNE21405-2: 1996: Símbolos literales utilizados en electrotecnia. Parte2: telecomunicaciones y electrónica.
- Norma UNE-EN50090-2-1: 1996: Sistemas electrónicos para viviendas y edificios. Parte 1-2: Generalidades del sistema. Arquitectura.
- Norma UNE-EN61000-4-3-1998: Compatibilidad electromagnética.
- Norma EN50090-3-2-1995: Sistemas electrónicos para viviendas y edificios.
- Norma EN160000: 1993: Especificaciones genéricas: unidades de electrónica modular.
- UNE 20-050-74(1): Código para las marcas de resistencias y condensadores. Valores y tolerancias.
- UNE 20-531-73: Series de valores nominales para resistencias y condensadores.
- UNE 20-543-85(1): Condensadores fijos utilizados en equipos electrónicos.

1.3.3 Mercado CE

El mercado CE, símbolo de la conformidad de determinados productos con la legislación de armonización técnica europea, es obligatorio para que un producto pueda comercializarse en el territorio de la Unión Europea.

Con el fin de conseguir en certificado de conformidad CE, el dispositivo deberá atenerse a las siguientes directivas de aplicación:

- Directiva 73/23/CEE: Equipos de baja tensión.
- Directiva 89/336/CEE, 91/263/CEE y 92/31/CEE: Compatibilidad electromagnética.
- Directiva 99/05/CE: Equipos radioeléctricos.
- Directiva 2002/96/CE: RAEE o Directiva de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos.

2. CONDICIONES ECONÓMICAS DEL CONTRATO

En este apartado estableceremos las condiciones tanto temporales como económicas del contrato. El contrato deberá tener carácter privado, especificándose, previo acuerdo con el cliente los datos de mayor relevancia, entre los cuales cabe destacar los datos necesarios de identificación del comprador, el número de unidades del pedido, las correspondientes fechas de encargo y entrega del pedido y por último la cantidad económica acordada en el contrato según las condiciones indicadas previamente.

2.1 Cláusula de garantía

2.1.1 Garantía

La garantía estará asegurada por un plazo de dos años determinada a partir de la fecha de entrega de dicho proyecto.

2.1.2 Riesgos Cubiertos

Será cubierto cualquier defecto de fabricación o funcionamiento en cuyo caso se procederá a su reparación, sin cargo de piezas repuestas o reparadas, quedando igualmente amparada en la garantía de la mano de obra necesaria para poner el aparato en perfecto estado de funcionamiento.

2.1.3 Excepciones de la garantía

Posibles puntos que no cubre la garantía:

- a) Si se comprobase por cualquier procedimiento que la fecha de garantía ha sido cambiada con posterioridad a la entrega.
- b) Las averías que fueran observadas y producidas a consecuencia del incorrecto uso por parte del cliente, fallos en su instalación, introducción de modificaciones, conexiones incorrectas, causas de fuerza mayor o deficiencias en el suministro eléctrico.
- c) Si el aparato ha sido reparado por personal no autorizado
- d) En el caso de observarse que el aparato ha sufrido caída o golpe
- e) La garantía no cubre los portes ni los desplazamientos a domicilio
- f) El tiempo empleado por el servicio técnico en la verificación de productos sin defectos.

2.2 Condiciones de pago y plazos de entrega

2.2.1 Plazo final

El importe final presupuestado con IVA para el proyecto “Cargador de baterías inductivo” puede consultarse si se desea, junto al desglose del mismo, en el documento de Presupuesto.

2.2.2 Condiciones de pago

El pago de importe total del proyecto se realizará al contado a la entrega del mismo al cliente, debiéndose firmar por duplicado el recibo pertinente y el contrato de garantía del producto.

2.2.3 Plazo de ejecución del proyecto

El plazo de ejecución de la obra es de treinta días laborales a partir de la firma del contrato.

2.2.4 Fianza

El proyectista puede exigir del fabricante una fianza o aval bancario del 5% del valor de la ejecución del equipo como máximo.

Si el fabricante se negara a ejecutar los trabajos necesarios para ultimar las condiciones contratadas o reparar las deficiencias habidas en la recepción provisional del equipo, podrá ordenarse la ejecución a un tercero, abonando en su nombre la fianza sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el proyectista.

La fianza deberá ser abonada por el fabricante en un plazo no superior a 15 días, contados desde la fecha del acto de recepción definitiva, devengando a partir de este momento un interés del 1% mensual.

2.3 Condiciones del proyecto

Para la ejecución del proyecto, antes del comienzo del mismo deberá existir un contrato por escrito entre el proyectista y el contratante. Se sobreentiende que contratista y cliente admiten íntegramente el contenido de este pliego de condiciones.

2.3.1 Revisión de precios

En el caso de que no se indicara nada, se supondrá que el precio final del proyecto está admitido por las dos partes, no pudiéndose considerar ninguna revisión posterior. En el caso de existir alguna duda sobre el aspecto económico del proyecto, se deberá consultar el desglose del presupuesto en los puntos:

- Coste por bloques
- Presupuesto final

3. CONDICIONES TÉCNICAS Y PARTICULARES

3.1 Especificaciones de construcción y montaje

En este apartado se describirán de forma detallada los procesos a seguir a lo largo de la fabricación del equipo para desarrollarlos de la forma adecuada, así como las precauciones que deberán ser tenidas en cuenta en cada una de las fases de las que constan los mismos.

3.1.1 Precauciones

En la fabricación de circuitos impresos es necesaria la utilización de materiales tóxicos y peligrosos, por lo tanto, esto requerirá un especial cuidado y precaución en la manipulación, almacenaje y eliminación de los mencionados productos. Por consiguiente será imprescindible tomar ciertas precauciones de índole obligatoria:

- La utilización de guantes en el manejo y manipulación de los dichos materiales.
- La utilización de gafas, campanas y otras herramientas de seguridad que protejan al operario de las salpicaduras, y especialmente de las que pudieran producirse hacia los ojos del susodicho.
- La realización del proceso en un lugar adecuadamente ventilado, y a ser posible con ventilación forzada.
- La lectura y el seguimiento fiel de las recomendaciones de uso de los productos peligrosos.
- La adecuada gestión y el correspondiente adecuado vertido y eliminación de los productos o residuos que se generan en los diferentes procesos de fabricación.

3.1.2 Ensayos

Tras finalizar su producción, cada uno de los sistemas diseñados que componen el pedido deberá superar los ensayos que se detallarán a continuación, con el objeto de asegurar el cumplimiento de las características exigidas.

Además, se podrán establecer cuantas pruebas adicionales se estimen convenientes con los materiales utilizados, al objeto de comprobar su calidad, debiendo ser sustituidos los que no reúnan las condiciones del proyecto, por mala calidad de los materiales o de ejecución en la instalación.

3.1.2.1 Ensayo de resistencia ante los golpes

Su objetivo es asegurar la inmunidad del sistema ante el efecto de los golpes. La metodología consiste en aplicar directa e indirectamente impactos sobre el cargador de baterías inductivo, controlando el funcionamiento del sistema en todo momento, cumpliendo la norma UNE EN 967.

3.1.2.2 Ensayo de humedad

El ensayo de humedad permite asegurar la total estanqueidad de la caja en la que se distribuyen las placas electrónicas. Este ensayo incluye pruebas de aislamiento de la carcasa ante proyecciones indirectas de agua. Este ensayo se someterá a la norma UNE 7522: 1997.

3.1.2.3 Ensayo térmico

Este ensayo permite asegurar el correcto funcionamiento del sistema de recarga inductiva, ante agresiones térmicas. El ensayo se realiza tanto en condiciones de temperaturas bajas (-5°C) como de temperaturas altas creadas por un foco de calor indirecto (100°C). El ensayo se realiza según la Norma UNE 20-501-86.

3.1.3 Condiciones que deben de seguir los materiales y componentes

Todos los componentes serán de tipos y modelos homologados en la CEE y que cumplan lo establecido en las normas UNE, DIN y IEC mencionadas expresamente en el presente pliego en el apartado 4.4 (normativa vigente).

La dirección de obra tiene derecho a exigir cuántos catálogos, certificados, muestras y ensayos estime conveniente para asegurarse de la calidad de los materiales.

Las partes que no se citan no requieren características especiales.

3.1.3.1 Resistencias

Se adquirirán las resistencias convenientes según lo especificado en los listados de componentes, tendiendo a elegir, si es posible, resistencias de tolerancia lo más pequeña posible para evitar desajustes en el sistema.

3.1.3.2 Condensadores

Su pedido se efectuará siguiendo las características de la lista de materiales del documento Presupuesto. Siempre se tenderá a sobredimensionar su tensión nominal para evitar accidentes.

3.1.3.3 Conductores

Los conductores o cables que se emplean en la instalación serán de cobre y estarán aislados siempre.

Su sección se determina de forma que su caída de tensión entre el origen de la instalación y cualquier otro punto de utilización sea menor del 3% de la tensión nominal en el origen de la instalación, para alumbrado, y del 5% para los demás casos. Las secciones se establecerán, además, según la intensidad que se vaya a transportar y la caída de tensión en el conductor según MIE-BT-017.

Procederán directamente de fábrica, desechándose los que acusen deterioro por mal trato, picaduras u otros defectos en su envoltura exterior.

En ningún caso se permitirá la unión de conductores mediante conexiones y/o derivaciones por simple torcimiento o arrollamiento entre sí de los conductores, sino que deberán utilizarse bornes de conexión, montados individualmente o constituyendo bloques o regletas de conexión.

3.1.3.4 Tubos de protección

La superficie interior de los tubos no presentará en ningún punto aristas, asperezas o fisuras susceptibles de dañar los conductores aislados o de causar heridas a instaladores o usuarios.

Para la instalación de los tubos de protección se tendrá en cuenta las prescripciones generales siguientes:

- Los tubos se unirán entre sí mediante accesorios adecuados a su clase que aseguren la continuidad de la protección.
- Será posible la fácil introducción y retirada de los conductores en los tubos después de colocados y fijados sus accesorios.

3.1.3.5 Circuitos integrados y encapsulados

Algunos de estos componentes son sensibles a descargas de electricidad estática y es convenientemente almacenarlos en contenedores específicos, así como a la hora de manipularlos protegerlos de posibles descargas que los operarios pudieran producir, y evitar daños irreparables.

3.1.3.6 Circuitos impresos

Su fabricación se llevará a cabo por una empresa especializada, de acuerdo a la información existente en el documento *Planos* donde se detallan todos sus aspectos de diseño. Se revisarán de manera total y prestando especial atención a los siguientes puntos:

- Correcto aislamiento eléctrico entre pistas.
- Correcto taladrado de todos los agujeros.
- Discontinuidades y cortes en pistas.
- Correcto mecanizado en taladros que unan pistas de ambas caras.

3.1.4 Realización de las placas de circuito impreso

En los siguientes apartados se describirán los sucesivos pasos necesarios para el desarrollo, la construcción y el posterior montaje de la placa de circuito impreso y de los componentes que se montarán en la mencionada placa.

3.1.4.1 Diferentes tipos de placas de circuito impreso

En la actualidad existen principalmente dos tipos de placas atendiendo a su sensibilidad, las placas sensibilizadas positivas y las placas sensibilizadas negativas. Las placas sensibilizadas positivas poseen una capa fotosensible en la que al incidir la luz y posteriormente revelararla queda desprotegida y en las zonas donde no incidió la luz quedarán protegidas.

Sin embargo, las placas sensibilizadas negativas funcionan de modo inverso ya que quedan protegidas las partes de la placa donde ha incidido la luz y las partes protegidas de la insolación quedan vulnerables al ataque de los ácidos.

Se hará uso de placas sensibilizadas positivamente ya que la mayoría de los programas para crear los fotolitos están preparados para trabajar con este tipo de placas, por lo que se usan de modo mayoritario, y por tanto, será más fácil y barato trabajar de este modo.

El material a utilizar en la realización de la placa será la fibra de vidrio debido a que presenta una serie de ventajas en cuanto a resistencias térmicas, eléctricas y de rigidez estructural que junto a su bajo precio lo convierten en el material ideal para el sustrato de la placa de circuito impreso.

3.1.4.2 Realización del fotolito

El fotolito se realizará a partir de los archivos de diseño del circuito impreso que proporciona el software *Altium Designer*, ya que estos nos permiten una implementación rápida, segura y fiable del fotolito, y de un modo muy sencillo.

La impresión debe realizarse en papel transparente, ya sea de poliéster, acetato o vegetal. La impresión debe tener la mayor calidad posible a fin de que el insolado pueda ser realizado correctamente, es decir, que el fotolito debe ser lo más negro posible en las zonas de pistas y lo más transparente posible en las zonas en las que no haya pistas, por consiguiente se busca un alto contraste. Además las pistas deberán estar perfectamente definidas, por lo que se recomienda para la impresión de los fotolitos una impresora láser.

3.1.4.3 Insolado de la placa

Una vez obtenidos los fotolitos, éstos deberán ser colocados sobre las caras sensibilizadas positivamente, y adheridos del mejor modo posible para evitar problemas durante el insolado por la refracción de la luz en el mismo, protegiendo así de posibles anomalías a las futuras pistas del circuito.

Una vez en este punto debemos comenzar el proceso de insolado de la placa, la radiación controlada de luz sobre la placa fotosensibilizada a través del fotolito, quedando así protegida la zona de la placa en la que estarán las pistas y desprotegida la parte en la que el cobre deberá desaparecer.

En cuanto al tiempo de exposición variará según el fabricante, pero será de unos pocos minutos.

3.1.4.4 Revelado de la placa

El tiempo de revelado de la placa positiva es muy variable y normalmente se determina por inspección visual, ya que la imagen aparece perfectamente durante el mismo.

Es imprescindible que el revelado esté total y perfectamente terminado, puesto que en caso contrario, podrán aparecer pista cortadas o en mal estado, cosa totalmente inadmisibles.

La mezcla reveladora puede reutilizarse en varias ocasiones pero siempre teniendo en cuenta que esta se va degradando a la vez que oscureciendo, ya que va absorbiendo la sustancia fotosensible que ha ido absorbiendo de los consiguientes procesos de revelado. De este modo, se llega a la conclusión de que hay que cambiar la sustancia reveladora con relativa frecuencia para que esta mantenga sus propiedades lo más intactas posibles, sin que por tanto afecta negativamente sobre el proceso de revelado.

La última fase del proceso de revelado es la de lavar con agua abundante aunque a baja presión el circuito para poder pasar a la siguiente fase de la construcción de la placa sin trazas de revelador en el circuito impreso.

3.1.4.5 Atacado de la placa

Someteremos la placa a la acción de unos productos químicos con la intención de que el cobre que ha quedado desprotegido tras las fases anteriores pueda ser eliminado de esta, quedando de este modo en la placa únicamente las pistas de cobre del circuito impreso diseñado. Para este proceso se utilizará un atacador formado por la mezcla a partes iguales de Ácido Clorhídrico de 22°, Agua Oxigenada de 110° y Agua.

El atacado debe realizarse introduciendo la placa cuidadosamente en el producto químico mencionado, con la mezcla en las proporciones descritas, y el proceso debe mantenerse hasta que hayan desaparecido las partes de cobre de la placa que se querían eliminar, pues es caso de prolongar la exposición de la placa al atacador, se produciría un sobre-atacado y éste acabaría por corroer también las partes protegidas.

Una vez terminada esta fase del atacado la placa se deberá lavar con abundante agua para eliminar los restos del atacado.

La mezcla química del atacado puede reutilizarse durante unas horas posteriores a su mezcla pero trascurrido este tiempo ya no se debería utilizar puesto que sus propiedades varían con el tiempo. Sin embargo, si los productos se mantienen por separado y sin mezclar se pueden considerar que duran indefinidamente, manteniendo sus propiedades intactas.

Habrá que tener especial cuidado en el manejo de los ácidos para formar la mezcla del atacado, ya que son altamente corrosivos y por tanto peligrosos para el contacto con la piel, y además habrá que tener especial atención también con los gases nocivos que se producen a lo largo de las diferentes reacciones químicas que se dan a lo largo de proceso. Por lo que será de uso obligatorio para su manipulación ir correctamente protegido con gafas, guantes y mascarillas adecuadas a tal fin.

3.1.4.6 Acabado de la placa

Al término de la fase de atacado la placa será sometida otra vez a una nueva fase de limpieza, tras la cual quedará libre de la capa fotosensible, dejando de este modo al descubierto el cobre de las pistas para facilitar el posterior proceso de soldadura.

3.1.4.7 Taladrado de la placa

En esta fase del proceso será necesaria la utilización de una máquina de control numérico, que será gobernada por el fichero de control del taladrado obtenido en el programa CAD durante la realización de la placa de circuito impreso, el cual se encargará de pasar las coordenadas adecuadas para un correcto control del taladrado de la placa con una alta precisión.

3.1.4.8 Conexión de las vías

En el supuesto caso de que la placa diseñada tenga varias caras y éstas necesiten la conexión entre ellas, será necesaria la realización de un paso metalizado, conductor, entre ellas para su adecuada conexión.

3.1.5 Colocación de los componentes

Se deberá utilizar soldadura blanda (soldadura con refusión), por conducción y más concretamente por placa caliente fija, por ser tolerante a componentes sensibles.

El proceso de soldadura es simple, se sitúa el sustrato en la placa fría, posteriormente se traslada a la placa caliente y permanece allí hasta que la pasta de soldar se transforma en estado líquido, en ese momento se retorna el sustrato a la placa fría y esperamos a que se enfríe. El control de temperatura se deberá realizar por regulación de 50 a 300° C mediante un termostato.

3.1.6 Acabado del circuito

Tras la correspondiente comprobación del correcto funcionamiento de la placa de circuito impreso, se recomienda dar una capa de barniz o resina electrónica especial para circuitos impresos, para la protección de los componentes, y de las pistas de cobre, para evitar su deterioro u oxidación.

3.1.7 Mecanizado de las carcasas

El mecanizado se llevará a cabo por la correspondiente máquina-herramienta adecuada para tal fin, ya será la máquina tradicional, o si el fabricante dispusiera de los medios necesarios, el método óptimo sería el de mecanizado por corte y vibración consistente en facilitar el trabajo de la máquina haciendo vibrar la placa en sentido del corte e interrumpiendo éste durante un tiempo que representa una fracción de la duración de cada uno de los movimientos. Esta interrupción permite romper la viruta y evacuarla más fácilmente, redundando esto en una mayor rapidez del proceso y abaratamiento de los costes de producción.

3.1.8 Serigrafía de la carcasa

Los procesos de serigrafía utilizan el principio del estarcido. Es decir, sobre un tejido de malla metálica en cuadrícula muy fina, se dejan libres las mallas que corresponden a la imagen que se desea imprimir y se tapa el resto con una disolución de cola. Preparada de este modo, la pantalla se aplica sobre el soporte que hay que serigrafiar. Con una raedera se extiende la tinta que pasa a través de las mallas libres y se deposita sobre la superficie que debe imprimirse.

Se deberá utilizar como medio de confección de pantalla preferentemente el de fijación de ocultadores, pudiéndose utilizar otros, como obturación de mallas por pincel o impresión de una capa de gelatina mediante copia fotomecánica.

3.1.9 Ensamblado e interconexión de los componentes

El ensamblado e interconexión de los distintos elementos lo llevará a cabo el instalador según la disposición indicadas en los planos correspondientes, es decir el plano de interconexión y el de disposición espacial, pudiendo ser necesario la consulta de algún otro para la correcta ejecución de esta fase.

3.2 Especificaciones para la puesta en marcha del sistema

La puesta en marcha del sistema deberá realizarse de acuerdo con lo previsto en el Real Decreto 2135/1981 del 26 de Septiembre, en que se regulariza la instalación, ampliación y traslado de máquinas y aparatos industriales, no precisando otro requisito que la presentación ante el órgano territorial correspondiente componente de la Administración Pública de un certificado expedido por el técnico competente, en el que se ponga de manifiesto la adaptación de la obra al proyecto y cumplimiento de las condiciones técnicas y prescripciones establecidas por el Real Decreto 1495/1986 del 26 de Mayo sobre Seguridad en las Máquinas, en los artículos 16 y 17 del mismo.

3.3 Compatibilidad y relación entre documentos

Todo lo indicado en el documento *Pliego de condiciones* y omitido en el documento *Planos*, deberá ser ejecutado como si estuviese en ambos documentos. Por lo tanto, en todo momento prevalecerá lo señalado en el pliego de condiciones.

3.4 Representante del contratista

El contratista deberá designar un técnico que asuma la dirección y control de la ejecución de este proyecto, para lo cual deberá tener poder de decisión.

3.5 Interpretación del proyecto

Se entiende en el presente pliego de condiciones que el contratista estará capacitado para la perfecta interpretación y ejecución del proyecto en todas sus partes, o que, en su defecto, dispondrá de personal a su servicio para tal fin.

3.6 Modificaciones del diseño del proyecto

En ninguno de los casos el contratista podrá introducir modificación de ningún tipo al ejecutar el diseño señalado en este proyecto sin tener la debida aprobación y correspondiente autorización para ejecutarlas, debiendo ser esta extendida por escrito y debidamente firmada en el libro de órdenes por el cliente a quien vaya destinado el diseño del proyecto.

3.7 Revisión o alteración del proyecto

El contrato podrá ser rescindido por cualquiera de las causas que se especifiquen en la actual legislación. Toda diferencia o falta de acuerdo en el cumplimiento del contrato se regirá por lo determinado en el *Reglamento General de Contratación del Estado*.

*Cargador de baterías inductivo para
dispositivos alimentados por USB*

PRESUPUESTO



**Escuela Universitaria
de Ingeniería Técnica
Industrial de Zaragoza**

VOLUMEN 4

David Gómez Armas

Contenido

0. INTRODUCCIÓN	- 3 -
1. COSTE DEL MATERIAL ELÉCTRICO	- 4 -
2. COSTE DEL MATERIAL ELECTRÓNICO	- 5 -
3. COSTE DEL MATERIAL MECÁNICO	- 5 -
4. COSTE DE MONTAJE	- 5 -
5. COSTE DE VERIFICACIÓN Y ENSAYOS	- 6 -
6. COSTE DE EMBALAJE	- 6 -
7. PRESUPUESTO FINAL	- 7 -

0. INTRODUCCIÓN

El presente documento es meramente orientativo y no compromete legalmente, por lo que su valor contractual es mínimo y servirá más para contrastar a posteriori los resultados del diseño objeto de estudio, que para garantizar al cliente un coste más o menos exacto.

El contenido de este documento cumple con los siguientes requisitos impuestos en su ejecución:

1. El presupuesto define completamente el diseño sin ambigüedades.
2. La ejecución del presupuesto no exige consultar más documentos que los propios del proyecto.
3. El presupuesto real al final del diseño se mantendrá en torno al 5% de desviación del estimado inicialmente, siempre que no haya modificaciones ni aplazamientos del proyecto.

Este documento contiene los siguientes apartados para el cálculo del presupuesto del presente proyecto, se hará un cálculo por separado de cada una de las partes que lo componen, esto es:

- Material eléctrico.
- Material electrónico.
- Material mecánico
- Coste de montaje.
- Coste de la instalación.
- Coste de diseño.

Para obtener el precio de cada una de las partes se han elaborado una serie de tablas en las cuales aparecerán además:

- Las unidades necesarias para llevar a cabo el proyecto.
- El tipo de componente a utilizar.

1. COSTE DEL MATERIAL ELÉCTRICO

Id. Particular	Proveedor	Precio / unidad	Cantidad	Precio Total
C VAR ~100pF	Johanson	1,74 €	2	3,48 €
C 10nF	Vishay	0,195 €	1	0,195 €
C 100nF	Vishay	0,158 €	1	0,158 €
C 210nF	Vishay	0,41 €	1	0,41 €
C 220nF	Vishay	0,41 €	2	0,82 €
C 270nF	Vishay	0,47 €	1	0,47 €
C 330nF	Vishay	0,29 €	2	0,58 €
C 1µF	Vishay	0,35 €	2	0,70 €
C 4,7µF	Vishay	0,24 €	2	0,48 €
C 100µF	Vishay	0,44 €	1	0,44 €
C 330µF	Vishay	0,47 €	1	0,47 €
Cable 16SWG	Pro Power	16,78€ / 32m	1	16,78€
Cable 22SWG	Pro Power	17,19€ / 140m	1	17,19€
Conector macho	MOLEX	0,123 € / 10	3	0,123€
Conector hembra	MOLEX	0,104 €	3	0,312 €
D 1N5819	ST	0,173 €	8	1,384 €
D ZENNER 5V1	Vishay	0,056 €	1	0,056 €
D LED	Avago Tech.	0,70 €	2	1,40 €
R 10Ω	Vishay	0,36 € / 10	4	0,36€
R 330 Ω	Vishay	0,36 € / 10	3	0,36€
R 850 Ω	TYCO	0,23 € / 5	1	0,23€
R 2KΩ	Multicomp	0,04 € / 5	1	0,04€
R 10 KΩ	Vishay	0,12 €	1	0,12€
R POT 1KΩ	TYCO	0,31 € / 5	2	0,31€
Switch	Schurter	1,44 €	1	1,44 €
TOTAL:				48,308 €

En este apartado cabe destacar que aunque sea necesaria la adquisición de rollos de cable bobinado completos, en la práctica solo se emplea una parte del mismo en la fabricación de los bobinados, en concreto se emplean:

- ✓ Cable SWG16 => 3,3 metros con un coste parcial de 1,73€
- ✓ Cable SWG22 => 1,8 metros con un coste parcial de 0,22€

La cantidad restante de cable puede ser empleada en la construcción de más bobinados, por lo que el coste unitario de cada equipo se vería reducido en 32,02€, hasta un coste eléctrico de sólo 16,288€.

2. COSTE DEL MATERIAL ELECTRÓNICO

Id. Particular	Proveedor	Precio / unidad	Cantidad	Precio Total
GFP241DA-1024	PLPU	10,50 €	1	10,50 €
IR2104	IR	3,75 €	2	7,50 €
IRF640N	IR	1,82 €	4	7,28 €
L7805CV	ST Microelectronics	0,33 €	2	0,66 €
MCP73812T-420I/OT	Microchip	0,77 €	1	0,77 €
SN74LS04D	Texas Instruments	0,72 €	1	0,72 €
TS555CN	ST Microelectronics	0,80 €	1	0,80 €
OPA2336PA	Texas Instruments	1,56 €	1	1,56 €
TOTAL:				29,79 €

3. COSTE DEL MATERIAL MECÁNICO

Id. Particular	Proveedor	Precio / unidad	Cantidad	Precio Total
Caja	Nicoplast	5 €	1	5 €
FK 210 SA-CB	Fischer	0,84 €	4	3,36 €
TOTAL:				8,36 €

4. COSTE DE MONTAJE

Concepto	Proveedor	Precio / unidad	Precio Total
Montaje de la PCB	Cipsa	10 €	20 €
Montaje de la caja	Dismon	5€	5 €
TOTAL:			25 €

5. COSTE DE VERIFICACIÓN Y ENSAYOS

Concepto	Proveedor	Precio	Precio Total
Verificación de la PCB	Cipsa	10 €	10 €
Verificación del sistema completo	Dismon	5 €	5 €
Ensayo de resistencia	ITA	10€/Hora	10 €
Ensayo de humedad	ITA	10€/Hora	10 €
Ensayo térmico	ITA	10€/Hora	10 €
TOTAL:			45 €

6. COSTE DE EMBALAJE

Concepto	Precio Total
Embalaje del equipo	15€
TOTAL:	15€

7. PRESUPUESTO FINAL

○ Coste del material eléctrico	48,308 €
○ Coste del material electrónico	29,79 €
○ Coste del material mecánico	8,36 €
○ Coste montaje	25 €
○ Coste de verificación y ensayos	45 €
○ Coste de embalaje	15 €

COSTE TOTAL	171,46 €
--------------------	-----------------

➤ Imprevistos (4%)	6,86€
--------------------	-------

COSTE DEL PROYECTO	178,31 €
---------------------------	-----------------

Cómo se ha mencionado el principio del documento, este precio es meramente orientativo, y esta sujeto a posibles variaciones, debidas a fluctuaciones en los precios de mercado, sustitución de componentes obsoletos o revisiones por parte del ingeniero proyectista.