



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



MEMORIA

Volumen 2

Sistema portátil para la
medición de vibraciones en
máquinas eléctricas

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

❖ **Título del Proyecto:**

Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas

❖ **Título del documento:** Memoria

❖ **Nº de volumen:** 2

❖ **Autor del Proyecto:**

Nombre: Roberto Esteban Ibáñez

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica

DNI: 76919342-M

Dirección profesional: C/Emilio Castelar 13-15-17, 1ºB, 50013 Zaragoza

Teléfono: 661 49 08 01

Correo electrónico: resteban8519@hotmail.com

❖ **Ciente:**

Nombre: Luis Porta Royo

Empresa: Universidad de Zaragoza, departamento de Ingeniería Eléctrica

Dirección profesional: C/María de Luna 3, Edificio Torres Quevedo,
50018 Zaragoza

Correo electrónico: lporta@unizar.es

Fecha y firma:

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Índice:

1. Objeto	4
2. Alcance	5
3. Antecedentes.....	6
4. Normas y referencias diversas	12
4.1. Referencias normativas y legales	12
4.2. Bibliografía	13
4.3. Programas de cálculo utilizados	14
4.3.1. Altium Designer Summer 2009	14
4.3.2. Autocad 2010.....	15
4.3.3. mikroBasic v7.0.0.2.....	15
4.3.4. MPLAB IDE v8.70.....	16
4.3.5. GLCD Font Creator v1.2.....	17
5. Definiciones y abreviaturas.....	18
5.1. Definiciones.....	18
5.2. Abreviaturas.....	19

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

6. Requisitos de diseño	22
7. Análisis de soluciones	24
7.1. Fuente de alimentación	24
7.1.1. Pila	24
7.1.2. Regulador de tensión	26
7.2. Placa de control.....	27
7.2.1. Microcontrolador.....	27
7.2.2. Display gráfico.....	29
7.3. Placa sensora	31
7.3.1. Microcontrolador.....	31
7.3.2. Amplificador operacional.....	32
7.3.3. Sensor de aceleración	33
8. Resultados finales	35
8.1. Pila alcalina Duracell Ultra Power	35
8.2. MIC5205-5.0YM5	36
8.3. PIC18F4620	37
8.4. LGM12864B-NSW-BBW	40

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

8.5. PIC18F1220	41
8.6. MCP6271.....	45
8.7. Módulo ADXL335_BREAKOUT	46
9. Planificación.....	47

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

1. OBJETO

El *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* ha sido desarrollado, como su propio nombre indica, para detectar vibraciones y oscilaciones en máquinas rotativas e instalaciones industriales. Además, lleva incorporado una función adicional que permite al usuario determinar inclinaciones respecto a la superficie horizontal terrestre, dando al dispositivo una enorme multifuncionalidad.

La medición y análisis de vibraciones se utiliza, junto a otros procedimientos, en todo tipo de industrias como técnica de diagnóstico de defectos y también, para evaluar la integridad de máquinas y estructuras.

Generalmente, la principal causa de las vibraciones reside en problemas mecánicos tales como desequilibrio de elementos, desalineación de acoplamientos, engranajes desgastados o dañados, rodamientos deteriorados o incluso, problemas eléctricos.

Los conocidos vibrómetros son los instrumentos que con más frecuencia se emplean para realizar dichas tareas de análisis. La mayoría de ellos proporcionan parámetros de aceleración, velocidad o variación de las vibraciones, pero muy pocos lo hacen de manera gráfica. Nuestro aparato es capaz de representar las ondas correspondientes a las aceleraciones medidas, lo que permite una mejor comprensión de los resultados y gracias a la sencillez de sus menús, hacen a este sistema la alternativa perfecta para desempeñar todas aquellas funciones relacionadas con el mantenimiento de la maquinaria industrial.

Por último, añadir que sus reducidas dimensiones y la posibilidad de fijar el sensor de aceleración a cualquier parte de la máquina o pieza a analizar, lo convierten en un utensilio cómodo, rápido y fácil de manejar.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

2. ALCANCE

El *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* es ideal para que los trabajadores de mantenimiento de las empresas comprueben de forma rápida e in situ las vibraciones en piezas, máquinas e instalaciones.

Las destacadas características técnicas que posee el dispositivo, lo convierten en la solución óptima para cualquier análisis dentro del sector industrial. Su rango de aplicación es muy amplio, incluyendo motores, generadores, turbinas, engranajes, cojinetes, ventiladores y sistemas complejos, facilitando al usuario una rápida visualización de la carga y desgaste de las piezas mecánicas analizadas.

En función de la frecuencia y la amplitud de las vibraciones obtenidas se puede llegar a determinar la gravedad o severidad de las mismas. Nuestro dispositivo se caracteriza por poder adquirir aceleraciones en el rango máximo de $\pm 3g$ en cualquiera de los tres ejes (de forma individual o simultáneamente en los ejes X e Y) y a unas frecuencias de muestreo que irán desde 1Hz (1 muestra cada 1s) hasta 1000Hz (1 muestra cada 1ms) en los ejes X e Y, o hasta 500Hz (1 muestra cada 2ms) en el eje Z.

Además de esto, se incluye la posibilidad de conocer el grado de inclinación respecto a la horizontal en la que se encuentra la máquina en todo momento, con el fin de evitar posibles problemas derivados de unas malas condiciones de funcionamiento.

Por último, destacar que gracias al sistema de alimentación a base de pilas que posee, permite al trabajador realizar mediciones allí donde fuera necesario y sin necesidad de conectarlo a la red eléctrica.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

3. ANTECEDENTES

Con la aparición de los primeros instrumentos musicales, y en especial, con los instrumentos de cuerda, la gente empezó a mostrar interés por el estudio del fenómeno de las vibraciones. Numerosos fueron los acontecimientos y las personas que sentaron las bases conceptuales dentro de este campo. Tales de Mileto, Pitágoras de Samos, Aristóteles o Euclides, son algunos de los nombres propios destacados durante este periodo comprendido entre la antigüedad y el Renacimiento. Empezaba así a vislumbrarse la relación existente entre el sonido y las vibraciones mecánicas.

Durante el Renacimiento, y hasta mediados del siglo XIX, el desarrollo matemático y conceptual fue enorme, dando lugar a la consolidación del cuerpo teórico de las vibraciones, así como a grandes progresos en los instrumentos de medición de las mismas.

Galileo, por ejemplo, encontró la relación existente entre la longitud de la cuerda de un péndulo y su frecuencia de oscilación. Newton con sus leyes del movimiento, o Coulomb con su vibración torsional, fueron algunos de los grandes personajes que empezaron a estructurar el estudio de las vibraciones como ciencia.

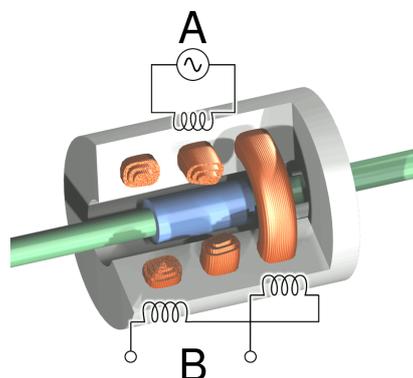
Una vez establecido el marco teórico, el factor determinante de la consolidación del enfoque ingenieril en las vibraciones, fue el desarrollo de la maquinaria de alta velocidad, que se llevó a cabo gracias a la presión ejercida por la industrialización. La locomotora, el automóvil, el avión, la máquina de vapor o la turbina, son ejemplos de las nuevas máquinas que iban apareciendo, y con ellas, nuevos conceptos y aplicaciones ingenieriles.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Sin embargo, no fue hasta la aparición de los primeros transductores (dispositivos electrónicos que miden una magnitud física y la convierten en una señal eléctrica proporcional a la magnitud medida), cuando se produjo la verdadera revolución tecnológica en las técnicas de estudio y análisis de las vibraciones en las máquinas rotativas.

Los primeros transductores eran capaces de medir el movimiento de un cuerpo a lo largo de una trayectoria rectilínea, o lo que es lo mismo, el desplazamiento lineal que este sufría cuando se veía modificada su magnitud física correspondiente. En consecuencia, se le atribuyó a este tipo de dispositivos el nombre de transductores de desplazamiento.

Sin duda, uno de los transductores de desplazamiento más conocidos fue el LVDT o transformador lineal variable diferencial. Estos dispositivos estaban compuestos por tres bobinas (una en el primario y dos en el secundario conectadas en anti-serie), colocadas en el interior de un eje cilíndrico hueco, y un núcleo ferromagnético, también cilíndrico, sujeto a la pieza o máquina de la que se quería conocer el desplazamiento.



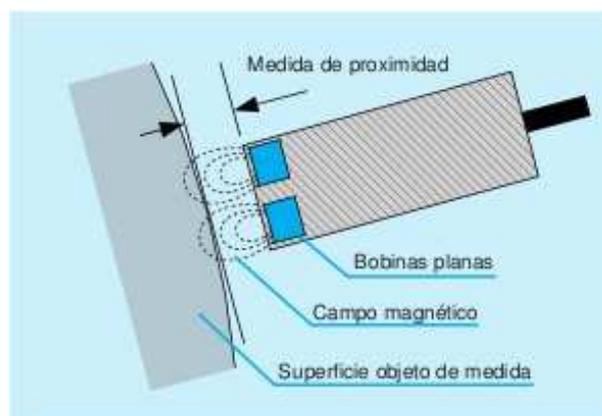
En función de lo que se desplazara el núcleo ferromagnético en el interior del eje, se obtenía una tensión de salida proporcional a dicho

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

desplazamiento. Analizando adecuadamente dicha señal de salida se podía conocer el desplazamiento producido y su dirección.

Poco después de la aparición de los LVDTs, se empezó a investigar en la fabricación de otro tipo de transductores, los cuales realizaban la misma función que los anteriores pero sin la necesidad de que existiera contacto entre objeto y sensor. De esta forma, aparecieron, por un lado los transductores inductivos o también llamados transductores de corriente Eddy, y por otro, los transductores capacitivos.

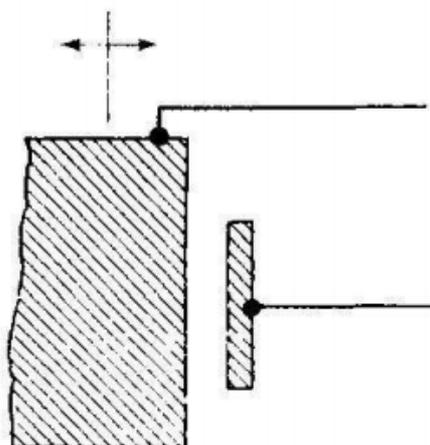
Los primeros, se utilizaban principalmente para determinar la posición de los ejes de las máquinas respecto a un punto fijo. Una bobina encapsulada situada en la punta de sonda sensora era la responsable de generar un campo electromagnético cuando esta era excitada por una señal de alta frecuencia. Se inducía una corriente, conocida como corriente Eddy, proporcional a dicho campo, la cual servía para determinar la posición del eje de la máquina y por consiguiente su vibración.



Los segundos, los transductores capacitivos, eran una buena alternativa para la medición de pequeños desplazamientos con gran precisión. Su principio de funcionamiento consistía básicamente en la

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

determinación del desplazamiento sufrido a partir de la variación de la capacidad resultante del supuesto “condensador” formado por el transductor, la máquina o pieza, y el material dieléctrico entre ellas (generalmente aire).



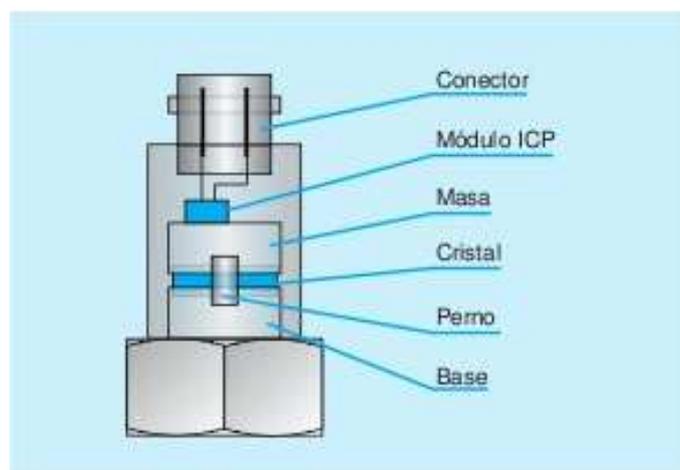
Con el tiempo, los sensores fueron evolucionando, y además de medir desplazamientos, empezaron a ser capaces de determinar la velocidad de los mismos, lo que significó un paso adelante para las técnicas predictivas de detección de problemas derivados del exceso de vibraciones en la maquinaria industrial.

Los vibrómetros láser Doppler o LDVs, fueron un claro ejemplo de ello. Estos transductores de velocidad basados en el efecto Doppler (de ahí su nombre), empleaban la tecnología láser y la interferometría óptica para medir de forma remota, velocidades de superficie o vibraciones de puntos específicos en estructuras en vibración, con una amplia resolución espacial, y un amplio rango de amplitud y frecuencia. Además, tenían la ventaja de que las mediciones no se veían afectadas por las condiciones ambientales como la temperatura o la presión.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

En la actualidad, los dispositivos más utilizados para el análisis y estudio de las vibraciones son los acelerómetros. Estos transductores tienen la ventaja respecto al resto, de ser más pequeños, tener mayor rango de frecuencia, y poder integrar la señal para obtener velocidad o desplazamiento vibratorio. De entre las muchas clases de acelerómetros que existen, destacan principalmente dos. Por un lado, los piezoeléctricos, y por otro, los basados en tecnología MEMS.

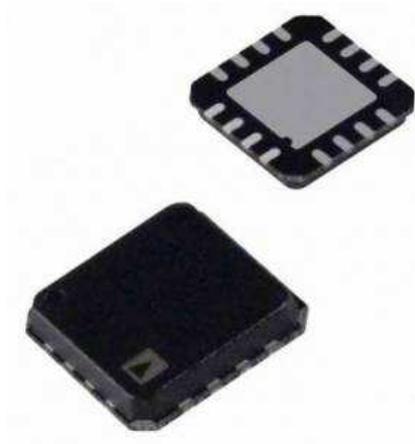
Los transductores piezoeléctricos se caracterizan, como su propio nombre indica, por estar formados por un material piezoeléctrico. Generalmente, suele ser un disco de cuarzo, fijado, por un lado, a la base del sensor, y por el otro, a lo que se conoce como masa sísmica, sujeta a su vez a un resorte. El principio de funcionamiento de estos dispositivos es sencillo. En función de la fuerza a la que se somete el cristal por efecto de una vibración, se generará un voltaje proporcional a la aceleración de esta última.



La mayoría de vibrómetros que se encuentran actualmente en el mercado, utilizan este tipo de sensores. Nosotros, sin embargo, hemos preferido hacer uso de aquellos basados en tecnología MEMS, tecnología

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

en auge, que sin lugar a duda va a permitir un enorme desarrollo en el ámbito industrial relacionado con la evaluación de la integridad de las máquinas.



	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

4. NORMAS Y REFERENCIAS DIVERSAS

4.1. REFERENCIAS NORMATIVAS Y LEGALES

- **Directiva RoHS:** directiva comunitaria que afecta a todo el territorio de la UE, la cual restringe básicamente el uso de 6 sustancias peligrosas en la fabricación de equipos eléctricos y electrónicos, limitándolos a unas cantidades muy pequeñas.
- **Directiva WEEE:** directiva que pretende proteger la calidad del medio ambiente y la salud humana a través del uso prudente de los recursos naturales y la adopción de estrategias para la gestión de los residuos concentradas en el reciclaje y la reutilización.
- **ISO 9001:** norma internacional que se aplica a los sistemas de gestión de calidad (SGC) y que se centra en todos los elementos de administración de calidad con los que una empresa debe contar para tener un sistema efectivo que le permita administrar y mejorar la calidad de sus productos o servicios.
- **ISO 14001:2004:** norma internacional que especifica los requisitos para un sistema de gestión medioambiental, destinados a permitir que una organización desarrolle e implemente una política y unos objetivos que tengan en cuenta los requisitos legales y otros requisitos que la organización suscriba, y la información relativa a los aspectos ambientales significativos. Se aplica a aquellos aspectos ambientales que la organización identifica que puede controlar y aquellos sobre los que la organización puede tener influencia. No establece por si misma criterios de desempeño ambiental específicos.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- **OHSAS 18001:** norma internacional que establece un conjunto de requisitos relacionados con los sistemas de gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo y que permite a una organización controlar sus riesgos laborales y mejorar su rendimiento en materia de Seguridad y Salud. Esta norma puede ser implementada en cualquier organización independientemente de su tamaño, actividad o ubicación.
- **Reglamento electrotécnico para baja tensión (REBT):** reglamento español que establece las condiciones técnicas y garantías que deben reunir las instalaciones eléctricas conectadas a una fuente de suministro en los límites de baja tensión, con la finalidad de preservar la seguridad de las personas y los bienes, asegurar el funcionamiento de dichas instalaciones y prevenir las perturbaciones en otras instalaciones y servicios, y contribuir a la fiabilidad técnica y a la eficiencia económica de las instalaciones.
- **UNE 157001:2002:** norma que establece las consideraciones generales que permiten precisar las características que deben satisfacer los proyectos de productos, obras y edificios (excluidas viviendas), instalaciones (incluidas instalaciones de vivienda), servicios o software (soporte lógico), para que sean conformes al fin al que están destinados.

4.2. BIBLIOGRAFÍA

- Páginas web:
 - es.farnell.com
 - es.rs-online.com
 - es.mouser.com

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- www.neoteo.com/categoria/Electrónica
- www.aimangz.com
- www.longtech-display.com
- www.duracelldirect.es
- www.mikroe.com

- Libros:

- *Apuntes de Microprocesadores (Freescale 9S08)*. 2008-2009. Bonifacio Martin del Brío/Antonio Bono Nuez. Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones – EUITIZ – Universidad de Zaragoza.
- *Transductores y Sistemas de Instrumentación*. 2008-2009. Bonifacio Martin del Brío/Antonio Bono Nuez. Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones – EUITIZ – Universidad de Zaragoza.
- *Diseño e ingeniería asistida por ordenador con Protel DXP*. 2004. Manuel Torres Portero/Miguel Ángel Torres Portero. Editorial RA-MA.
- *PIC Microcontrollers – Programming in BASIC*. 2010. Milan Verle. mikroElektronika.

4.3. PROGRAMAS DE CÁLCULO UTILIZADOS

4.3.1. ALTIUM DESIGNER SUMMER 2009

Altium Designer es un conjunto de programas para el diseño electrónico en todas sus fases y para todas las disciplinas, ya sean esquemas, simulación, diseño de circuitos impresos, implementación de FPGA, o desarrollo de código para microprocesadores.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

No se trata de un conjunto de paquetes sueltos vendidos como una suite y conectados mediante archivos externos, sino de un programa único que crea un entorno y comunica al usuario con los distintos servidores (por ejemplo, editor de texto, editor de esquemas, editor de PCB,...).

4.3.2. AUTOCAD 2010

AutoCAD es un programa de diseño asistido por ordenador para dibujo en 2D y 3D. Actualmente es desarrollado y comercializado por la empresa Autodesk.

Al igual que otros programas de diseño asistido por ordenador, AutoCAD gestiona una base de datos de entidades geométricas (puntos, líneas, arcos, etc.) con la que se puede operar a través de una pantalla gráfica en la que se muestran estas, el llamado editor de dibujo. La interacción del usuario se realiza a través de comandos, de edición o dibujo, desde las líneas de órdenes, a la que el programa está fundamentalmente orientado.

4.3.3. MIKROBASIC v7.0.0.2

MikroBasic es un compilador de lenguaje BASIC para los microcontroladores PIC de Microchip. Está diseñado para desarrollar, construir y depurar aplicaciones integradas basadas en dichos microcontroladores. Este entorno de desarrollo cuenta con numerosas características de entre las que destacan principalmente las siguientes:

- Sintaxis BASIC fácil de aprender.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- IDE fácil de usar.
- Código muy compacto y eficiente.
- Equipos y bibliotecas de software.
- Simulador de software.
- Depurador de hardware.

Además, incluye un elevado número de ejemplos prácticos que permiten un rápido inicio en la programación de microcontroladores PIC.

4.3.4. MPLAB IDE v8.70

MPLAB es un software que junto con un emulador y un programador de los múltiples que existen en el mercado, forman un conjunto de herramientas de desarrollo muy completo para el trabajo y/o diseño con los microcontroladores PIC desarrollados y fabricados por la empresa Arizona Microchip Technology (AMT).

MPLAB incorpora todas las utilidades necesarias para la realización de cualquier proyecto y, para los que no dispongan de un emulador, el programa permite editar el archivo fuente en lenguaje ensamblador de nuestro proyecto, además de ensamblarlo y simularlo en pantalla, pudiendo ejecutarlo posteriormente en modo paso a paso y ver como evolucionarían de forma real tanto sus registros internos, la memoria RAM y/o EEPROM de usuario como la memoria de programa, según se fueran ejecutando las instrucciones. Además el entorno que se utiliza es el mismo que si se estuviera utilizando el emulador.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

4.3.5. GLCD FONT CREATOR v.1.2

GLCD Font Creator es un programa que permite crear fuentes personalizadas, símbolos e iconos para pantallas gráficas de cristal líquido. Se caracteriza por su agradable e intuitivo interfaz. Permite al usuario diseñar letras a partir de cero o mediante la importación de fuentes ya existentes en el sistema, modificarlas e incluso aplicar determinados efectos, para finalmente exportar el código generado al compilador que se elija.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

5. DEFINICIONES Y ABREVIATURAS

5.1. DEFINICIONES

- **Acelerómetro:** aparato que mide la aceleración.
- **Amplificador Rail-to-Rail:** tipo de amplificador operacional con polarizaciones muy bajas y alta elongación en la entrada y/o en la salida.
- **Datasheet:** documento que resume el funcionamiento y otras características de un componente o subsistema con suficiente detalle para ser utilizado correctamente.
- **Display:** dispositivo de ciertos aparatos electrónicos, como los teléfonos y las calculadoras, destinado a la representación visual de información.
- **Efecto Doppler:** aparente cambio de frecuencia de una onda producido por el movimiento relativo de la fuente respecto a su observador.
- **Inclinómetro:** aparato para determinar la dirección del campo magnético terrestre con referencia al plano del horizonte.
- **Interferometría:** proceso de cuantización del fenómeno que se observa cuando se superponen dos frentes de onda luminosos, que dependen del retraso relativo entre las ondas que se superponen.
- **Memoria flash:** tecnología de almacenamiento, derivada de la memoria EEPROM, que permite la lectura y escritura de múltiples posiciones de memoria en la misma operación.
- **Pin:** palabra inglesa que significa “clavija”. Cada una de las patillas metálicas de un conector multipolar.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- **Píxel:** superficie homogénea más pequeña de las que componen una imagen, que se define por su brillo y color.
- **Retroiluminación LED:** tipo de iluminación de pantallas LCD, utilizado principalmente en telefonía móvil y dispositivos de pantalla pequeña, que consta de LEDs, reemplazando así las tradicionales lámparas fluorescentes.
- **Sensor:** dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente.
- **Slew Rate:** efecto no lineal que presentan los amplificadores operacionales y que representa la velocidad máxima de la tensión de salida. Generalmente se expresa en V/ μ s.
- **Tensión dropout:** diferencia de tensión entre la entrada y la salida necesaria para asegurar la operación lineal del circuito.
- **Vibración:** movimiento de vaivén de una máquina o elemento de ella en cualquier dirección del espacio desde su posición de equilibrio.

5.2. ABREVIATURAS

- **BASIC:** Beginner's All-purpose Symbolic Instruction Code.
- **CAD:** Computer Aided Design (diseño asistido por ordenador).
- **ECCP:** Enhanced Capture/Compare/PWM.
- **EEPROM o E²PROM:** Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory (ROM borrable y programable eléctricamente).

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- **EMC:** Electromagnetic Compatibility (compatibilidad electromagnética).
- **EUSART:** Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter.
- **FPGA:** Field Programmable Gate Array (matriz de puertas lógicas programables).
- **GBWP:** Gain BandWidth Product (producto de la ganancia por el ancho de banda).
- **GLCD:** Graphic Liquid Crystal Display (pantalla gráfica de cristal líquido).
- **I²C:** Inter-Integrated Circuit (circuitos inter-integrados).
- **IDE:** Integrated Development Environment (entorno de desarrollo integrado).
- **ISO:** International Organization for Standardization (organización internacional de normalización).
- **LCD:** Liquid Crystal Display (pantalla de cristal líquido).
- **LDV:** Laser Doppler Vibrometer (vibrómetro láser Doppler).
- **LVDT:** Linear Variable Differential Transformer (transformador lineal variable diferencial).
- **LED:** Light-Emitting Diode (diodo emisor de luz).
- **MEMS:** MicroElectroMechanical Systems (sistemas microelectromecánicos).
- **MSSP:** Master Synchronous Serial Port.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- **OHSAS:** Occupational Health and Safety Assessment Specification (especificación de evaluación de la seguridad y la salud en el trabajo).
- **PCB:** Printed Circuit Board (placa de circuito impreso).
- **PIC o PICmicro:** Peripheral Interface Controller (controlador de interfaz periférico).
- **PWM:** Pulse-Width Modulation (modulación por ancho de pulsos).
- **RoHS:** Restriction of the use of certain Hazardous Substances (restricción del uso de ciertas sustancias peligrosas).
- **ROM:** Read-Only Memory (memoria de solo lectura).
- **SPI:** Serial Peripheral Interface (interfaz de periféricos serie).
- **SRAM:** Static Random Access Memory (memoria estática de acceso aleatorio).
- **STN:** Super Twisted Nematic.
- **UNE:** Una Norma Española.
- **WEEE:** Waste Electrical and Electronic Equipment (residuos de aparatos eléctricos y electrónicos).

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

6. REQUISITOS DE DISEÑO

Pretendemos diseñar un *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* con las siguientes características:

- Sistema electrónico basado en lógica programable.
- Comunicación entre microcontroladores a través del puerto de comunicación serie.
- Almacenamiento de datos temporales en memoria RAM estática del microcontrolador principal.
- Almacenamiento de datos resultantes de la calibración en memoria EEPROM del microcontrolador principal.
- Conversión analógica-digital en el microcontrolador secundario.
- Obtención de valores de aceleración en tres ejes distintos.
- Representación de aceleraciones de manera individual o simultánea.
- Representación de inclinaciones.
- Control y manejo del dispositivo por medio de pulsadores a través de sencillos menús para el usuario.
- Activación/Desactivación del sistema mediante pulsador.
- Señalización acústica de advertencia programable por el usuario.
- Visualización a base de display gráfico de cristal líquido.
- Control del contraste del display por hardware.
- Control de la iluminación del display por software.
- Alimentación mediante batería o pila que permita una autonomía superior a 15 horas.
- Diseño del equipo para asegurar la compatibilidad electromagnética (EMC).

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS:** para el montaje del equipo se utilizarán cajas de metal o de plástico diseñadas a propósito, o prefabricadas. Se buscarán dimensiones reducidas para una manipulación cómoda y adecuada.
- **CARACTERÍSTICAS AMBIENTALES DE FUNCIONAMIENTO:**
 - Rango de temperaturas entre 0°C y 75°C.
 - Rango de humedad relativa entre 5% y 85%.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

7. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

7.1. FUENTE DE ALIMENTACIÓN

7.1.1. PILA

Atendiendo a los requisitos mínimos exigidos para el diseño del dispositivo, será necesaria la utilización de una fuente de alimentación que funcione a base de pilas o baterías. Con ello conseguiremos un sistema totalmente portátil, además de fácilmente manejable. Aspectos fundamentales, como son el voltaje, el precio o el tamaño, resultarán determinantes a la hora de decidir entre las múltiples posibilidades existentes.

En primer lugar, determinaremos cual va a ser la principal fuente de energía del aparato. De acuerdo a lo mencionado con anterioridad, el uso de baterías o pilas, van a ser nuestras principales opciones.

Las primeras, donde también se pueden incluir las pilas recargables, son ideales para dispositivos de alto consumo y de uso frecuente. A diferencia de esto, el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas*, se caracteriza por su bajo consumo y su utilización ocasional, lo cual nos permite descartar las baterías como principal dispositivo de alimentación y nos deja como única opción el uso de pilas convencionales.

Las pilas convencionales, también conocidas como pilas primarias, se pueden clasificar en dos grandes grupos: salinas y alcalinas. La siguiente tabla comparativa muestra las principales características de cada una de ellas facilitándonos la tarea a la hora de tomar una decisión.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Tipo de pila	Electrolito	Precio	Duración
Salinas	Solución salina	Baratas	Media-baja
Alcalinas	Solución de hidróxido de potasio	Caras (hasta 3 veces más que las salinas)	Alta (entre 3 y 10 veces más que las salinas)

Según esto, y teniendo en cuenta la relación calidad-precio que ofrecen ambas, nos decantaremos del lado de las alcalinas, pues un gasto un poco más elevado al principio, supondrá una mayor autonomía del dispositivo al final.

A continuación, analizaremos las tensiones de alimentación de los diferentes componentes que conforman el sistema para determinar el voltaje necesario para el correcto funcionamiento del mismo.

La mayoría de estos son circuitos integrados que presentan rangos de tensiones de alimentación bastante amplios (entre 2V y 5,5V). Sin embargo, el display gráfico se encuentra muy limitado en este sentido. Según las hojas de características proporcionadas por el fabricante, su rango de funcionamiento oscila entre los 4,7V y los 5,5V, siendo de 5V la tensión típica de funcionamiento. Con el fin de evitar la utilización de varios circuitos de alimentación, se elegirán estos 5V como tensión principal del dispositivo, lo que permitirá a todos los elementos del sistema funcionar a la perfección.

Obviamente, el valor de la tensión nominal de la pila que escojamos finalmente, deberá ser superior a dicho voltaje. De las diferentes posibilidades existentes, utilizar una tensión nominal de 9V nos pareció lo más adecuado, pues de esta forma, dispondremos de un margen de descarga bastante amplio y alcanzaremos sobradamente la tensión mínima de entrada del regulador de tensión.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Una vez aquí, lo único que nos quedará por decidir será el tamaño y la forma de la pila que utilizaremos como principal fuente de energía del aparato. Podremos elegir entre tres tipos: de botón, cilíndricas o con forma de prisma rectangular. La utilización de cualquiera de las dos primeras, supondría la inclusión de más de una de ellas para alcanzar los 9V que necesitamos. Esta opción resultaría inviable, teniendo en cuenta las reducidas dimensiones con las que cuenta el dispositivo, y por tanto, nos deja como única opción la pila con forma de prisma rectangular.

7.1.2. REGULADOR DE TENSIÓN

Como se ha mencionado en el apartado anterior, resulta de vital importancia estabilizar la tensión proporcionada por la pila, a la que realmente necesitamos para alimentar correctamente al resto de componentes del dispositivo. Para ello, haremos uso de un regulador de tensión, el cual se encargará de proporcionar una tensión estable y continua de 5V, además de suministrar la corriente demandada por el circuito.

Podemos distinguir dos tipos de reguladores: los de tensión fija y los de tensión variable o ajustable. Estos últimos quedarán totalmente descartados pues la tensión que vamos a necesitar en todo momento va a ser siempre la misma. Por tanto, nos centraremos única y exclusivamente en los reguladores de tensión fija.

Lo primero que se nos vino a la cabeza fue la utilización del conocido LM7805. Este componente, a pesar de ajustarse bastante bien a los requisitos necesarios de tensión y corriente, carecía de una patilla de

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

“shutdown” o “enable” necesaria para hacer funcionar correctamente el circuito de alimentación del aparato. De entre los muchos modelos de reguladores lineales existentes en el mercado, solo pudimos encontrar dos que presentarán esta singular característica: el LT1121-5 y el MIC5205.

Ambos componentes son capaces de proporcionar una corriente máxima de salida de 150mA, valor aparentemente pequeño pero que nos es más que suficiente para satisfacer las necesidades del sistema. Sin embargo, la tensión dropout del primero de ellos (400mV) supera ligeramente a la del segundo (165mV), y además, no se puede encontrar en otro tipo de encapsulado que no sea PDIP, lo que supondría un problema de espacio que no nos podríamos permitir. Es por todas estas razones por las que el regulador de tensión finalmente elegido fue el MIC5205.

7.2. PLACA DE CONTROL

7.2.1. MICROCONTROLADOR

Debido al elevado número de modelos existentes en la actualidad, encontrar un microcontrolador que se adaptara perfectamente a nuestras necesidades, iba a resultar una tarea más que complicada. Nos pareció interesante apostar por la conocida marca Microchip, primero por la excelente relación calidad-precio que ofrece en todos sus productos, y segundo por las interesantes herramientas de desarrollo de las que dispone.

Los PICs, nombre que reciben los microcontroladores de este fabricante, se agrupan en tres grandes familias en función de la anchura

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

del bus de datos: 8, 16 y 32 bits. Estas dos últimas, pese a ofrecer prestaciones muy superiores a las de los microcontroladores de 8 bits, no son precisamente las más utilizadas en la mayoría de aplicaciones industriales. En muchas ocasiones se prefiere hacer uso de dispositivos más lentos pero igual de efectivos, y encima mucho más baratos. En nuestro caso el uso de un PIC de 8 bits resultará más que suficiente.

A continuación, haremos recuento de todas aquellas características con las que va a contar nuestro *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas*, con el fin de determinar el modelo de microcontrolador a utilizar. El número de pines, y la memoria de programa resultarán determinantes en este sentido.

Uno de los componentes más importantes de nuestro prototipo, es sin lugar a duda el display gráfico. Para controlarlo, serán necesarias al menos 14 patillas del microcontrolador al que vaya conectado (8 para los datos y 6 para el control). Necesitaremos un módulo EUSART para comunicar y transmitir datos entre microcontroladores, además de un módulo PWM que se encargue de controlar el brillo de la ya mencionada pantalla. Los pulsadores para manejar el dispositivo, así como el zumbador encargado de generar la señal acústica de advertencia, serán algunos de los periféricos que también tendremos que considerar a la hora de la elección final.

De acuerdo a lo mencionado con anterioridad, necesitaremos un microcontrolador de al menos 24 patillas, todo ello sin contar los pines de alimentación (generalmente se usan 2 para V_{DD} y otros 2 para V_{SS}). Lo que normalmente se suele hacer, es elegir un micro con un patillaje superior al necesitado por si en un futuro se añadiese alguna función adicional que no se había planteado en un principio.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Inicialmente, se pensó en la posibilidad de utilizar el PIC18F4525. Este microcontrolador, pese a cumplir todas las condiciones mínimas necesarias, se quedaba corto en lo que a memoria flash se refiere. Sus 48K de memoria de programa no eran suficientes para albergar el extenso código fuente que se encarga de controlar el funcionamiento del sistema. Es por esta razón, por la que nos vimos obligados a utilizar el PIC18F4620, microcontrolador de idénticas características a las del PIC18F4525, pero con 64K de memoria flash en vez de 48K.

7.2.2. DISPLAY GRÁFICO

Uno de los pilares fundamentales de nuestro dispositivo. Será sumamente importante hacer un estudio de los diferentes modelos de pantalla que existen actualmente en el mercado, para elegir definitivamente aquella que mejor se ajuste a nuestro prototipo.

La necesidad de representar valores, gráficas e incluso alguna imagen, nos va a obligar a utilizar un tipo de display mucho más potente de lo que habitualmente estamos acostumbrados. La mayoría de aplicaciones industriales que requieren de una representación de valores alfanuméricos, emplean LCDs de caracteres. Aunque estos dispositivos son fáciles de usar y resultan bastante económicos, no van a cubrir nuestras necesidades y por tanto tendremos que prescindir de ellos. Nos centraremos únicamente en los displays gráficos.

Controlar este tipo de pantallas y hacer que funcionen perfectamente, no es tarea fácil. El software de programación empleado en el presente proyecto (mikroBasic v7.0.0.2), incorpora unas librerías que facilitan esta tarea. El único inconveniente que presentan es que solo

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

sirven para un controlador de GLCDs concreto, el KS0108. Así pues, resultará de vital importancia encontrar un display gráfico que lleve incorporado este tipo de controlador o uno equivalente.

Aspectos fundamentales, como el tamaño o la resolución de la pantalla, influirán también en la elección final. De entre las muchas posibilidades existentes, elegir una resolución de 128x64 píxeles nos pareció lo más indicado. Al no ser excesivamente grande, el display no se encarece demasiado, y además, se ajusta a las reducidas dimensiones del sistema. Sin embargo, tampoco resultará demasiado pequeña, pues permitirá representar y observar las gráficas y valores de las aceleraciones obtenidas con total claridad.

El LXG128X64STY fue nuestra primera opción. Este display gráfico cumplía con todos los requisitos anteriormente mencionados. No obstante, su forma rectangular y sus dimensiones exteriores impedían la colocación de ciertos componentes sobre la PCB, razón por la cual nos vimos obligados a buscar otro. Finalmente, y tras una larga búsqueda, dimos con la pantalla idónea para nuestro prototipo: el LGM12864B-NSW-BBW.

Una vez elegido este, se pensó en la posibilidad de adaptarle un panel táctil resistivo para poder controlarlo sin necesidad de pulsadores. Aunque es verdad que el espacio que se puede ganar es considerable, la circuitería y la programación del micro necesaria para controlar dicho panel dificultarían demasiado el proyecto. Si además, tenemos en cuenta que nuestro dispositivo será utilizado normalmente por personal de mantenimiento y que por regla general llevaran las manos sucias, la idea de pensar en controlar el dispositivo de manera táctil resulta poco apropiada.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

7.3. PLACA SENSORA

7.3.1. MICROCONTROLADOR

A la hora de elegir el microcontrolador secundario, además de considerar los requisitos mínimos de diseño, será muy importante cerciorarse de que este pertenezca a la misma familia que el microcontrolador principal. El ancho del bus de datos de ambos deberá coincidir para que la transmisión de valores entre ellos a través del puerto serie sea efectiva.

Aparte de esto, el micro que finalmente se elija deberá tener, como poco, las siguientes características: un módulo EUSART para llevar a cabo la comunicación entre microcontroladores y la transmisión de datos entre ellos, un conversor analógico-digital con al menos 3 canales (uno por cada eje del sensor) para realizar la conversión de los valores de aceleración obtenidos, y por último pero no menos importante, un reloj interno que permita trabajar a altas frecuencias, o en su defecto, los pines necesarios para conectar un oscilador externo que desempeñe dicha función.

En lo que a memoria flash se refiere, no deberíamos de tener ningún problema, pues el programa encargado de controlar las funciones de la placa sensora apenas alcanzará los 500 bytes. Sin embargo, el número de pines del microcontrolador y el tamaño de este, deberán tenerse muy en cuenta.

Inicialmente, emplear el PIC16F882 nos pareció lo más apropiado. Aunque este componente se ajustaba perfectamente a nuestras necesidades, sus dimensiones se excedían demasiado en relación a lo que andábamos buscando. Además, la mayoría de sus 28 patillas iban a quedarse inutilizadas, con lo que nos vimos obligados a buscar otra

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

alternativa. Al final, encontramos el PIC18F1220, un microcontrolador muy similar al anterior pero con 10 patillas menos, y que encima, se adaptaba perfectamente a las diminutas dimensiones de la PCB.

7.3.2. AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Como la mayoría de transductores, el sensor de aceleración empleado en el presente proyecto, proporcionará una tensión de salida en función de la magnitud física que se encarga de medir. En nuestro caso, el PIC18F1220 colocado en la placa sensora se encargará de convertir esta tensión analógica en digital. Para ello, será necesario conectar las salidas de dicho sensor a las entradas analógicas del ya mencionado microcontrolador. Sin embargo, esta conexión no se puede hacer directamente, pues el reducido consumo de corriente del transductor y las posibles impedancias, tanto a la salida de este como a la entrada de los canales analógicos del conversor A/D, podrían provocar errores de medición que no nos interesarían en absoluto.

Para evitar este problema, normalmente se suelen utilizar unos amplificadores operacionales configurados como seguidores de tensión. De esta forma, y gracias a su elevada impedancia de entrada y a su prácticamente nula impedancia de salida, obtendremos la misma tensión en la entrada y en la salida del amplificador, aislando las etapas entre las que se encuentre y sin tener que preocuparnos por posibles problemas de consumo de corriente.

El MCP6271, amplificador operacional Rail-to-Rail, será el componente elegido para desempeñar las funciones anteriormente mencionadas. Bastará con conectar el pin V_{IN-} con el V_{OUT} para

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

configurarlo como seguidor de tensión, o como también se suele decir, como adaptador de impedancias.

7.3.3. SENSOR DE ACELERACIÓN

Otro de los componentes más importantes del *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas*. Desde un principio teníamos claro que el tipo de acelerómetro que queríamos emplear sería uno basado en tecnología MEMS. Como explicamos en el apartado Antecedentes del presente documento, este tipo de transductores se encuentran actualmente en auge y son utilizados en numerosos dispositivos electrónicos de uso cotidiano (teléfonos móviles, videoconsolas o automóviles son algunos ejemplos), razón por la cual decidimos hacer uso de ellos. Además, sus diminutas dimensiones resultaban perfectas para solventar nuestros problemas de espacio en las placas de circuito impreso.

De las múltiples características que presentan estos componentes, nos centraremos principalmente en dos: el rango de aceleración y el número de ejes que son capaces de medir. Teniendo en cuenta esta última, se pueden distinguir tres tipos de acelerómetros: monoaxiales (miden aceleración en un solo eje), biaxiales (miden aceleración en dos ejes perpendiculares) y triaxiales (miden aceleración en tres ejes). En nuestro caso, y tal y como se especifica en los requisitos de diseño, nos veremos obligados a elegir uno de los últimamente mencionados. En cuanto a lo que al rango de aceleración se refiere, no se especifica ninguna condición, sin embargo, tendremos que ser capaces de elegir uno que nos permita analizar y visualizar las vibraciones correctamente pero sin llegar

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

a ser excesivamente elevado para que el precio no se incremente notoriamente.

Encontrar un acelerómetro que se ajustará a todo lo que necesitábamos, resultó ser una tarea más que complicada. La mayoría de estos transductores, por no decir todos, se fabrican en encapsulados muy pequeños y con unos pines aun más pequeños si cabe, lo cual iba a suponer un serio problema. Los medios de los que disponíamos no nos permitían soldar esta clase de componentes de manera manual. Pese a esto, y como no éramos capaces de localizar sensores de aceleración de mayores dimensiones, probamos suerte con el ADXL335, versión mejorada del ADXL330 (acelerómetro empleado en los mandos de la Nintendo Wii). Tras varios intentos fallidos y cuando ya creíamos que encontrar una solución iba a resultar casi imposible, nos topamos con el módulo ADXL335_BREAKOUT.

Este pequeño componente, que no es más que una pequeña PCB con el ADXL335 ya soldado de fabrica, nos permitirá medir aceleraciones en los ejes X,Y y Z dentro de un rango de $\pm 3g$. Lo único que tendremos que modificar serán los condensadores de filtrado que dicho módulo incorpora también de fabrica, para adecuar el ancho de banda de las mediciones al que realmente necesitemos (mirar cálculos justificativos del documento Anexos). Por lo demás, esta será la mejor opción a la hora de elegir el sensor de aceleración.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

8. RESULTADOS FINALES

8.1. PILA ALCALINA DURACELL ULTRA POWER

El modelo de pila elegido finalmente para ser utilizado en el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en maquinas eléctricas* es el siguiente:

PILA ALCALINA DURACELL ULTRA POWER

A continuación, se enumerarán algunas de las características más importantes de dicho componente.

- Pila no recargable.
- No contiene mercurio.
- Pila alcalina de dióxido de manganeso.
- Mayor autonomía que las pilas convencionales.
- Peso: 46,5 gramos.
- Tensión nominal: 9V.
- Tamaño: PP3.
- Código IEC: 6LR61.



	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

8.2. MIC5205-5.0YM5

El modelo de regulador de tensión elegido finalmente para ser utilizado en el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* es el siguiente:

MIC5205-5.0YM5

A continuación, se enumerarán algunas de las características más importantes de dicho componente.

- Tensión dropout baja (165mV máximo).
- Corriente máxima de salida de 150mA.
- Alta precisión en la tensión de salida.
- Corriente de polarización baja.
- Coeficiente de temperatura muy bajo.
- Ruido a la salida extremadamente pequeño.
- Control lógico de la habilitación del regulador.
- No contiene plomo.
- Tensión de salida: 5V.
- Encapsulado: SOT-23-5.



	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

8.3. PIC18F4620

El modelo de microcontrolador principal elegido finalmente para ser utilizado en el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* es el siguiente:

PIC18F4620

A continuación, se enumerarán algunas de las características más importantes de dicho componente.

- 68K de memoria flash.
- 3986 bytes de SRAM.
- 1024 bytes de EEPROM.
- 36 entradas/salidas.
- Conversor analógico-digital de 10 bits (13 canales).
- Módulo MSSP con I²C y SPI.
- Un módulo ECCP con PWM.
- Un módulo EUSART.
- 4 Timers (uno de 8 bits y 3 de 16 bits).
- Anchura del bus de datos. 8 bits.
- Encapsulado: TQFP (44 pines).



	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Por último, detallaremos la configuración de los registros más importantes del microcontrolador que son necesarios para que el dispositivo funcione a la perfección.

Registro TXSTA

R/W (0)	R (1)	R/W (0)					
CSRC	TX9	TXEN	SYNC	SENDB	BRGH	TRMT	TX9D
0	0	1	0	0	1	1	0
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

CSRC = 0 → En modo asíncrono este bit es irrelevante.

TX9 = 0 → Transmisión de 8 bits seleccionada.

TXEN = 1 → Transmisión habilitada.

SYNC = 0 → Modo asíncrono seleccionado.

SENDB = 0 → Trasmisión Sync Break completada.

BRGH = 1 → Alta velocidad de transmisión seleccionada.

TRMT = 1 → Registro TSR vacío.

TX9D = 0 → Como TX9 = 0, este bit no tiene relevancia.

Registro RCSTA

R/W (0)	R (0)	R (0)	R (x)				
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
1	0	0	0	0	0	0	0
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

SPEN = 1 → Puerto serie habilitado (configura RX y TX como terminales del puerto serie).

RX9 = 0 → Recepción de 8 bits seleccionada.

SREN = 0 → En modo asíncrono este bit es irrelevante.

CREN = 0 → Recepción continua deshabilitada.

ADDEN = 0 → Como RX9 = 0, este bit no tiene relevancia.

FERR = 0 → No hay error de trama.

OERR = 0 → No hay error de desbordamiento.

RX9D = 0 → Como RX9 = 0, este bit no tiene relevancia.

Registro BAUDCON

R/W (0)	R (1)	U (0)	R/W (0)	R/W (0)	U (0)	R/W (0)	R/W (0)
ABDOVF	RCIDL	-	SCKP	BRG16	-	WUE	ABDEN
0	1	0	0	1	0	0	0
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

ABDOVF = 0 → Como ABDEN = 0, este bit no tiene relevancia.

RCIDL = 1 → Recepción inactiva.

SCKP = 0 → En modo asíncrono este bit es irrelevante.

BRG16 = 1 → BRG de 16 bits seleccionado (SPBRGH y SPBRG).

WUE = 0 → Despertar micro por flanco de bajada en RX deshabilitado.

ABDEN = 0 → Autodetección de la velocidad de transmisión deshabilitada.

LEYENDA:

R/W: Bit de lectura/escritura.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

R: Bit de lectura.

U: Bit no implementado.

Bit en rojo: valor modificado respecto al de reinicio.

(0): Después del reinicio del microcontrolador, el bit se pone a 0.

(1): Después del reinicio del microcontrolador, el bit se pone a 1.

(x): Después del reinicio del microcontrolador, el estado del bit es desconocido.

8.4. LGM12864B-NSW-BBW

El modelo de display gráfico elegido finalmente para ser utilizado en el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* es el siguiente:

LGM12864B-NSW-BBW

A continuación, se enumerarán algunas de las características más importantes de dicho componente.

- Display STN azul transmisor.
- Retroiluminación a partir de LEDs de color blanco.
- Controlador incorporado (S6B0108).
- Peso aproximado de 80 gramos.
- Resolución: 128x64 píxeles.
- Dimensiones (mm): 78 x 70 x 14.
- Área de visión (mm): 62 x 44.
- Tamaño del píxel (mm): 0,48 x 0,56.
- Tensión típica de alimentación: 5V.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

8.5. PIC18F1220

El modelo de microcontrolador secundario elegido finalmente para ser utilizado en el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* es el siguiente:

PIC18F1220

A continuación, se enumerarán algunas de las características más importantes de dicho componente.

- 4K de memoria flash.
- 256 bytes de SRAM.
- 256 bytes de EEPROM.
- 16 entradas/salidas.
- Conversor analógico-digital de 10 bits (7 canales).
- Un módulo ECCP con PWM.
- Un módulo EUSART.
- 4 Timers (uno de 8 bits y 3 de 16 bits).
- Anchura del bus de datos. 8 bits.
- Encapsulado: SOIC (18 pines).



	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Por último, detallaremos la configuración de los registros más importantes del microcontrolador que son necesarios para que el dispositivo funcione a la perfección.

Registro ADCON0

R/W (0)	R/W (0)	U (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)
VCFG1	VCFG0	-	CHS2	CHS1	CHS0	GO/ \overline{DONE}	ADON
0	0	0	0	0	0	0	1
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

VCFG1:VCFG0 = 00 → Tensiones de alimentación del microcontrolador seleccionadas como tensiones de referencia del convertor analógico-digital.

CHS2:CHS0 = 000 → Canal 0 seleccionado (AN0).

GO/ \overline{DONE} = 0 → Conversión inactiva.

ADON = 1 → Módulo convertor analógico-digital habilitado.

Registro ADCON1

U (0)	R/W (0)						
-	PCFG6	PCFG5	PCFG4	PCFG3	PCFG2	PCFG1	PCFG0
0	1	1	0	1	0	1	0
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

PCFG6 = 1 → Pin configurado como puerto digital.

PCFG5 = 1 → Pin configurado como puerto digital.

PCFG4 = 0 → Pin configurado como canal analógico (AN4).

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

PCFG3 = 1 → Pin configurado como puerto digital.

PCFG2 = 0 → Pin configurado como canal analógico (AN2).

PCFG1 = 1 → Pin configurado como puerto digital.

PCFG0 = 0 → Pin configurado como canal analógico (AN0).

Registro ADCON2

R/W (0)	U (0)	R/W (0)	R/W (0)				
ADFM	-	ACQT2	ACQT1	ACQT0	ADCS2	ADCS1	ADCS0
1	0	0	0	0	0	1	0
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

ADFM = 1 → Resultado de la conversión justificado a la derecha.

ACQT2:ACQT0 = 000 → Tiempo de adquisición seleccionado igual a $0 T_{AD}$.

ADCS2:ADCS0 = 010 → Frecuencia del convertor analógico-digital seleccionada igual a $F_{OSC}/32$.

Registro RCSTA

R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R/W (0)	R (0)	R (0)	R (x)
SPEN	RX9	SREN	CREN	ADDEN	FERR	OERR	RX9D
1	0	0	1	0	0	0	0
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

SPEN = 1 → Puerto serie habilitado (configura RX y TX como terminales del puerto serie).

RX9 = 0 → Recepción de 8 bits seleccionada.

SREN = 0 → En modo asíncrono este bit es irrelevante.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

CREN = 1 → Recepción continua habilitada.

ADDEN = 0 → Como RX9 = 0, este bit no tiene relevancia.

FERR = 0 → No hay error de trama.

OERR = 0 → No hay error de desbordamiento.

RX9D = 0 → Como RX9 = 0, este bit no tiene relevancia.

Registro BAUDCTL

U (0)	R (1)	U (0)	R/W (0)	R/W (0)	U (0)	R/W (0)	R/W (0)
-	RCIDL	-	SCKP	BRG16	-	WUE	ABDEN
0	1	0	0	1	0	0	0
Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0

RCIDL = 1 → Recepción inactiva.

SCKP = 0 → En modo asíncrono este bit es irrelevante.

BRG16 = 1 → BRG de 16 bits seleccionado (SPBRGH y SPBRG).

WUE = 0 → Despertar micro por flanco de bajada en RX deshabilitado.

ABDEN = 0 → Autodetección de la velocidad de transmisión deshabilitada.

LEYENDA:

R/W: Bit de lectura/escritura.

R: Bit de lectura.

U: Bit no implementado.

Bit en rojo: valor modificado respecto al de reinicio.

(0): Después del reinicio del microcontrolador, el bit se pone a 0.

(1): Después del reinicio del microcontrolador, el bit se pone a 1.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

(x): Después del reinicio del microcontrolador, el estado del bit es desconocido.

NOTA: el registro TXSTA de este microcontrolador se ha configurado exactamente igual que el del PIC18F4620.

8.6. MCP6271

El modelo de amplificador operacional elegido finalmente para ser utilizado en el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* es el siguiente:

MCP6271

A continuación, se enumerarán algunas de las características más importantes de dicho componente.

- Corriente típica de polarización de tan solo 170 μ A.
- Rango de la tensión de alimentación entre 2V y 5,5V.
- Amplificador Rail-to-Rail.
- Rango de temperatura entre -40°C y 125°C.
- Producto Ganancia*Ancho de banda (GBWP): 2MHz.
- Slew Rate: 0,9V/ μ s.
- Encapsulado: SOT-23-5.

NOTA: la apariencia física de este componente es exactamente igual a la del regulador de tensión MIC5205-5.0YM5.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

8.7. MÓDULO ADXL335_BREAKOUT

El modelo de sensor de aceleración elegido finalmente para ser utilizado en el *Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas* es el siguiente:

Módulo ADXL335_BREAKOUT

A continuación, se enumerarán algunas de las características más importantes de dicho componente.

- Acelerómetro de tres ejes.
- Consumo típico de corriente muy bajo (320 μ A).
- Excelente estabilidad de la temperatura.
- Capaz de medir aceleraciones en el rango de $\pm 3g$.
- Rango de la tensión de alimentación entre 1,8V y 3,6V.
- Ancho de banda en los ejes X e Y entre 0,5Hz y 1600Hz.
- Ancho de banda en el eje Z entre 0,5Hz y 550Hz.
- Capaz de resistir impactos de hasta 10000g.
- Dimensiones del módulo (mm): 17,78 x 17,78.
- Encapsulado del acelerómetro: LFCSP.



	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

9. PLANIFICACIÓN

Las tareas necesarias para la correcta realización del presente proyecto se descomponen en distintas fases o etapas de acuerdo a la siguiente jerarquía:

- Orden de magnitud.
 - Definición del proyecto.
 - Establecimiento del objeto y alcance.
 - Estimación del tamaño del proyecto.
 - Presupuesto.
 - Recursos humanos y materiales.
 - Duración.
 - Acotamiento del proyecto.
 - Planteamiento de variables.
 - Planteamiento de restricciones.
 - Planteamiento de criterios de trabajo.
- Estudio preliminar.
 - Recopilación de antecedentes.
 - Búsqueda en internet.
 - Comparación con otras implementaciones.
 - Definición de requisitos de diseño.
 - Requisitos técnicos.
 - Requisitos de calidad.
 - Requisitos de mantenibilidad.

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

- Búsqueda de soluciones.
 - Planteamiento de soluciones.
 - Análisis de soluciones.
 - Elección de la solución a implementar.
- Diseño detallado.
 - Definición de componentes.
 - Hardware.
 - Cálculo y selección de componentes.
 - Software.
 - Definición de módulos.
 - Definición de interfaces.
 - Implementación.
 - Hardware.
 - Diseño de los circuitos.
 - Diseño de las placas.
 - Montaje.
 - Pruebas.
 - Software.
 - Codificación.
 - Pruebas.
 - Revisión y ajustes del diseño.
- Cierre del diseño.
 - Generación de la documentación.
 - Archivado.

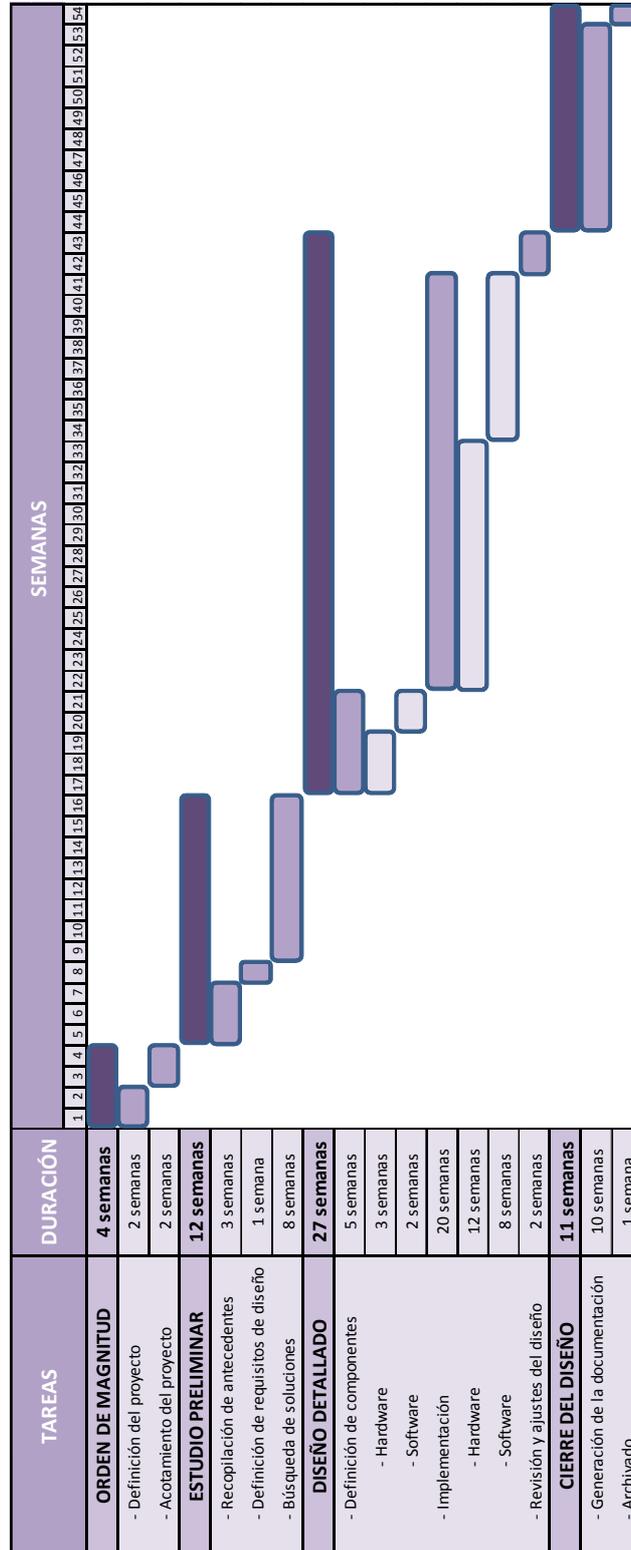


Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas



Memoria

Fecha de aprobación:
25/07/2011



	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Memoria	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

El diagrama de Gantt representado anteriormente nos muestra la relación jerárquica de tareas mencionadas al principio del apartado y su programación temporal.



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



PLANOS

Volumen 4

Sistema portátil para la
medición de vibraciones en
máquinas eléctricas

HOJA DE IDENTIFICACIÓN

❖ **Título del Proyecto:**

Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas

❖ **Título del documento:** Planos

❖ **Nº de volumen:** 4

❖ **Autor del Proyecto:**

Nombre: Roberto Esteban Ibáñez

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Electrónica

DNI: 76919342-M

Dirección profesional: C/Emilio Castelar 13-15-17, 1ºB, 50013 Zaragoza

Teléfono: 661 49 08 01

Correo electrónico: resteban8519@hotmail.com

❖ **Ciente:**

Nombre: Luis Porta Royo

Empresa: Universidad de Zaragoza, departamento de Ingeniería Eléctrica

Dirección profesional: C/María de Luna 3, Edificio Torres Quevedo,
50018 Zaragoza

Correo electrónico: lporta@unizar.es

Fecha y firma:

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Planos	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

Índice:

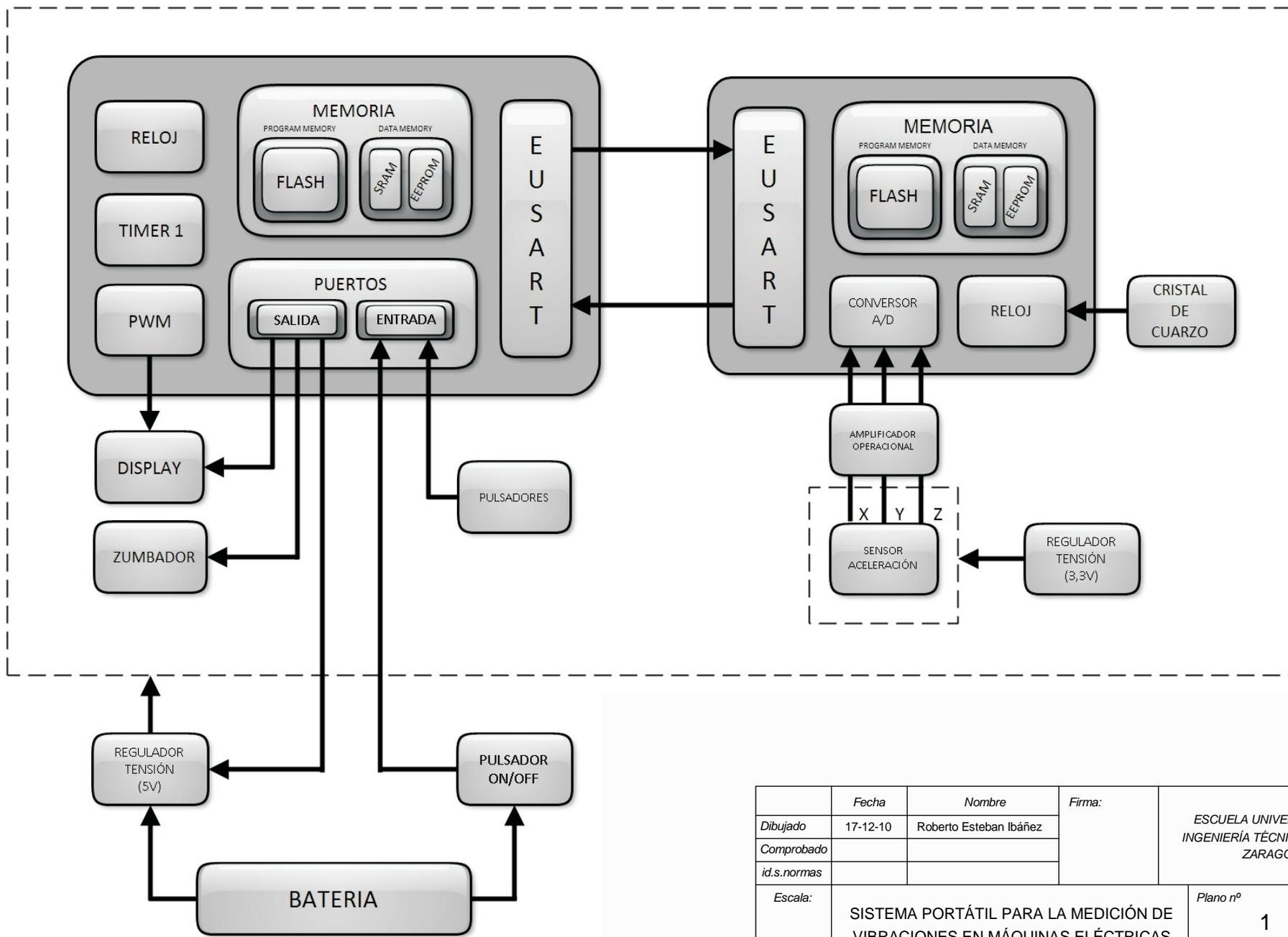
1. Plano nº 1: Diagramas general de bloques	A3
2. Placa de control	
2.1. Plano nº 2: Esquema general del circuito.....	A3
2.2. Plano nº 3: Circuito impreso cara top.....	A4
2.3. Plano nº 4: Circuito impreso cara bottom	A4
2.4. Plano nº 5: Serigrafía cara top.....	A4
2.5. Plano nº 6: Serigrafía cara bottom	A4
2.6. Plano nº 7: Plano de mascarilla cara top	A4
2.7. Plano nº 8: Plano de mascarilla cara bottom	A4
2.8. Plano nº 9: Plano de taladrado.....	A4
2.9. Plano nº 10: Listado de componentes.....	A4
3. Placa de pulsadores 1	
3.1. Plano nº 11: Circuito impreso cara top.....	A4
3.2. Plano nº 12: Circuito impreso cara bottom	A4
3.3. Plano nº 13: Serigrafía cara top.....	A4

	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Planos	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

3.4. Plano nº 14: Plano de mascarilla cara bottom.....	A4
3.5. Plano nº 15: Plano de taladrado.....	A4
3.6. Plano nº 16: Listado de componentes.....	A4
4. Placa de pulsadores 2	
4.1. Plano nº 17: Circuito impreso cara top.....	A4
4.2. Plano nº 18: Circuito impreso cara bottom.....	A4
4.3. Plano nº 19: Serigrafía cara top.....	A4
4.4. Plano nº 20: Plano de mascarilla cara bottom.....	A4
4.5. Plano nº 21: Plano de taladrado.....	A4
4.6. Plano nº 22: Listado de componentes.....	A4
5. Placa sensora	
5.1. Plano nº 23: Esquema general del circuito.....	A3
5.2. Plano nº 24: Esq. del módulo ADXL335_BREAKOUT.....	A4
5.3. Plano nº 25: Circuito impreso cara top.....	A4
5.4. Plano nº 26: Circuito impreso cara bottom.....	A4
5.5. Plano nº 27: Serigrafía cara top.....	A4
5.6. Plano nº 28: Serigrafía cara bottom.....	A4

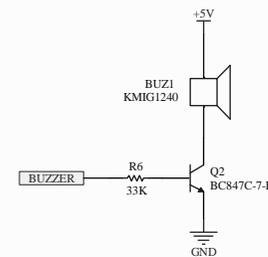
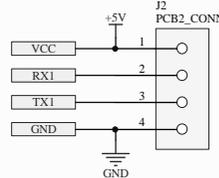
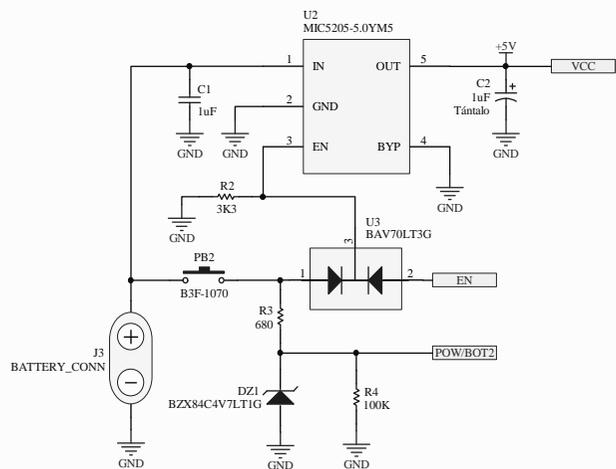
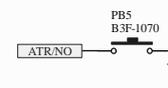
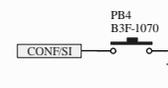
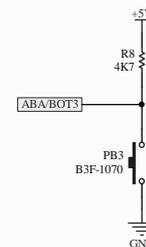
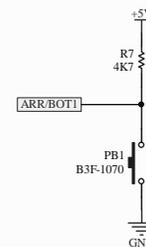
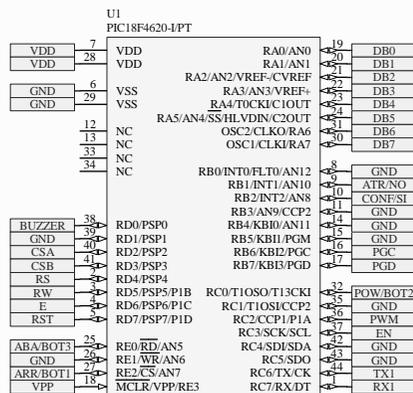
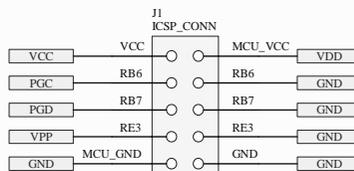
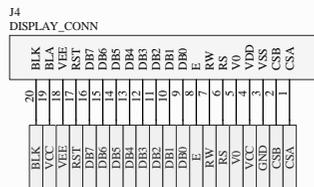
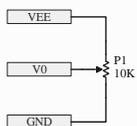
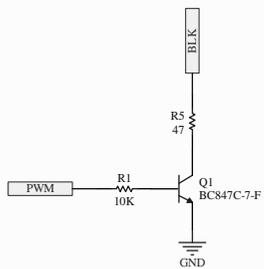
	Sistema portátil para la medición de vibraciones en máquinas eléctricas		
	Planos	Fecha de aprobación: 25/07/2011	

5.7. Plano nº 29: Plano de mascarilla cara top	A4
5.8. Plano nº 30: Plano de mascarilla cara bottom.....	A4
5.9. Plano nº 31: Plano de taladrado.....	A4
5.10. Plano nº 32: Listado de componentes.....	A4
6. Plano nº 33: Interconexionado exterior	A3
7. Plano nº 34: Disposición espacial.....	A3
8. Caja 1	
8.1. Plano nº 35: Mecanizado de la caja.....	A3
8.2. Plano nº 36: Serigrafía de la caja	A4
9. Caja 2	
9.1. Plano nº 37: Mecanizado de la caja.....	A3
9.2. Plano nº 38: Serigrafía de la caja	A4



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
Dibujado	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS DIAGRAMA GENERAL DE BLOQUES			Plano nº 1
				Nº Alumno _____
				Curso: _____





	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
Dibujado	22-08-11	Roberto Esteban Ibáñez			
Comprobado					
id.s.normas					
Escala:	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: ESQUEMA GENERAL DEL CIRCUITO			Plano nº 2	
				Nº Alumno	
				Curso:	

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

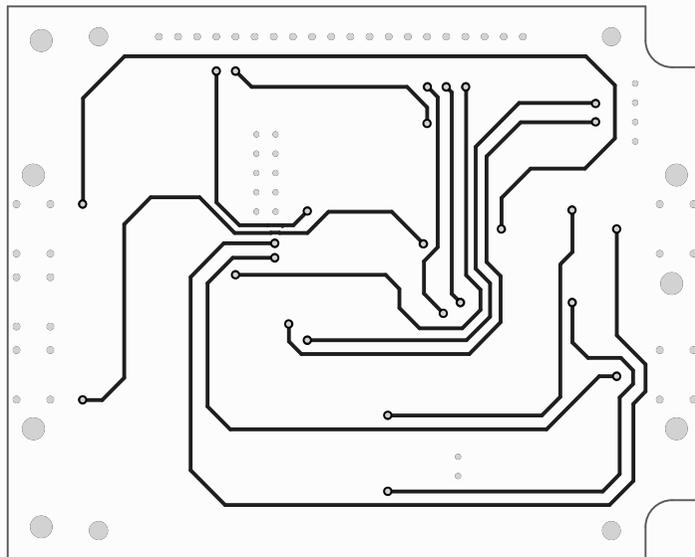
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: CIRCUITO IMPRESO CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				3	
				<i>Nº Alumno</i>	
			<i>Curso:</i>		

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

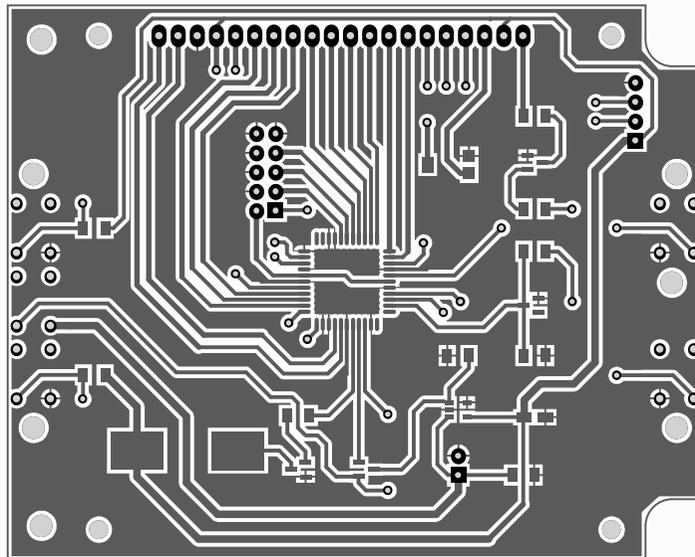
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: CIRCUITO IMPRESO CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>
2:1				4
				<i>Nº Alumno</i>
				<i>Curso:</i>



1

2

3

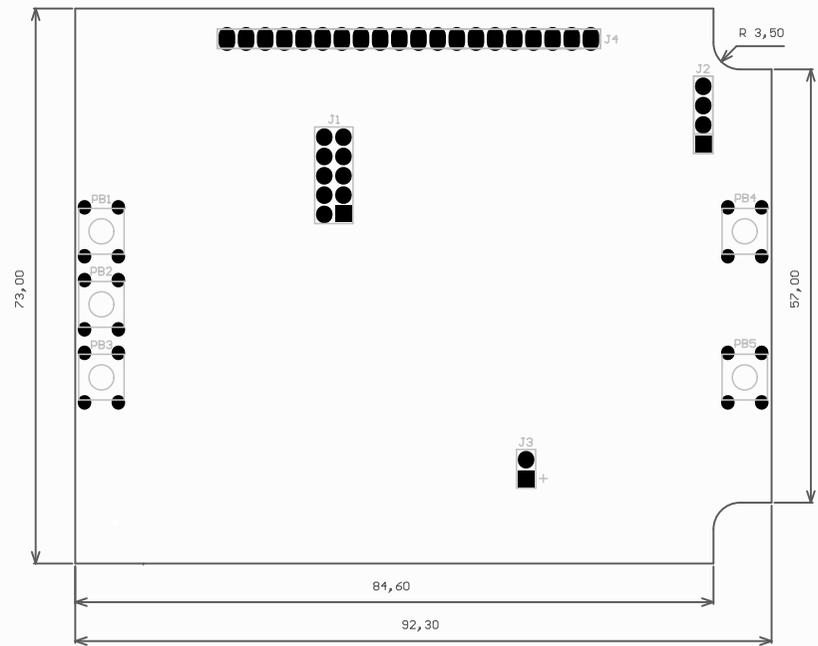
4

5

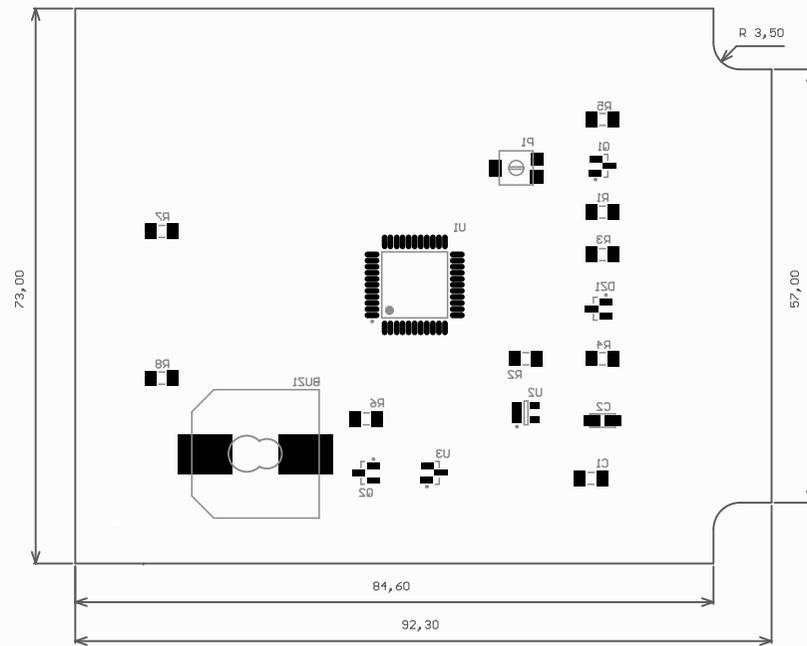
6

7

8



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: SERIGRAFÍA CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				5	
				<i>Nº Alumno</i>	
			<i>Curso:</i>		



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: SERIGRAFÍA CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1				6	
				<i>Nº Alumno</i>	
			<i>Curso:</i>		

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

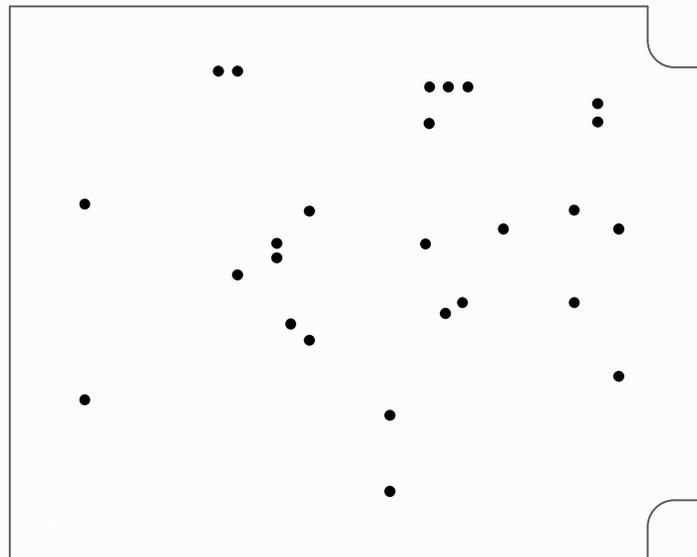
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: PLANO DE MASCARILLA CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				7	
				<i>Nº Alumno</i>	
		<i>Curso:</i>			

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

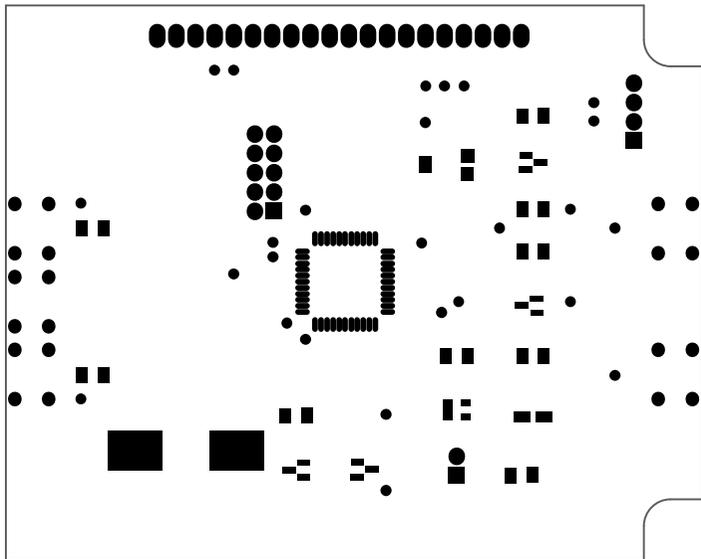
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: PLANO DE MASCARILLA CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1				8	
				<i>Nº Alumno</i>	
	<i>Curso:</i>				

1

2

3

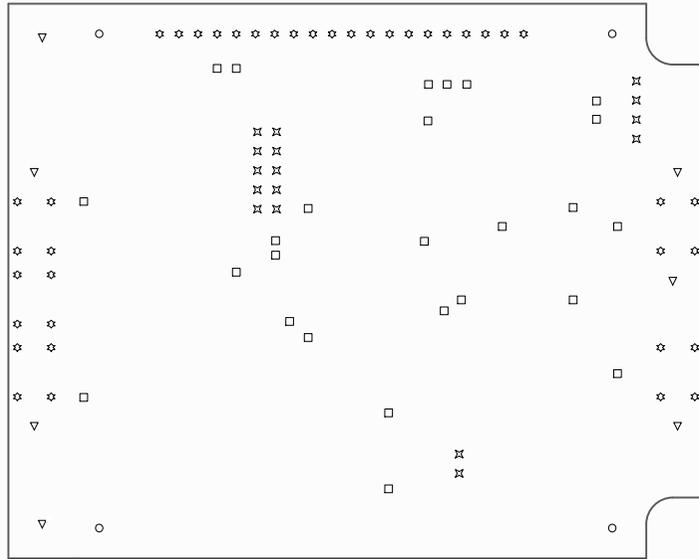
4

5

6

7

8



Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
□	26	0.7112mm (28mil)	PTH	Round
⊠	16	0.8128mm (32mil)	PTH	Round
☆	40	1mm (39.37mil)	PTH	Round
○	4	2.5mm (98.425mil)	PTH	Round
▽	7	3mm (118.11mil)	PTH	Round
	93 Total			

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: PLANO DE TALADRADO		<i>Plano nº</i>	
2:1			9	
			<i>Nº Alumno</i>	
			<i>Curso:</i>	

Ident. General	Ident. Particular	Encapsulado	Localización X	Localización Y
BUZ1	KMIG1240	KMI-1240	23,86 mm	14,41mm
C1	1 μ F	1206 (3216)	68,38 mm	11,17 mm
C2	1 μ F	1206 (3216-18)	69,90 mm	18,79 mm
DZ1	BZX84C4V7LT1G	SOT23-3	69,39 mm	33,52 mm
J1	ICSP_CONN	HDR2X5	34,28 mm	51,05 mm
J2	PCB2_CONN	HDR1X4-A	83,26 mm	59,01 mm
J3	BATTERY_CONN	2238	59,76 mm	12,44 mm
J4	DISPLAY_CONN	HDR1X20	44,23 mm	69,00 mm
P1	10K Ω	3314G-1	58,43 mm	52,03 mm
Q1	BC847C-7-F	SOT23-3	69,90 mm	52,32 mm
Q2	BC847C-7-F	SOT23-3	38,56 mm	11,91 mm
R1	10K Ω	1206 (3216)	69,90 mm	46,22 mm
R2	3K3 Ω	1206 (3216)	59,74 mm	26,92 mm
R3	680 Ω	1206 (3216)	69,90 mm	40,64 mm
R4	100K Ω	1206 (3216)	69,90 mm	26,92 mm
R5	47 Ω	1206 (3216)	69,90 mm	58,42 mm
R6	33K Ω	1206 (3216)	38,56 mm	19,02 mm
R7	4K7 Ω	1206 (3216)	11,48 mm	43,68 mm
R8	4K7 Ω	1206 (3216)	11,48 mm	24,38 mm
U1	PIC18F4620-I/PT	TQFP-44	44,98 mm	36,65 mm
U2	MIC5205-5.OYM5	SOT23-5	59,74 mm	19,81 mm
U3	BAV70LT3G	SOT23-3	47,55 mm	11,91 mm

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 1: LISTADO DE COMPONENTES			<i>Plano nº</i>	
				10	
				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

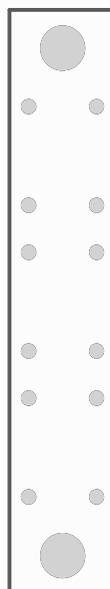
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 2: CIRCUITO IMPRESO CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				11	
				<i>Nº Alumno</i>	
	<i>Curso:</i>				

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

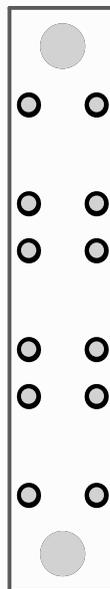
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 2: CIRCUITO IMPRESO CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	 12
2:1				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

1

2

3

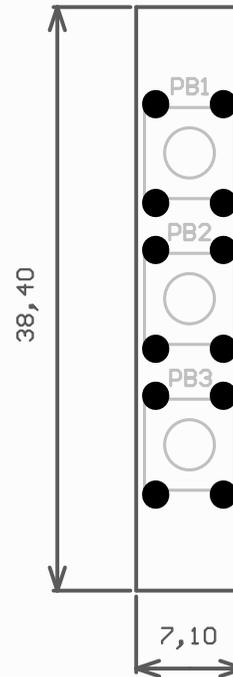
4

5

6

7

8



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 2: SERIGRAFÍA CARA TOP			<i>Plano nº</i>	 13
2:1				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

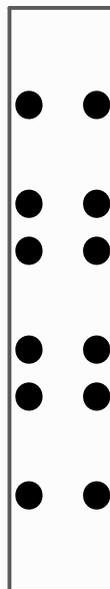
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 2: PLANO DE MASCARILLA CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1				14	
				<i>Nº Alumno</i>	
	<i>Curso:</i>				

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

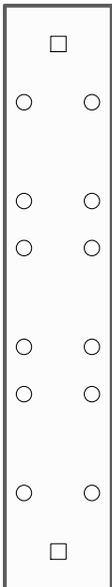
F

G

G

H

H



Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
○	12	1mm (39.37mil)	PTH	Round
□	2	3mm (118.11mil)	PTH	Round
	14 Total			

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 2: PLANO DE TALADRADO			<i>Plano nº</i> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold;">15</div>	
2:1				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

1

2

3

4

5

6

7

8

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

Ident. General	Ident. Particular	Encapsulado	Localización X	Localización Y
PB1	B3F-1070	SPST-NO	3,55 mm	28,80 mm
PB2	B3F-1070	SPST-NO	3,55 mm	19,20 mm
PB3	B3F-1070	SPST-NO	3,55 mm	9,60 mm

D

D

E

E

F

F

G

G

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS			<i>Plano nº</i> 16
	PCB 2: LISTADO DE COMPONENTES			
				<i>Nº Alumno</i>
				<i>Curso:</i>

H

H

1 2 3 4 5 6 7 8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 3: CIRCUITO IMPRESO CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				17	
				<i>Nº Alumno</i>	
	<i>Curso:</i>				

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 3: CIRCUITO IMPRESO CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1				18	
				<i>Nº Alumno</i>	
	<i>Curso:</i>				

1

2

3

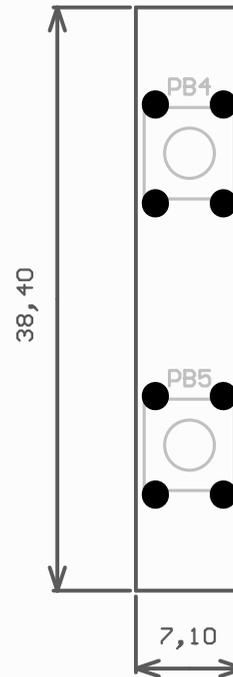
4

5

6

7

8



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 3: SERIGRAFÍA CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				19	
				<i>Nº Alumno</i>	<i>Curso:</i>

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 3: PLANO DE MASCARILLA CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1				20	
				<i>Nº Alumno</i>	
		<i>Curso:</i>			

1

2

3

4

5

6

7

8



Symbol	Hit Count	Tool Size	Plated	Hole Type
○	8	1mm (39.37mil)	PTH	Round
□	2	3mm (118.11mil)	PTH	Round
	10 Total			

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 3: PLANO DE TALADRADO			<i>Plano nº</i> <div style="font-size: 2em; font-weight: bold; text-align: center;">21</div> 
2:1				<i>Nº Alumno</i>
				<i>Curso:</i>

1 2 3 4 5 6 7 8

A

A

B

B

C

C

Ident. General	Ident. Particular	Encapsulado	Localización X	Localización Y
PB4	B3F-1070	SPST-NO	3,55 mm	28,80 mm
PB5	B3F-1070	SPST-NO	3,55 mm	9,60 mm

D

D

E

E

F

F

G

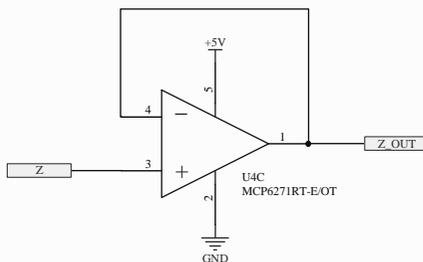
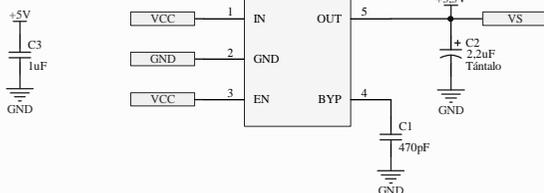
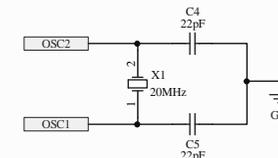
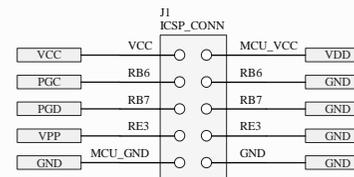
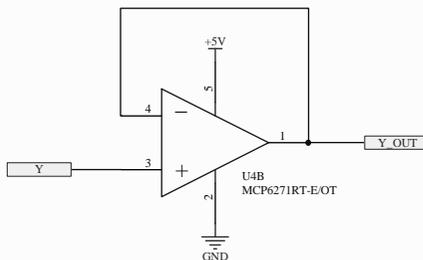
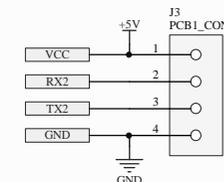
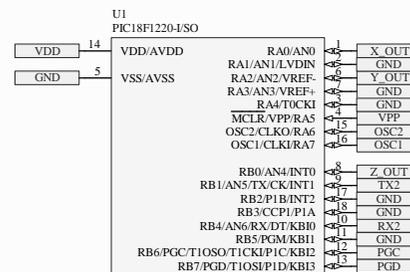
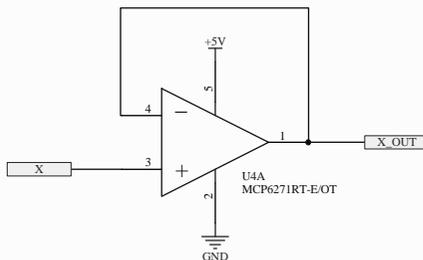
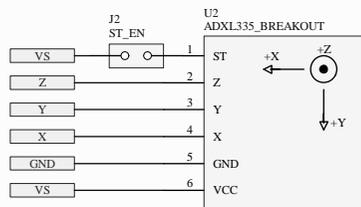
G

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 3: LISTADO DE COMPONENTES			<i>Plano nº</i>	
				22	
				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

H

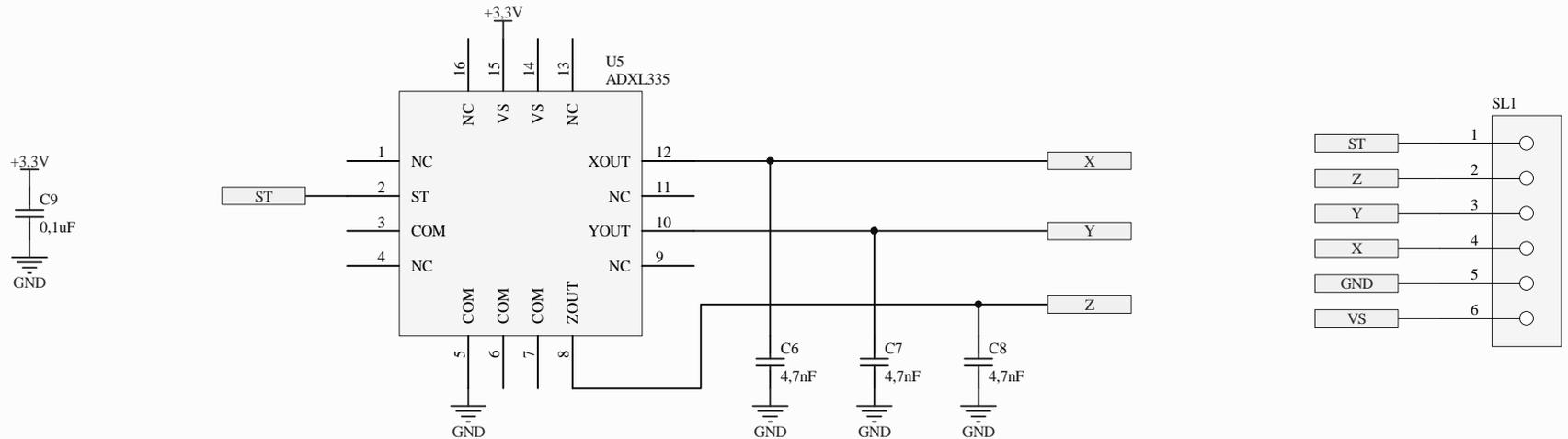
H

1 2 3 4 5 6 7 8



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
Dibujado	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
Comprobado					
id.s.normas					
Escala:	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS			Plano nº	23
	PCB 4: ESQUEMA GENERAL DEL CIRCUITO			Nº Alumno	
				Curso:	





	Fecha	Nombre	Firma:	<p>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA</p>
Dibujado	31-07-11	Roberto Esteban Ibáñez		
Comprobado				
id.s.normas				
Escala:	<p>SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS</p> <p>PCB 4: ESQUEMA DEL MÓDULO ADXL335_BREAKOUT</p>			<p>Plano nº</p> <p>24</p> 
				Nº Alumno
				Curso:

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

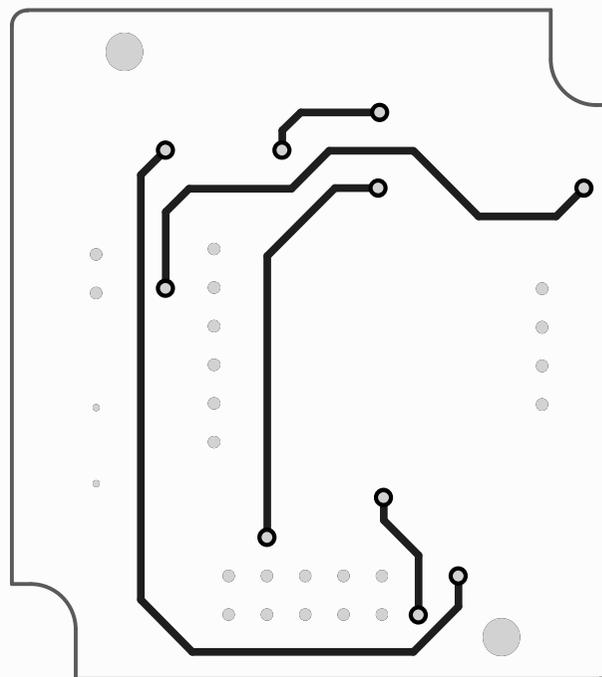
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: CIRCUITO IMPRESO CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				25	
				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

1

2

3

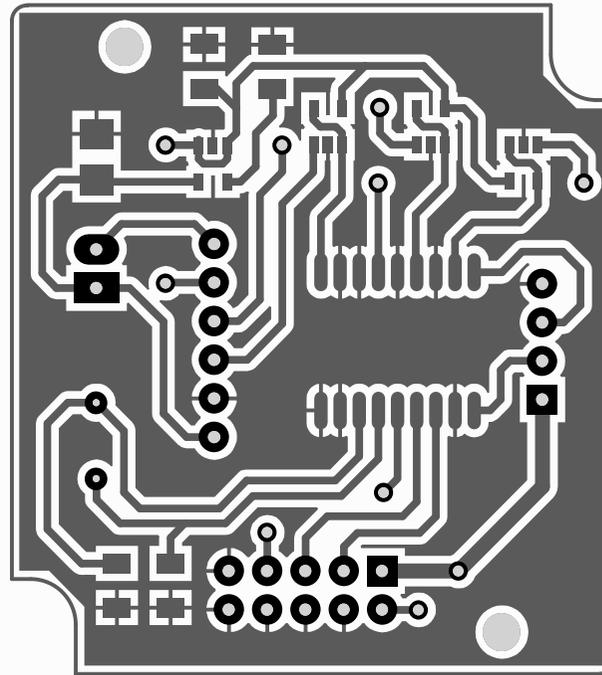
4

5

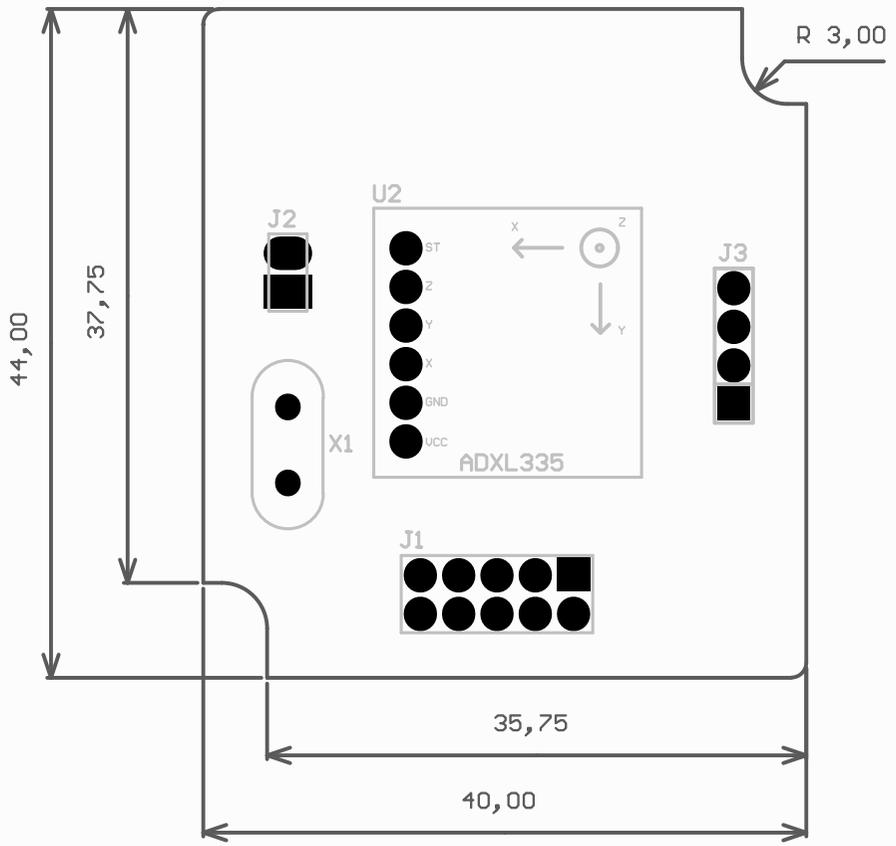
6

7

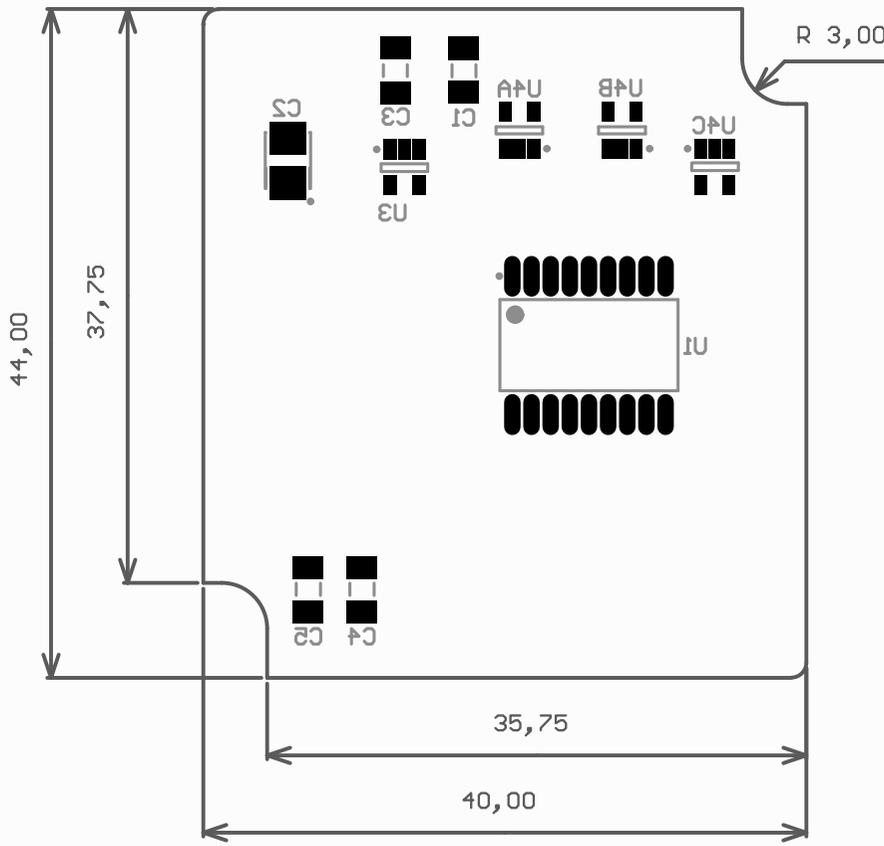
8



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: CIRCUITO IMPRESO CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1					
				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: SERIGRAFÍA CARA TOP		<i>Plano nº</i>	
2:1			27	
			<i>Nº Alumno</i>	
			<i>Curso:</i>	



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: SERIGRAFÍA CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1				28	
				<i>Nº Alumno</i>	
	<i>Curso:</i>				

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

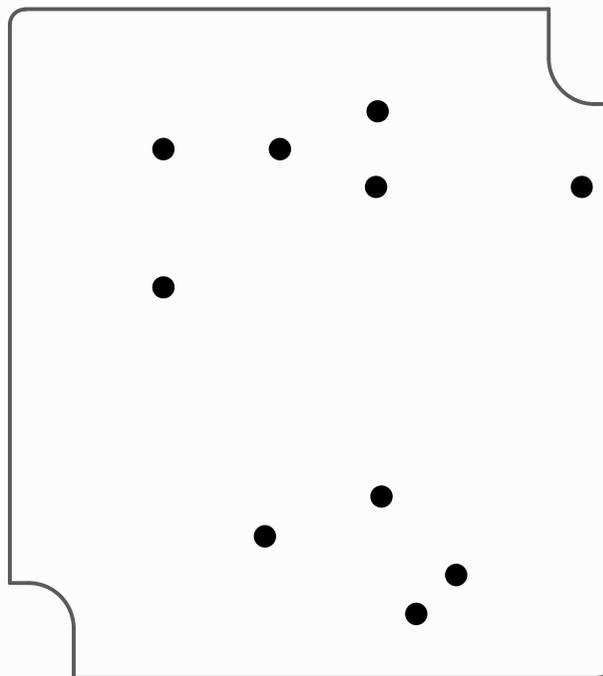
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: PLANO DE MASCARILLA CARA TOP			<i>Plano nº</i>	
2:1				29	
				<i>Nº Alumno</i>	
	<i>Curso:</i>				

1

2

3

4

5

6

7

8

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

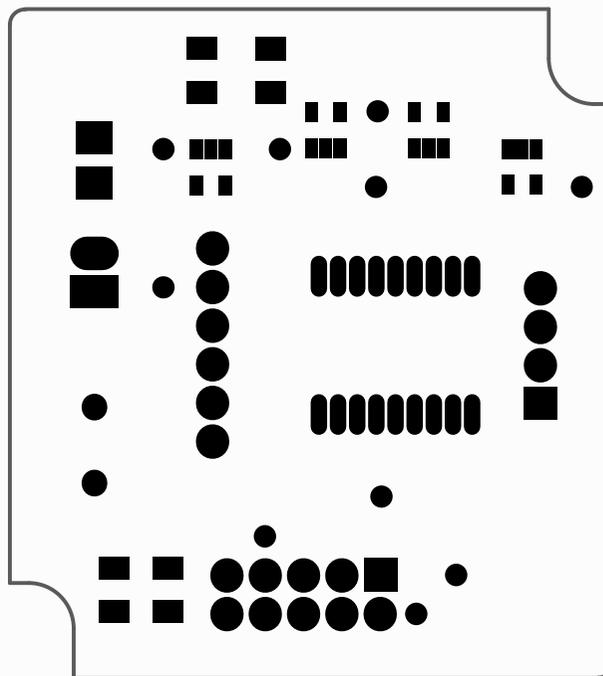
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: PLANO DE MASCARILLA CARA BOTTOM			<i>Plano nº</i>	
2:1				30	
				<i>Nº Alumno</i>	

1

2

3

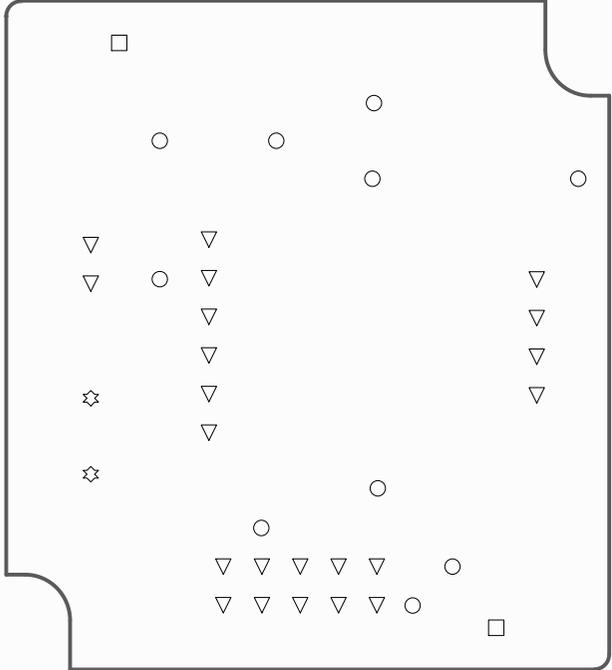
4

5

6

7

8



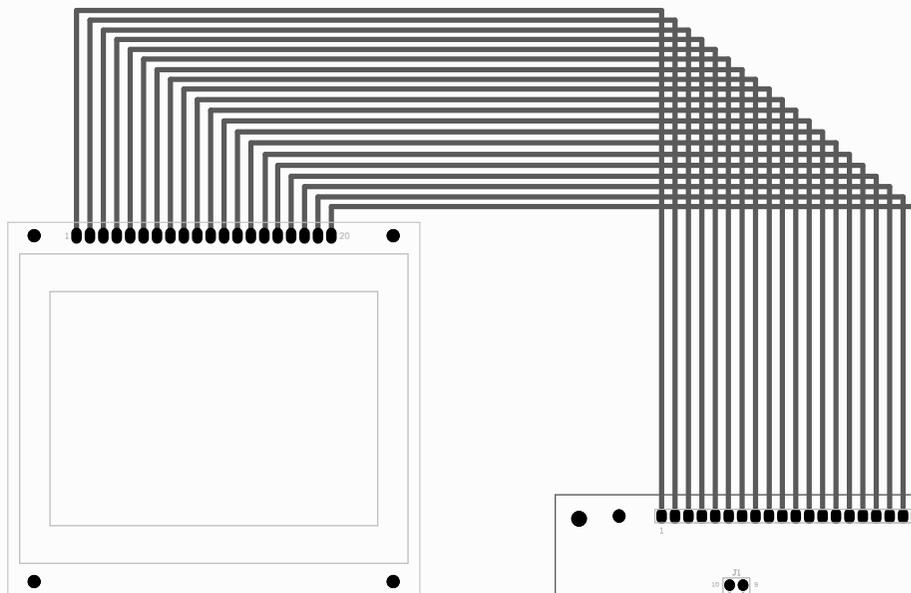
☆	2	0.45mm (17.716mil)	PTH	Round
○	10	0.7112mm (28mil)	PTH	Round
▽	22	0.8128mm (32mil)	PTH	Round
□	2	2.5mm (98.425mil)	PTH	Round
36 Total				

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: PLANO DE TALADRADO			<i>Plano nº</i>	
2:1				31	
				<i>Nº Alumno</i>	
			<i>Curso:</i>		

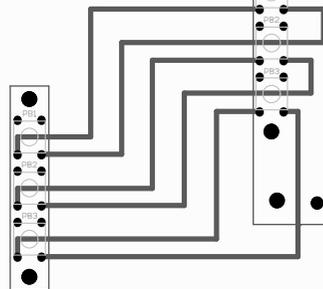
Ident. General	Ident. Particular	Encapsulado	Localización X	Localización Y
C1	470pF	1206 (3216)	17,28 mm	39,94 mm
C2	2,2μF	1206 (3216-18)	5,62 mm	34,03 mm
C3	1μF	1206 (3216)	12,75 mm	39,95 mm
C4	22pF	1206 (3216)	10,52 mm	5,81 mm
C5	22pF	1206 (3216)	6,97 mm	5,81mm
J1	ICSP_CONN	HDR2X5	19,49 mm	5,51 mm
J2	ST_EN	HDR1X2	5,62 mm	26,67 mm
J3	PCB1_CONN	HDR1X4-A	35,18 mm	21,86 mm
U1	PIC18F1220-I/SO	SOIC-18 W	25,58 mm	21,87 mm
U2	ADXL335_BREAKOUT	ADXL335-BOARD	13,43 mm	21,94 mm
U3	MIC5205-3.3YM5	SOT23-5	13,35 mm	33,56 mm
U4A	MCP6271RT-E/OT	SOT23-5	20,96 mm	36,01 mm
U4B	MCP6271RT-E/OT	SOT23-5	27,77 mm	36,01 mm
U4C	MCP6271RT-E/OT	SOT23-5	33,94 mm	33,61 mm
X1	20MHz	HC-49	5,62 mm	15,34 mm

	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS PCB 4: LISTADO DE COMPONENTES			<i>Plano nº</i> 32
				
				<i>Nº Alumno</i>
				<i>Curso:</i>

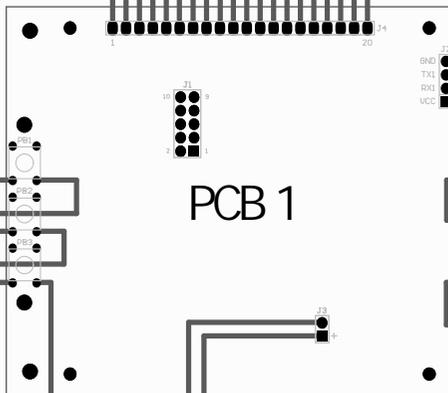
Display gráfico



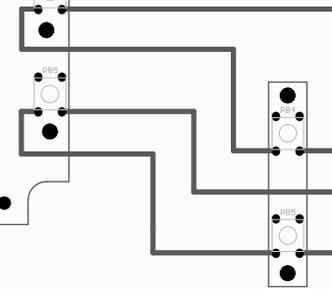
PCB 2



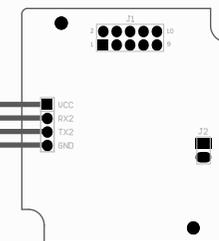
PCB 1



PCB 3



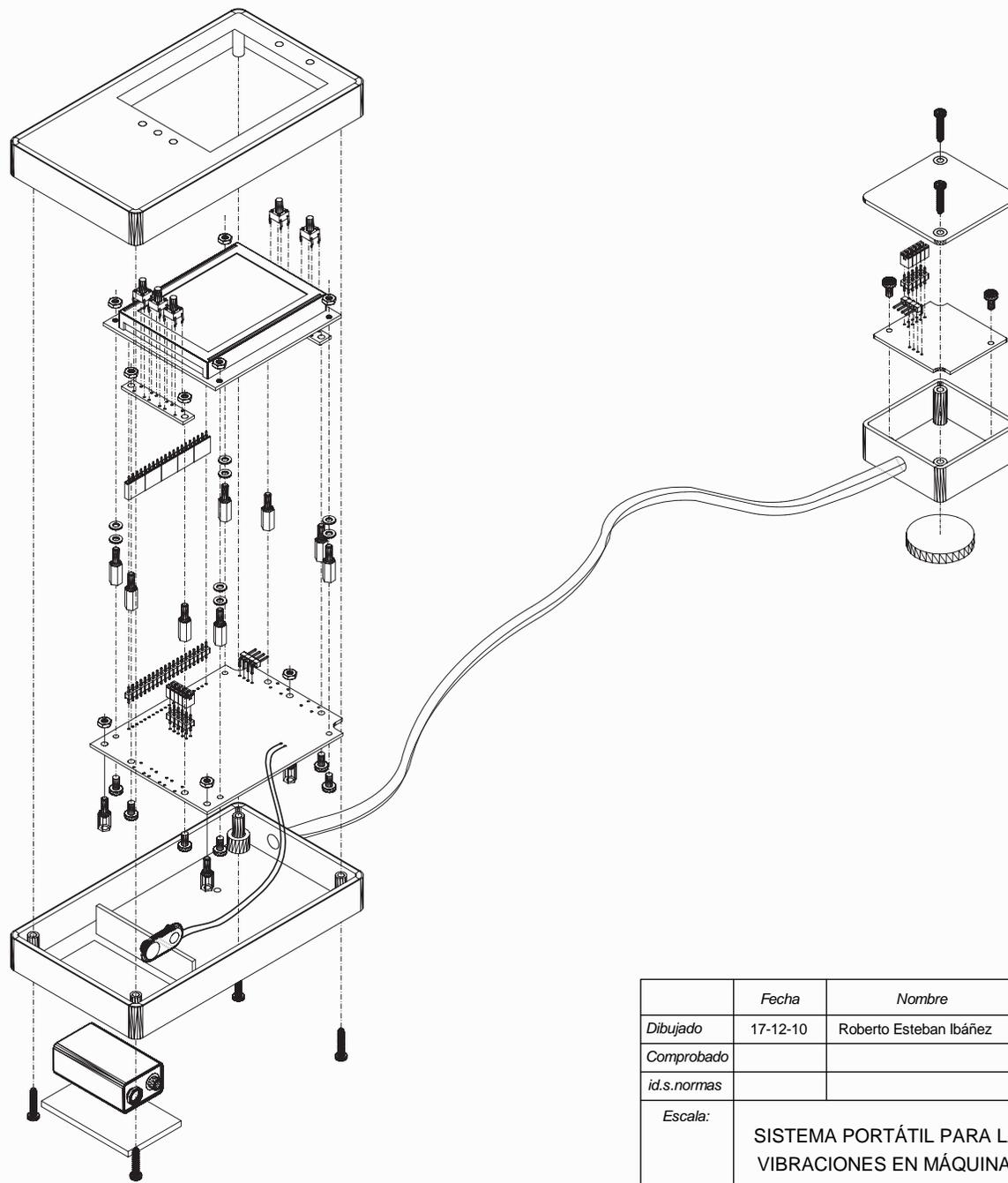
PCB 4



Pila 9V



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS INTERCONEXIONADO EXTERIOR			<i>Plano nº</i> 33
				
				<i>Nº Alumno</i>
				<i>Curso:</i>



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS DISPOSICIÓN ESPACIAL			<i>Plano nº</i> 34	
				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

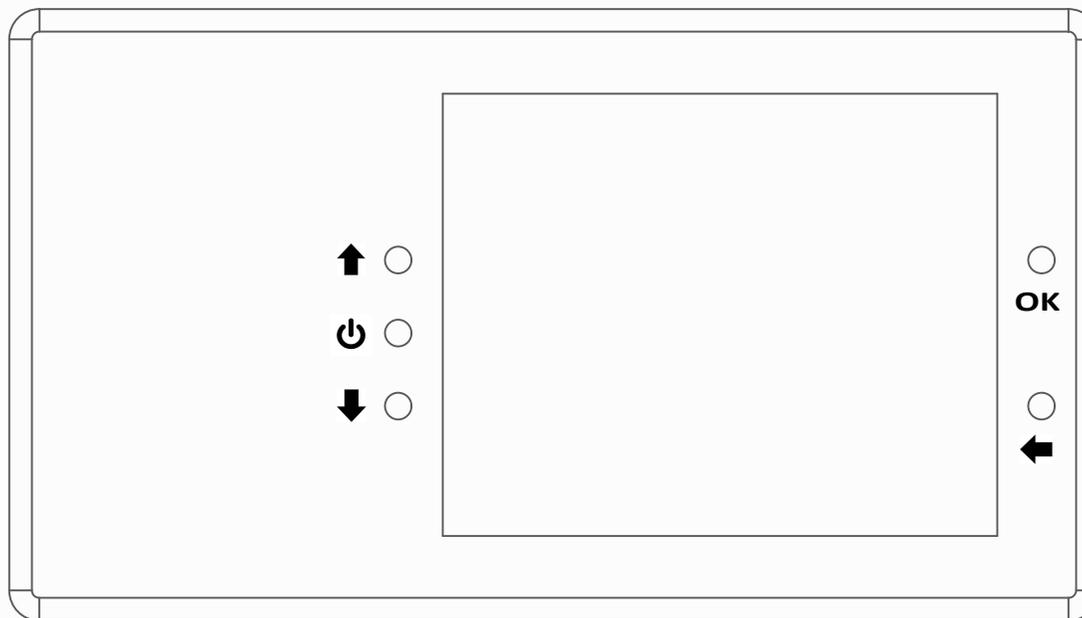
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	<i>ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA</i>
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		
<i>Comprobado</i>				
<i>id.s.normas</i>				
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS			<i>Plano nº</i> 36
	CAJA 1: SERIGRAFÍA DE LA CAJA (TAPA)			
				<i>Nº Alumno</i>
				<i>Curso:</i>

1

2

3

4

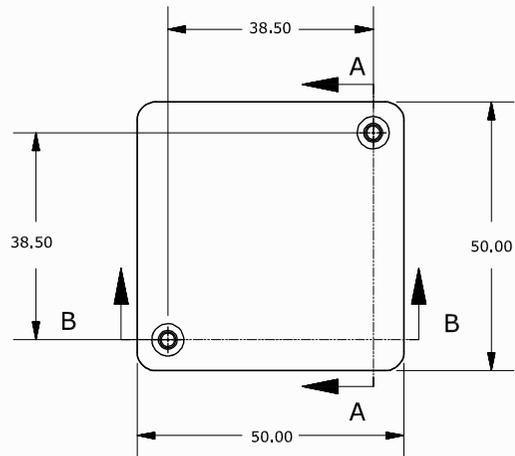
5

6

7

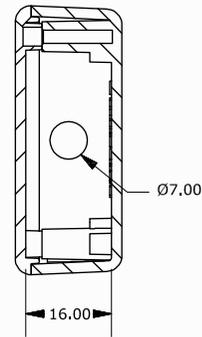
8

Vista superior del ensamblaje

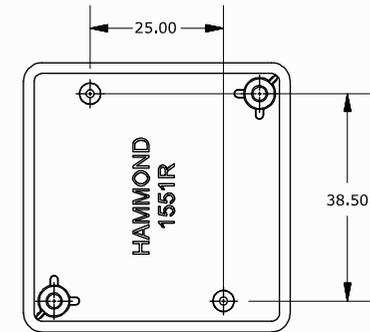


Ensamblaje de la caja

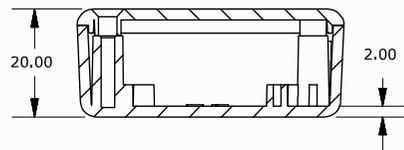
SECCIÓN A-A



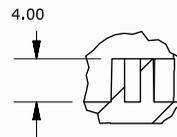
Vista interior de la caja



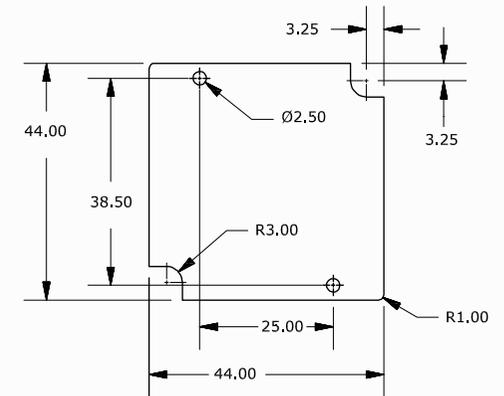
SECCIÓN B-B



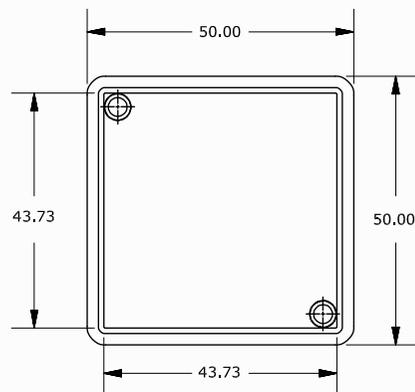
SECCIÓN C-C



Máximo tamaño de la PCB



Tapa



	Fecha	Nombre	Firma:	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA							
Dibujado	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez		<table border="1"> <tr> <td>Plano nº</td> <td rowspan="2">37</td> </tr> <tr> <td>Nº Alumno</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Curso:</td> <td></td> </tr> </table>		Plano nº	37	Nº Alumno		Curso:	
Plano nº	37										
Nº Alumno											
Curso:											
Comprobado											
id.s.normas											
Escala:	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS										
	CAJA 2: MECANIZADO DE LA CAJA										

1

2

3

4

5

6

7

8

A

A

B

B

C

C

D

D

E

E

F

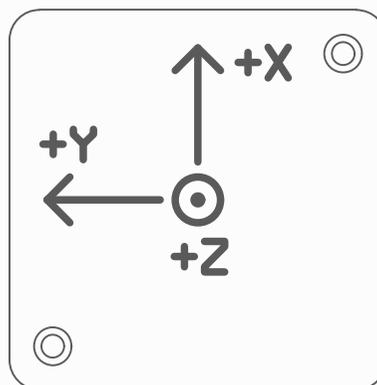
F

G

G

H

H



	<i>Fecha</i>	<i>Nombre</i>	<i>Firma:</i>	ESCUELA UNIVERSITARIA DE INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL ZARAGOZA	
<i>Dibujado</i>	17-12-10	Roberto Esteban Ibáñez			
<i>Comprobado</i>					
<i>id.s.normas</i>					
<i>Escala:</i>	SISTEMA PORTÁTIL PARA LA MEDICIÓN DE VIBRACIONES EN MÁQUINAS ELÉCTRICAS CAJA 2: SERIGRAFÍA DE LA CAJA (TAPA)			<i>Plano nº</i> 38	
				<i>Nº Alumno</i>	
				<i>Curso:</i>	

1

2

3

4

5

6

7

8