



Escola Universitària  
Politécnica de Mataró

**Ingeniería Técnica Industrial: Especialidad Electrónica Industrial**

**COLCHÓN CON TECNOLOGÍA ELECTROTÉRMICA  
TEXTIL.**

**AUTOR: GABRIEL ÁLVAREZ CASELLAS**  
**CO-DIRECTOR: VIRGINIA ESPINOSA DURÓ**  
**CO-DIRECTOR: JOAN GIL LÓPEZ**

OTOÑO AÑO 2009

***Dedico este proyecto a:***

*A mi Madre por estar todos los días de mi vida pendiente de mí, y entenderme todo lo que puede sacrificando vida suya para darme más a mí. Persona que me ha dado la vida que estoy viviendo.*

*A mis Hermanos; Carlos y Ana por ser compañeros de vida hasta día de hoy, y sé que hasta el fin los seremos.*

*A Mónica por ser una persona de valores que pase lo que pase se que siempre estará, y por ser una persona que comprende mi pensar.*

***Agradecimientos:***

*Agradezco a las personas que me han ayudado en la realización del proyecto, tanto a nivel económico, laboral, académico, amistoso, y sentimental. Sin ellas no hubiese podido llevar a cabo la realidad de esta creación.*

*Gabriel*

## Índice

|   |           |
|---|-----------|
| <b>1. Objetivo proyecto.</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1.1. Idea proyecto.</b>  | <b>1</b>  |
| <b>1.2. Especificación del proyecto.</b>  | <b>1</b>  |
| <b>2. Análisis y elección de textil electrotérmico.</b>                               | <b>3</b>  |
| <b>2.1. Estado del arte tecnologías electrotérmicas.</b>                              | <b>4</b>  |
| <b>2.1.1. Textiles inteligentes (“Smart textiles”).</b>                               | <b>4</b>  |
| <b>2.1.2. Textiles electrotérmicos.</b>   | <b>4</b>  |
| <b>2.2. Análisis de textiles electrotérmicos.</b>                                     | <b>5</b>  |
| <b>2.2.1. Tejido de calada con hilos de Fibra de carbono.</b>                         | <b>7</b>  |
| <b>2.2.2. Tejido de calada poliéster bañado con Polímero conductor (Polypirrole).</b> | <b>8</b>  |
| <b>2.2.3. Tejido de punto con mezcla de Poliéster/Acero Inox.</b>                     | <b>10</b> |
| <b>2.2.4. Tejido de Hilo de cobre/aramida bordado.</b>                                | <b>12</b> |
| <b>2.3. Conclusiones y elección del textil.</b>                                       | <b>14</b> |
| <b>3. Colchón electrotérmico.</b>   | <b>15</b> |
| <b>3.1. Temas de confort.</b>   | <b>15</b> |
| <b>3.1.1. Respuestas fisiológicas a la aplicación de calor terapéutico.</b>           | <b>16</b> |
| <b>3.2. Temas de seguridad.</b>   | <b>17</b> |
| <b>3.3. Prototipo colchón electrotérmico.</b>   | <b>18</b> |
| <b>3.3.1. Diseño del colchón electrotérmico.</b>                                      | <b>19</b> |
| <b>3.3.2. Creación del conjunto textil electrotérmico.</b>                            | <b>20</b> |
| <b>3.3.3. Respuesta de calor del conjunto textil electrotérmico.</b>                  | <b>26</b> |
| <b>3.3.4. Construcción del colchón activo.</b>  | <b>26</b> |
| <b>4. Electrónica de control del sistema.</b>   | <b>28</b> |
| <b>4.1. Diseño electrónica de control del sistema.</b>                                | <b>28</b> |
| <b>4.1.1. Comunicaciones.</b>   | <b>29</b> |

|   |     |
|---|-----|
| 4.1.1.1. Módulo de comunicación Bluetooth BISMS02BI-01 de la marca Ezurio.                          | 30  |
| 4.1.1.2. Configuración módulo Bluetooth BISMS02BI-01.   | 34  |
| 4.1.1.3. Configuración Teléfono Móvil o PDA para enlazar con módulo Bluetooth de la PCB.            | 35  |
| 4.1.2. Adquisición de datos. Feedback.  | 36  |
| 4.1.2.1. Linealización sensor de temperatura NTC.   | 37  |
| 4.1.3. Procesado de datos.  | 42  |
| 4.1.4. Potencia para actuadores.  | 46  |
| 4.1.5. Alimentación de la electrónica.  | 48  |
| 4.1.6. PCB física.  | 51  |
| 4.2. Caja para electrónica de control del sistema.  | 54  |
| 4.3. Programa y funciones de la electrónica.  | 58  |
| 5. Descripción aplicación software de control para usuario. Funciones.                              | 62  |
| 6. Tests del sistema y conclusiones.  | 69  |
| <br>  |     |
| 1. Presupuesto.   | 73  |
| <br>  |     |
| 1. Esquema teórico, layout de la electrónica y dimensiones de la caja de encapsulado con sus tapas. | 75  |
| <br>  |     |
| 1. Bibliografía.  | 85  |
| <br>  |     |
| Anexos.   | 87  |
| 1. Información datasheets componentes electrónica de control.                                       | 87  |
| 2. Código programa.   | 120 |
| 3. Video explicativo del proyecto.  | 125 |

## 1. Objetivo del proyecto.

El objetivo del proyecto es dotar de propiedades calefactables a un colchón convencional, consiguiendo un *sistema activo en calor* que proporcione más confort y relajación que un colchón pasivo. Se pretende conseguir un sistema que aplique sensación de calor al cuerpo humano.

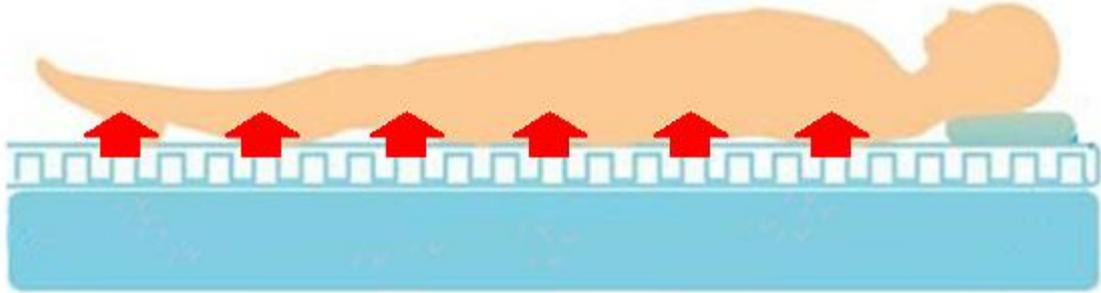


Figura 1. *Objetivo concepto.*

### 1.1. Idea proyecto.

Se pretende integrar en un colchón un sistema de calefacción de confort, repartido en toda la superficie de este pero separado por zonas independientes, de forma que pueda aplicarse calor en diferentes zonas del cuerpo y con diferentes temperaturas de confort. El sistema debe poder controlarse de forma muy simple y de fácil acceso, sin dificultad de uso e instalación por complejidad, para poder llegar a todos los clientes usuarios.

Idea innovadora capaz de aportar valor añadido a un producto ya existente en el mercado y que ha quedado saturado por la gran cantidad de competidores y también por la simplicidad del propio producto, quedando en un punto en el que las mejoras de este no son suficientemente sustanciales para el usuario desde un punto de vista funcional. Producto que en los últimos años solo ha competido en costes entre los vendedores del sector, dejándolo en un umbral de precio muy acotado, sin posibilidad de sacar gran beneficio por unidad vendida.

Se aporta una mejora cualitativa en el sector introduciendo un sistema que ofrece nuevas posibilidades de confort que un colchón convencional nunca hubiese podido proporcionar al usuario.

### 1.2. Especificación del proyecto.

Para mejorar el producto con sistemas activos térmicos sobre él, se piensa en tecnologías electrotérmicas, capaces de proporcionar calor utilizando materiales conductores a través de los cuales se hace pasar corriente eléctrica de forma que el material se caliente, efecto físico llamado “Efecto Joule”, este calor es aprovechado para calentar las distintas zonas del colchón, en concreto se determinan tres; cabeza, tronco y pies. Se piensa en un sistema o material *eléctrico-textil* para poder integrar mejor en el colchón, y aprovechar las propiedades de flexibilidad y fácil adaptación que

proporciona este específico textil, capaz de calentarse al aplicarle tensión eléctrica en sus extremos.

Para el control del usuario de todo el sistema, se piensa en un sistema inalámbrico para evitar cableado molesto, de esta forma se consigue mantener al máximo la estética inicial del colchón para evitar impacto deficiente en la imagen final del producto, conservando la estética del colchón pasivo sin cables, también se piensa en esta funcionalidad para dar opción domótica. Se piensa en un sistema de comunicación inalámbrica desde un modulo transmisor lo más simple posible, y de funcionalidades básicas que emita a un receptor las ordenes de función determinadas por el usuario. El receptor, se integra en el colchón siendo además la centralita de control electrónico de todo el sistema, este capaz de recibir información del exterior del colchón, información de estado del propio colchón, y procesar todos los datos para dar orden de actuación, según corresponda, a diferentes actuadores térmicos integrados en el colchón.

Para aportar más innovación al producto se piensa en un dispositivo *teléfono móvil* ó *PDA* para utilizar las funciones de control de usuario ya que estos dispositivos ofrecen: comunicaciones inalámbricas estándar como por ejemplo *Bluetooth*, interfaz software de usuario sencilla, conocida y de fácil acceso por la mayoría de usuarios, a la vez interfaz configurable con la instalación de aplicación software específico (no es el propósito del proyecto la realización de esta aplicación software, se realiza un software sencillo para realizar las funciones básicas del sistema).

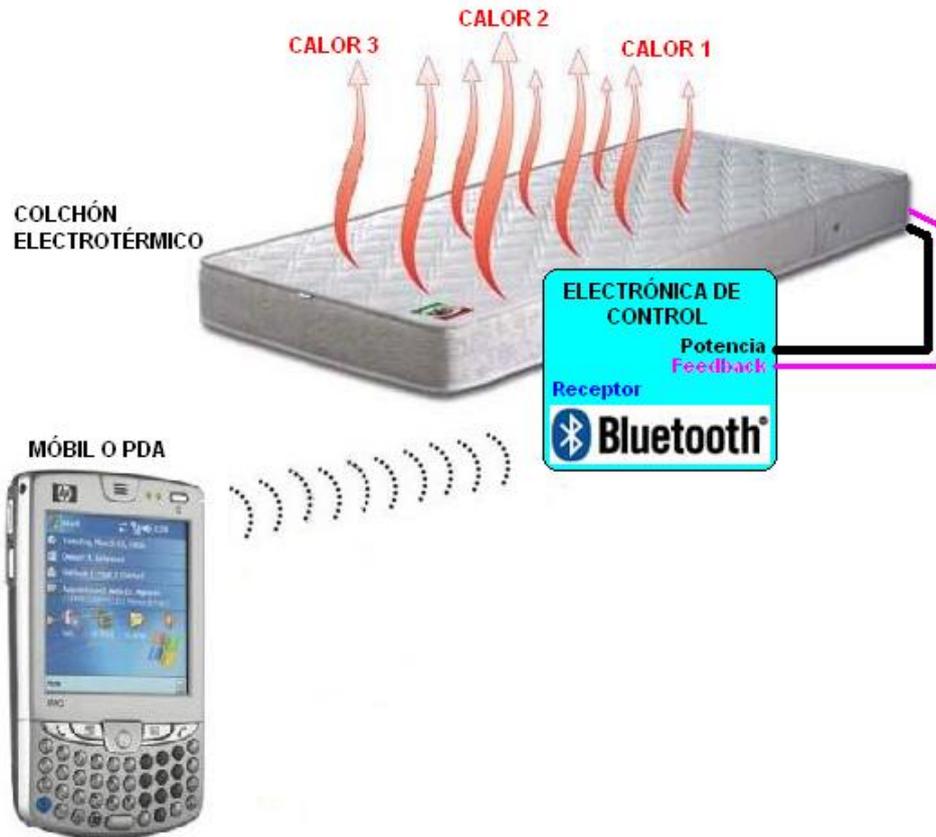


Figura 1.2. Diagrama de la aplicación.

## 2. Análisis y elección del textil electrotérmico.

Existen distintas formas de conseguir calor, algunas no son aplicables o son poco eficientes para esta aplicación, otras son demasiado costosas. De todas las tecnologías existentes la opción más viable por ser una solución poco costosa relativamente, fácil de integrar en el colchón, y que causaría poco impacto de implantación en el mismo, por tanto pocos cambios en la forma de producir el conjunto colchón activo, es la *tecnología electrotérmica textil*. Este tipo de tecnología que se encuentra en el campo de los " *Smart textiles*" (textiles inteligentes) consiste en calentar un textil específico, este con componentes metálicos conductores, haciendo circular corriente eléctrica a través de él, se consigue un efecto físico denominado *Efecto Joule*, este surge cuando en un material conductor, parte de la energía cinética de los electrones es transformada en calor a causa de los choques que sufren los átomos del material conductor por el que circulan, esos choques elevan la temperatura del material. La característica principal de esta tecnología i clave para la aplicación es que el material en cuestión sea un textil, adoptando las propiedades de este, estas son:

- Flexibilidad: Todos los textiles tienen un grado de flexibilidad, esta característica en la aplicación influye de forma muy positiva, consiguiendo mantener la *viscosidad* (propiedad que tienen la mayoría de colchones del mercado), y la propia flexibilidad del colchón. Se consigue no perder la adaptación del cuerpo humano en el colchón, de forma que éste ceda con los diferentes pesos del cuerpo de la persona repartidos en la superficie del colchón, es decir no afectar a la funcionalidad principal del producto; el confort.
- Elasticidad: Propiedad que tienen los textiles capaces de deformarse de su estado inicial. En la aplicación en concreto no es una propiedad que se necesite en exceso, ya que podría provocar pérdida de precisión en el control del sistema. Pero tampoco debe ser un textil sin elasticidad ya que afectaría negativamente en la adaptación del cuerpo en el colchón.
- Resistente al liquido: (no cuando está circulando corriente eléctrica). Esta propiedad característica de los textiles, es interesante en el aspecto resistencia y durabilidad del sistema, cualquier textil es posible mojarlo y por tanto lavarlo.

Existen características importantes en los textiles que no son propiedades implícitas de estos, pero si son posibilidades en ellos que afectan positivamente en el colchón y que otros sistemas no podrían conseguir, son las siguientes:

- Poco grosor: En general la mayoría de textiles se crean en formato plano y flexible, el grosor de estos varía según el uso que se desee, se pueden conseguir grosores muy finos que pueden adaptarse fácilmente en el colchón y sin provocar cambios o modificaciones sustanciales en este.
- Fácil fabricación en serie: La elaboración masiva de textil es fácil de realizar, se requiere un proceso inicial de puesta a punto de maquinas y ajuste de estas

según el textil específico a realizar, después se fabrican bobinas de textil de forma rápida.

## **2.1. Estado del arte tecnologías electrotérmicas.**

### **2.1.1. Textiles inteligentes (“*Smart textiles*”).**

Son textiles capaces de realizar funcionalidades adicionales i diferentes al modificar su naturaleza cuando reciben estímulos externos de tipo químico o físico, son textiles activos que a diferencia de sus originales (pasivos), ofrecen más características. Existen de diferentes tipos según la funcionalidad que realicen o el estímulo al que respondan. Son materiales conocidos desde hace varios años, pero en la actualidad están teniendo una fuerte aparición al aportar propiedades y componentes adicionales al uso de textiles tradicionales, que son muy valoradas desde el punto de vista innovador y que proporcionan un paso adelante en la industria textil saturada en su sector por la gran competencia en costes de producción a la que ha llegado el mercado.

Los textiles inteligentes se pueden clasificar según su funcionalidad en:

- Textiles electroluminiscentes: emiten luz Pueden reaccionar al aplicarles tensión eléctrica o pueden ser de tipo Fosforo que adquiere luz en exposición a esta para posteriormente ser emitida.
- Textiles con memoria de forma, o Polímeros electroactivos: pueden deformarse en respuesta a estímulos eléctricos, y recuperar formas iniciales a la deformación.
- Textiles que cambian de color: se les aplica calor, ya sea en forma de electricidad que los atraviesa o por radiación, estos reaccionan cambiando su color.
- Textiles que regulan la distribución de aromas o de cosméticos, medicamentos: son tejidos con capsulas que tienen en su interior fragancias o productos químicos con determinadas propiedades que ofrecen diversas aplicaciones. Estas capsulas se abren con calor aplicado en el textil.
- Textiles electrotérmicos: son los capaces de proporcionar calor cuando se les hace pasar corriente eléctrica a través de ellos, funcionan por efecto Joule.

### **2.1.2. Textiles electrotérmicos.**

Los textiles electrotérmicos son tejidos que han sido alteradas sus propiedades en su fabricación para conseguir un resultado final con funcionalidades térmicas.

Estos textiles se pueden clasificar en función de su capacidad conductora de circulación de corriente eléctrica. Cuanto más conductor es un textil peores propiedades electrotérmicas tiene ya que este es más capaz de conducir corriente eléctrica sin fricciones de los electrones en él.

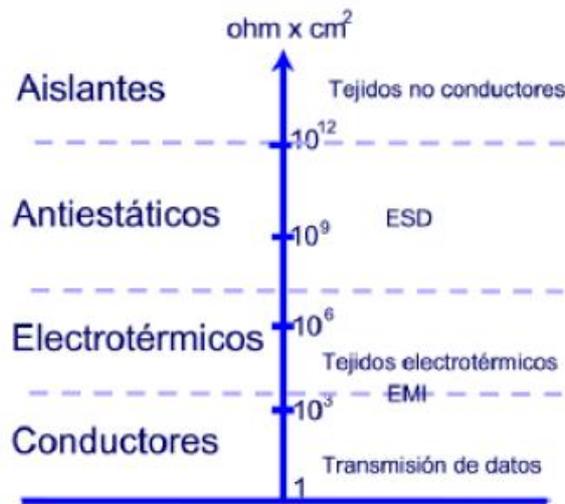


Figura 2.1. Clasificación tipos de textiles según resistencia eléctrica.

## 2.2. Análisis de textiles electrotérmicos.

Se realiza un análisis de 4 tipos de textiles electrotérmicos diferentes con el objetivo principal de encontrar el textil más eficiente en la relación *calor-potencia eléctrica*, los textiles elegidos por sus buenas características electrotérmicas son:

- *Tejido de calada con hilos de Fibra de carbono.*
- *Tejido calada poliéster bañado con Polímero conductor (Polypirrole).*
- *Tejido de punto con mezcla de Poliéster/Acero Inox.*
- *Hilo de Cobre/Aramida bordado.*

Se ponen a prueba estos textiles más idóneos para la aplicación; Se realizan pads de 50x90 cm, uno para cada tipo de textil, cosiendo un electrodo de metal que aguanta una circulación de corriente a través de él de hasta 10A en cada lado del pad para conseguir un buen contacto con la fibra. Se hace circular corriente eléctrica a través del pad para conseguir efecto de calor.

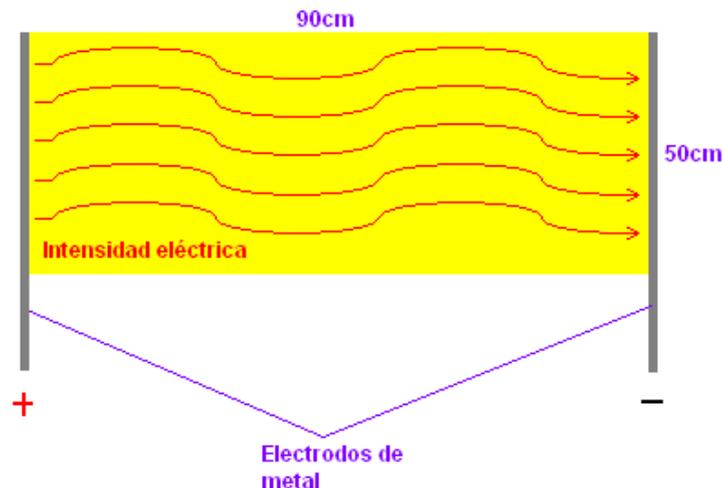


Figura 2.2. Esquema de aplicación física de los pads.

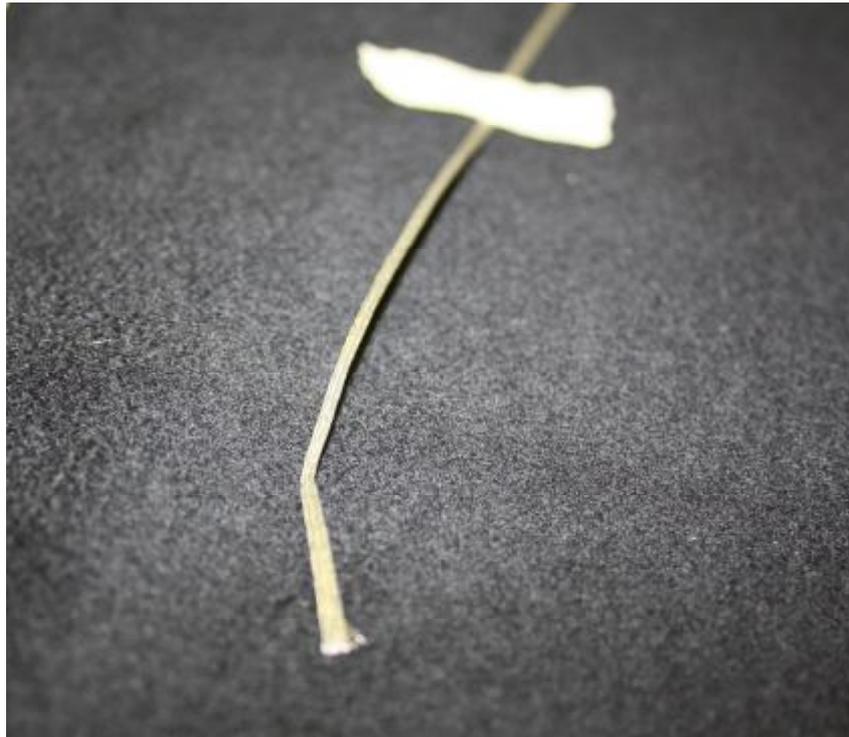


Figura 2.3. *Electrodo de hilos de metal entrelazados, de 10A.*

En los análisis se valoran las siguientes propiedades:

- Resistencia a altas temperaturas: Es importante que el textil electrotérmico resista su funcionamiento como función térmica sin deteriorarse o perder propiedades como tal.
- Relación Temperatura/Potencia eléctrica: Interesa el textil electrotérmico que proporcione el máximo calor a menor consumo energético.
- Variación de resistencia eléctrica al producirse cambios en su forma: esta propiedad es ventajosa para la aplicación si esta variación es baja, ya que así nos asegura un buen control eléctrico al no variar sus características eléctricas en pleno funcionamiento y a causa de la flexibilidad o deformación aplicada en el textil electrotérmico.
- Flexibilidad y textura textil: Las características anteriores son las principales, pero también es importante que por tener esas características no se integre en el colchón final un textil rugoso o poco flexible que aporte pocas propiedades como textil en el conjunto y por tanto perjudique al confort de la persona.

Las pruebas se realizan en los 4 pads siguiendo los mismos criterios y en las mismas condiciones para conseguir una buena comparativa entre ellos:

- Se va aumentando la tensión eléctrica entre electrodos para obtener una relación de *temperatura-potencia*, se realiza una medida de potencia eléctrica aplicada ( $P=V \cdot I$ ) y valor de temperatura alcanzado con esa potencia al cabo de 2 minutos

aproximadamente después de aplicar la tensión correspondiente entre electrodos para asegurar una buena medición de temperatura ya que la aceleración es muy baja. Los incrementos de tensión se realizan de 1v.

- Temperatura ambiente 23°C.
- Se mide la temperatura encima de la superficie de contacto con la persona.
- La medición se realiza con una cámara termográfica (capaz de captar la radiación infrarroja que emiten los pads al calentarse) de la marca **FLIR System, modelo INFRACam**. (Es una medición de temperatura aproximada, no de precisión, pero nos da una buena referencia de los valores de temperatura que alcanza el pad que se está analizando).

### 2.2.1. Tejido de calada con hilos de Fibra de carbono.

Este tejido de calada esta realizado con hilos de monofilamentos de fibra de carbono. Es un material con un elevado coste y un bajo número de proveedores. Sus propiedades mecánicas son excelentes, es muy resistente a temperaturas altas y tiene un coeficiente de temperatura positivo, es decir, aumenta su resistencia eléctrica al aumentar su temperatura, este efecto hace que el mismo material limite el paso del corriente eléctrico a través de él cuando llega la su temperatura a un valor determinado.



Figura 2.4. Tejido de calada con hilos de Fibra de carbono.

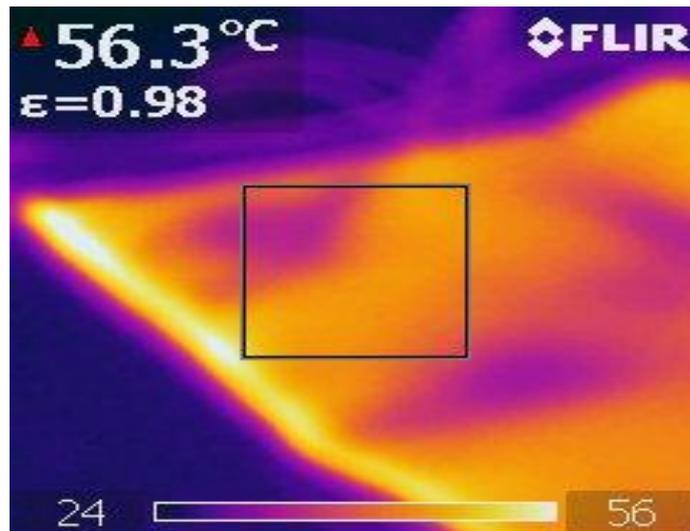


Figura 2.5. Imagen termográfica Fibra de Carbono.

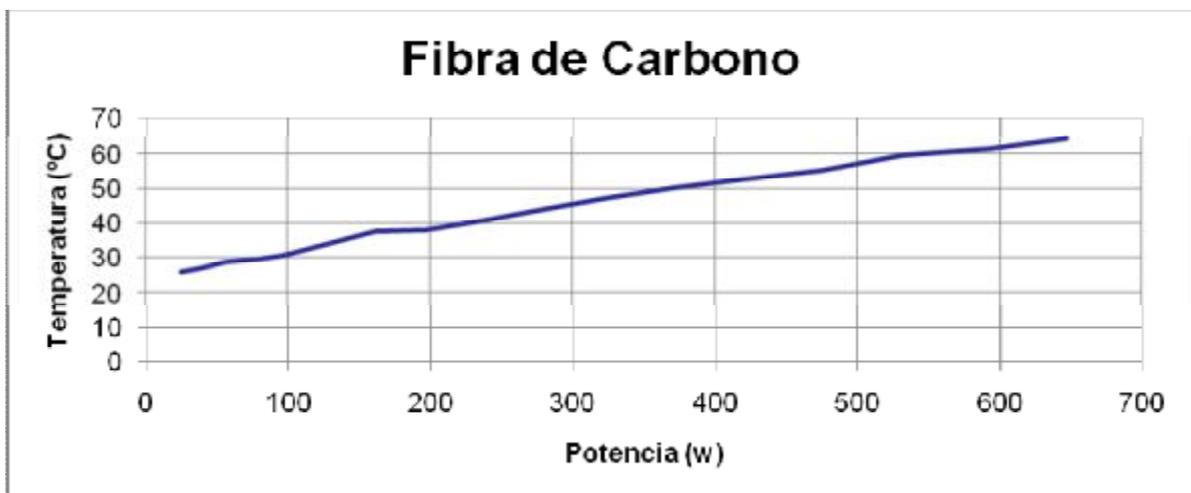


Figura 2.6. Respuesta de calor Fibra de Carbono.

*Resistencia eléctrica=0,5 Ohms*

*Resistencia eléctrica textil arrugado=0,1 Ohms*

### Conclusiones:

Textil muy conductor, por lo tanto necesita tensión alta para calentarse y en consecuencia potencia eléctrica alta. Resistente a muy altas temperaturas, no se destruye fácilmente a pesar de llegar a temperaturas de hasta 200°C. Es poco sensible en resistencia eléctrica a cambios de forma, eso es una ventaja ya que mantiene un buen control del mismo a pesar de cambios en su forma, arrugas, dobleces, etc. *Textil no viable para aplicaciones de calor de baja potencia como es la del proyecto.*

### **2.2.2. Tejido de calada poliéster bañado con Polímero conductor (Polypirrole).**

Es un tejido de calada bañado con polímero conductor, se puede modificar la resistencia eléctrica del tejido en función de la formulación del baño. Su coeficiente de temperatura es positivo. El coste es elevado en comparación a otros métodos. Existen pocos

proveedores a nivel mundial, pero existe la posibilidad de ser fabricado por uno mismo. Pierde su propiedad conductora después de varios lavados.



Figura 2.7. *Tejido Poliester baño de Polypirrole.*

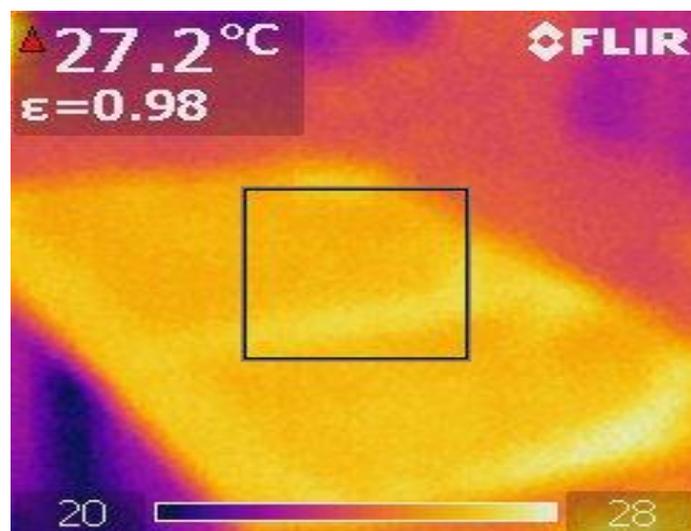


Figura 2.8. *Imagen termográfica Poliéster baño de Polypirrole.*

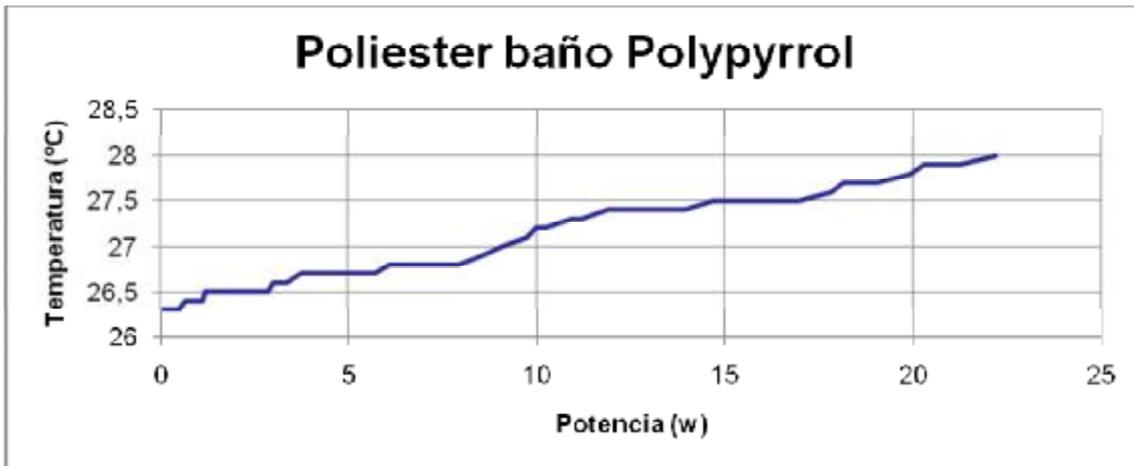


Figura 2.9. Respuesta de calor Poliéster baño de Polypirrole.

*Resistencia eléctrica=191,6 Ohms*

*Resistencia eléctrica textil arrugado=25,5 Ohms*

Conclusiones:

Textil muy aislante, hasta el punto de casi no conducir electricidad, por tanto hay poca fricción entre los electrones y el material se calienta poco. Produce arcos voltaicos al necesitar una tensión entre electrodos muy elevada para producir un mínimo de calor. Sensible en variación resistencia eléctrica al producirse cambios de forma en el mismo. *Textil no viable para esta aplicación de calor.*

**2.2.3. Tejido de punto con mezcla de Poliéster/Acero Inox.**

Tejido de punto realizado con hilo de fibras de poliéster mezclado con fibras de acero inoxidable al 50%. Es un textil que ofrece la posibilidad de diferentes estructuras o ligamentos. Tiene un coeficiente de temperatura negativo, es decir, baja su resistencia eléctrica al aumentar su temperatura, efecto que hace que el material se vaya calentando cada vez más al ir subiendo su consumo (corriente eléctrica) en función del tiempo y con una misma tensión aplicada constantemente, por tanto es importante controlar su temperatura con más relevancia que un textil con coeficiente negativo, este se auto limita en un valor determinado de temperatura.



Figura 2.10. *Tejido PES / Acero Inox.*

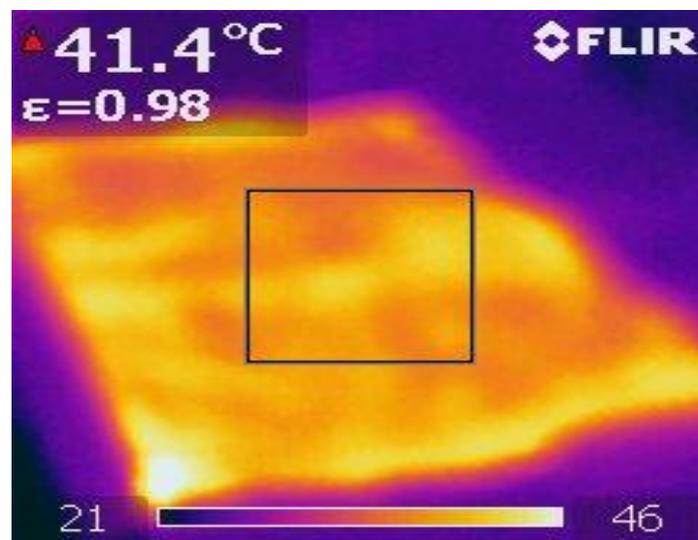


Figura 2.11. *Imagen termográfica PES / Acero Inox.*

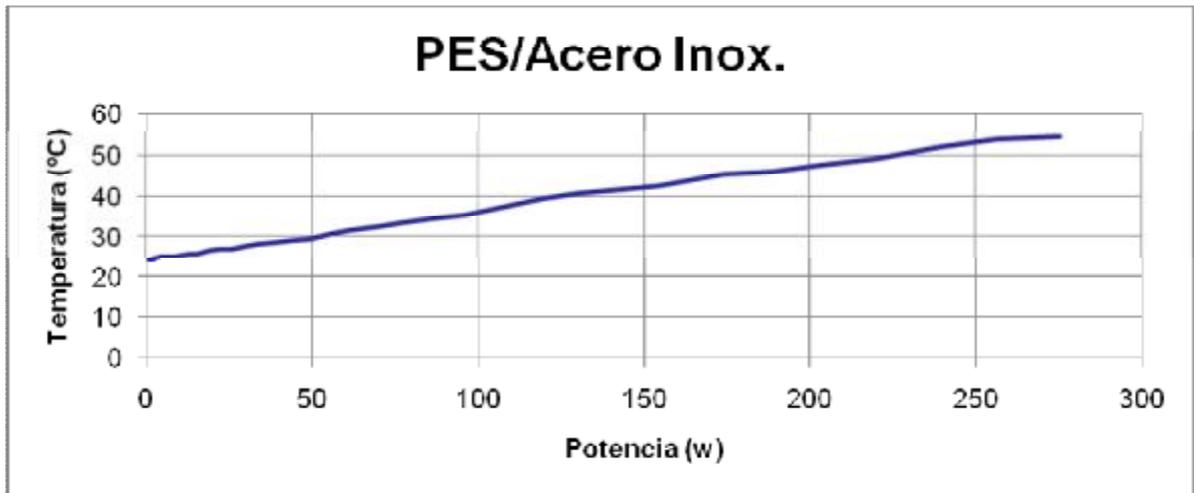


Figura 2.12. Respuesta de calor PES / Acero Inox.

Resistencia eléctrica=16,5 Ohms

Resistencia eléctrica textil arrugado=5 Ohms

### Conclusiones:

Textil muy conductor. Aguanta temperaturas de hasta 100°C sin quedar afectadas sus propiedades electrotérmicas o textiles. Sensible en resistencia eléctrica a cambios de forma del mismo. *Textil viable para aplicaciones de bajo calor.*

### 2.2.4. Tejido de Hilo de cobre/aramida bordado.

Textil con base de lana que aguanta y almacena altas temperaturas, con un bordado específico de una mezcla específica de hilos metálicos con hilos no metálicos que forman un solo hilo con propiedades conductoras y de gran resistencia mecánica, este se borda en la base de lana con un hilo de aramida muy resistente a altas temperaturas, hasta 400°C, y gran resistencia mecánica. Este hilo de mezcla específica es muy resistente térmicamente y mecánicamente. El conjunto textil ofrece posibilidad de infinidad de diseños. Coeficiente de temperatura negativo. El riesgo de rotura es muy bajo.



Figura 2.13. Tejido Hilo de cobre/aramida bordado.

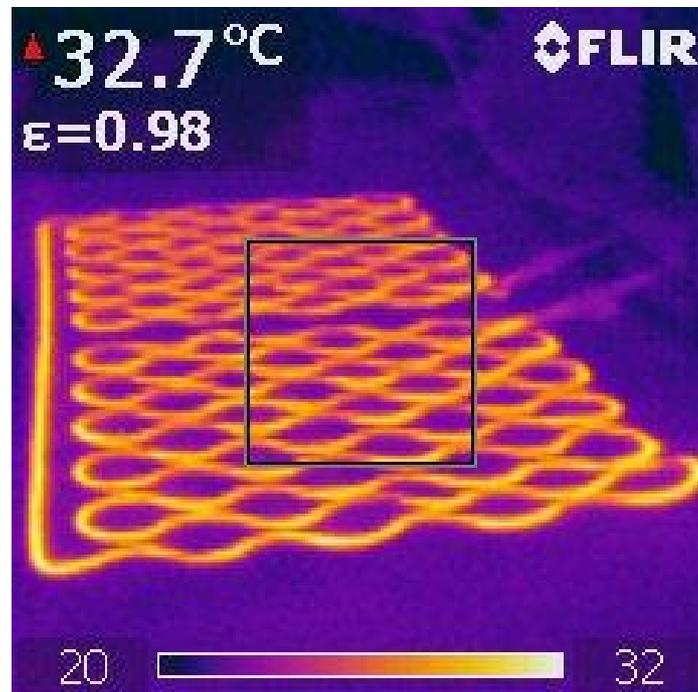


Figura 2.14. Imagen termográfica Hilo de cobre/aramida bordado.



Figura 2.15. Respuesta de calor Hilo de cobre/aramida bordado.

Resistencia eléctrica=8,75 Ohms

Resistencia eléctrica textil arrugado= 10 Ohms

### Conclusiones:

Conjunto textil con temperatura más elevada en el hilo para conseguir el mismo efecto homogéneo de calor en todo el textil, conlleva colocar otra capa de textil encima del electrotérmico para aislar de excesos de temperatura concentrada en el hilo y conseguir así mayor efecto homogéneo. Coste relativamente bajo. Muy eficiente en comparación otros tejidos o compuestos. Fragilidad al quedar todo el tejido sin energía si se rompe el hilo conductor en cualquiera de su recorrido. **Textil viable para aplicaciones de bajo calor.**

### 2.3. Conclusiones y elección del textil.

Los cuatro tejidos analizados son viables para aplicaciones de calor, pero los dos primeros; *Fibra de carbono* y *Tejido con baño de polímero conductor*, son textiles o compuestos que necesitan relativamente alta tensión para calentarse, eso hace que no sean viables para aplicaciones de baja potencia calorífica y en consecuencia no son adecuados para la aplicación del proyecto. En el caso de la *Fibra de carbono*, este es un material muy caro y por tanto influiría directamente en el coste de producción en serie de un posible producto final y por tanto en el precio de venta de este.

Los dos últimos tejidos analizados son muy adecuados para generar poco calor (de confort) y con relativa baja potencia energética aplicada. El *Tejido de punto con mezcla de Poliéster/Acero Inoxidable* es muy idóneo para la aplicación del proyecto ya que al ser calentado ofrece una transmisión de calor homogénea en toda su superficie, característica que no proporciona el *Tejido de Hilo de cobre/aramida bordado* por su naturaleza de composición del conjunto. Aunque este último parezca que ofrece mayor temperaturas a igual o menor potencia eléctrica aplicada, la medición está hecha con

una cámara termográfica y esta mide el área del conjunto que desprende calor, por tanto la media del valor medido sube a causa de la alta concentración de calor que se produce en el hilo bordado, pero realmente el calor homogéneo no es el del valor reflejado en la medida.

El *Tejido de punto con mezcla de Poliéster/Acero Inoxidable* ofrece una textura, flexibilidad y elasticidad que no proporcionan en el mismo nivel los otros tejidos analizados, hasta el punto de parecer un textil completamente normal, esta propiedad de gran semejanza a un textil convencional proporciona mejor mantenimiento de las funcionalidades de confort que ya ofrece un colchón convencional, por tanto no se verá alterada la confortabilidad en ya existente en el colchón pasivo si se integra este textil electrotérmico.

Otra ventaja que ofrece este tejido de punto de mezcla es que en caso de rotura o agujero en alguna zona del textil, este puede continuar funcionando, y por tanto emitiendo calor en todo el tejido menos en la zona perpendicular a los electrodos cosidos y que ha quedado cortada por el agujero en cuestión. Esta característica no es igual de válida para el *Tejido de Hilo de cobre/aramida bordado*, ya que al tener este un solo hilo conductor, solo que se corta en algún punto este hilo todo el textil deja de funcionar de forma electrotérmica.

Después de los análisis realizados a nivel de características técnicas y características experimentales a los cuatro textiles elegidos como más adecuados en un principio para la aplicación y objetivos del proyecto. Se escoge el *Tejido de punto con mezcla de Poliéster/Acero Inoxidable* para la aplicación de calor de confort en un colchón, por sus ventajas como textil electrotérmico frente a los otros tejidos analizados.

### **3. Colchón electrotérmico.**

Teniendo el textil electrotérmico elegido por sus características superiores a los otros, se elabora la parte textil del proyecto, donde se integrarán los actuadores que aplicaran calor al cuerpo humano, se convertirá el colchón pasivo en activo.

#### **3.1. Temas de confort.**

Se denomina *Termoterapia* a la aplicación del calor o el frío como agentes terapéuticos. Existen tres formas de aplicar calor o frío al cuerpo humano según el tipo de contacto:

- Radiación: Es la transmisión del calor (energía en forma de ondas electromagnéticas) a través del vacío. Es el principal mecanismo de termólisis del organismo. No solo se produce emisión sino que se produce también absorción de radiación electromagnética. El poder absorbente, así como el poder de radiación del cuerpo depende de su temperatura, de su naturaleza y de su superficie. Ejemplo: Calor Infrarrojo.
- Conducción: Es un mecanismo de intercambio de energía térmica entre dos superficies en contacto. Se produce entre dos áreas de diferente temperatura, por

colisión molecular directa y por desplazamiento de electrones libres. La energía térmica pasa de lugares de mayor temperatura a lugares de menor temperatura. Los tejidos del cuerpo humano presentan, en general, una baja conductividad térmica, se comportan como aislantes. Los tejidos con gran contenido de agua (músculos, sangre) presentan una mayor conductividad. Si se interpone aire entre un agente termoterápico y la piel, será difícil la transmisión del calor. Ejemplos: Agentes termoterapéuticos sólidos (Arena, envolturas secas, almohadillas, mantas eléctricas, objetos metálicos calientes, bolsas de agua caliente, hot packs, etc.), y semilíquidos (peloides, parafina y parafango).

- Convección: Consiste en la transferencia de calor que tiene lugar en un líquido (agua, sangre, etc.). Aunque en los líquidos y gases una parte del calor se transfiere por conducción, una mayor cantidad hace por convección. En el cuerpo humano se produce transporte de calor desde la profundidad hacia la superficie corporal, por conducción y por convección. El mecanismo convectivo, en el que desempeña un papel fundamental la circulación sanguínea, actúa a modo de radiación y es la causa principal de que a corta distancia de la piel la temperatura central sea prácticamente uniforme. Ejemplos. Aplicaciones hidroterapéuticas calientes, baños de vapor y sauna.
- Evaporación: Es un mecanismo termolítico, variante de la convección, consistente en una transferencia de calor corporal por la vaporización del sudor y del agua de los pulmones, durante la espiración. Es un mecanismo imprescindible frente a temperaturas externas elevadas. Las pérdidas por evaporación (a través del sudor) aumentan con la elevación de la temperatura ambiental.
- Conversión: Es la transformación de otras formas de energía en calor. Ejemplo. Los ultrasonidos donde la energía mecánica produce fricción y se transforma en calor, otro ejemplo son las altas frecuencias donde la energía electromagnética desarrolla corrientes inducidas dentro de organismo que producen calor desde la profundidad hacia la superficie.

El objetivo del proyecto es dotar de funcionalidades caloríficas a un colchón convencional utilizando el *método por conducción para dar sensación de calor al cuerpo humano, por tanto no es necesario generar gran cantidad de energía para conseguir temperaturas poco elevadas* como podrían ser, en caso contrario, las que genera una estufa u otros sistemas similares que consumen gran cantidad de energía, alrededor de 2000w.

### **3.1.1. Respuestas fisiológicas a la aplicación de calor terapéutico.**

Hay zonas del cuerpo donde la aplicación de calor es aconsejable, y hay otras zonas en que es más crítica y debe precisarse.

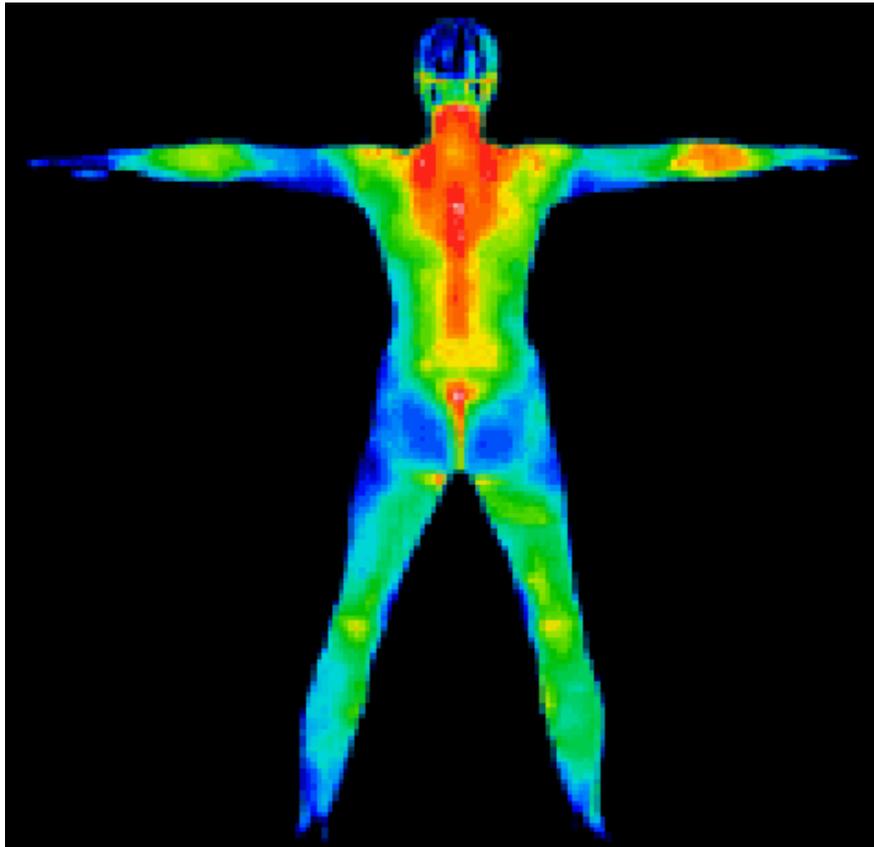


Figura 3.1. *Termográfica del cuerpo humano.*

Los beneficios terapéuticos del calor son conocidos hace siglos: los baños de agua caliente son muy relajantes, el calentar una cierta área del cuerpo provoca una aceleración en el metabolismo, produciendo vasodilatación e incremento en el flujo sanguíneo, lo que resulta benéfico para piel dañada, También existen otros beneficios al cuerpo que surgen de la aplicación de calor:

- Aumento de la circulación sanguínea y linfática.
- Aumenta la flexibilidad del tejido colágeno, por lo cual disminuye la rigidez articular.
- Alivia el dolor.
- Disminuye el espasmo muscular y colabora con la reabsorción de infiltrados inflamatorios, edema y exudados.
- Se emplea en la terapéutica contra el cáncer.

### **3.2. Temas de seguridad.**

Esta aplicación requiere un cierto grado de seguridad al haber contacto directo con el cuerpo humano y al aplicar tensión eléctrica en el sistema.

Por una parte se requiere seguridad en el textil electrotérmico; el uso de un textil capaz de permitir el paso de corriente eléctrica a través de él, obliga a que se integre una **capa de textil o material aislante adicional** en la parte de contacto con la piel, de esta forma se asegura que no hayan posibles fugas de corriente a través del cuerpo humano cuando este entre en contacto con el textil electrotérmico, poner esta capa de protección también asegura que no se generen arcos voltaicos entre el textil electrotérmico y la piel.

Por otro lado esta aplicación hace uso de electricidad y componentes electrónicos, es un sistema que estará al alcance de las personas y utilizara mismamente el paso de corriente eléctrica cerca del cuerpo humano. La ley obliga, según **REBT MIBT-21/2.2**, en productos con circunstancias de uso como las de la aplicación, que se limite la tensión eléctrica de uso para evitar daños en la persona si hubiera posibles fugas no deseadas de corriente eléctrica, la limitación es de hasta 24V DC en emplazamientos húmedos y de hasta 50V en emplazamientos secos, tanto para corriente continua como para corriente alterna esta con la condición de ser aplicada a 50Hz. La tensión con la que se alimentará todo el sistema será de 24V, tanto la electrónica de control como los actuadores electrotérmicos textiles.

A nivel de “**seguridad inteligente**”, es decir, actuaciones dentro del funcionamiento de la aplicación, que aseguren un entorno de uso seguro, se programan en la electrónica de control dos actuaciones según posible estado inseguro en el que se pueda encontrar el colchón:

- Exceso de temperatura en cualquier zona del colchón: Al ser una aplicación que consiste en calentar un material, este debe ser controlado constantemente para evitar que se eleve su temperatura dentro de rangos no deseados o incluso que se pueda perder el control y llegar a provocar incendio del textil. El sistema debe tener un control “feedback” para poder apagar los actuadores cuando detecte un valor de temperatura determinada a 45°C o superior, rangos de temperatura fuera del funcionamiento normal de la aplicación.
- Desconexión de comunicación entre la electrónica de control y el teléfono móvil o PDA: Podría darse esta situación si se pierde cobertura o se apaga el móvil o PDA ya sea por falta de batería en el mismo o por intención de apagar del usuario o salir de la aplicación. Se establece que el sistema se apague si el usuario apaga intencionadamente el móvil o sale de la aplicación, de esta forma se asegura un control absoluto desde el interfaz del usuario, y por tanto el sistema no puede funcionar sin ese control, móvil o PDA deben estar enlazados con la electrónica de control del sistema en todo momento para activar los actuadores electro-textiles de forma segura.

### **3.3. Prototipo colchón electrotérmico.**

Establecidas las necesidades de la aplicación para cumplir con los objetivos del proyecto y establecidas las limitaciones por temas de seguridad, se crea el colchón electrotérmico

### 3.3.1 Diseño del colchón electrotérmico.

El colchón activo básicamente es una evolución al colchón pasivo, es decir, no se varían las características de viscosidad, elasticidad y flexibilidad para mantener el confort que ya aplica un colchón convencional. Pero a este conjunto pasivo se le añade un **conjunto textil electrotermico** con tres zonas activas independientes para poder regular la temperatura a aplicar de forma independiente en cada pad textil electrotermico

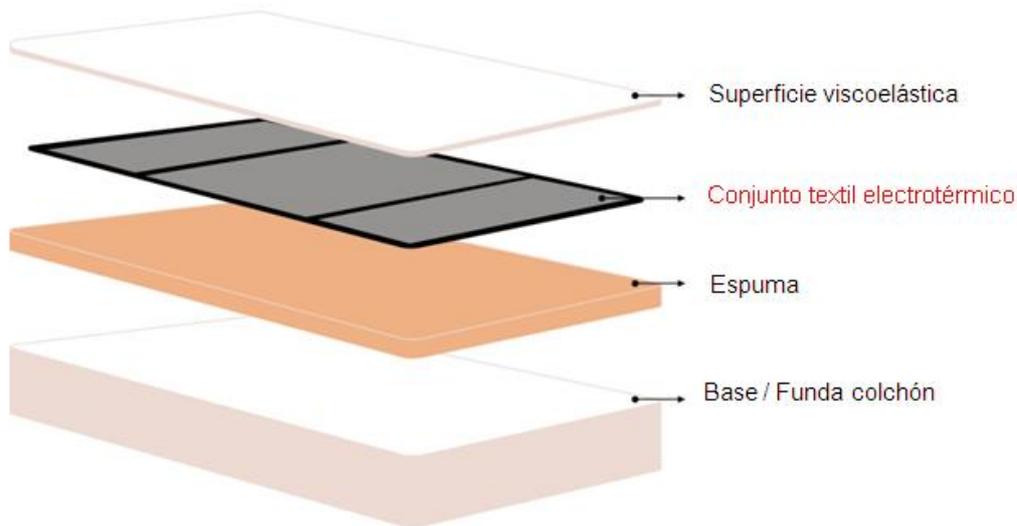


Figura 3.2. *Diseño colchón electrotermico.*

Se diseña el **conjunto textil electrotermico** repartiendo el calor generado en tres zonas independientes, un pad electrotermico para cada zona; una zona para la cabeza, otra para el tronco y otra para los pies. La zona del tronco se dimensiona más grande que las otras dos al ser la superficie donde habrá más contacto con la zona del cuerpo que tendrá el mismo valor de temperatura al ser una zona corporal sin distinciones de zonas de calor, las otras dos zonas se dimensionan del mismo tamaño. Esta diferencia de dimensiones en los pads electrotermicos hace que a nivel eléctrico se necesite más energía para llegar al mismo valor de temperatura en el pad del tronco, al ser de mayor área.

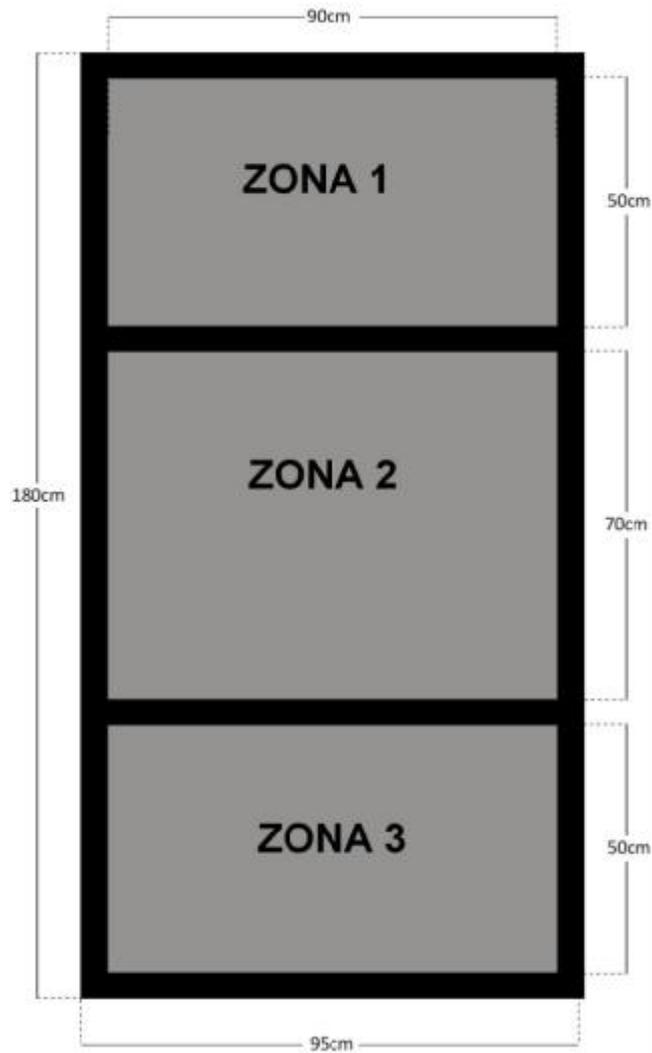


Figura 3.3. *Diseño conjunto textil electrotérmico.*

### 3.3.2. Creación del conjunto textil electrotérmico.

Se construye el conjunto textil de tres pads electrotérmicos integrados en una base textil, esta es un *compuesto de fibras de poliéster entrelazadas entre sí mismas*, capaz de resistir altas temperaturas de hasta 180°C.



Figura 3.4. *Base textil del conjunto textil electrotérmico.*

Para el circuito eléctrico que asegurará conducción de corriente eléctrica a través de toda la superficie de cada pad se utiliza cable plano metálico integrable en textil. Los electrodos de cada pad soportan hasta 10A de intensidad y el cable plano del conjunto total soporta hasta 15A.

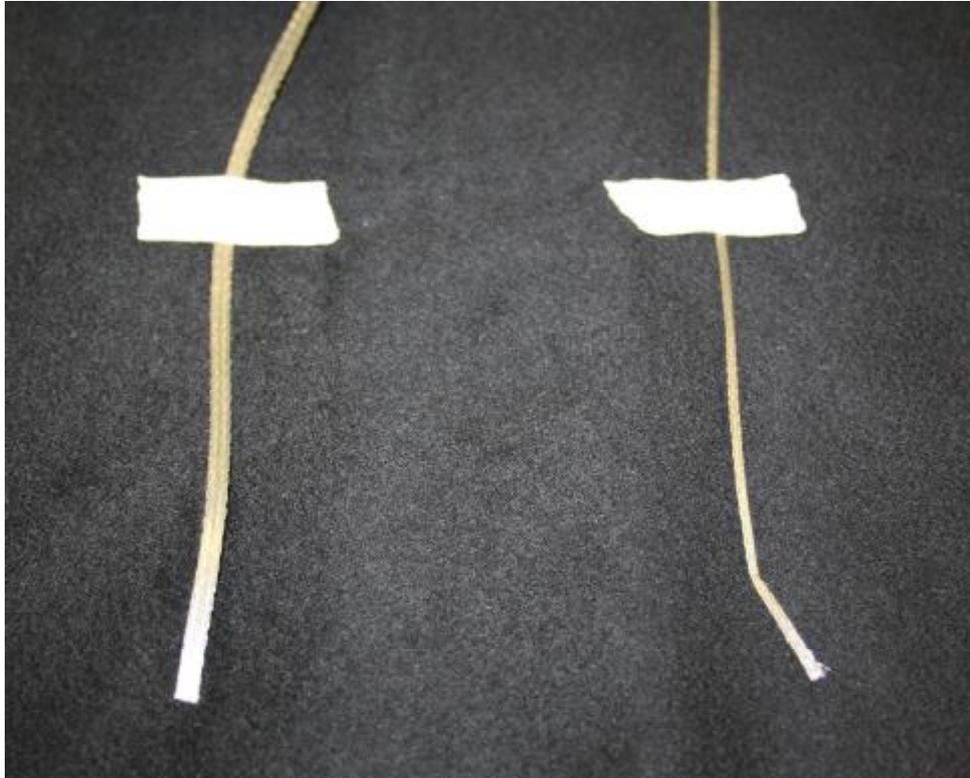


Figura 3.5. Cable plano de 15A a la izquierda y cable plano de 10A a la derecha.

El hilo para coser cada uno de los pads y acabados del textil es de compuesto Aramida capaz de aguantar temperaturas de hasta 400°C.

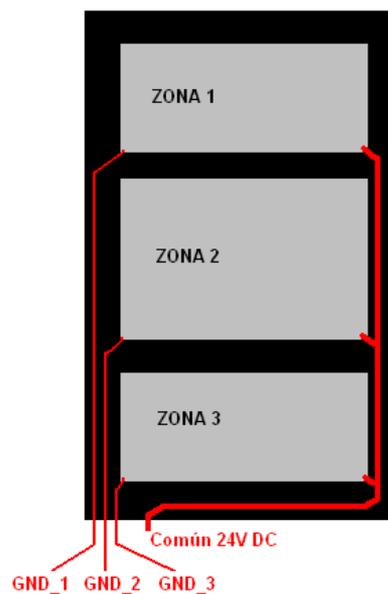


Figura 3.6. Esquema circuito eléctrico completo del conjunto textil electotérmico.

Se cose el cable plano de 10A como electrodo de cada pad, de forma que tenga el máximo contacto con el pad, eso se consigue realizando un doblegue en el tejido envolviendo el electrodo y cosiéndolo, se cose uno electrodo en cada lado del pad y se realiza la operación en los tres pads que formaran el conjunto junto con la base.



Figura 3.7. *Cosido electrodos en pads.*



Figura 3.8. *Doblegue en el cosido.*

Teniendo los electrodos cosidos en los pads, se integran estos en la base textil cosiéndolos. Para no perder la referencia de donde deben ir colocados en la base, se sujetan con agujas en ésta, de forma que al coser no queden descentrados.



Figura 3.9. *Pad 1 sujetado con agujas.*



Figura 3.10. *Los 3 pads cosidos a base textil.*

Cosidos los 3 pads en la base textil, se crea el circuito eléctrico que conducirá la corriente eléctrica en cada pad independiente. El circuito es el mostrado en la *Figura 23*, para el conductor común se cose cable plano de 15A, al circular la suma de todas la corrientes de los 3 pads este se dimensiona con más capacidad de corriente, y para los conductores independientes que cerraran el circuito en cada uno de los pads independientes, se cose cable plano de 10A, más delgado y de menor coste, al no tener que circular tanta corriente eléctrica, solo circulara la del propio pad.



Figura 3.11. *Cable común eléctrico.*



Figura 3.12. *Cables independientes por pad.*

Una vez cosido todo el circuito eléctrico con cable plano en la misma base textil, de forma que no se pierda la flexibilidad, y en una sola pieza textil se tenga todo el sistema electrotérmico. Se integran los sensores de temperatura NTCs.

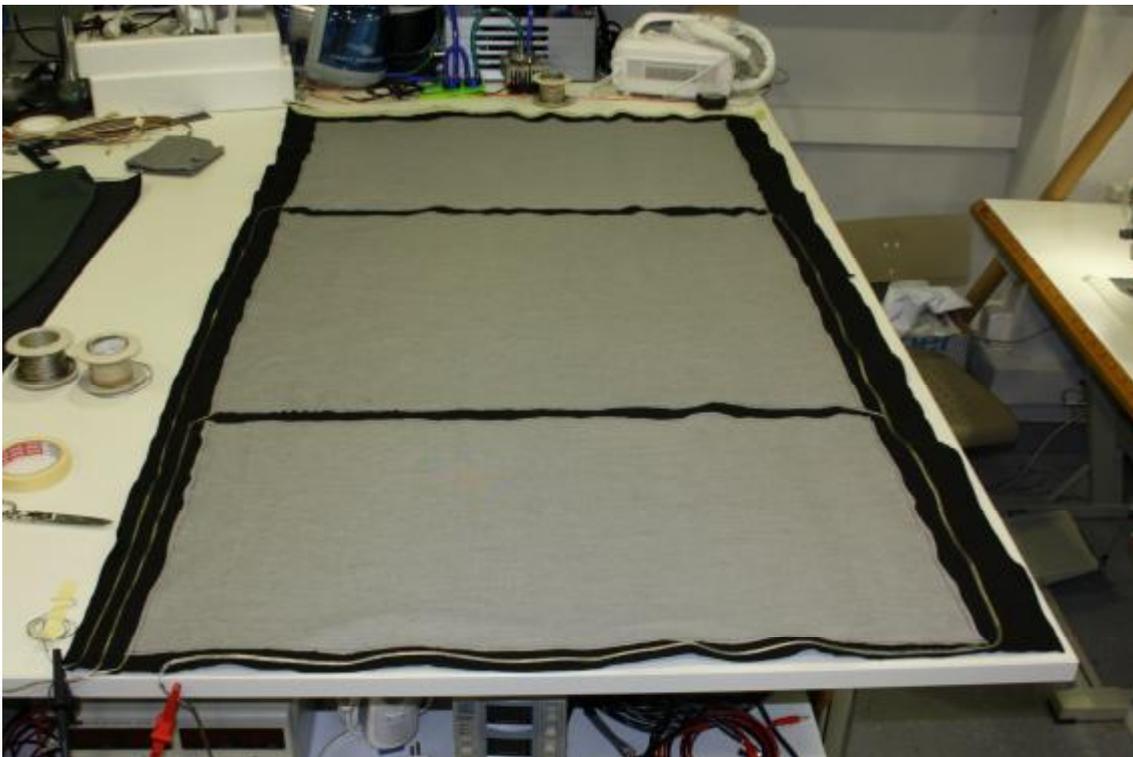


Figura 3.13. *Circuito eléctrico completo cosido en la base textil.*

Los sensores de temperatura elegidos son de tipo NTC, es decir, son resistencias que varían su valor óhmico reduciéndolo cuando se aumenta la temperatura en ellos. Son idóneos para la aplicación al ser muy pequeños y de muy fácil adaptación en un textil. A nivel electrónico son sensores analógicos que tienen una gráfica de respuesta óhmica según temperatura no lineal, por tanto antes de introducir la señal en el microcontrolador hay que acondicionarla para conseguir la máxima linealización y tener una relación lo mas proporcional posible entre resistencia-temperatura.



Figura 3.14. *Sensor de temperatura NTC.*

Para el circuito eléctrico de los sensores se integra un tipo de cable textil que hace la función de bus de comunicación entre los sensores y la placa electrónica de control. Este cableado es totalmente flexible y con apariencia completamente textil, esta característica contribuye a mantener el concepto textil del conjunto. Se integra el bus textil en la base del conjunto cosiéndolo.



Figura 3.15. *Cableado textil para sensores.* Figura 3.16. *Bus textil de los sensores NTC.*



Figura 3.17 *Conjunto textil a falta de los sensores de temperatura.*



Figura 3.18. *Sensor conectado a cable textil.* Figura 3.19. *Acabado sensores temperatura.*

Se unen los cables planos de potencia con los cables exteriores con protección de plástico, con conexión tipo empalme y protegido con plástico termoretractil. Se acaba el conjunto con dos conectores; uno para la suministración de la potencia y el otro para el sensado de temperatura.

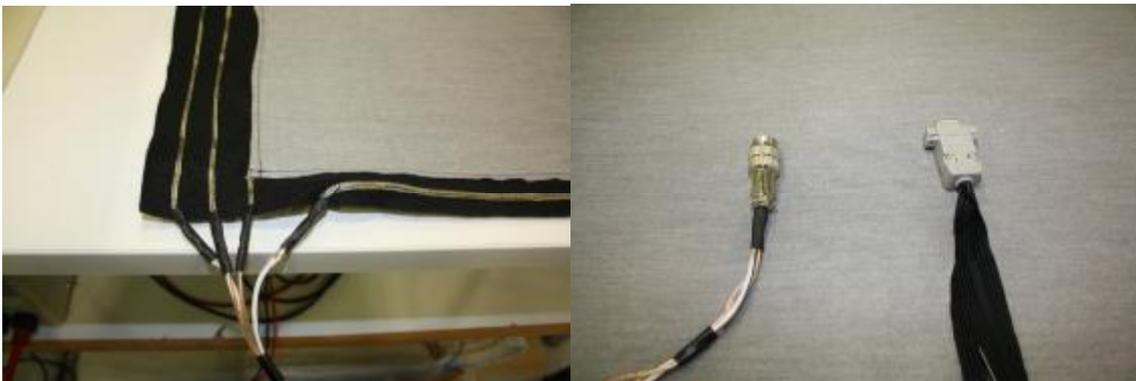


Figura 3.20. *Conexionado de potencia.*

Figura 3.21. *Conectores textil electrotérmico*

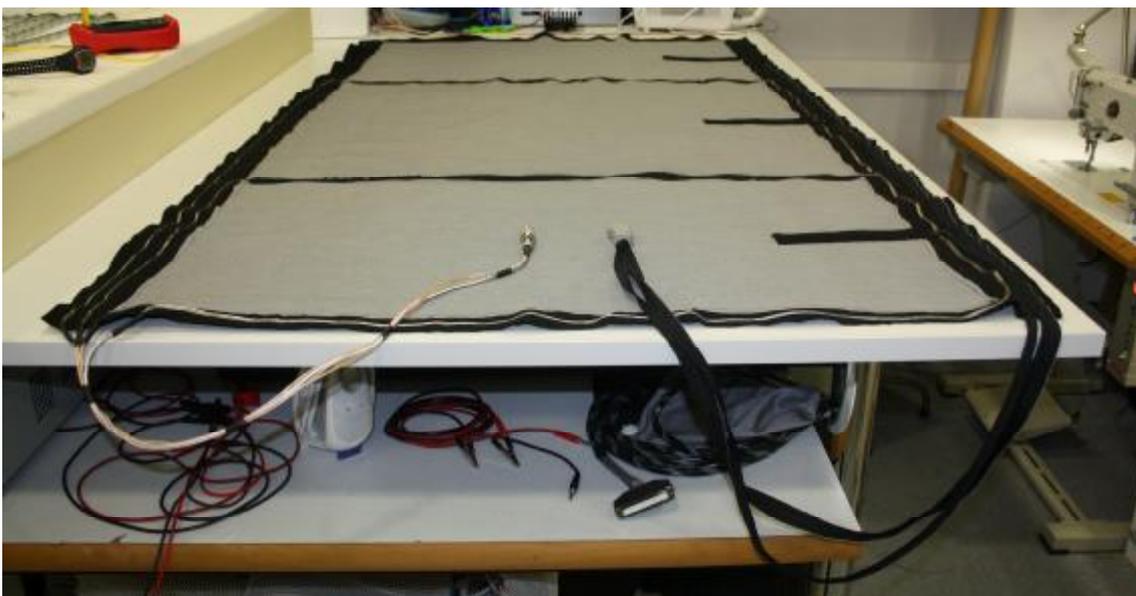


Figura 3.22. *Conjunto textil electrotérmico acabado.*

### 3.3.3. Respuesta de calor del conjunto textil electrotérmico.

Se somete el textil acabado a circulación de corriente eléctrica por cada uno de los pads, y se obtienen resultados viables de temperatura desde los puntos de vista consumo y calor generado teniendo en cuenta que el conjunto irá dentro del colchón.

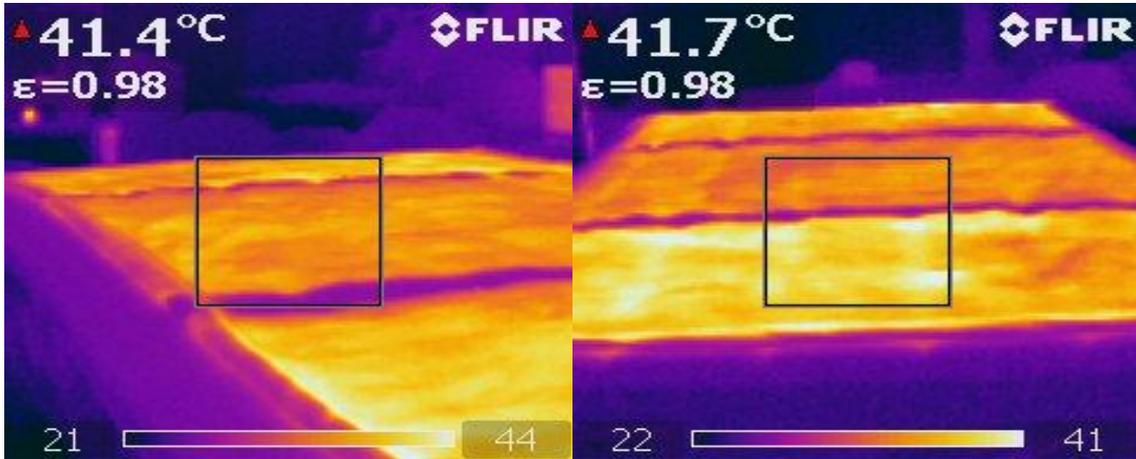


Figura 3.23. Termográfica conjunto textil. Figura 3.24. Termográfica, vista superior.

Los valores máximos de potencia eléctrica aplicada para poder dimensionar la electrónica de potencia son por cada pad:

- Pad 1\_cabeza =  $30V - 2A$
- Pad 2\_tronco =  $30V - 3A$
- Pad 3\_pies =  $30V - 2A$
  
- **Potencia total máxima =  $30 \cdot (2+3+2) = 210W$**

*Este valor de potencia es orientativo para dimensionar la electrónica, esta deberá funcionar con tensión de 24V, por tanto la potencia bajara.*

### 3.3.4. Construcción del colchón activo.

Se realiza la Integración del conjunto textil electrotérmico con el colchón pasivo, abriendo el colchón por uno de los laterales, de forma que quede como un sobre, donde se coloca el conjunto textil electrotérmico.

Para evitar que la cola, ya existente en el colchón, por su fabricación, se pegue en el conjunto textil, se han pegado unas tiras de lana (“acumulador de calor”) en las zonas determinadas.

Importante la colocación del conjunto textil bien repartido y estirado dentro del colchón para evitar arrugas en él que produzcan un mal funcionamiento del sistema o desequilibrio de temperaturas en alguno de los pads.



Figura 3.25. *Colocación textil electrotérmico.* Figura 3.26. *Textil térmico bien estirado.*

El colchón acabado resulta un modulo calefactable por zonas independientes de temperatura que mantiene las propiedades de flexibilidad y viscosidad ya existentes en el colchón.

El conjunto textil electrotérmico es adaptable como accesorio a cualquier colchón del mercado o integrable directamente en un colchón como producto con funciones térmicas.



Figura 3.27. *Prototipo colchón electrotérmico acabado. Colchón activo.*

#### 4. Electrónica de control del sistema.

Teniendo el prototipo colchón creado, se necesita una electrónica de control para poder determinar temperaturas en cada pad independiente y según la detección de los 3 sensores de temperatura NTCs colocados en cada pad, realizar la activación o no de estos manteniendo la temperatura recibida, como consigna, de forma inalámbrica en la misma placa y procedente de un dispositivo interfaz usuario como puede ser un móvil o una PDA, u otro dispositivo con la misma tecnología de comunicación que utilice la placa electrónica.

##### 4.1. Diseño electrónica de control del sistema.

La electrónica de control es un modulo controlador de todo el sistema que recibe inalámbricamente información de temperaturas de consigna a las que debe estar cada uno de los pads electrotérmicos, integrados en el colchón activo, independientemente, por tanto, necesita capacidad de comunicación para recibir datos externos de forma “*wireless*”. También necesita de *un microcontrolador* el cual se encarga de todo el procesado de datos, ya sean los recibidos por el modulo de comunicación, los captados por los NTCs integrados en el colchón, y convertidos con un *Convertidor Analógico Digital (ADC)* multiplexado por el mismo micro, y además determinar según los resultados procesados la activación o no de cada pad o de todos a la vez, esta parte requiere de una determinada *potencia que se implementa con componentes destinados a soportar cargas de energía aplicadas a los pads electrotérmicos*. La activación y desactivación de los pads se realiza de forma *ON/OFF*, es decir, el sistema activa un pad si la temperatura de consigna recibida es mayor que el valor que capta el sensor NTC correspondiente a ese pad, cuando el sensor detecta que el valor es el mismo que el de consigna, desactiva la aplicación de energía en ese pad, este sistema se aplica a los 3 pads. El refresco de actualización del estado de aplicación de energía en cada pad, se ralentiza con tiempo de espera para conseguir suavizar el efecto intermitente y conseguir así no castigar la electrónica.

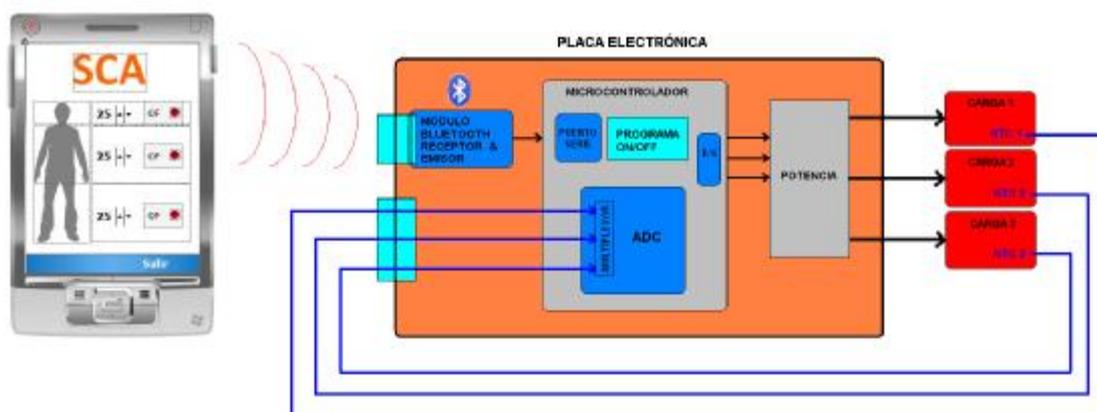


Figura 4.1. Esquema general de la electrónica de control.

#### 4.1.1. Comunicaciones.

Para la comunicación entre los dos sistemas; sistema de control de usuario (teléfono móvil) y sistema de control electrónico (placa electrónica de control) se escoge un sistema estándar inalámbrico, conseguimos de esta forma reducir costes de desarrollo y más compatibilidad entre dispositivos al ser sistema estándar, acercando más el producto a un posible mercado. Se escoge la capacidad inalámbrica para mantener la estética inicial del producto sin cables que salgan del colchón (solo el de alimentación de todo el sistema), además *proporciona una atractiva y nueva funcionalidad al sistema como es el control remoto de temperatura del colchón desde una interfaz usuario*, pudiendo modificar al gusto del usuario la temperatura de su colchón desde la sala de estar, o desde la cocina, o según cobertura ,desde fuera de la casa donde esté ubicado el sistema de confort activo. Actualmente los sistemas de comunicación estándares implementados en dispositivos tipo móvil, PDAs, u otros dispositivos parecidos de control de usuario portables son:

|                              | <b>ZigBee</b>   | <b>802.11 (Wi-Fi)</b>  | <b>Bluetooth</b>   |
|------------------------------|---|--|--|
| <b>Velocidad transmisión</b> | 20, 40 y 250 Kbits/s  | 11 y 54 Mbits/s  | 1 Mbits/s  |
| <b>Rango</b>                 | 10-100m   | 50-100m  | 10-100m  |
| <b>Topología de red</b>      | Punto a punto   | Punto a HUB  |  |
| <b>Frecuencia operación</b>  | 868 MHz (Eur)<br>900-928 MHz (NA)<br>2,4 GHz (mundial)  | 2,4 y 5 GHz  | 2,4 GHz  |
| <b>Complejidad</b>           | Baja  | Alta   | Alta   |
| <b>Consumo energético</b>    | Muy bajo  | Alto   | Medio  |
| <b>Seguridad</b>             | 128 AES capa seguridad de aplicación plus   | -  | 64 y 128 bits de encriptación  |
| <b>Info. Adicional</b>       | Dispositivos que pueden unirse a una red existente y en menos de 30ms   | Requiere 3-5 segundos para conectarse a un dispositivo         | Requiere hasta 10 segundos para conectarse   |
| <b>Aplicaciones típicas</b>  | Seguimiento de control industrial, redes de sensores, automatización de edificios, control y automatización del hogar, juguetes, juegos | conectividad LAN inalámbrica, acceso a Internet de banda ancha | conectividad inalámbrica entre dispositivos tales como teléfonos, PDA, ordenadores portátiles, auriculares |

Tabla 4.1. Comparativa de diferentes estándares de comunicación inalámbrica.

Se escoge el sistema de comunicación **Bluetooth** por las siguientes características:

- Es un **sistema de comunicación estándar** que proporciona la posibilidad de comunicación desde el colchón con cualquier dispositivo portable que contenga esta tecnología, ya sea para recibir o emitir datos, como pueden ser móviles, PDAs, PCs.
- De los otros 3 sistemas de comunicación estándar en el mercado, se justifica a continuación porque no son adecuados los otros dos:
  - Comunicación Wi-Fi: es un tipo de transmisión para grandes tramas de datos, no todos los dispositivos portables llevan este tipo de tecnología, aunque cada vez se está extendiendo más entre el sector de dispositivos portables. El consumo de estos módulos es mucho más elevado que el sistema Bluetooth.
  - ZigBee: se utiliza para comunicar redes de dispositivos o maquinaria industrial. Su consumo e implementación son bajos, pero no es un sistema implementado en la mayoría de dispositivos portables.
- Es un sistema de comunicación que por su baja complejidad es adecuado al tipo de aplicación y también hace al sistema más económico en costes de componente y desarrollo del mismo.
- Dentro del sistema Bluetooth existen 3 clases según su radio de cobertura suponiendo en un terreno plano:
  - Clase 1: capaz de transmitir a distancias de hasta 100m.
  - Clase 2: capaz de transmitir a distancias de hasta 50m.
  - Clase 3: capaz de transmitir a distancias de hasta 10m.

#### **4.1.1.1. Modulo de comunicación Bluetooth BISMS02BI-01 de la marca Ezurio.**

Para la aplicación se escoge el modulo de comunicación Bluetooth **BISMS02BI-01 de la marca Ezurio** con cobertura asegurada en llano de 100m (clase 1), este modulo nos asegura un buen radio de trabajo de la aplicación, por ejemplo en hogares donde haya más de una planta, también es un modulo que puede comunicar con un microcontrolador a través de puerto serie UART (*Universal Asynchronous Receiver Transmitter*), estándar RS-232, por tanto podemos tratar los datos recibidos. Tiene un pin que se activa cuando el modulo está conectado con el otro dispositivo de enlace, idóneo para conectar un LED de indicación de conexión. Es un modulo completo ya que incorpora la antena integrada en el mismo. Realiza las transmisiones inalámbricas por radio frecuencia en el rango de 2,400 y 2,485 GHz La energía de transmisión máxima a la que puede llegar es de +6dBm, y la mínima es de -27dBm. Consume 36 mA de corriente cuando está en funcionamiento normal transmitiendo. Puede trabajar en aplicaciones que requieran transmisión de audio. Tiene 6 pines E/S y posibilidad de

configurar un ADC de hasta 8 bits de resolución, pero necesita de un procesador adicional si se quieren procesar los datos que capta el conversar. La configuración del integrado se realiza a través del puerto serie con comandos estándar AT, la nomenclatura de estos proporcionada por el fabricante.

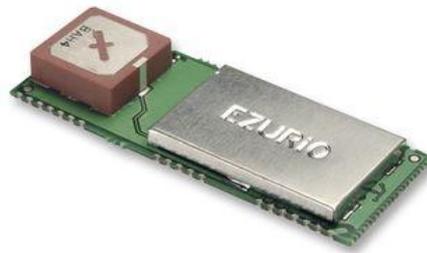


Figura 4.2. *Modulo de comunicación Bluetooth BISMS02BI-01 de la marca Ezurio*

En el mercado existen diferentes módulos Bluetooth con dimensiones de todo tipo, actualmente este modulo es de los más pequeños que hay por la cobertura que proporciona, de unos 250m en terreno plano según el fabricante, por tanto cumple sobradamente la clase 1.

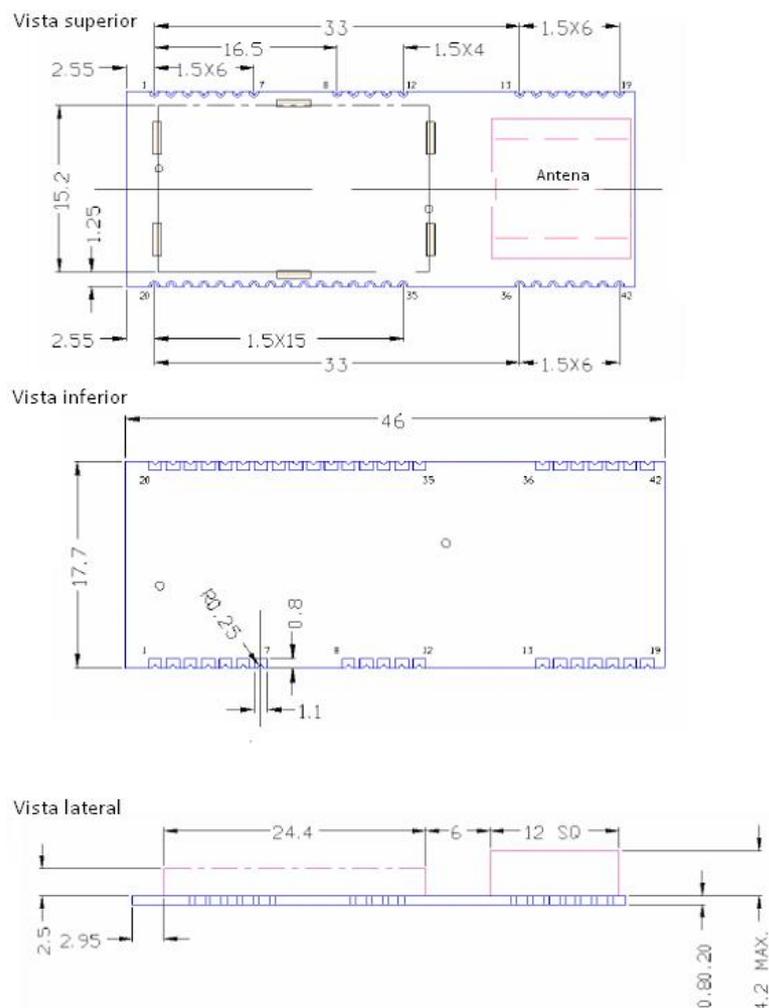


Figura 4.3. *Dimensiones del módulo Bluetooth.*

Este componente electrónico es de tipo SMD (*Surface Mounted Device*), por tanto se suelda encima de la placa electrónica sin necesidad de agujeros en los pads de esta. Tiene 42 pines, de los cuales, para la aplicación, solo se utilizan 8.

| Pin No. | Signal               | Description                    | Pin No. | Signal            | Description         |
|---------|----------------------|--------------------------------|---------|-------------------|---------------------|
| 1       | VCC                  |                                | 2       | USB /RESERVED     | Do not connect      |
| 3       | USB /RESERVED        | Do not connect                 | 4       | GND               |                     |
| 5       | RESET-               | Reset I/P *                    | 6       | GPIO_6            | I/O for Host        |
| 7       | GPIO_7               | I/O for Host                   | 8-19    | N/C               | Do not Connect      |
| 20      | GND                  |                                | 21      | UART_DCD          | I/O for Host        |
| 22      | UART_R1              | I/O for Host                   | 23      | UART_RTS          | Request to Send O/P |
| 24      | UART_RX              | Receive Data I/P               | 25      | UART_CTS          | Clear to Send I/P   |
| 26      | UART_TX              | Transmit Data O/P              | 27      | UART_DTR (GPIO_3) | I/O for Host        |
| 28      | UART_DSR             | Input                          | 29      | GND               |                     |
| 30      | PCM_SYNC             | PCM Sync I/P                   | 31      | PCM_IN            | PCM Data I/P        |
| 32      | PCM_CLK              | PCM Clock I/P                  | 33      | PCM_OUT           | PCM Data O/P        |
| 34      | GPIO_9<br>PCM_SLVCLK | I/O for Host (Slave PCM Clock) | 35      | GPIO_5            | I/O for Host (LED2) |
| 36      | GPIO_4               | I/O for Host (LED1)            | 37      | Analogue_0        | ADC                 |
| 38      | GPIO_8               | I/O for Host                   | 39-42   | N/C               | Do not connect      |

Figura 4.4. Listado completo pin-out del módulo Bluetooth.

Para la aplicación necesitamos que el módulo indique cuando está conectado a otro dispositivo inalámbricamente (*pin 36, GPIO\_4*). El integrado debe poderse resetear (*pin 5, RESET-*). La comunicación física con el microcontrolador la realiza a través del puerto serie UART que tiene el dispositivo, se conectan solo dos pines, uno para transmitir datos desde el Bluetooth (*pin 26, UART\_Tx*), y otro para recibir desde el micro (*pin 24, UART\_Rx*), esta última conexión no es funcional en la aplicación. El estándar RS-232 permite realizar la comunicación solo con 2 conexiones (Tx y Rx), las demás conexiones son señales de control en caso de que haya comunicaciones diferentes a *Full dúplex* (conexión que se implementa en la aplicación), por tanto se pueden obviar el resto de conexiones del estándar. La alimentación del componente se realiza con una tensión de **3,3V** según indica el fabricante (*pin 1, VCC*) (*pines 4/20/29, GND*).

RS-232

Port /TXD @ application sends data to the module's UART\_RX signal line

Port /RXD @ application receives data from the module's UART\_TX signal line

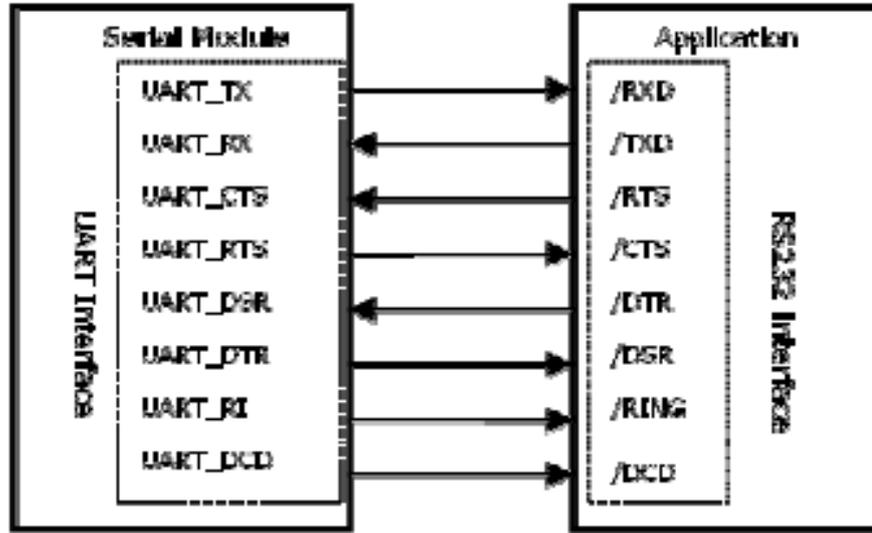


Figura 4.5. Conexión del puerto serie estándar RS-232 del módulo Bluetooth.

Teniendo los pines del integrado necesarios para la aplicación, se diseña el circuito de conexión hardware del dispositivo Bluetooth.

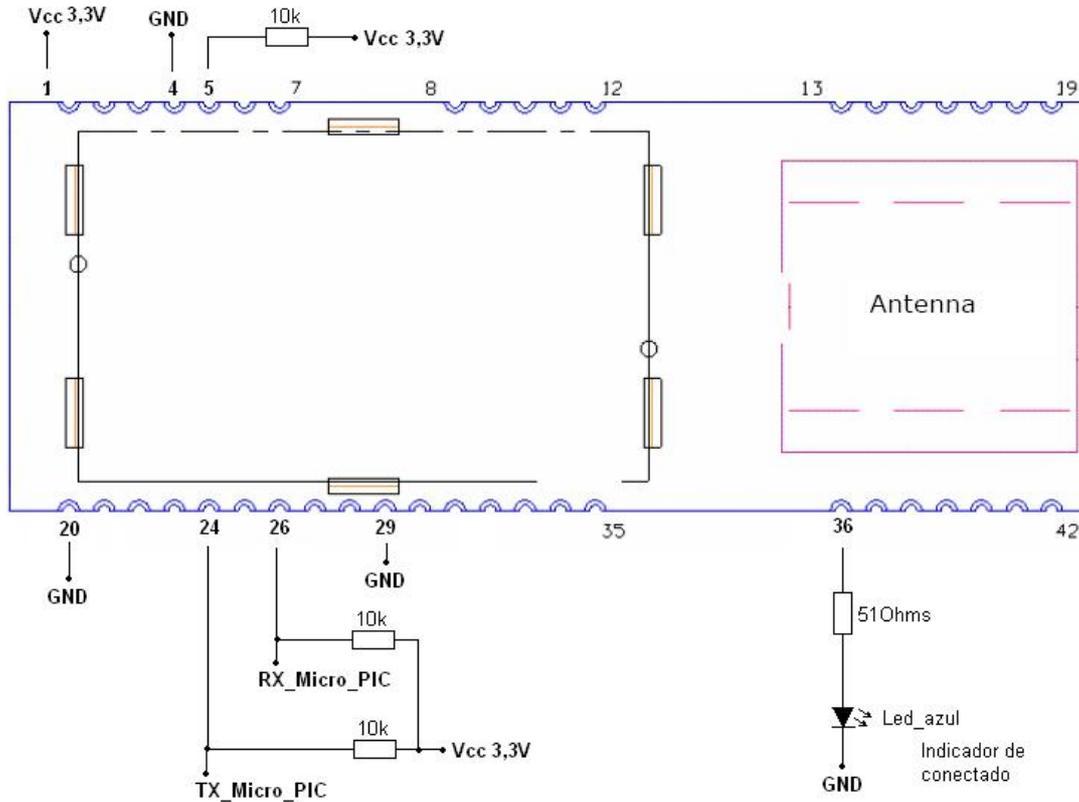


Figura 4.6. Conexión del módulo Bluetooth en la aplicación.

#### 4.1.1.2. Configuración módulo Bluetooth BISMS02BI-01.

Para programar la configuración que debe trabajar el módulo Bluetooth en la aplicación, este debe conectarse a través de las líneas del puerto serie TX y RX; *pin 26 / UART\_Tx*, y *pin 24 / UART\_Rx*. Una vez realizada la placa y soldados los componentes en ella, se configura el módulo siguiendo estos pasos:

- a) Se conecta el programador de Bluetooth con el módulo Bluetooth de la PCB a través del puerto serie (TX, RX), conectar *GND* del programador con GND de la PCB para tener la misma referencia de masa en todo el sistema. Alimentar la PCB con fuente independiente. El programador puede ser cualquier sistema que tenga estas dos líneas y GND para referenciar, un PC normal a través de su puerto serie (COM) puede realizar esta conexión perfectamente.
- b) Se abre la interface *Terminal* (cualquier software terminal es válido para transmitir datos por el puerto serie del PC, en este caso se escoge el mismo de la marca EZURIO) en el ordenador para introducir las *instrucciones AT* correspondientes de configuración del módulo Bluetooth soldado en la PCB a través del canal serie conectado a un PC.

Se configura la interface terminal al iniciar, con los valores según indica la *Figura 4.7*. (en el campo *puerto COM* seleccionamos el que tengamos conectado en el PC):



Figura 4.7. Configuración del canal serie.

- c) Se introducen las siguientes *instrucciones AT* de configuración del módulo siguiendo el mismo orden indicado. Después de cada instrucción el módulo responde un *OK* confirmando que la instrucción se ha ejecutado correctamente, se visualiza en terminal donde se están escribiendo las instrucciones:

|                        |  |
|------------------------|--|
| <i>AT</i>              | <i>à Conecta con el modulo</i>                                 |
| <i>AT&amp;F*</i>       | <i>à Pone todos los registros internos por defecto</i>         |
| <i>ATS512=4</i>        | <i>à Activa visibilidad y conexión</i>                         |
| <i>ATS555=4</i>        | <i>à Activa visibilidad y conexión después del PowerUp</i>     |
| <i>ATS554=0</i>        | <i>à Para que active el S555 después del PowerUp</i>           |
| <i>ATS0=1</i>          | <i>à Configura el Auto-Answer para que sea automático</i>      |
| <i>ATS536=1</i>        | <i>à Para que acepte los comandos AT remotamente.</i>          |
| <i>ATS610=\$7FFF</i>   | <i>à Configura los puertos GPIO como salidas.</i>              |
| <i>AT+BTN="string"</i> | <i>à Nombre del módulo. p.e: "COLCHON"</i>                     |
| <i>AT+BTK="pin"</i>    | <i>à Pin contraseña del dispositivo p.e: "0123"</i>            |
| <i>AT&amp;W</i>        | <i>à Guarda a memoria no volátil los registros modificados</i> |
| <i>AT+BTN?</i>         | <i>à Comprueba configuración, pregunta nombre dispositivo</i>  |

d) Desactivamos alimentación. ¡Modulo Bluetooth configurado!

#### **4.1.1.3. Configuración Teléfono Móvil o PDA para enlazar con modulo Bluetooth de la PCB.**

Para configurar el teléfono o PDA con parámetros que hagan al dispositivo capaz de conectarse con el modulo Bluetooth integrado en la placa electrónica de control, se parte de la instalación del software *aplicación SCA* este realizada, este software es una aplicación creada específicamente para dar soporte complementario a toda la aplicación del sistema junto con la placa electrónica de control. Es un software creado para ejecutarse en entornos de dispositivo tipo móvil o PDA y que tengan instalado el sistema operativo *Windows Mobile*. ***En este proyecto no se ha creado tal aplicación solo se ha hecho uso y configuración, es necesaria para realizar el proyecto completo en la parte de comunicaciones.*** Las configuraciones necesarias para la comunicación:

a) Se ejecuta y configura el software de *Microsoft* para poder conectar el PC con el teléfono o PDA que tiene sistema operativo *Windows Mobile*:

*ActiveSync 4.5* (Interface Software de Microsoft)

b) Se realiza conexión desde el pc con el teléfono con opción "*Conectar*" del software. Una vez conectado, se clica en "*Explorar*" y a continuación se entra en la ruta del teléfono:

*\Program Files\SCA\cfg*

- c) Se corta el archivo *config.xml*, se copia en el escritorio del PC, se abre con un editor de textos p.e: (“*Bloc de Notas*”) y se modifica la *dirección MAC* a la que deberá conectarse el teléfono móvil o PDA, dirección escrita en el modulo Bluetooth de la PCB electrónica de control.

Código del archivo *config.xml*:

```
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<Cfg>
  <idioma>es-ES</idioma>
  <BTSelect>008098e68a64</BTSelect>
  <pin>0000</pin>
  <tempsSenyal>1000</tempsSenyal>
</Cfg>
```



- d) Se enlaza el teléfono móvil o PDA con el modulo Bluetooth de la PCB; introduciendo el mismo “PIN CONTRASEÑA” de enlace que se ha introducido al configurar el modulo Bluetooth de la PCB: “0123”. Se activa el Bluetooth del teléfono o PDA. Sistema preparado para conectar y funcionar!

#### 4.1.2. Adquisición de datos. Feedback.

Para conseguir el sensado de la temperatura que hay en todo momento en el colchón en cada uno de los pads electrotérmicos se necesitan sensores de temperatura, existen de varios tipos:

- Termopares: Utilizan la variación de tensión generada en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos.
- Resistivos: son las *RTD* (Resistance Temperature Detector) o *PT100* basadas en la variación de la resistividad de un conductor con la temperatura. También son sensores de temperatura los *PTC* están caracterizados por un coeficiente de resistividad positivo (Positive Termal Coefficient). También lo son los *NTC* (Negative Termal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.
- Semiconductores: Se basan en la variación de la conducción de una *unión p-n* polarizada directamente.

Para la aplicación se escogen los de tipo NTC (las de tipo PTC son idénticas en características simplemente su variación resistiva es inversa respecto las NTC frente a la temperatura), estos son idóneos por ser muy pequeños, de fácil integración en los tejidos

electrotérmicos y también de fácil conexión al tener solo dos cables por ser resistencias que varían su valor óhmico al variar la temperatura que se les aplica ya sea por contacto directo o por radiación. Son muy económicos, pero tienen la necesidad de realizar un circuito acondicionador antes de procesar la señal que captada ya que su gráfica de respuesta resistencia-temperatura es logarítmica, la necesidad es conseguir una gráfica lineal o lo más parecido a una recta para que todos los valores sean proporcionales o lo más proporcionales posibles sin influenciar el rango de sensado en el que trabajara el sensor.

El sensor elegido es de la *marca EPCOS modelo B57861S0103F45*, sensor de temperatura NTC de 10k a 25°C, temp. min -40°C, temp. máx. 100°C



Figura 4.8. *Sensor de temperatura NTC modelo B57861S0103F45, marca EPCOS.*

#### 4.1.2.1. Linealización sensor de temperatura NTC.

Existen diferentes formas de acondicionar señales obtenidas de un sensor de temperatura, estas se determinan según el tipo de sensor comentado anteriormente, en el caso de los NTCs un circuito que funciona suficientemente bien para la aplicación en cuestión ya que esta no necesita gran precisión en la captación de la magnitud temperatura, y es muy fácil de implementar por su sencillez, a la vez que es económico por utilizar solo un componente además del NTC, es el circuito que compone una resistencia  $R$  en serie con el termistor, se confecciona un divisor de tensión conectando en serie el termistor y una resistencia  $R_T$ , y alimentando el conjunto con una fuente de tensión  $V$  tal como muestra la *Figura 4.9*.

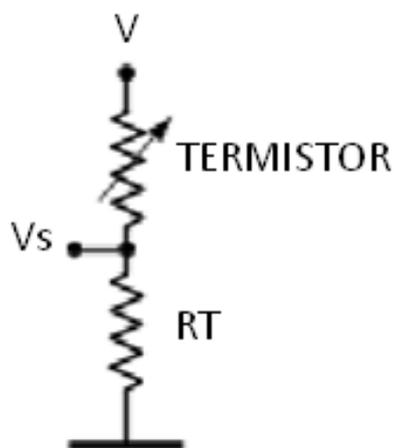


Figura 4.9. *Linealización del termistor mediante divisor de tensión.*

La tensión de salida  $V_s$  se mide precisamente en la resistencia  $R_T$ , es decir, es la caída de tensión producida por esta resistencia ya que se encuentra conectada a la referencia de potencial.  ***$V_s$  es la señal en tensión directamente proporcional a la temperatura captada por el termistor.*** Con la fórmula del *divisor de tensión* se consigue la  $V_s$  (tensión del NTC linealizada):

$$V_s = V \cdot \frac{R_T}{R_T + R} \quad (4.1)$$

La fórmula para conseguir el valor de la resistencia  $R_T$  colocada en serie con el termistor y adecuado para obtener una linealización lo más cercana a una recta es la siguiente:

$$R_T = R_{T0} \cdot e^{B \left( \left( \frac{1}{T} \right) - \left( \frac{1}{T_0} \right) \right)} \quad (4.2)$$

Temperatura ambiente

- $R_T \Rightarrow$  Es la resistencia a temperatura  $T$  en grados Kelvin ( $k = C^\circ + 273$ ).
- $R_{T0} \Rightarrow$  Es la resistencia de referencia a una temperatura  $T_0$  en Kelvin. ( $T_0 = 25 + 273$ )
- $B \Rightarrow$  Es un valor especificado por el fabricante del termistor.

La fórmula 4.2 está diseñada para saber el valor óhmico de la resistencia  $R_T$  en serie con el termistor a una temperatura concreta que tenga el termistor. Para realizar una buena linealización de la señal en todo un rango de temperaturas en el que va a trabajar el termistor es necesaria una formula adicional para conseguir el valor de  $R_{Trango}$  adecuado. Antes se determina el rango de temperaturas, ***Tmínima*** y ***Tmaxima*** con las que utilizando la fórmula 4.2 se consigue una  ***$R_{Tmaxima}$***  y una  ***$R_{Tmínima}$***  **respectivamente**. Teniendo estos valores de resistencias se utiliza la fórmula:

$$R_{Trango} = \left( \frac{R_{Tmaxima} - R_{Tmínima}}{2} \right) + R_{Tmínima} \quad (4.3)$$

Esta fórmula 4.3 consigue el rango de resistencias  $R_T$  relacionadas con la temperatura del termistor restando la máxima de la mínima, divide entre la mitad para conseguir un punto medio del rango, ya que en la fórmula 4.1 se debe colocar solo un valor de  $R_T$ , y después suma el valor de la resistencia mínima para poner el rango en fase (“Offset”) a partir de la resistencia mínima, es decir, el 0 del rango de resistencias sea la temperatura máxima.

Los valores nominales de *resistencia-temperatura* que proporciona el fabricante del termistor y su coeficiente B son:

| T (C°) | NTC ( $\Omega$ ) |
|--------|------------------|
| -20    | 97070            |
| -15    | 72929            |
| -10    | 55330            |
| -5     | 42315            |
| 0      | 32650            |
| 5      | 25388            |
| 10     | 19900            |
| 15     | 15708            |
| 20     | 12490            |
| 25     | 10000            |
| 30     | 8057             |
| 35     | 6531             |
| 40     | 5327             |
| 45     | 4369             |
| 50     | 3603             |
| 55     | 2986             |
| 60     | 2488             |
| 65     | 2083             |
| 70     | 1752             |
| 75     | 1481             |
| 80     | 1258             |
| 85     | 1072             |
| 90     | 917,7            |
| 95     | 788,5            |
| 100    | 680              |

*Coeficiente B = 3988*

Tabla 4.2. *Valores del fabricante relación resistencia-temperatura del NTC.*

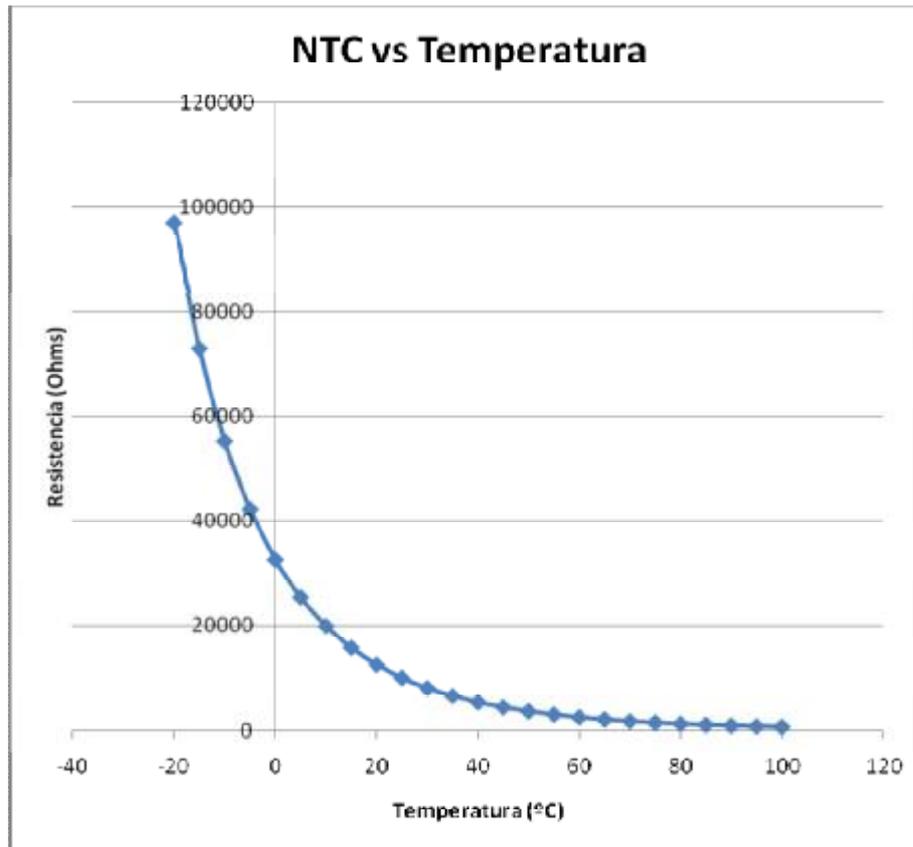


Figura 4.10. Respuesta relación resistencia-temperatura NTC.

Se observa en la *Figura 4.10* que la grafica de respuesta del termistor en función la temperatura no es lineal sino que es logarítmica, por tanto se linealiza con las formulas mencionadas anteriormente para acondicionar la señal que posteriormente se procesara.

El rango de temperaturas en el que trabaja la aplicación es de  $T_{mínima} = 15^{\circ}C$  y  $T_{máxima} = 45^{\circ}$ , utilizando las anteriores de linealización se obtiene el valor:

$$R_{Trango} = 10112 \Omega$$

*Para la tensión V del circuito linealizador se determina que sea de 3,3V para ir acorde con toda la alimentación de la placa electrónica está condicionada por la alimentación del modulo Bluetooth que funciona con esa tensión.*

El circuito de linealización del NTC es suficiente para cumplir bien su función, pero necesita de un componente adicional que suavice las posibles fluctuaciones que podrían producirse en el sensado del sensor, por ello se añade un condensador de  $1\mu F$  conectado en paralelo con el sensor para reducir las fluctuaciones de captura que puedan producirse, de esta forma la señal es más fiable.

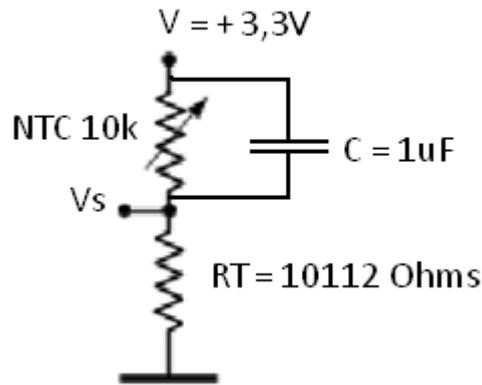


Figura 4.11. Circuito completo linealización NTC.

Con este circuito se consigue una respuesta linealizada del NTC, además de robusta:

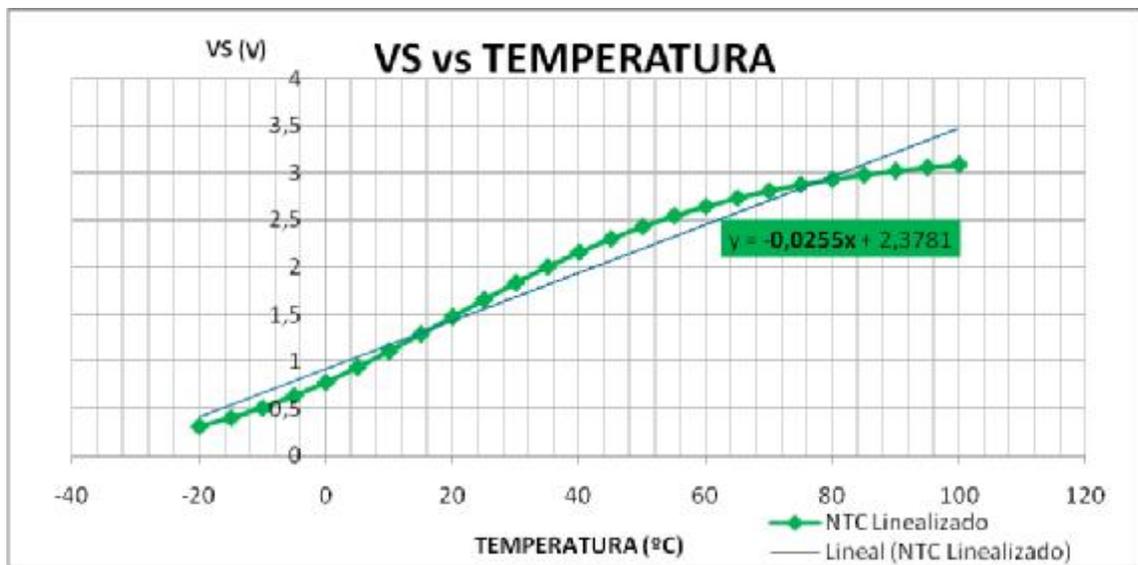


Figura 4.12. Respuesta NTC linealizado.

Se observa en la *Figura 4.12* la respuesta que se consigue con el circuito linealizador en el rango de trabajo de 15°C a 45°C, es casi una recta, el margen de error es despreciable para la aplicación en la que se realizara el sensado. La tensión Vs es la que se conectará directamente a un conversor analógico-digital (ADC) para obtener valores digitales proporcionales a los valores analógicos de tensión Vs.

Se utiliza un conversor ADC de 8 bits de resolución, con un máximo de tensión de 3,3V (tensión general de la placa electrónica) y un mínimo de 0V (GND), valor digital 255 y 0 respectivamente. Teniendo estas determinaciones se obtiene el grafico que relaciona directamente *valor\_digital-temperatura*:

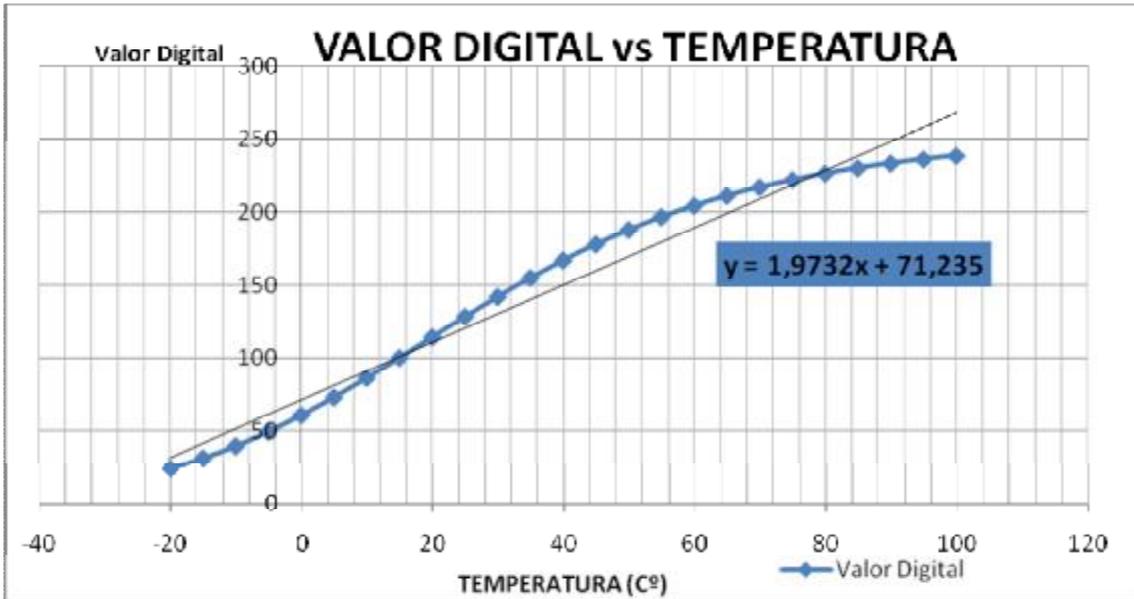


Figura 4.13. Respuesta NTC linealizado. Valor digital con resolución 8 bits.

#### 4.1.3. Procesado de datos.

Para poder procesar los datos recibidos desde los dos “inputs” que tiene el sistema; datos del módulo Bluetooth integrado en PCB electrónica, y los 3 sensores NTC, es necesario un componente que procese tal información para poder realizar las actuaciones de potencia correspondientes a cada situación del sistema. Este componente es un microcontrolador, es el cerebro de la placa electrónica, este realiza las siguientes funciones principales:

- Recibe por puerto serie (TX, RX) los datos que el módulo Bluetooth integrado en placa ha recibido.
- Convierte con un ADC a valores digitales, integrado en el mismo micro, la señal  $V_s$  de los 3 sensores de temperatura. Multiplexa las 3 señales de forma que solo con un convertidor ADC puede convertir las 3 señales  $V_s$ .
- Procesa los datos que recibe de los dos “inputs”, según el programa que tiene configurado en su memoria de código.
- Activa o desactiva los componentes de potencia que activan o desactivan cada uno de los 3 pads del conjunto textil electrotérmico según programa.

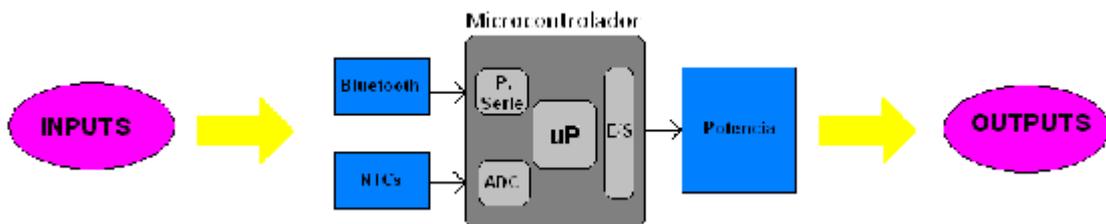


Figura 4.14. Esquema conexionado funcional del microcontrolador.

Para la aplicación no se necesita una capacidad alta de procesamiento, el sistema funciona en tiempo real, pero no por gran rapidez del microcontrolador si no por la lentitud de respuesta del propio sistema al funcionar con una magnitud física, la temperatura, que no realiza cambios bruscos en su valor. Por tanto el microcontrolador puede ser perfectamente de baja potencia de procesado. Este debe integrar *capacidad de comunicación con puerto serie* para comunicar con el modulo Bluetooth, además de *un ADC (Analog Digital Converter)* con mínimo 3 entradas analógicas multiplexadas para convertir las señales Vs de cada uno de los 3 NTCs integrados en cada pad térmico. También debe tener mínimo 3 *pinos de E/S* para poder conectar como salida del micro los 3 componentes que activaran o desactivaran la potencia aplicada en cada pad. Al menos un *Timer* debe tener para poder realizar algún tipo de seguridad tipo “*watchdog*”, y también capacidad de atender *Interrupciones* para poder determinar cuando ha recibido un dato por el puerto serie y cuando a realizado “*overflow*” el Timer. La alimentación de este debe ser de 3,3V para ir acorde con la tensión general de la placa electrónica de control.

Se escoge el microcontrolador de la marca **Microchip, modelo PIC 16F883**, este trabaja con tecnología CMOS de 8bits. Tiene 28 pines de conexión. Su frecuencia de reloj puede llegar hasta los 20Mhz con un cristal externo, con cristal interno hasta los 8 MHz La tensión de alimentación a la que puede trabajar está entre los 2V y 5,5V. Uno de los periféricos que tiene es un conversor ADC de hasta 10 bits de resolución y hasta 14 canales de entradas analógicas multiplexadas. Tiene 3 timers programables; Timer0, Timer1, Timer2, de 8bits, 16bits y 8 bits respectivamente, son configurables sus escalas de contaje. Tiene una USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter) configurable y compatible con RS-232. Tambien tiene un total de hasta 24 pines configurables para E/S. Permite almacenar programas de hasta un máximo de 4096 words en memoria de código tipo Flash, 256 bytes de SRAM para datos volátiles, y 256 bytes de EEPROM para datos fijos. Es un microcontrolador que permite “*Debuggar*” en la misma placa electrónica donde este soldado y también programado en la misma.

28-pin PDIP, SOIC, SSOP

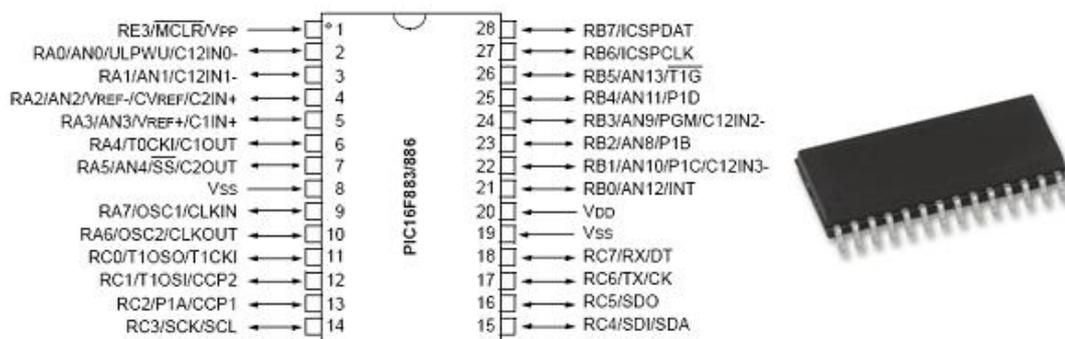


Figura 4.15. Patillaje y encapsulado del microcontrolador **PIC 16F883** de **Microchip**.

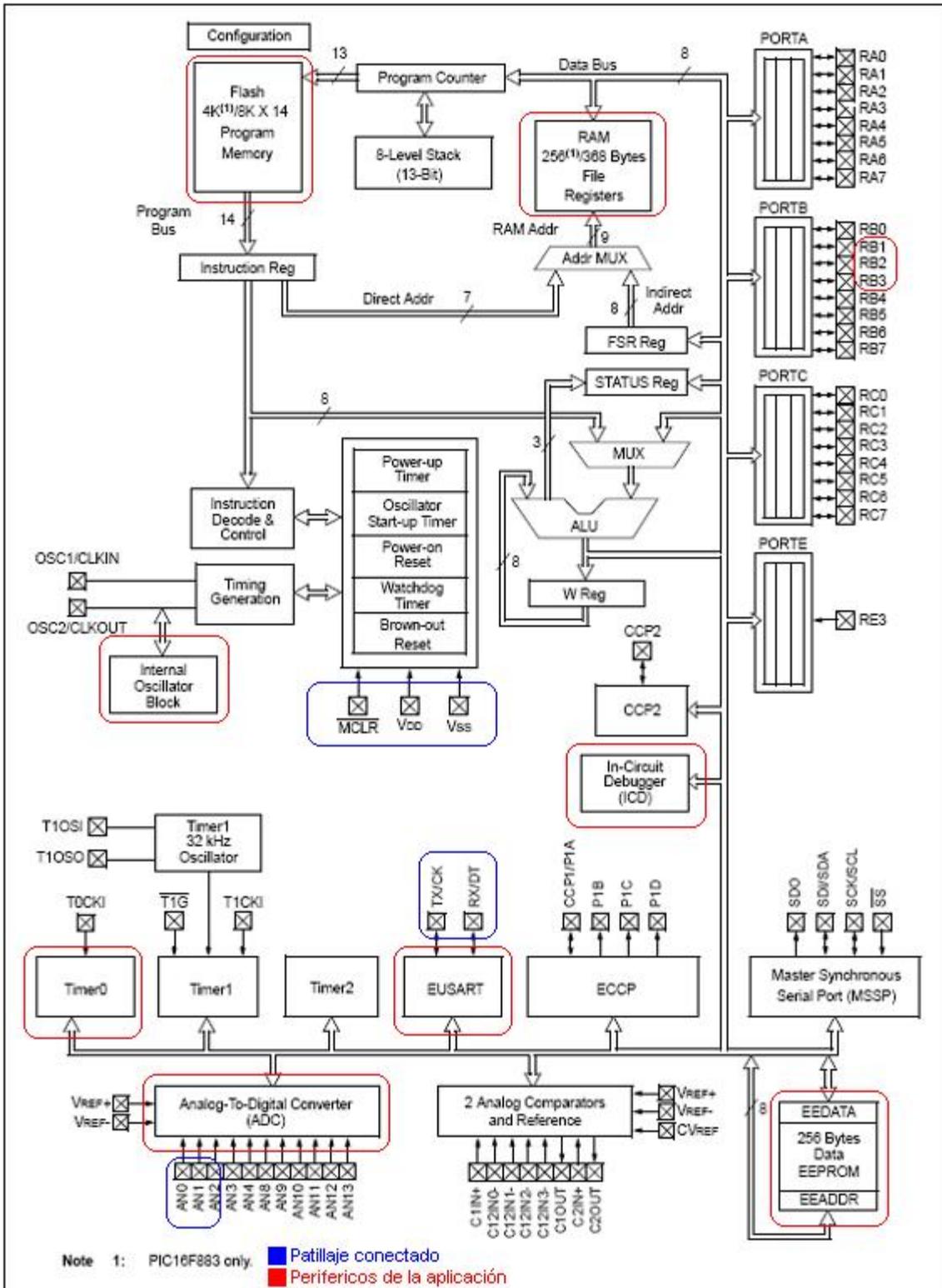


Figura 4.16. Diagrama de bloques del microcontrolador PIC 16F883 de Microchip.

Los periféricos del microcontrolador que se utilizan en la aplicación són:

- Timer0: Para realizar un “watchdog” del sistema.
- ADC, pines AN0, AN1 y AN2: Para convertir las 3 señales multiplexadas de los 3 NTCs.
- USART, pines RX y TX: Para recibir los datos procedentes del Bluetooth.
- Tres pines E/S, RB1, RB2 y RB3: En modo salidas para la activación de los tres elementos de potencia que activan los 3 pads de forma independiente.
- Interrupción de “overflow” Timer0: Para poder realizar proceso de contaje de veces que realiza un determinado tiempo el timer. Watchdog de seguridad.
- Interrupción dato recibido por puerto serie: Para poder leer datos recibidos por puerto serie.

Estos periféricos tienen pines de conexión hardware que deben conectarse adecuadamente para el funcionamiento correcto. El conexionado del microcontrolador con los elementos que controlara este y el conector de programación con una resistencia en “PullUp” de 10k en el pin 1 de *Reset* para realizar la programación sin fallos, son:

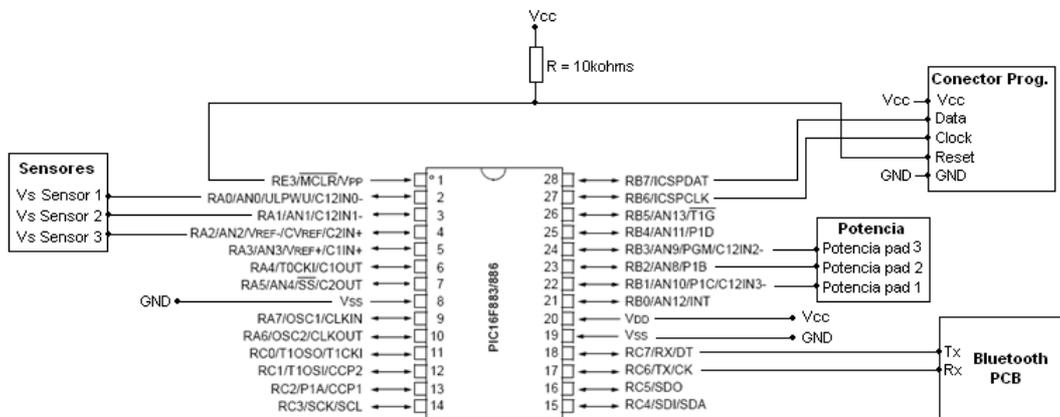


Figura 4.17. *Conexionado completo del microcontrolador en la aplicación.*

Teniendo el hardware conexionado correctamente con el microcontrolador, este debe programarse con el código creado específicamente para la aplicación. La programación se realiza a través de un programador que sea compatible con microcontroladores PIC. En este proyecto se ha utilizado el programador *ICD 3* con el software *MPLAB* de la misma marca *MICROCHIP*, este software permite programar el código generado con su editor de texto en el micro, además de poder depurar el código con el “Debugger” que tiene el mismo software. Los pasos de programación del microcontrolador PIC una vez se ha depurado completamente el código son:

- a) Se conecta el conector de programación en la PCB, este con las líneas de *Vcc*, *Data*, *Clock*, *Reset* y *GND*, respetando el orden acorde con el del programador

ICD 3, este se conecta al PC donde está el software MPLAB instalado. Se conecta alimentación independiente de la PCB. Se abre el proyecto del programa **código realizado en lenguaje C** a cargar en el micro, teniendo el software MPLAB instalado en el PC, se abre todo el proyecto de código creado. Se conecta con el programador seleccionando la opción *Programmer >>> Connect*. Después *Programmer >>> Program*. Si la programación se realiza correctamente, en la ventana de registro del software aparecerá *Programming succesfully/Verify*.

- b) Se desconecta alimentación de la PCB y luego micro conector de programación. ¡Programa cargado en el micro!

#### 4.1.4. Potencia para actuadores.

Con el control del sistema establecido, se implementa la parte de potencia que suministra energía de forma controlada e independiente a los pads electrotérmicos. Estos, a nivel eléctrico, son resistencias que se calientan a la circular corriente eléctrica a través ellas. Por tanto se necesita un elemento de tipo interruptor que deje pasar la corriente eléctrica cuando se active en su control. Se establece que la corriente eléctrica que circula por los pads sea continua (DC) y no alterna (AC) para evitar complicar la electrónica de potencia con elementos tipo triac o relés ruidosos que necesiten de un control software más complejo que un ON/OFF al tener semiciclos positivos y semiciclos negativos en la aplicación de la energía (AC). Con corriente continua (DC) la aplicación de la energía en los pads es constante y en un solo sentido, por tanto la electrónica o componentes de potencia son mas sencillos, y el análisis relación potencia-temperatura es más preciso al aplicarse constantemente la energía.

Para el suministro de la energía en cada pad se escogen transistores mosfets de tipo N, en concreto de la marca **FAIRCHILD SEMICONDUCTOR, modelo FDS8870 – MOSFET, N**, con encapsulado SO-8, este es un componente de potencia de 8 pines, conectados internamente en el componente de forma que eléctricamente son 3 conexiones, las que tiene un Mosfet teórico; *Gate, Drain* y *Source*.

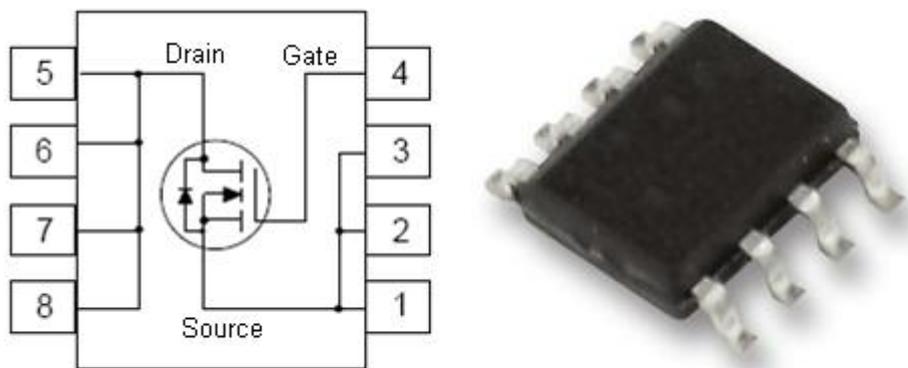


Figura 4.18. Patillaje y encapsulado del Mosfet de potencia **FDS8870 – MOSFET, N**.

El fabricante de este componente asegura que aguanta una tensión DC entre sus conexiones *Drain* y *Source* de hasta  $30V$ , y circulando un máximo de intensidad de  $18A$  entre esas dos conexiones. Por tanto es idóneo para los pads térmicos de la aplicación que como máximo se aplicarán  $30V$  DC en ellos y el pad que consume más intensidad es el tronco a  $2,8A$ . Un mosfet para cada pad que dejara pasar la corriente eléctrica entre los pines *Drain* y *Source* a modo de interruptor este activado por el pin *Gate*, que se activa por tensión. Esta es la diferencia principal de un transistor convencional, este necesitaría una determinada corriente en la base para entrar en saturación, esa corriente podría ser demasiado elevada para ser suministrada directamente por un pin del microcontrolador, este capaz de mantener  $3,3V$  de tensión en cualquier pin configurado como salida siempre que la demanda de corriente en ese pin sea inferior a  $25mA$ , esta condición y la de tensión y corriente de potencia máxima ( $30V$  a  $2,8A$ ) que debe suministrar el componente de potencia, determinan que un solo transistor sería insuficiente, por tanto, se necesitaría la combinación de varios en cascada (*Darlington*) y con sus correspondientes resistencias de colector, base y emisor en cada transistor. Este conjunto completo resulta más complejo y costoso que un solo componente mosfet que no necesita resistencias para su funcionamiento y con solo una tensión baja entre la *Gate* y *Source* se activa el paso de corriente entre *Drain* y *Source*. Esta tensión  $V_{GS}$ , el fabricante recomienda que este entre los valores de  $1,5V$  y  $2,5V$ , pero esa recomendación no es una limitación, ya que el hecho de que esa tensión sea más elevada, implica que la resistencia entre los pines *Source* y *Drain* aumente ligeramente, en la aplicación es despreciable este cambio ( $r_{DS} = 0,0039\Omega$  aprox. Con  $V_{GS} = 3,3V$ ), por tanto, se conecta el pin *Gate* directamente al pin de salida del microcontrolador sin ninguna resistencia.

El conexionado de los 3 mosfets con el microcontrolador y los pads electrotérmicos es el siguiente:

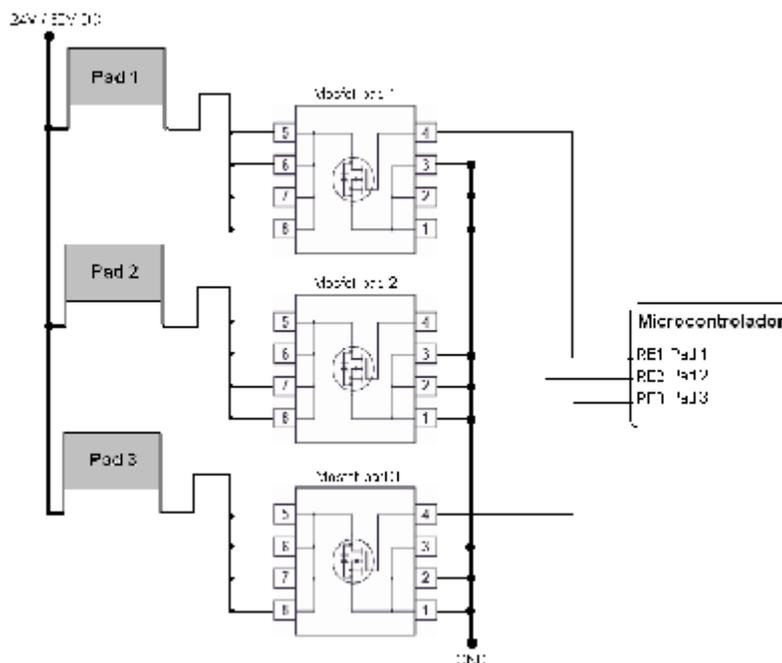


Figura 4.19. Conexionado completo de la parte de potencia.

#### 4.1.5. Alimentación de la electrónica.

La alimentación para todo el sistema es la misma, es decir, la parte de control y la parte de potencia se alimentan con la misma tensión DC, de esta forma se unifica en una sola *Fuente de alimentación general*, esta de **24V DC**, para cumplir así normativas de seguridad de baja tensión en contacto con el cuerpo humano. Tanto la electrónica como los pads electro térmicos, están dimensionados para soportar hasta 30V DC, por tanto existe un rango de trabajo de 4V de exceso para en un caso utilizar otra fuente de alimentación de tal tensión y conseguir más aceleración calorífica de los pads electro térmicos.

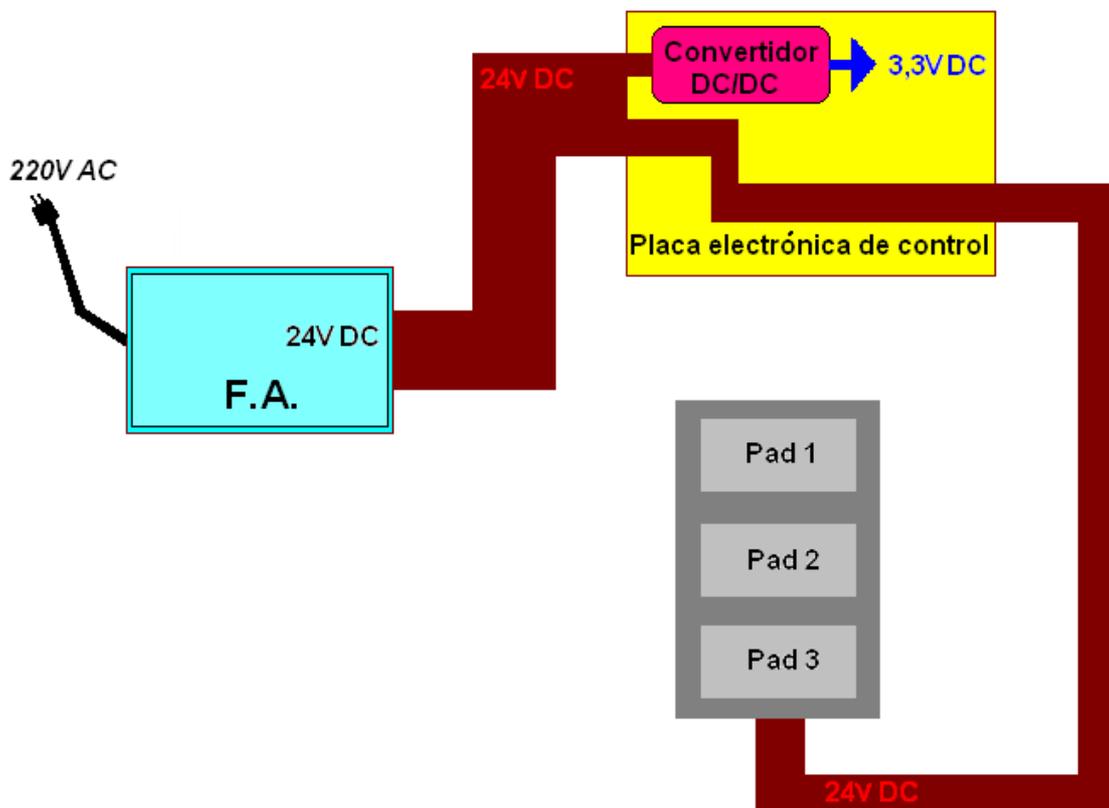


Figura 4.20. Esquema de la alimentación del sistema.

Para alimentar la electrónica de control partiendo de una tensión general de 24V DC, se integra en esta un convertidor DC/DC, este capaz de convertir de 24V DC a 3,3V DC, es de la marca **TRACO POWER**, modelo **TSR 1-2433**, es capaz de suministrar **IA** de corriente a 3,3V, suficiente para alimentar la placa de control al completo, esta con los consumos de: el microcontrolador, el modulo Bluetooth, 4 LEDs de indicación, y componentes pasivos de tipo resistencias y condensadores, un consumo total máximo de la placa electrónica de unos **400mA** aproximadamente (dependiendo de si está conectado o no el modulo Bluetooth bajara esta corriente).



Figura 4.21. *Convertidor DC/DC, marca TRACO POWER, modelo TSR 1-2433.*

Este componente es idóneo para esta aplicación, ya que sus dimensiones son muy reducidas en comparación otros componentes con la misma función, como pueden ser reguladores de la serie 78XX, LMXX, etc., estos son poco eficientes ya que necesitan disipar la energía calorífica que no transmiten al circuito que siguen y que por tanto se pierde, a la vez que necesitan de disipadores de calor en algunos casos de dimensiones que agrandan el conjunto de la placa electrónica a la que van soldados. En este caso la necesidad con estos componentes no tan eficientes sería de colocar un disipador del triple del tamaño que el propio componente o colocar dos reguladores que repartieran la energía a disipar, un dato a tener en cuenta es la tensión que deberían disipar en forma de calor en la aplicación: 24V DC de entrada, y salida del regulador 3,3V DC, una tensión de 20,7V DC recaería en el componente, disipación obligada y gran pérdida de energía, eso si el fabricante permite esta implementación sin quemar el componente, entonces deberíamos colocar un regulador de 12V DC para entrar 24V DC, y justo después otro para entrarle estos 12V DC y salir 3,3V, incluso con esta configuración sería necesaria la colocación de disipadores en los dos reguladores. Es mucho más eficiente el componente elegido al ser un *convertidor y no un regulador*, este no pierde prácticamente energía, su *eficiencia según fabricante es de hasta el 96%*, utiliza mismo patillaje que los reguladores convencionales, tiene un tamaño menor que estos y no necesita un disipador de calor, este alcanza en esta aplicación valores de hasta 30°C de temperatura trabajando a tensión máxima de 30V DC en su entrada. Tiene un circuito implementado en el interior con protección por cortocircuito. Un dato importante es que *la tensión de entrada del componente puede ser la establecida entre los rangos de 5,5V a 32V DC*, esta característica proporciona un rango de trabajo idóneo para la aplicación, y permite unificar la fuente de alimentación. Convierte la electrónica de control en más universal en el aspecto de alimentación. En la entrada y en la salida del componente se colocan condensadores de 470 nF para un buen desacoplamiento y suavizado de posibles fluctuaciones (filtrado de ruido) en la alimentación de toda la placa electrónica de control.

La parte de potencia para alimentación de los pads electrotérmicos debe ser dimensionada según las pruebas de consumo máximo realizadas en el apartado “3.3.3. *Respuesta de calor del conjunto textil electrotérmico*”. Según las pruebas el *conjunto textil electrotérmico consume un máximo de 7A a 30V DC*, este dato es suficiente para dimensionar la fuente de alimentación que alimentara a todo el sistema. Se determina la

elección de una tensión de trabajo de **24V DC para cumplir normativa y se dimensiona un margen de intensidad mayor para esta tensión de trabajo para no forzar la F.A. y poder proporcionar la demanda de intensidad en caso de que aumente por arrugas en los textiles electrotérmicos, estos reducen su resistencia eléctrica al arrugarlos:**

*Fuente Alimentación = Placa electrónica (0,4A) + Pads electrotérmicos (7A)*

$$P = V \cdot I \quad (4.4)$$

*Potencia del sistema completo =  $V \cdot I = 24V \cdot 7,4A = 177,6W$  (con margen)*

Se escoge la fuente de alimentación general del sistema marca **XP POWER, modelo PBM200PS24-C, 200W**, esta fuente de **24V DC** de salida proporciona energía suficiente para calentar los 3 pads a la vez y alimentar la electrónica de control, sin funcionar la F.A. a un nivel máximo de potencia. La entrada de esta se conecta directamente a la red de **220V AC 50Hz**, puede suministrar una intensidad de hasta **8,4A**, frente a los 7,4A que consume el sistema completo (con margen), funciona sin problemas. Se activa un pequeño ventilador que tiene integrado para refrigerar su interior cuando esta detecta una demanda de más de 100W. Es una fuente de tipo conmutado, por tanto no tiene transformador. Está diseñada para sector médico, eso nos asegura protecciones de seguridad por posibles fugas de corriente.

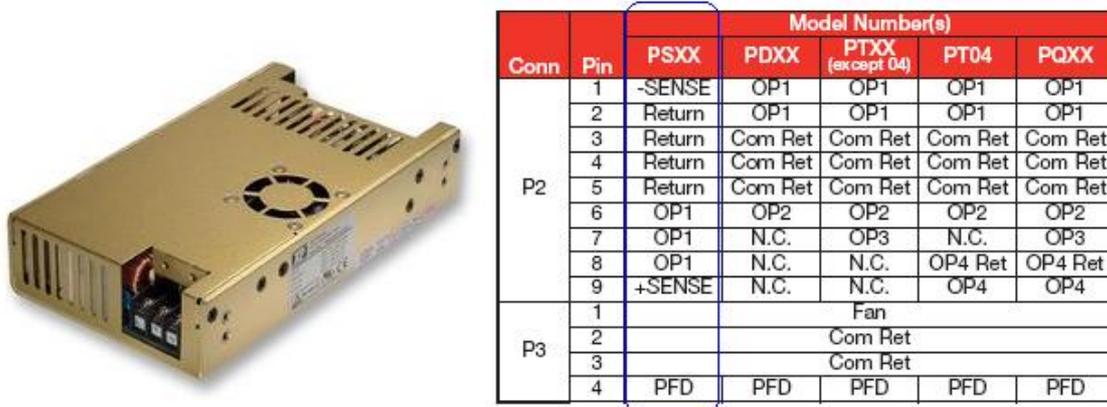


Figura 4.22. Patillaje y encapsulado de la fuente de alimentación general del sistema marca **XP POWER, modelo PBM200PS24-C, 200W**.

Cumple las siguientes normativas de EMIs y seguridad:

- Emisiones EN55011 & FCC Clase B conducción y radiación
- Corrientes armónicas EN61000-3-2, Clase A
- Voltaje "Flicker" EN61000-3-3
- Inmunidad ESD EN61000-4-2, nivel 3 Criterio A
- Inmunidad a la radiación EN61000-4-3, nivel 3 Criterio A
- EFT/"Burst" EN61000-4-4, nivel 3 Criterio A

- “Surge” EN61000-4-5, nivel 3 Criterio A
- Inmunidad conductora EN61000-4-6 3v, Criterio A
- “Dips” y Interrupciones EN61000-4-11, 30% 10 ms, 60% 100ms, > 95% 5000ms, Criterio A, B, B
- Homologaciones seguridad EN60601-1, UL60601-1, CSA22.2 No. 601-1

#### 4.1.6. PCB física.

Teniendo todos los componentes del diseño de la electrónica de control dimensionados, se crea un esquema teórico con los diseños implementados para la aplicación en concreto y luego un esquema de la placa física con software de diseño específico de circuitos electrónicos, para este proyecto se ha utilizado el *software de diseño CAD ALTIUM Designer versión 6.0*. Ver punto “1. Esquemas teóricos y layout de la electrónica.”. Esta placa es de doble cara, tiene componentes y pistas en las dos caras, algunos de los componentes son de tipo *SMD (Surface Mounted Device)*, por tanto van soldados en la placa sin pads que atraviesen esta, son el modulo Bluetooth, el microcontrolador, resistencias de tipo SMD y los 3 mosfets, los demás componentes; condensadores, regletas, conectores de pines, LEDs, y el convertidor, son de tipo convencional, por tanto se sueldan atravesando la placa.

La PCB se realiza con una maquina de tipo fresado para realización de circuitos electrónicos. A esta se le envía los *archivos Gerber* generados con el software de diseño CAD y automáticamente realiza la placa de cobre aislando las pistas y pads correspondientes. También realiza los agujeros de sujeción para colocar en una caja que la proteja:

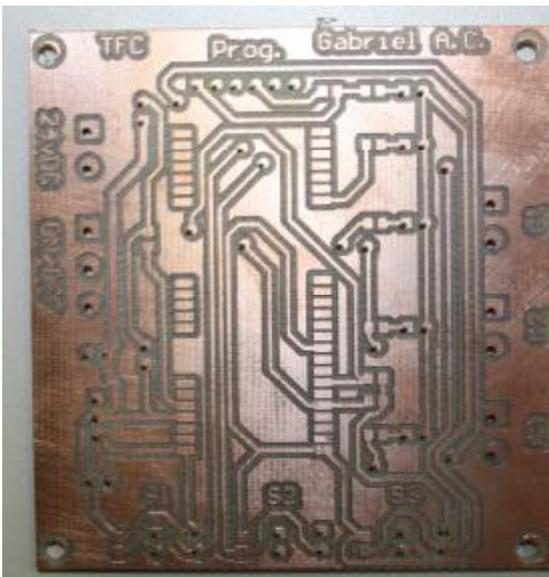


Figura 4.23. PCB cara Top Layer.

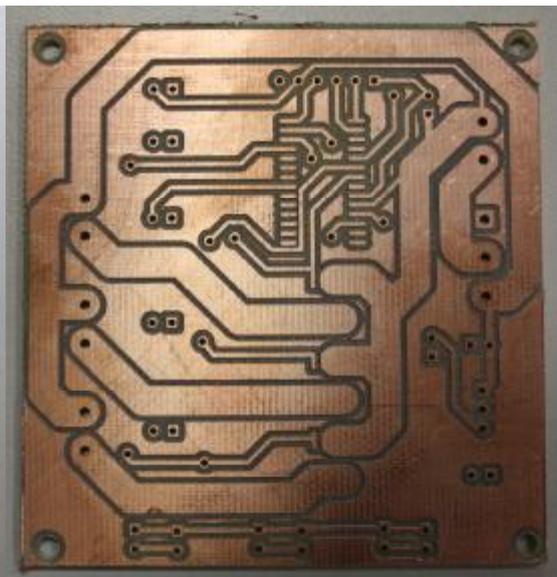


Figura 4.24. PCB cara Bottom Layer.

Se colocan 5 LEDs indicadores para determinar el estado en el que se encuentra el sistema en todo momento. Ver punto “4.2. Programa y funciones de la electrónica”

para conocer el significado de cada LED de indicación o situación. Se coloca una resistencia en serie en cada uno de estos LEDs para bajar la intensidad de luz a un nivel adecuado cuando se enciendan, se calcula el valor sabiendo que la tensión general de la PCB es de 3,3V y que la tensión que necesitan es de 2,5V aproximadamente para encenderse a un nivel de luz correcto, se determina una intensidad de menos de 20mA, corriente máxima que puede suministrar un pin E/S del microcontrolador elegido:

$$V_{cc} = V_{resistencia} + V_{LED} \longrightarrow V_{resistencia} = 3,3V - 2,5V = 0,8V$$

$$R = V_{resistencia} / I = 0,8V / 0,015A = 53,333\Omega = \mathbf{51\Omega}$$

Se colocan condensadores de desacoplamiento en la alimentación de cada uno de los dos integrados (Bluetooth y microcontrolador) lo más cerca posible en el diseño de la PCB física para suavizar al máximo las fluctuaciones de tensión que pueda haber en la alimentación de estos, a causa de la gran demanda de energía en algunos instantes del sistema para abastecer los pads electro térmicos. Condensadores cerámicos de 100nF.

La placa electrónica con todos los componentes soldados tanto por la cara Top y por la cara Bottom es la siguiente:

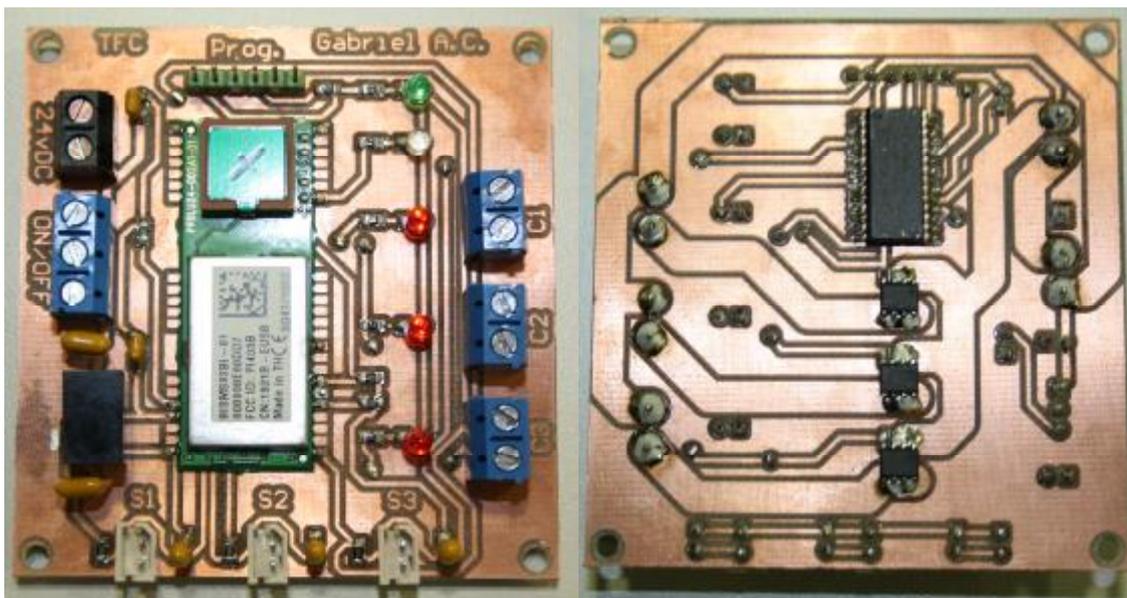


Figura 4.25. PCB cara Top Layer soldada. Figura 4.26. PCB cara Bottom Layer soldada

Es atractivo el detalle de las indicaciones de conexión escritas en la misma PCB para evitar errores de conexión de cableado en las regletas de potencia y en el conector de programación. Se puede observar el módulo Bluetooth en la **cara Top**, también el convertidor DC/DC los 3 conectores para los 3 NTC (S1,S2,S3) con sus resistencias de linealización y los condensadores de suavizado de captura, la alimentación de 24v en la regleta de color negro, los 5 LEDs de indicación de estado, el conector de programación de 6 pines (son solo 5 conectados electrónicamente, el sexto es para evitar quemar el micro en caso de invertir por error la posición de conexión del conector), y la regleta de ON/OFF general. En la **cara Bottom** se observa el microcontrolador PIC de 28 pines y

debajo los 3 mosfets de activación de los pads, además del considerable grosor de las pistas dimensionadas para soportar el paso de corriente de hasta 8A, son pistas de 4 mm de ancho en las conexiones de *Drain* y *Source* de los mosfets, el resto de la placa son pistas de 0,8mm de ancho.

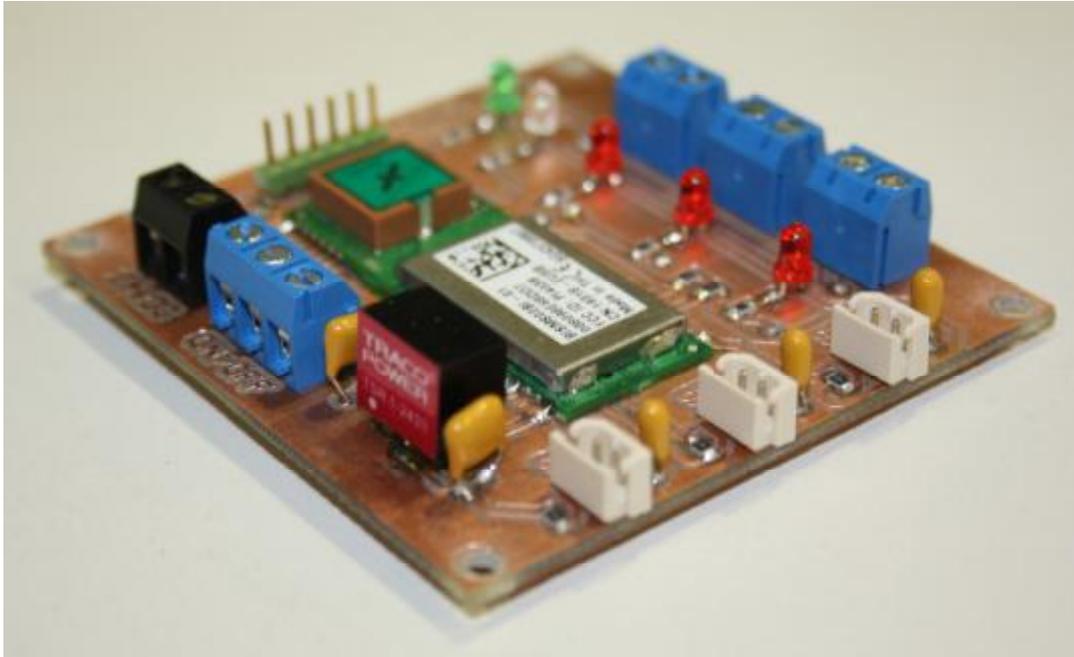


Figura 4.27. *Electrónica de control completada.*

Las conexiones externas de la placa de control para su funcionamiento en la aplicación son las siguientes:

| Nombre | Conexión                               | Valor nominal | Valor máximo  | Pines     |
|--------|--|---------------|---------------|-----------|
| Prog.  | Conector de programación               | -             | -             | 5 + 1 (*) |
| 24v DC | Alimentación de todo el sistema        | 24V DC (8A)   | 30V DC        | 2         |
| ON/OFF | Interruptor general de todo el sistema | -             | -             | 2 + 1     |
| S1     | Sensor NTC 1                           | 10 k $\Omega$ | 10 k $\Omega$ | 2         |
| S2     | Sensor NTC 2                           | 10 k $\Omega$ | 10 k $\Omega$ | 2         |
| S3     | Sensor NTC 3                           | 10 k $\Omega$ | 10 k $\Omega$ | 2         |
| C1     | Carga 1 = (Pad_1)                      | 24V DC (1,8A) | 30V DC (2A)   | 2         |
| C2     | Carga 2 = (Pad_2)                      | 24V DC (2,8A) | 30V DC (3A)   | 2         |
| C3     | Carga 3 = (Pad_3)                      | 24V DC (1,8A) | 30V DC (2A)   | 2         |

(\*) *El conector de programación tiene 5 conexiones conectadas, la 6 esta al aire sin conectar como precaución en caso de error de conexión del conector invirtiendo su colocación. En ese caso Vcc se conectaría a la conexión 6 que no está conectada, evitando quemar el microcontrolador.*

Tabla 4.3. *Conexionado y valores de alimentación y conexión de la placa electrónica.*

#### 4.2. Caja para electrónica de control del sistema.

La placa electrónica debe encapsularse en una caja para quedar aislada del polvo y/o posibles impurezas que puedan causar cortocircuitos en ella. Se piensa también en un diseño de caja original y adecuada al proyecto, donde pueda mostrarse la electrónica sin necesidad de abrir tal caja, pero que a la vez se proteja la electrónica de posibles daños externos.

Se realiza un diseño de caja con software de diseño CAD de formas, en concreto se utiliza el software *Inventor 9 de la empresa Autodesk*. Se piensa en una estética donde se muestre la parte interior de la caja y en objetivo mostrar la electrónica de control integrada en ella, para ello la estructura de la caja se diseña atravesada, sin tapa, ni fondo, estas dos partes se tapan con material transparente.

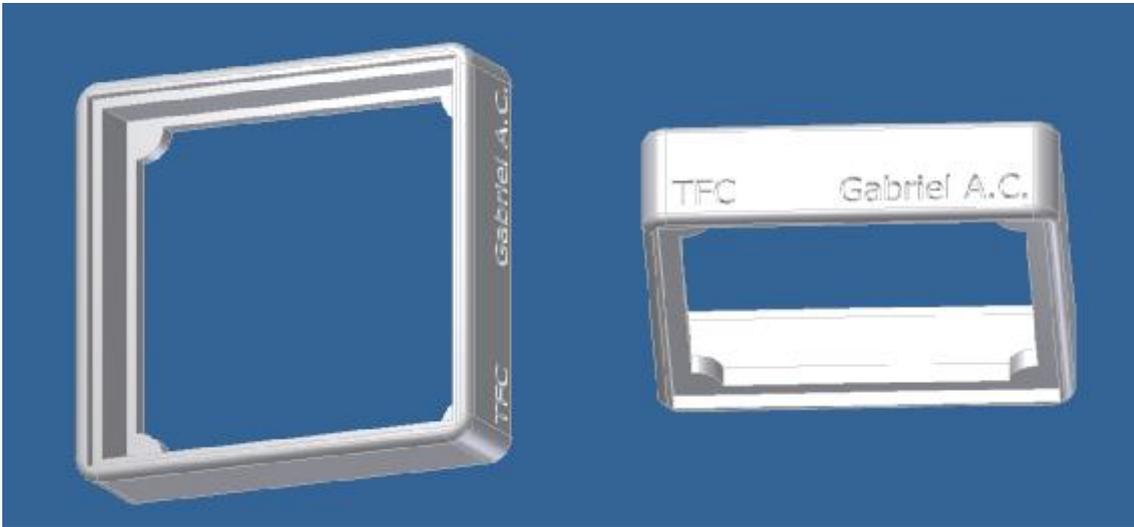


Figura 4.28. *Diseño caja. Vista Superior.*      Figura 4.29. *Diseño caja. Vista Inferior.*

Ver “*Dimensiones de la caja de encapsulado de la electrónica de control*” en el apartado “*1. Esquema teórico, layout de la electrónica y dimensiones de la caja de encapsulado.*” Esta caja se realiza físicamente con una maquina de *impresión 3D*, esta es capaz de realizar cualquier forma diseñada previamente con un software de formas CAD. Necesita de dos tipos de materiales para crear la pieza; material ABS, del que está hecha la pieza, y material Soluble en agua, que sirve de soporte de la pieza mientras esta se va creando. Una vez creada, se le quita el material de soporte adherido colocándola en un baño de agua hirviendo con ultrasonidos, al cabo de unas horas la pieza se saca y se seca, ya lista para su aplicación.

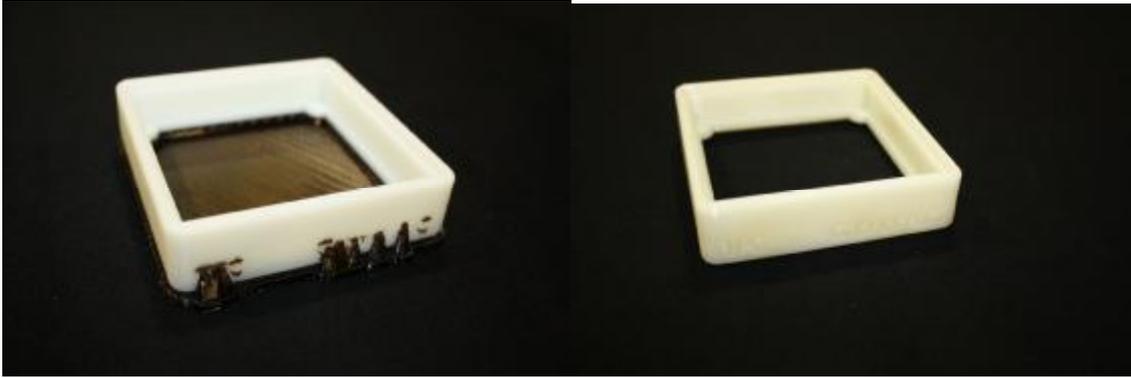


Figura 4.30. *Caja con material Soluble.*      Figura 4.31. *Caja limpia.*

Con esta caja y *dos tapas transparentes de metacrilato de 3mm* para cada cara de la caja cortadas con maquina laser, se realiza el montaje del encapsulado electrónico:

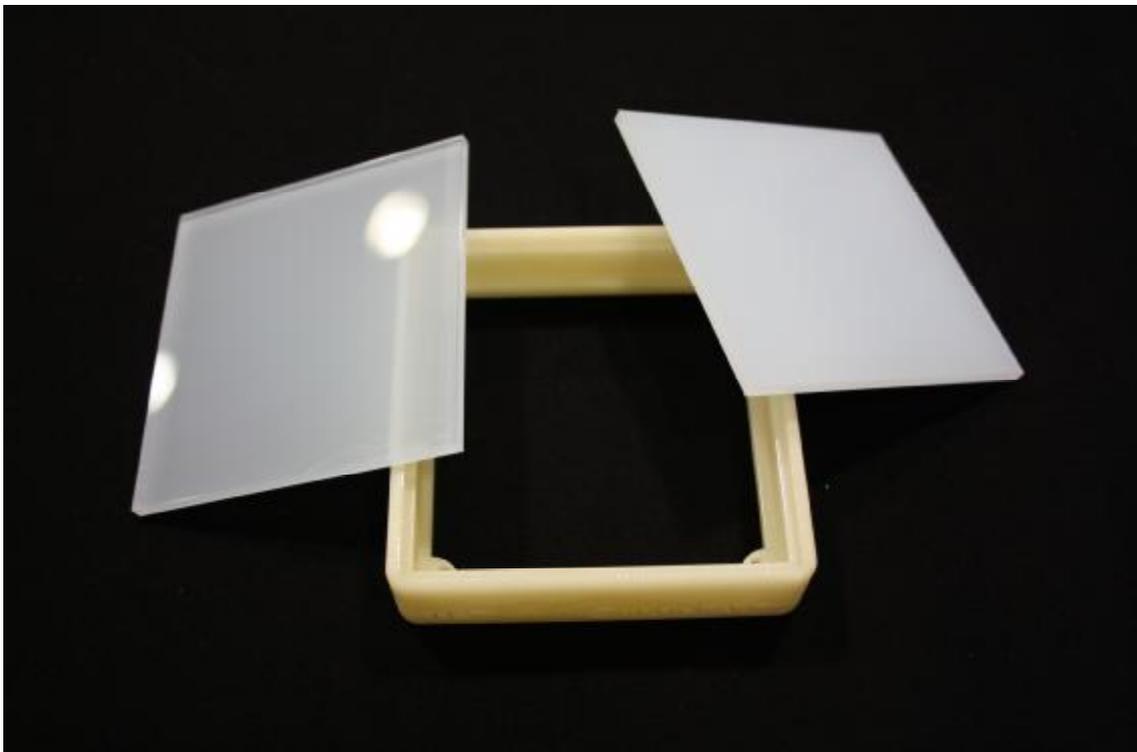


Figura 4.32. *Kit completo de encapsulado. Caja y 2 tapas de metacrilato de 3mm transparente (con película de protección).*

El montaje necesita 4 agujeros de sujeción en la caja y en cada una de las tapas, mas uno para la alimentación general (2 cables de potencia), otro para suministrar toda la energía necesaria para los pads (3 cables de potencia mas 1 común de más potencia) y uno más para el bus de señales Vs de los sensores (cable de comunicación para señales). Los agujeros de sujeción deben coincidir con los de la PCB electrónica para sujetar y encapsular todo el conjunto con tan solo 4 tornillos que se enroscan con la misma caja.

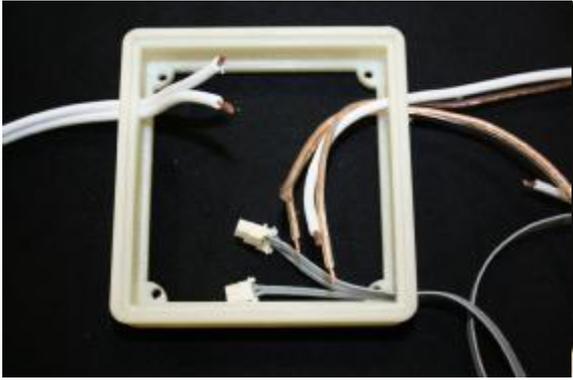


Figura 4.33. *Caja con cableado.*

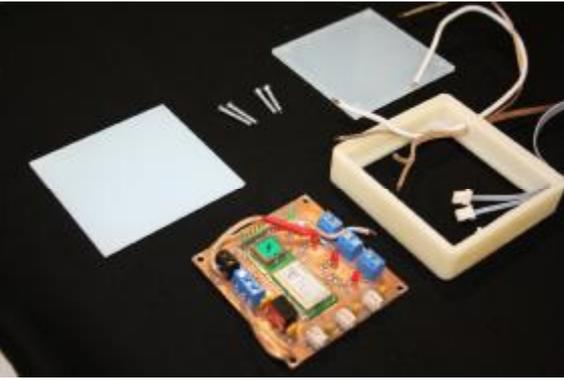


Figura 4.34. *Kit completo electrónica control*

Teniendo el cableado pasado y todos los elementos del conjunto electrónico, se realiza la ensamblación del sistema electrónico general:

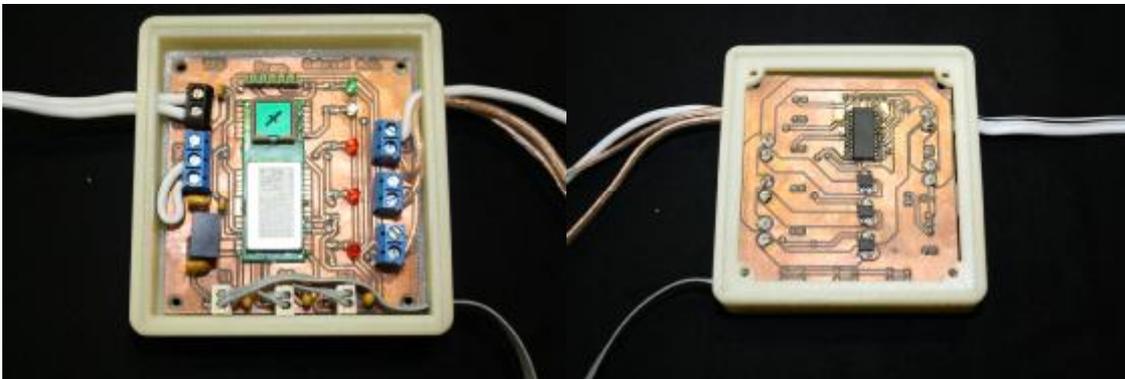


Figura 4.35. *Electrónica ensamblada.Top.* Figura 4.36. *Electrónica ensamblada.Bottom*

Para la cara *Top* del conjunto se utilizan los 4 tornillos de sujeción de 3mm de diámetro con cabeza avellanada. Para la cara *Bottom* del conjunto se utiliza pegamento de metacrilato, este cuando se seca mantiene la transparencia.

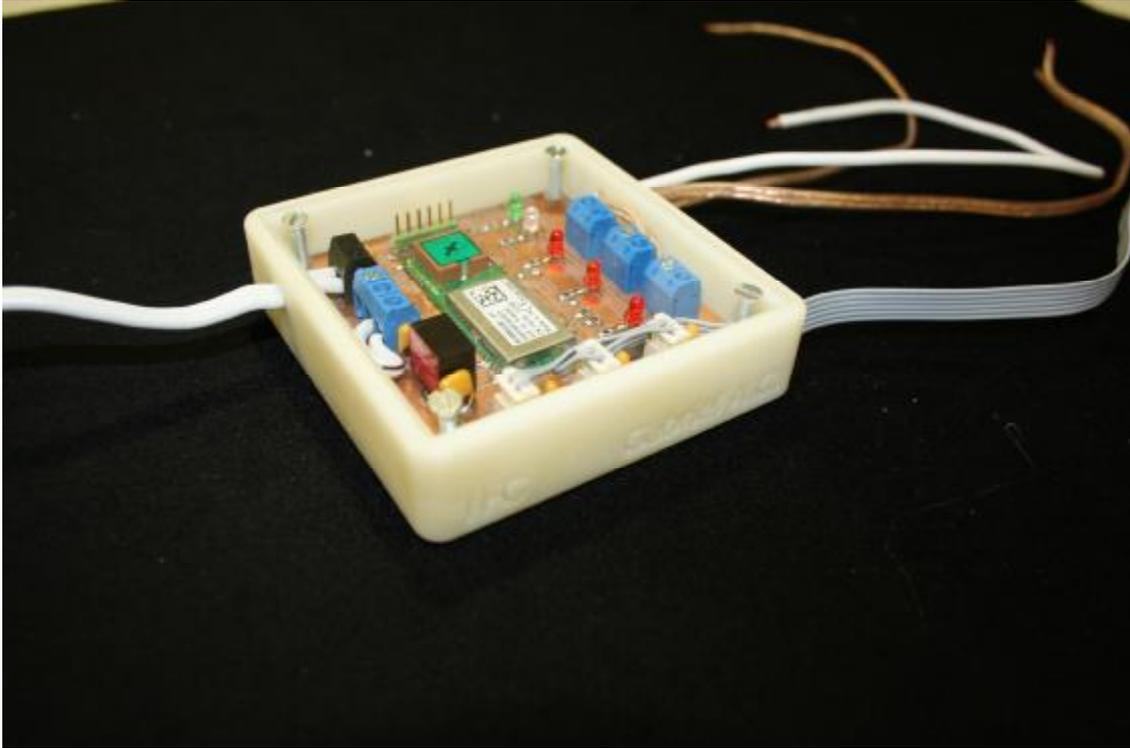


Figura 4.37. *Electrónica montada, atornillada y pegada la tapa Bottom.*

La conexión del cableado saliente de la PCB electrónica se acaba con conectores, uno para el suministro de energía de los 3 pads electotérmicos (*Conector de potencia*), y otro para la captación de las señales de los sensores de temperatura (*Conector de sensado*). La conexión de alimentación no lleva conector, se realiza directamente con la *fuelle de alimentación* en su regleta de conexionado (24V DC).



Figura 4.38. *Conectores potencia y Sensado.* Figura 4.39. *Conectores vista conexiones.*

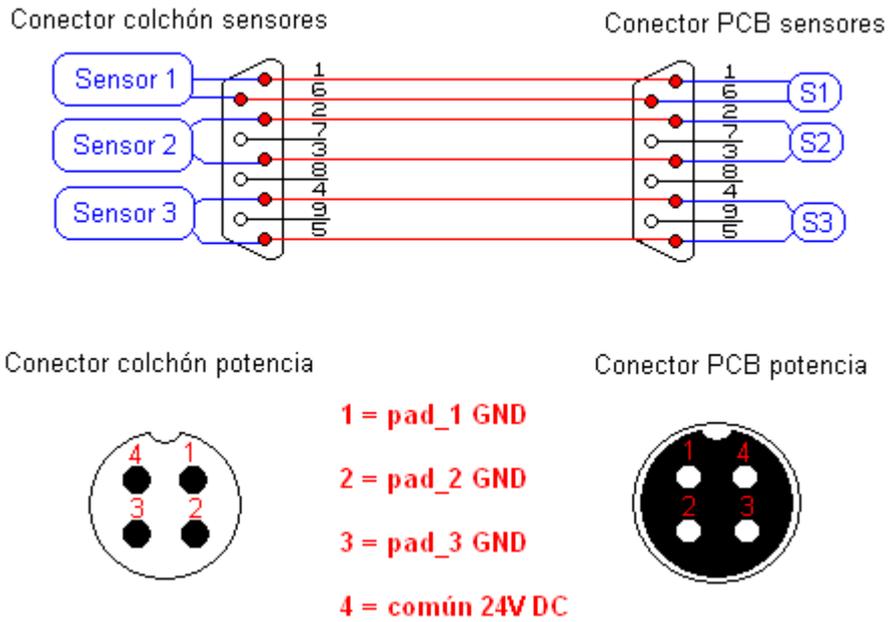


Figura 4.40. *Conexión del sensado y de la potencia.*

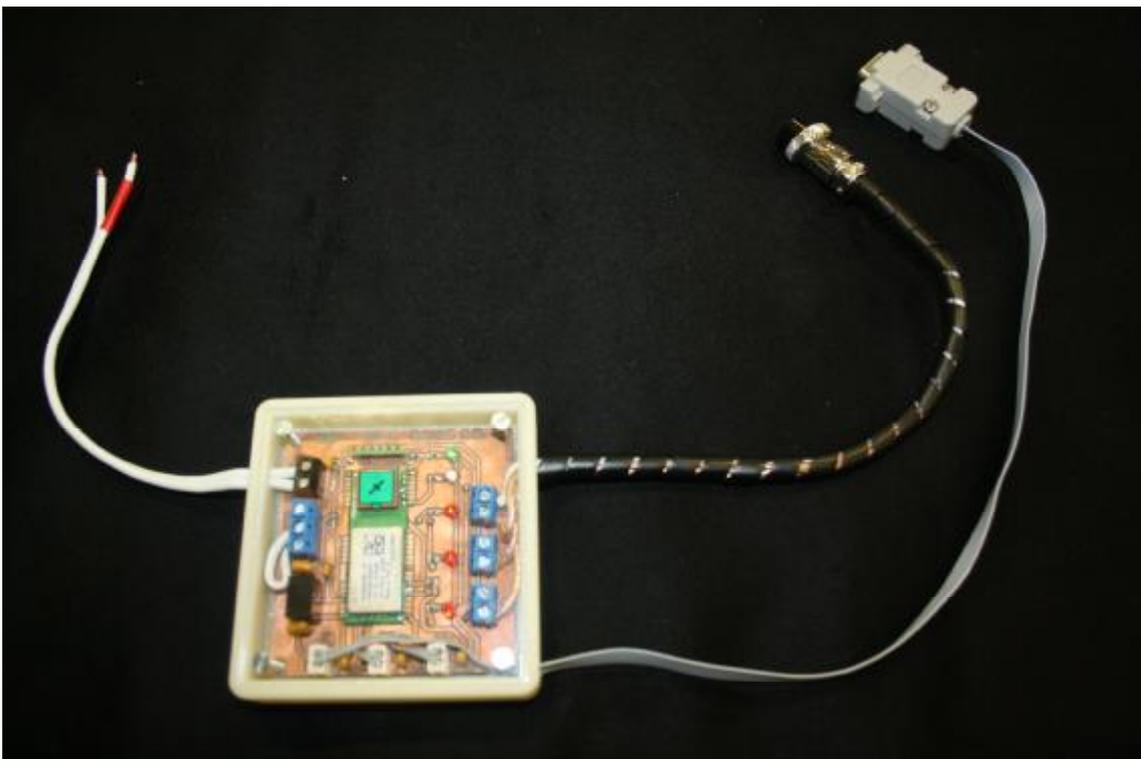


Figura 4.41. *Electrónica completada con los conectores de conexión.*

### 4.3. Programa y funciones de la electrónica.

Teniendo todas las conexiones conectadas para el funcionamiento electrónico del *colchón electrotérmico*, este es el siguiente:

A nivel hardware, la electrónica tiene indicadores de estado implementados en LEDs, con estos se sabe en qué situación se encuentra el sistema funcionando. El

funcionamiento es sencillo, primero se alimenta con 24V DC la PCB electrónica, se enciende el **LED verde**. La PDA inicia la conexión inalámbrica con la PCB, se realiza el enlace cuando la placa enciende el **LED azul**, a continuación el usuario activa o desactiva los pads que desee con el software de la PDA, a la vez que puede seleccionar la temperatura a la que se desea que se mantenga cada pad independientemente. Los **LEDs rojos** se encenderán o no en función de la temperatura a la que este cada pad y según la consigna que el usuario selecciona en el software de la PDA. Por ejemplo; si el sistema está en enlace (LED azul), y el usuario activa el pad 1(cabeza) y selecciona una temperatura de 28°C y el sensor NTC 1 detecta 25°C, la electrónica activará el pad 1 hasta llegar a 28°C, entonces desactivará ese pad de forma independiente a los otros, cuando la temperatura vuelva a bajar, el sensor detectara menor valor que la consigna y por tanto volverá a activar el pad 1, seguirá ese ciclo hasta que se varíe la consigna, se apague el pad o se desconecte el Bluetooth, este funcionamiento se aplica en cada uno de los 3 pads. Este tipo de funcionamiento es un sencillo **ON/OFF**, elegido este programa por su sencillez y por la no necesidad de implementar un sistema más complejo por la naturaleza de la aplicación, esta no requiere rapidez en el sistema ya que los cambios de temperatura son mucho más lentos que la velocidad de actuación, incluso se implementa en el programa una espera de captura y actuación de **2 segundos** para evitar cambios intermitentes en el funcionamiento del sistema, de esta forma se suaviza el efecto “parpadeo” de los pads cuando llegan a su consigna.

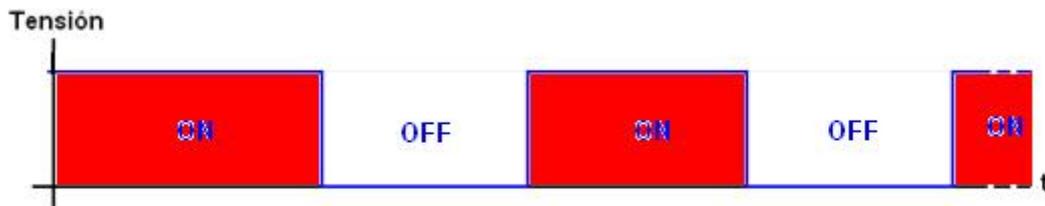


Figura 4.41. *Electrónica completada con los conectores de conexión.*

Se implementa el programa de funcionamiento en el microcontrolador de la PCB de forma que el colchón no pueda funcionar sin la conexión de la PDA, consiguiendo así seguridad. Esta determinación se consigue enlazando la PDA con la PCB electrónica, y manteniendo un envío constante de indicación que significa “*todo correcto*”, en el programa se implementa un “*watchdog*” con el **TIMER0**, que se resetea cada vez que llega un dato por el puerto serie, si al cabo de 1 minuto (aproximadamente) no llega el dato de indicación, el sistema entiende que se ha perdido conexión con la PDA y por tanto **apaga los 3 pads**. Para realizar esta tarea, se carga el **TIMER0** con 32,7ms y se incrementa una variable (**wdog**) cada vez que se entra en el overflow del Timer subrutina de interrupción de overflow **TIMER0**: “**#int\_TIMER0**”. El reseteo de **wdog** se realiza con la subrutina de interrupción de dato recibido por el puerto serie: “**#int\_RDA**”, en esta subrutina se guarda el dato recibido procedente del Bluetooth integrado en placa, se resetea el **wachdog**, y se activa el indicador de dato recibido.

$$32,7ms \times 1834 = 59,971segundos = 1 \text{ minuto (aprox.)}$$

En el programa se crean y configuran las variables siguientes:

| Nombre      | Función                          | Tipo            | “In /Out” |
|-------------|----------------------------------|-----------------|-----------|
| mosfet1     | Activar/Desactivar pad1          | Pin físico B1   | Out       |
| mosfet2     | Activar/Desactivar pad2          | Pin físico B2   | Out       |
| mosfet3     | Activar/Desactivar pad3          | Pin físico B3   | Out       |
| dada_rebuda | Indicador de dato recibido       | integer 8 bits  | In        |
| dada        | Dato recibido                    | float           | In        |
| dada_zona   | Dato zona de trabajo             | float           | In        |
| dada_temp   | Dato temperatura de consigna     | float           | In        |
| dada_NTC1   | Dato digital Sensor 1            | integer 16 bits | In        |
| dada_NTC2   | Dato digital Sensor 2            | integer 16 bits | In        |
| dada_NTC3   | Dato digital Sensor 3            | integer 16 bits | In        |
| dada_temp1  | Dato temperatura pad1            | integer 8 bits  | In        |
| dada_temp2  | Dato temperatura pad2            | integer 8 bits  | In        |
| dada_temp3  | Dato temperatura pad3            | integer 8 bits  | In        |
| wdog        | “WatchDog” de seguridad          | long            | In        |
| taula1[10]  | Array NTC1 de valores capturados | integer 8 bits  | In        |
| taula2[10]  | Array NTC2 de valores capturados | integer 8 bits  | In        |
| taula3[10]  | Array NTC3 de valores capturados | integer 8 bits  | In        |
| n           | Variable para bucles             | integer 8 bits  | In        |

Tabla 4.4. Variables de trabajo del programa.

La configuración de trabajo del microcontrolador PIC para la aplicación es la siguiente:

- Pines para el ADC: AN0, AN1, AN2, tensión de alimentación 3,3V de referencia.
- Clock interno del ADC.
- Puerto SPI desconectado.
- TIMER0 con frecuencia de reloj interna y con divisor de 256bits.
- TIMER1 deshabilitado.
- TIMER2 deshabilitado.
- Comparador deshabilitado.
- Interrupción Puerto Serie habilitada.
- Interrupción Overflow TIMER0 habilitada.
- Interrupciones Globales habilitadas.
- Oscilador interno de 8Mhz

El funcionamiento del programa principal empieza por apagar los tres pads al conectar alimentación, luego realiza 10 capturas en cada uno de los 3 sensores de temperatura respetando los tiempos de conversión del ADC, se aseguran con 5ms de espera por cada conversión. Luego realiza una **media aritmética de los 10 valores capturados en cada sensor**; se suman los 10 valores y se divide el resultado entre 10, se realiza la operación

en cada sensor, se consigue así mayor exactitud, suavizando por software los posibles errores de captura que pudieran surgir, resultando un valor de capturado para tratar más propenso en donde están la mayoría de las 10 capturas realizadas. Se linealiza el valor obtenido pasándolo por la fórmula matemática de la **linealización del NTC** encontrada en la *Figura 56 (Valor Digital Vs Temperatura)*.

$$Y = 1,9732 \cdot x + 71,235 \quad (4.5)$$

$$\text{Valor digital} = 1,9732 \cdot \text{Temperatura} + 71,235$$

$$\text{Temperatura} = (\text{Valor digital} - 71,235) / 1,9732$$

Teniendo el dato de temperatura acondicionado de cada uno de los 3 sensores, **se compara con el dato recibido del PDA a través del Bluetooth:** Dato recibido > Dato NTC = Activa Pad, sino cumple la condición desactiva pad, esta condición de verifica para cada pad con su correspondiente sensor y valor recibido. Prescindiendo de estas comparaciones entre sensores y valores recibidos, el programa implementa una condición de **seguridad de máxima prioridad, si cualquiera de los 3 sensores detecta más de 45°C el sistema desactiva los 3 pads estén en el estado que estén.**

Para tratar el valor del dato recibido, este se recibe en forma de paquete de 8 bits, por tanto valores decimales hasta 255, **este paquete determina la zona con el primer dígito y la temperatura de la zona en cuestión con los 2 siguientes dígitos, se determina zona1= 1, zona2=2, zona3=0, la temperatura puede variar entre valores de 0 a 55, pero tendremos limitado por exceso de 45,** ejemplo: si el micro recibe por puerto serie un 228 decimal indica que se desea temperatura de 28°C en la zona 2 (pad2, tronco), si recibe un 035, indica que la temperatura de consigna es 35°C en el pad 3.

Para conseguir separar este paquete de 3 dígitos, primero se divide el dato recibido entre 100 para conseguir colocar una coma entre el primer y segundo dígito, luego se utiliza la **función “modf”, que guarda la parte decimal en su igualación y la parte entera en la variable final de dentro de los paréntesis:**

```
dada = dada/100;
    dada_temp = modf (dada,&dada_zona);
    //dada_temp = parte decimal
    //dada_zona = parte entera
```

Luego se acondiciona la parte decimal volviendo a multiplicar por 100 para obtener un entero, y a continuación se redondea con la función **“ceil”:**

```
dada_temp = dada_temp * 100; //Operación para tener un entero
dada_temp = ceil (dada_temp); //Redondeo
```

Teniendo el dato recibido ya acondicionado, se guarda en donde corresponda el valor de temperatura, ya sea de zona o de temperatura. Se implementa también una condición de dato diferente al valor establecido como indicador de “*todo correcto*”, este es *dada* = 255, es decir, este valor recibido solo sirve para indicar que el PDA esta “*vivo*”, si no recibe este valor en menos de 1 minuto, el sistema desactiva los 3 pads (explicado anteriormente).

Para apagar los 3 pads por intención del usuario; al presionar “*salir*” en cualquier momento en la aplicación software del PDA, este envía el valor “010”, interpretado por el programa como *OFF general*. El software del PDA acota entre 18°C y 40°C la temperatura de selección, de esta forma nunca entrara en conflicto el uso de los valores 010 para *apagado general* y 255 para indicador de “*todo correcto*”.

Todo el proceso se realiza cada 2 *segundos* para evitar intermitencias de los pads que puedan crear avería. Se consigue con la función “*delay\_ms(2000)*”

## 5. Descripción aplicación software de control para usuario. Funciones.

El software específico instalado *SCA (Sistema de Confort Activo)* en la PDA es de tipo sencillo, tiene tres pantallas, y las funciones que ofrece son las siguientes:

- Conectar con dispositivo.
- ON/OFF pad 1 (cabeza).
- ON/OFF pad 2 (tronco).
- ON/OFF pad 3 (pies).
- Selección de temperatura pad 1.
- Selección de temperatura pad 2.
- Selección de temperatura pad 3.
- Salir de la aplicación.

Este software se utiliza a modo complementario de todo el sistema, no se ha creado en este proyecto, pero ha sido necesario para completar el funcionamiento completo. Es funcional en dispositivos con sistema operativo *Windows Mobile* instalado, y con hardware de comunicación *Bluetooth*.

El software se presenta con la siguiente pantalla:



Figura 5.1. Pantalla de presentación del software de usuario.

Se observa las dos opciones que ofrece la aplicación: *Conectar* y *Salir*, también se observa la indicación del estado en el que está el sistema: “DESCONECTADO”. Si se presiona *Conectar* y la PCB electrónica está alimentada con energía, el sistema enlazara conexión. Es posible que no enlace, puede ser por las siguientes razones:

- La electrónica no está alimentada.
- El Bluetooth del PDA esta desactivado.
- No hay cobertura suficiente entre los dos dispositivos.



Figura 5.2. Pantalla de “Imposible conectar” del software de usuario.

Si todo esto correcto el sistema funcionara de forma normal; se conectara con la placa electrónica al presionar “Conectar”, esta lo indicará con el *LED azul*, y la aplicación software entrara automáticamente en la pantalla de control del colchón electrotérmico.



Figura 5.3. Pantalla de “Imposible conectar” del software de usuario.

Una vez dentro del control del colchón, el software por defecto tiene todos los pads apagados, y una temperatura de 25°C seleccionada en cada uno de ellos. Permite encender cualquiera de los 3 pads de forma independiente, y seleccionar la temperatura que se desee en cada uno de ellos utilizando las flechas de *subir* y *bajar*, también permite apagar cualquiera de los pad dejar la configuración que más se adapte al deseo de confort del usuario.

Los pasos de prueba de funcionamiento son los de las figuras siguientes:



Figura 5.4. Paso 1: Alimentar PCB y entrar en software de PDA. LED verde encendido.



Figura 5.5. Paso 2: Conectar PDA con PCB. LED azul encendido.



Figura 5.6. Paso 3: Encender Pad 1 (Cabeza). LED rojo 1 encendido, si  $Consigna > NTC1$



Figura 5.7. Paso 4: Encender Pad 2 (Tronco). LED rojo 2 encendido, si  $Consigna > NTC2$ .

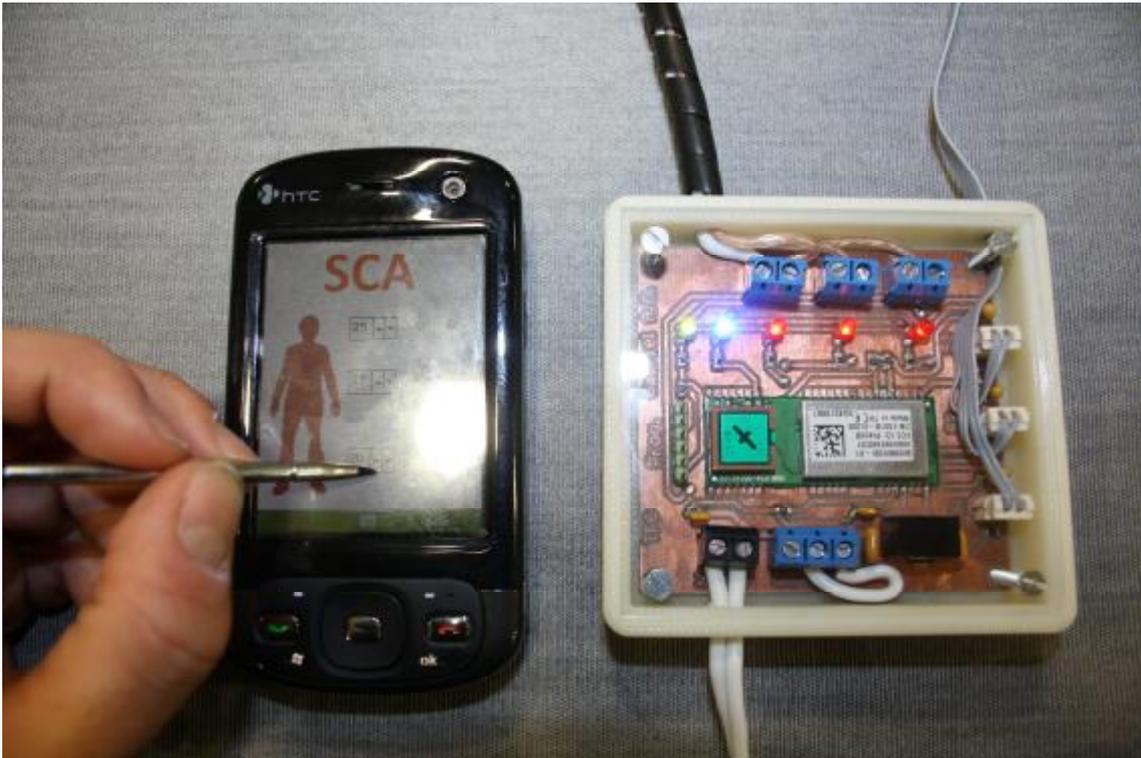


Figura 5.8. Paso 5: Encender Pad 3(Pies).LED rojo3 encendido, si Consigna > NTC3.



Figura5.9.Paso 6:Salir de la aplicación. Apaga todos los LEDs excepto de alimentación

## 6. Tests del sistema y conclusiones.

Se somete el colchón a pruebas para obtener valores y relaciones *potencia-temperatura*, en definitiva la respuesta de calor del colchón electrotrémico. Las pruebas se realizan en valores máximos de aplicación de energía en los 3 pads a la vez para ver el fondo de escala del colchón en máxima potencia.

- La primera prueba es la que nos da una referencia del potencial del colchón:

a) *Colchón conectado a 24V 7A, en vacío:*  
*Tiempo de aceleración = 10 minutos, 30°C*

b) *Colchón conectado a 24V 8,5A, con persona de 90Kg:*  
*Tiempo de aceleración = 7 minutos, 32°C*

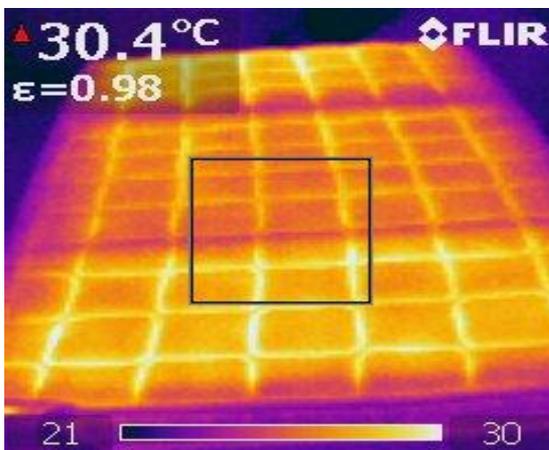


Figura 6.1. Situación a).

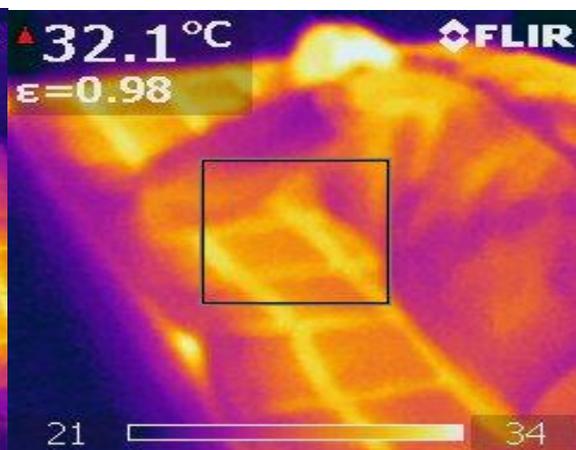


Figura 6.2. Situación b).

Se observa que el colchón responde mejor con un peso encima; mejora en aceleración y en temperatura, eso es debido al arrugado que se produce en el textil electrotrémico de cada pad, baja la resistencia eléctrica al estar más arrugado, eso provoca la circulación de más intensidad eléctrica y por tanto generación de más calor. También es debido que la masa térmica total es mayor, ya que el cuerpo humano también transmite calor, se crea un conjunto calorífico más potente y por tanto mejora el rendimiento.

- La segunda prueba es una respuesta térmica del colchón en diferentes condiciones.

La prueba consiste en aumentar la potencia aplicada en el colchón, aumentando la tensión en él, de forma que se vayan incrementando gradualmente los valores de temperatura del mismo. Se realiza una medida cada 5 minutos para asegurar la consigna ya que la aceleración es muy baja. Temperatura ambiente 23°C. El objetivo es encontrar la situación de trabajo más eficiente del colchón activo.



Figura 6.3. Respuesta de calor condición 1.

Conclusiones:

Se consigue una variación de temperatura muy lenta, pero se llega a valores óptimos.

*Eficiencia baja.*

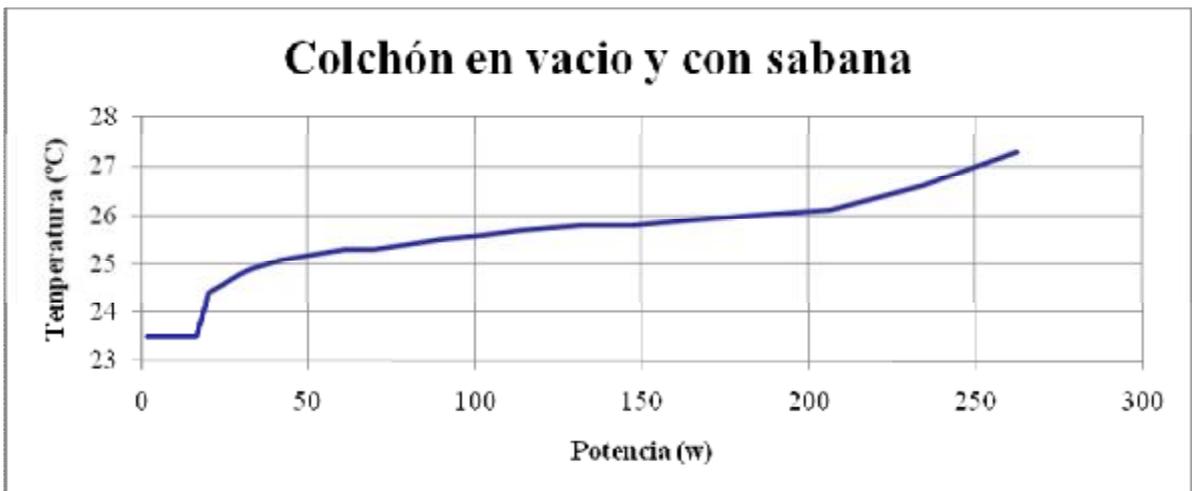


Figura 6.4. Respuesta de calor condición 2.

Conclusiones:

Aumenta la temperatura más rápidamente. Valores de temperatura óptimos. *Eficiencia*

*baja.*

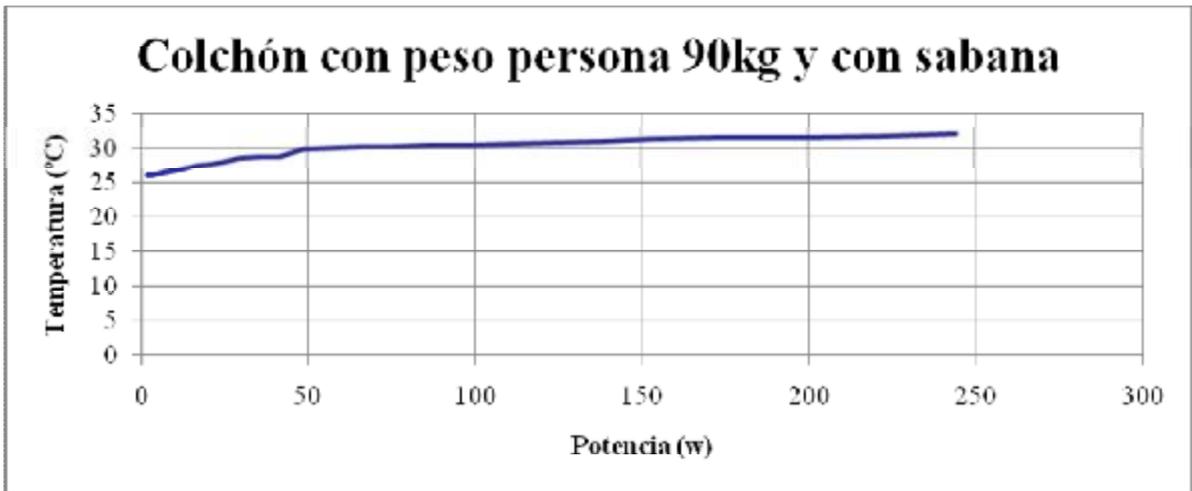


Figura 6.5. Respuesta de calor condición 3.

Conclusiones:

Aumenta la temperatura más rápidamente. El peso del cuerpo ayuda a aumentar la temperatura al arrugar el textil térmico. El calor corporal ayuda a conservar el calor, se forma un conjunto caliente. **Eficiencia alta.**

**Tiempo de aceleración = 5min.**

**Temperatura = 30°C (optima)**

**Potencia = 24V 8A**

**Tiempo de aceleración = 15min.**

**Temperatura = 35°C (excesiva)**

**Potencia = 24V 8A**



Figura 6.6. Respuesta de calor condición 4.

Conclusiones:

Aumenta la temperatura más rápidamente a causa de la acumulación de calor por la manta. *Eficiencia alta.*

*Tiempo de aceleración = 20min.*

*Temperatura = 30°C (optima)*

*Potencia = 24V 7A*

*Tiempo de aceleración = 30min.*

*Temperatura = 35°C (excesiva)*

*Potencia = 24V 7A*

Conclusiones finales:

*Se observa que las situaciones de mayor eficiencia son cuando el colchón funciona con un cuerpo caliente tumbado en él ya que se forma un conjunto caliente con más potencia total calorífica y por tanto es posible reducir la potencia aplicada.*

*El colchón trabaja mucho mejor si se añade una sabana o incluso una manta que haga efecto de bolsa de aire caliente. Se conserva el calor generado, y al poco tiempo se puede desactivar la aplicación de energía, consumiendo mucho menos en un tiempo prolongado y por tanto siendo más eficiente.*

## 1. Presupuesto.

### - Componentes que integran la PCB electrónica.

| Descripción                                 | Nombre/código fabricante | Fabricante              | Proveedor | Código proveedor | Qty | Precio unitario | Total      |
|---|--------------------------|-------------------------|-----------|------------------|-----|-----------------|------------|
| Microcontrolador                            | PIC 16F883               | MICROCHIP               | Farnell   | 1439532          | 1   | 1,88€           | 1,88€      |
| Convertidor DC/DC                           | TSR 1-2433               | TRACOPOWER              | Farnell   | 1696319          | 1   | 9,38€           | 9,38€      |
| Mosfet tipo N                               | FDS8870 - MOSFET, N      | FAIRCHILD SEMICONDUCTOR | Farnell   | 1228336          | 3   | 1,53€           | 4,59€      |
| Bluetooth                                   | BISMS02BI-01             | EZURIO                  | Farnell   | 1209290          | 1   | 50,74€          | 50,74€     |
| Sensor temperatura NTC                      | B57861S0103F45           | EPCOS                   | Farnell   | 1299926          | 3   | 5,06€           | 15,18€     |
| F. Alimentación                             | PBM200PS24-C             | XP POWER                | Farnell   | 1289224          | 1   | 185,22€         | 185,22€    |
| Conector PCB NTC macho (2 vías)             | 22035025                 | MOLEX                   | Farnell   | 9979611          | 3   | 0,41€           | 1,23€      |
| Conector PCB NTC hembra, (2 vías)           | 50375023                 | MOLEX                   | Farnell   | 9979549          | 3   | 0,153€          | 0,459€     |
| Terminal conector PCB NTC                   | 8701040                  | MOLEX                   | Farnell   | 9979530          | 6   | 9,59€           | 57,54€ (*) |
| Conector Aéreo NTCs macho, (9 vías)         | 5501-09PA-02-F1          | MULTICOMP               | Farnell   | 1084672          | 1   | 0,41€           | 0,41€      |
| Conector Aéreo NTCs hembra, (9 vías)        | 5501-09SA-02-F1          | MULTICOMP               | Farnell   | 1084678          | 1   | 0,41€           | 0,41€      |
| Conector Prog., (6vias)                     | AMP - 1-87499-1          | TYCO ELECTRONICS        | Farnell   | 1833248          | 1   | 1,38€           | 1,38€      |
| Terminal Conector Prog.                     | AMP - 87756-7            | TYCO ELECTRONICS        | Farnell   | 1823218          | 6   | 0,24€           | 1,44€      |
| Tira de 50 pins Conector Prog. PCB          | AMP - 5-826629-0         | TYCO ELECTRONICS        | Farnell   | 3418388          | 1   | 3,80€           | 3,80€      |
| LED Azul 3mm                                | OVLBB4C7                 | OPTEK                   | Farnell   | 1497965          | 1   | 0,55€           | 0,55€      |
| LED Rojo 3mm                                | MCL034MT                 | MULTICOMP               | Farnell   | 1581122          | 3   | 0,20€           | 0,6€       |
| LED Verde 3mm                               | MCL034GT                 | MULTICOMP               | Farnell   | 1581123          | 1   | 0,149€          | 0,149€     |
| Condensador 470nF (C8,C9)                   | MCRR50474X7RK0050        | MULTICOMP               | Farnell   | 1216448          | 2   | 0,91€           | 1,82€      |
| Condensador 100nF (C6,C7)                   | MCRR25104X7RK0050        | MULTICOMP               | Farnell   | 1216438          | 2   | 0,28€           | 0,56€      |
| Condensador 1uF (C3,C4,C5)                  | CB1E105M2A CB            | MULTICOMP               | Farnell   | 9708405          | 3   | 0,28€           | 0,84€      |
| Resistencia 10KΩ (R2,R7,R8,R9,R10,R11, R12) | MC 0.1W 0805, 10K (SMD)  | MULTICOMP               | Farnell   | 9333720          | 7   | 0,032€          | 0,224€     |
| Resistencia 51Ω (R1,R3,R4,R5,R6)            | MC 0.1W 0805, 51R (SMD)  | MULTICOMP               | Farnell   | 9334629          | 5   | 0,015€          | 0,075€     |

|  |              |                        |           |           |   |        |        |
|--|--------------|------------------------|-----------|-----------|---|--------|--------|
| Conector Aéreo Potencia macho, (4 vías)  | -            | -                      | Miliwatts | -         | 1 | 3,132€ | 3,132€ |
| Conector Aéreo Potencia hembra, (4 vías)   | -            | -                      | Miliwatts | -         | 1 | 1,890€ | 1,890€ |
| Regleta, (2 vías), conexiones externas   | 691102710002 | WUERTH ELEKTRONIK      | Farnell   | 1641934   | 4 | 0,80€  | 3,2€   |
| Regleta, (3 vías), conexiones posible interruptor  | 691102710003 | WUERTH ELEKTRONIK      | Farnell   | 1641935   | 1 | 1€     | 1€     |
| Cableado para sensores NTCs, (10 vías), (30,48m)   | 191-2801-110 | AMPHENOL SPECTRA-STRIP | Farnell   | 1170217   | 1 | 26,37€ | 26,37€ |
| Cable para potencia 3 pads, (2 vías), (100m)   | 2X177 CLR    | PRO POWER              | Farnell   | 1202749   | 1 | 25,71€ | 25,71€ |
| Cable para potencia 1 común (2 vías), (100m)   | 3788064      | PRO POWER              | Farnell   | 1735209   | 1 | 34,12€ | 34,12€ |
| Protector cableado electrónica, (30m)  | SBPE4 BLACK  | HELLERMANN TYTON       | Farnell   | 1674217   | 1 | 15,90€ | 15,90€ |
| PCB cobre, (2 caras), Placa FR4, DIN A4 x 1,5 mm, Cu 35/35 µm, con taladros de fijación. | -            | -                      | LPKF      | 106397SaT | 1 | 6€     | 6€     |

(\* Este precio es por pocas unidades, si se compran grandes cantidades el precio baja.

- Componentes que integran el conjunto electrotérmico.

| Descripción   | Nombre/código fabricante | Fabricante | Proveedor | Código proveedor | Qty. | Precio unitario | Total  |
|---|--------------------------|------------|-----------|------------------|------|-----------------|--------|
| Cable plano potencia, Común, (15A), (25m)                     | 16X4X0.1515A             | PRO POWER  | Farnell   | 1230999          | 1    | 16,14€          | 16,14€ |
| Cable plano potencia, pad independiente, (10A), (25m)         | 16X4X0.1 2527P           | PRO POWER  | Farnell   | 1230998          | 1    | 12,69€          | 12,69€ |
| Cable textil conductor, bus sensores, (8 vías) (*)            | -                        | -          | Cetemmsa  | 20339            | 1    | -               | -      |
| Base textil (compuesto fibras poliéster), (2x4m)              | FIELTRO POLIESTER        | -          | Prodicel  | 3439             | 1    | 16,40€          | 16,40€ |
| Textil electrotermico para 3 pads (*)                         | -                        | -          | Cetemmsa  |                  | 1    | -               | -      |
| Termoretractil de protección conexión potencia, (d=3mm), (5m) | SP3X30/5/BLACK           | PRO POWER  | Farnell   | 1191022          | 1    | 8,01€           | 8,01€  |

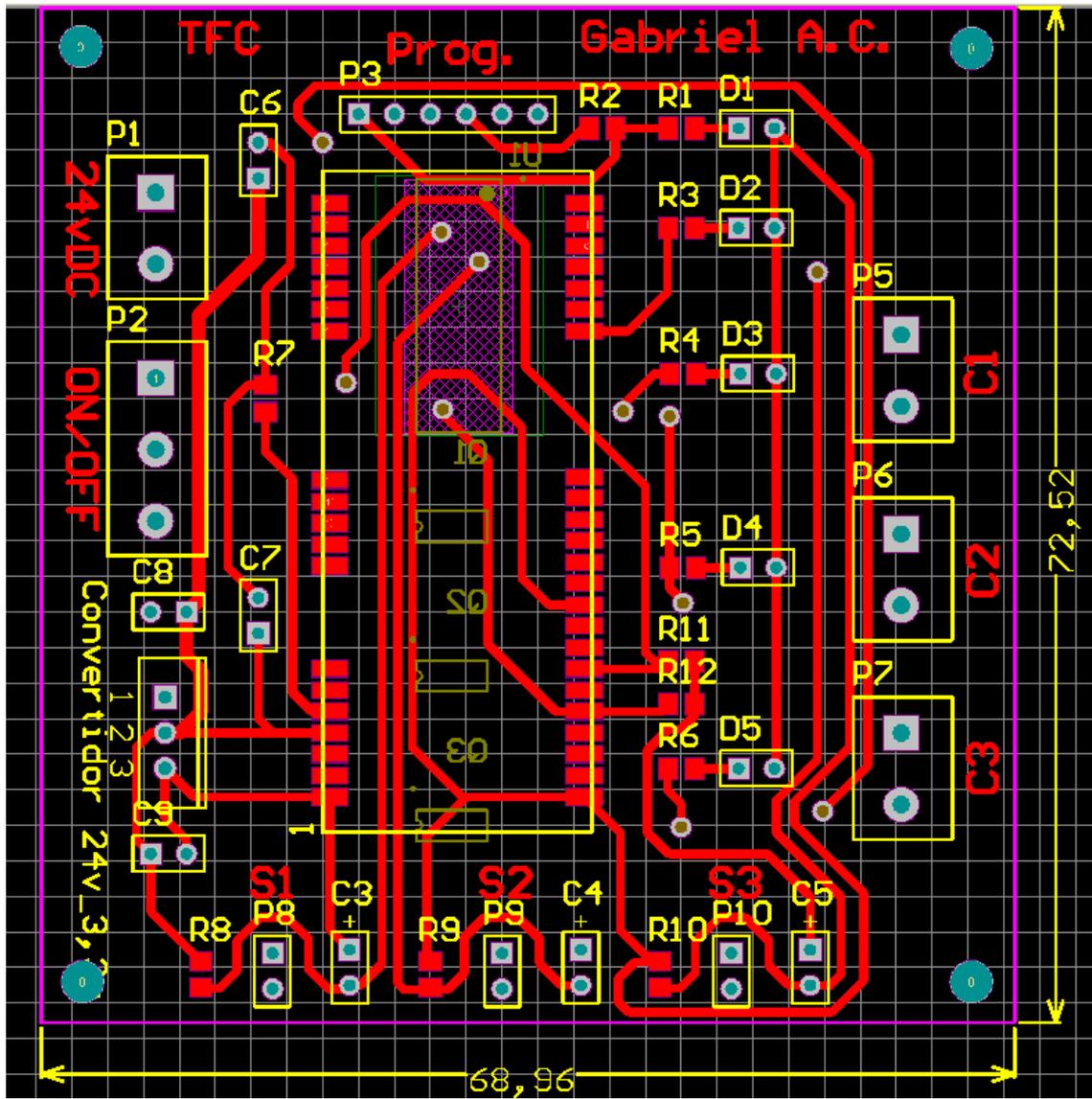
(\* Estos materiales han sido elaborados por el laboratorio I+D de la empresa Cetemmsa. Es confidencial la divulgación de sus características técnicas.

**TOTAL COSTE PROYECTO=Electrónica + Textil= 455,799€+ 53,24€= 509,039€**

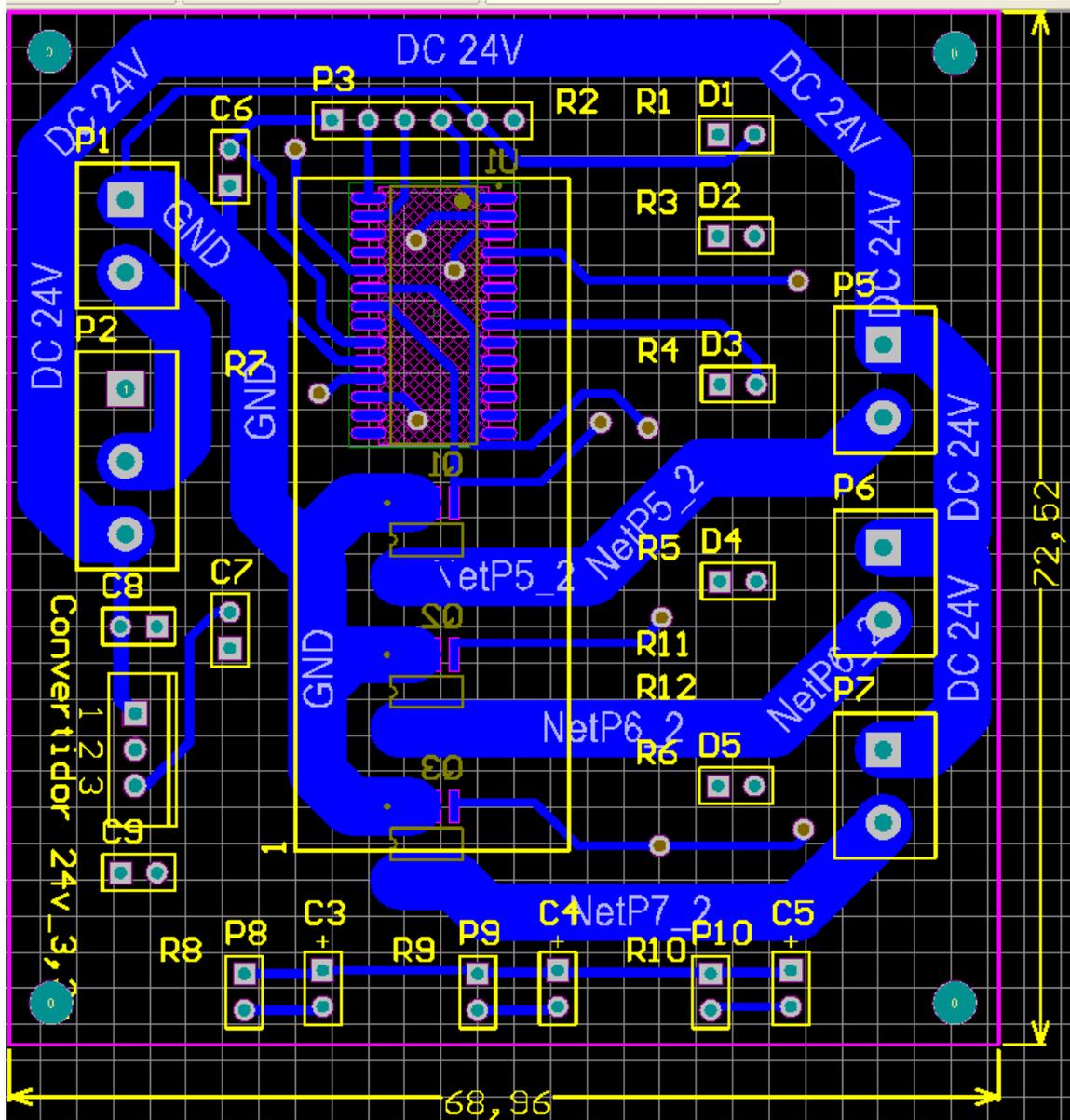
(\* No se han incluido los costes de los materiales I+D



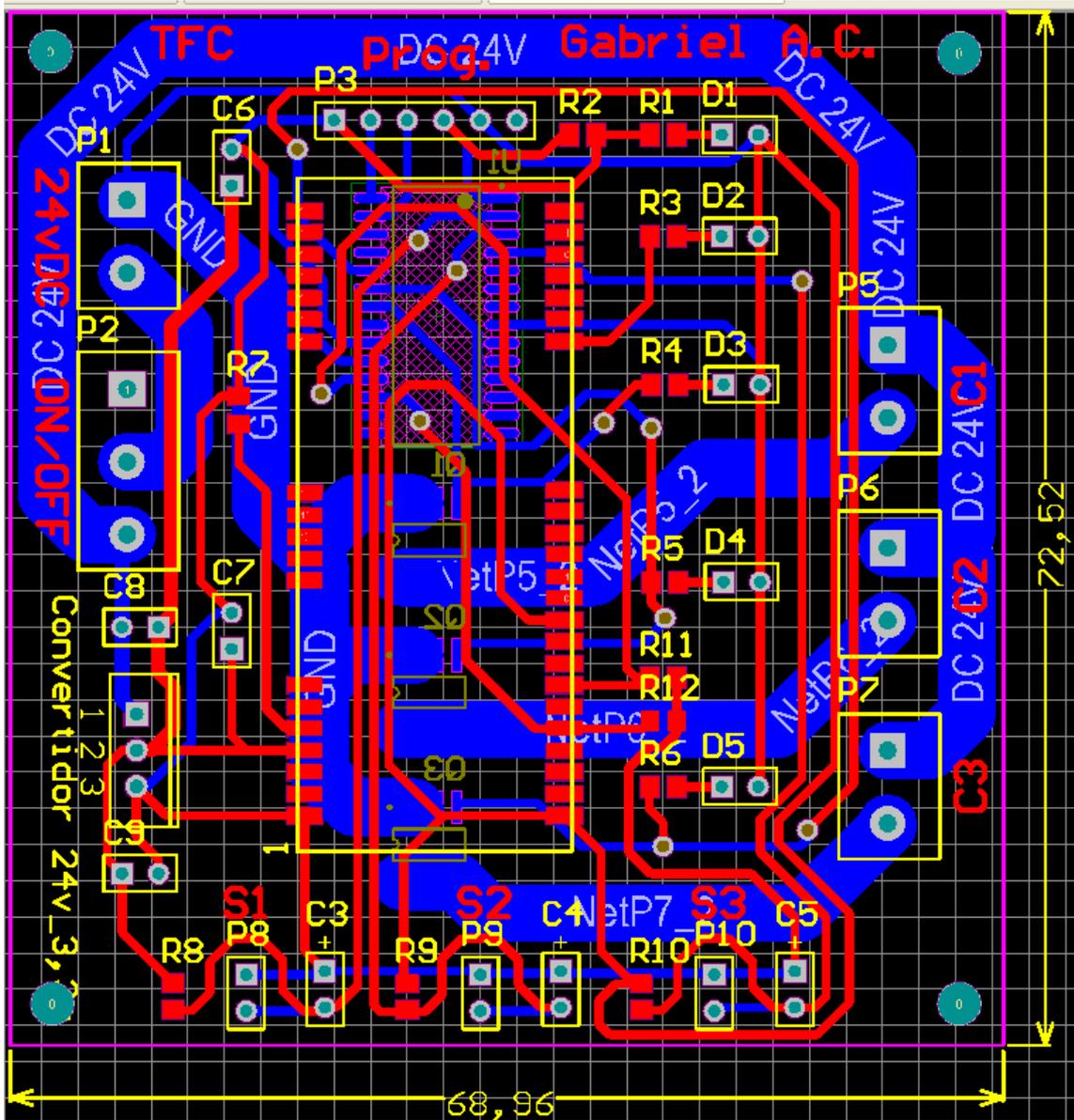
- Esquema Layout de la electrónica de control (cara Top):



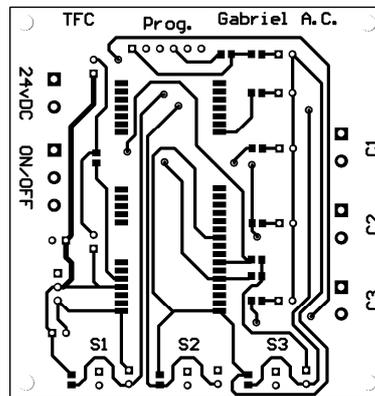
- Esquema Layout de la electrónica de control (cara Bottom):



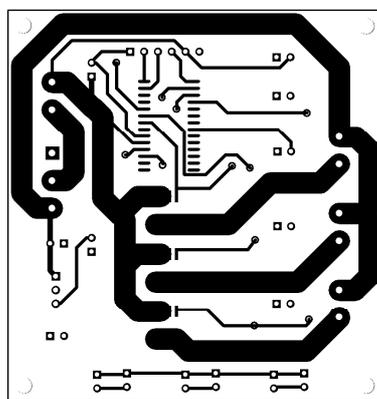
- Esquema Layout de la electrónica de control (2 caras):



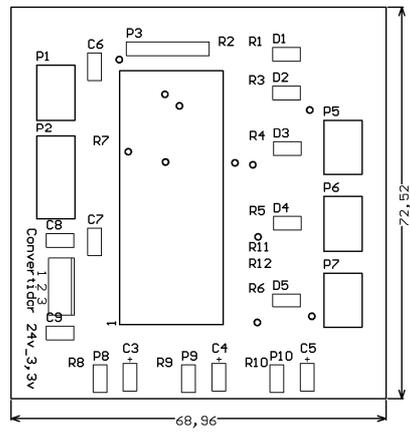
- Esquema Fotolito de la electrónica de control (cara Top):



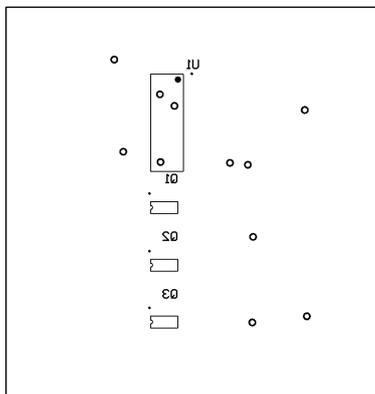
- Esquema Fotolito de la electrónica de control (cara Bottom):



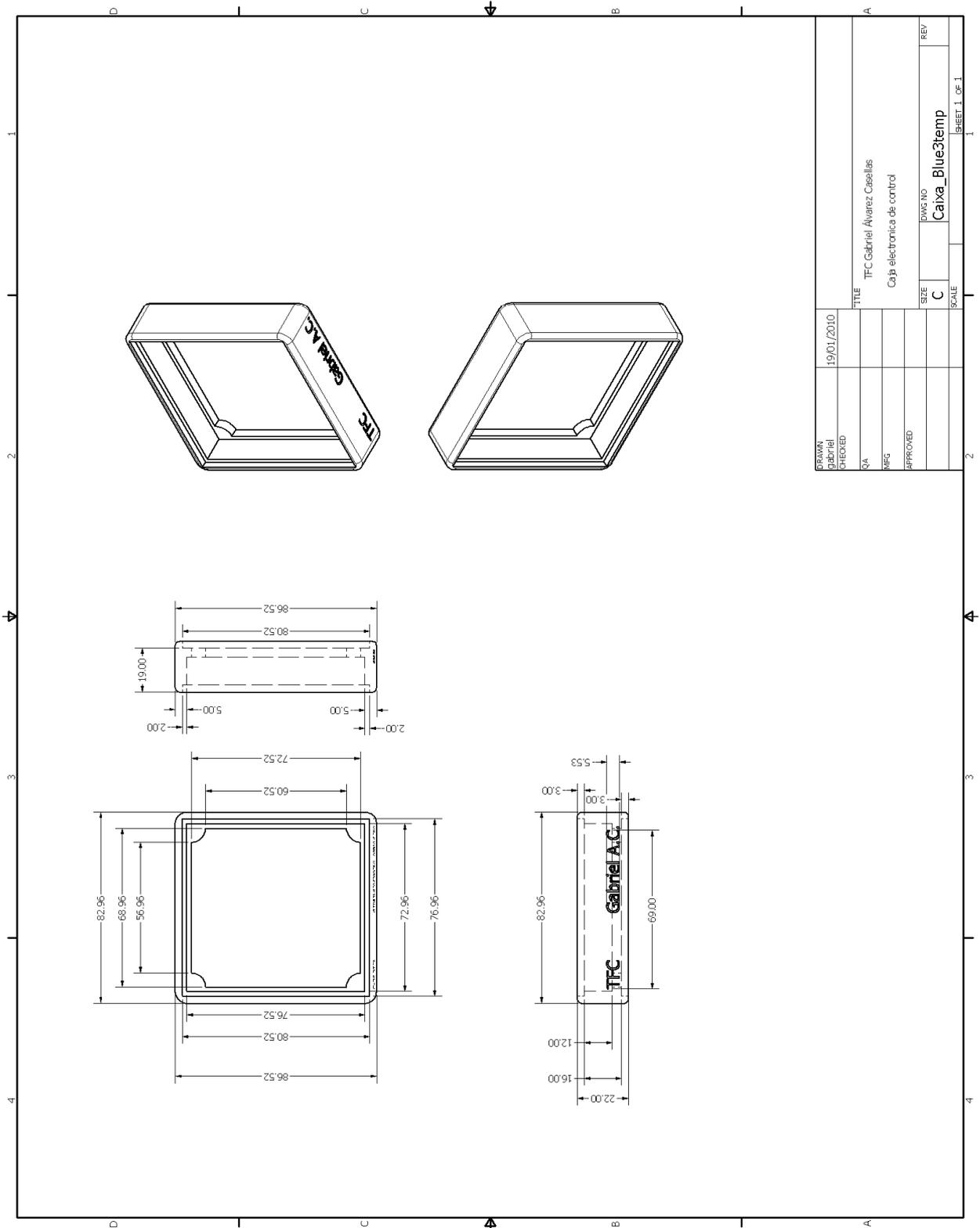
- Esquema Fotolito de la electrónica de control (cara Top-componentes):



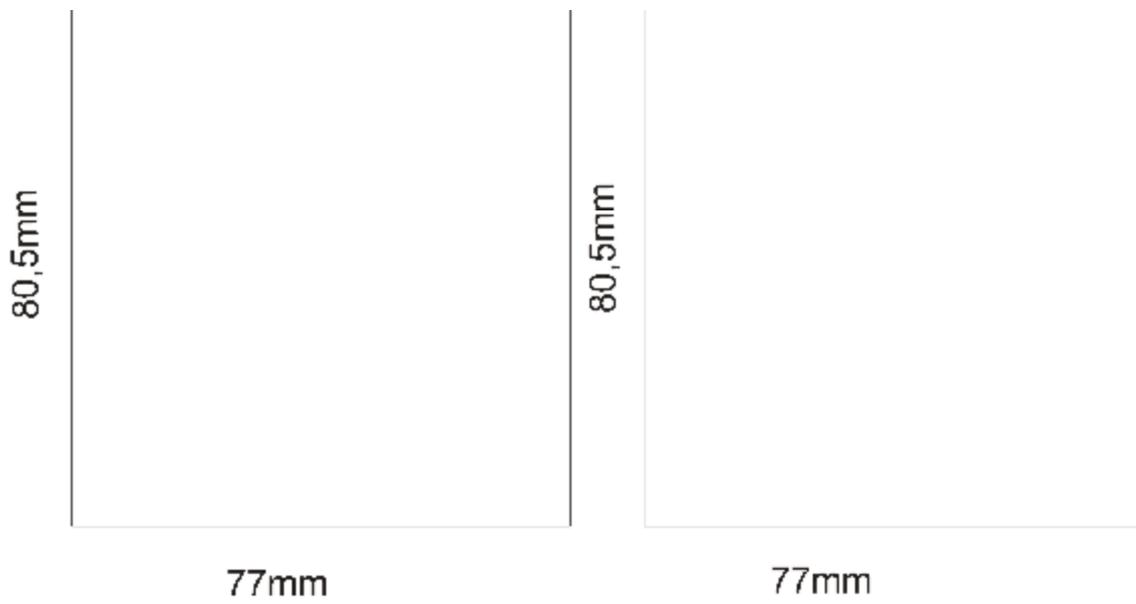
- Esquema Fotolito de la electrónica de control (cara Bottom-componentes):



- Dimensiones de la caja de encapsulado de la electrónica de control:



- Dimensiones de las 2 tapas para la caja de encapsulado de la electrónica de control:



3mm de grosor

## 1. Bibliografía.

### - Enlaces en internet:

#### Estado del arte y temas teóricos:

- *Cetemmsa*: Empresa dedicada a la Investigación y Desarrollo de textiles y materiales para obtener “SMART TEXTILS” & “SMART OBJECTS”.

<http://www.cetemmsa.com/?q=es>

- *Wikipedia*: Web dedicada a la divulgación pública de conocimiento. Estado del arte de la “Fibra de carbono”.

[http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra\\_de\\_carbono](http://es.wikipedia.org/wiki/Fibra_de_carbono)

- *Wikipedia*: Web dedicada a la divulgación pública de conocimiento. Estándar puerto serie RS-232.

<http://es.wikipedia.org/wiki/RS-232>

- Normativas y pruebas realizadas por el “Ministerio de trabajo y asuntos sociales”. “NTP 400: Corriente eléctrica: efectos al atravesar el organismo humano”.

[http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_400.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTecnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_400.pdf)

- I+D textiles térmicos de base electrónica y de base química. Pruebas realizadas por el “Ministerio de Industria Turismo y Comercio.

<http://tsearch.agrupaciontextil.com/system/files/PTC-MEMORIA+T%C3%89CNICA+TEJIDOS+T%C3%89RMICOS.pdf>

- Documento definición y concepto de la Termoterapia.

[http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion/termoterapia\\_generalidades.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion/termoterapia_generalidades.pdf)

- Normativa de RBT sobre tensiones en contacto con el cuerpo humano.

[http://www.fraef.com/files/contenidos/itc\\_bt\\_36.pdf](http://www.fraef.com/files/contenidos/itc_bt_36.pdf)

- Documento de cálculo para Linealización de sensores. *Linealizar NTC*.

<http://www.terra.es/personal7/miguel.colom/trabajos/instrumentacion.pdf>

- Documento técnico sobre sensores y su acondicionamiento.

[http://www.bairesrobotics.com.ar/data/sensores\\_2003.pdf](http://www.bairesrobotics.com.ar/data/sensores_2003.pdf)

- Documento artículo sobre “*Smart textiles*”  
<http://www.photonicslabs.com/Assets/downloads/smarttextiles.pdf>
- Web artículo sobre textiles inteligentes y su impacto en el mercado.  
<http://www.inti.gov.ar/sabercomo/sc33/inti4.php>
- Web artículo sobre la innovación en el mercado.  
<http://www.monografias.com/trabajos15/innovacion-tecno/innovacion-tecno.shtml>
- *Wikipedia*: Web dedicada a la divulgación pública de conocimiento. El Efecto Joule.  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto\\_Joule](http://es.wikipedia.org/wiki/Efecto_Joule)
- Enlace de descarga software para conectar una PDA con sistema operativo “*Windows Mobile*” con un PC. Software: “*Microsoft ActiveSync*”  
<http://www.microsoft.com/windowsmobile/es-es/downloads/default.mspx>
- Web artículo sobre la comunicación Bluetooth.  
<http://www.tecnicaindustrial.es/TIFrontal/a-1434-Comunicacion-inalambrica-Bluetooth.aspx>
- Documento técnico sobre los estándares de comunicación inalámbrica.  
<http://www.basicsl.net/catalogos/historiaWireless.pdf>
- Documento sobre comunicación “*ZigBee*”.  
[http://www.bairesrobotics.com.ar/data/ieee\\_zigbee\\_silica.pdf](http://www.bairesrobotics.com.ar/data/ieee_zigbee_silica.pdf)

Componentes, materiales y temas experimentales:

- *Farnell*: Distribuidor de componentes electrónicos y materiales diversos.  
<http://es.farnell.com/jsp/home/homepage.jsp>
- *Microchip*: Empresa dedicada al desarrollo de diversos integrados electrónicos con funciones varias. Desarrolla *microcontroladores PIC* entre otros.  
<http://www.microchip.com/>
- *Ezurio*: Empresa dedicada al desarrollo y suministro de componentes electrónicos de comunicación, tipo *Bluetooth*, *Wi-Fi*, etc.  
<http://www.ezurio.com/products/uw/>

## Anexos.

### 1. Información datasheets componentes electrónica de control.

- Modulo Bluetooth BISMS02BI-01 de la marca Ezurio.

- Archivo “76607 – Datasheet.pdf”:

# EZURiO

## Embedded Intelligent *Bluetooth*<sup>™</sup> Serial Module

**Part Number: BISMS02BI-01**

### 1. General Description

Ezurio's Embedded Intelligent *Bluetooth* Serial Module is a fully integrated and qualified Class 1 *Bluetooth* solution designed for lowest cost of integration and ownership for designers wishing to include *Bluetooth* functionality in their products. The module is qualified to *Bluetooth* Version 2.0.

The Embedded Intelligent *Bluetooth* Serial Module is designed to give a rugged solution that is ideal for industrial automation and ruggedised handheld devices. It works over a wide temperature range of -40°C to +85°C. The physical form of the module allows designers to mount the antenna section of the module outside a screened enclosure.

The Embedded Intelligent Serial Module is based on Cambridge Silicon Radio's BlueCore4 chipset. The module contains all of the hardware and firmware for a complete *Bluetooth* solution, requiring no further components. The Module has an integrated, high performance antenna which is matched with the *Bluetooth* RF and baseband circuitry. The firmware integrated into the module implements the higher layer *Bluetooth* protocol stack, up to and including the Generic Access Profile (GAP), Service Discovery Profile (SDAP), Serial Port Profile (SPP) and Audio Gateway. A virtual processor is used within the BC04 to implement an AT command processor. This interfaces to the host system over a straight forward serial port using an extensive range of AT commands. The AT command set abstracts the *Bluetooth* protocol from the host application, saving many months of programming and integration time. It provides extremely short integration times for data oriented cable replacement and voice applications. A low cost development system and integrated RS232 products with the same firmware are available for fast product evaluation and development.

An alternative version of firmware is available that provides support for multi-point applications.

The Module can be configured so that it can be attached to a 'dumb' terminal or attached to a PC or PDA for cable replacement applications.

In addition to the *Bluetooth* functionality, The Embedded Intelligent Serial Module provides access to 6 General I/O lines and one ADC input. These can be configured to extend the UART control or to provide connection to simple devices such as switches or LEDs without requiring any external processing. The GPIO lines can be accessed either via the wired host UART connection, or remotely over the *Bluetooth* link. Support is also provided for a PCM connection to an external audio codec.

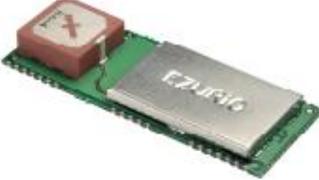
The Embedded Intelligent *Bluetooth* Module is supplied in a small form factor PCB (17.7mm x 46.0mm x 5.0mm), that solders directly. The module includes a high sensitivity, high gain antenna which provides excellent range. Typical open field performance provides ranges of over 250 metres at transmit powers of 4mW.

Support is provided for low power modes that make the Embedded Intelligent *Bluetooth* Module particularly applicable to battery powered installations.

The Embedded Intelligent *Bluetooth* Module is Lead-free and RoHS compliant and supports an industrial operating temperature range of -40°C to +85°C.

#### 1.1 Applications

|                         |                           |
|-------------------------|---------------------------|
| • POS Equipment         | • Automotive Applications |
| • Industrial Automation | • Telematics              |
| • Vending Equipment     | • Medical                 |



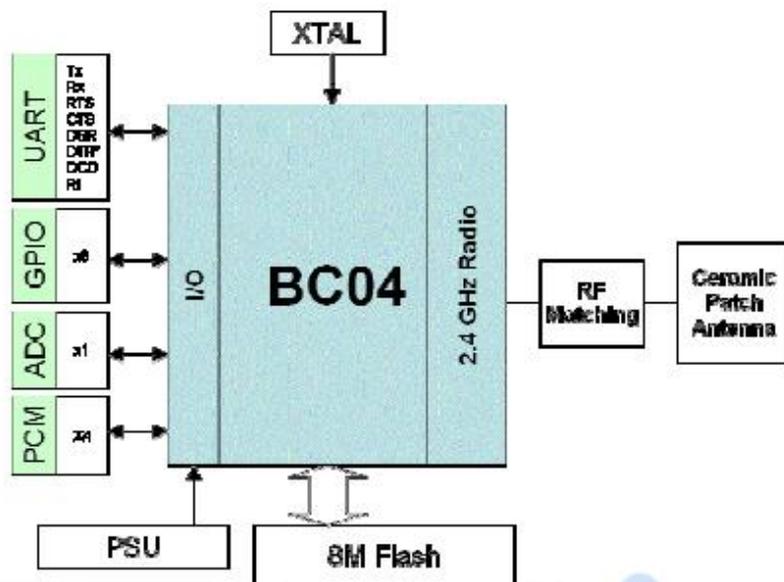
Bluetooth is a trademark owned by Bluetooth SIG, Inc., USA, and is licensed to Ezurio Ltd

www.ezurio.com 1 DSH\_BT024-00200\_1v4 © Ezurio Ltd 2006

## 2. Features

| Feature                       | Implementation  |
|-------------------------------|---|
| Bluetooth Transmission        | Class 1   |
| Fully Bluetooth pre-qualified | Bluetooth 2.0   |
| Range                         | 250 metres typical (free space)   |
| Frequency                     | 2.400 – 2.485 GHz   |
| Max Transmit Power            | +6dBm   |
| Min Transmit Power            | -27dBm  |
| Receive Sensitivity           | Better than -86dB   |
| Data Transfer rate            | Up to 300Kbps over UART.  |
| Serial Interface              | RS-232 bi-directional for commands and data using AT commands   |
| Serial parameters             | Default 9600,n,8,1 - Configurable from 1,200bps to 961,200 bps.<br>7 bit firmware is available – please contact Ezurio<br>Support for DTR, DSR, DCD, RI, RTS, CTS   |
| Physical size                 | 17.7mm x 46.0mm x 5.0mm, 8g   |
| Current consumption           | Less than 36mA during data transfer in standard power mode. Lower powers are attainable with a configurable low power mode.   |
| Low power sniff mode          | 2.5mA typ   |
| Temperature Range             | Normal operation: -40°C to +85°C  |
| Supply Voltage                | 3.3V – 7.0V   |
| Interface Levels              | 3.0V Logic  |
| Audio                         | Audio can be transferred over SCO channels through the PCM interface at 64kbps. PCM can be configured as master or slave.<br>Support for dual slave PCM connections.  |
| Profiles                      | Server - SPP (Full), DUN, Audio Gateway, Headset, Handsfree<br>Client - All RFCOMM based profiles   |
| Multipoint                    | Max 7 slaves with multipoint  |
| Field upgradeable             | Over UART   |
| Protocols                     | Single point firmware is controlled and configured using AT Commands. Standard multipoint firmware uses a simple packet based protocol and requires a host to enable the module to function effectively.<br><br>Single point only allows a point to point connection whereas multipoint allows more than one simultaneous connection. |
| GPIO                          | 6 x digital (DTR can also be allocated as GPIO)   |
| ADC                           | 1 x 8 bit   |
| Indicators                    | Pads for 2 programmable LEDs  |
| Lead free                     | Lead-free and RoHS compliant  |

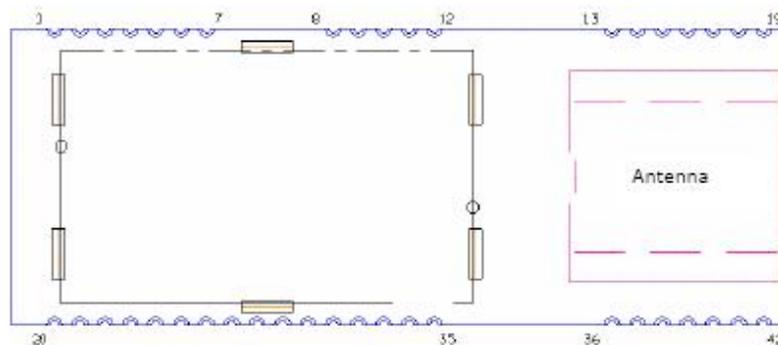
### 3. Functional Block Diagram



\* DTR can be configured as a seventh GPIO

#### 3.1 Connection Diagram

The Module is connected to a "mother" PCB by direct soldering to edge pads. With the exception of pads 36 - 38, pads adjacent to the antenna do not provide an electrical connection, but are used for additional mechanical stability.



## 3.2 Pin Descriptions

The table below defines the pin functions. Refer to the previous section for the pin location

| Pin No. | Signal               | Description                       | Pin No. | Signal            | Description         |
|---------|----------------------|-----------------------------------|---------|-------------------|---------------------|
| 1       | VCC                  |                                   | 2       | USB /RESERVED     | Do not connect      |
| 3       | USB /RESERVED        | Do not connect                    | 4       | GND               |                     |
| 5       | RESET-               | Reset I/P *                       | 6       | GPIO_6            | I/O for Host        |
| 7       | GPIO_7               | I/O for Host                      | 8-19    | N/C               | Do not Connect      |
| 20      | GND                  |                                   | 21      | UART_DCD          | I/O for Host        |
| 22      | UART_RI              | I/O for Host                      | 23      | UART_RTS          | Request to Send O/P |
| 24      | UART_RX              | Receive Data I/P                  | 25      | UART_CTS          | Clear to Send I/P   |
| 26      | UART_TX              | Transmit Data O/P                 | 27      | UART_DTR (GPIO_3) | I/O for Host        |
| 28      | UART_DSR             | Input                             | 29      | GND               |                     |
| 30      | PCM_SYNC             | PCM Sync I/P                      | 31      | PCM_IN            | PCM Data I/P        |
| 32      | PCM_CLK              | PCM Clock I/P                     | 33      | PCM_OUT           | PCM Data O/P        |
| 34      | GPIO_9<br>PCM_SLVCLK | I/O for Host (Slave<br>PCM Clock) | 35      | GPIO_5            | I/O for Host (LED2) |
| 36      | GPIO_4               | I/O for Host (LED1)               | 37      | Analogue_0        | ADC                 |
| 38      | GPIO_8               | I/O for Host                      | 39-42   | N/C               | Do not connect      |

Notes:

\* The reset line has a fixed 10kOhm pull up resistor with the reset being active low.

PIO lines can be configured through software to be either inputs or outputs with weak or strong pull-ups or pull-downs. At reset, all PIO lines are configured as inputs with weak pull-downs.

UART\_RX, UART\_TX, UART\_CTS, UART\_RTS, UART\_RI, UART\_DCD and UART\_DSR are all 3.0v level logic. For example, when RX and TX are idle they will be sitting at 3.0V. Conversely for handshaking pins CTS, RTS, RI, DCD, DSR a 0v is treated as an assertion.

Pin 22 (UART\_RI) is active low. It is normally 3.0v. When a remote device initiates a connection, this pin goes low. This means that when this pin is converted to RS232 voltage levels it will have the correct voltage level for assertion.

Pin 21 (UART\_DCD) is active low. It is normally 3.0v. When a connection is live this pin is low. This means that when this pin is converted to RS232 voltage levels it will have the correct voltage level for assertion.

Pin 28 (UART\_DSR) is an input, with active low logic. It should be connected to the DTR output of the host. When the Module is in high speed mode (See definition for S Register 507), this pin should be asserted by the host to ensure that the connection is maintained. A deassertion is taken to mean that the connection should be dropped, or an online command mode is being requested.

The GPIO pins can be accessed using S Registers in the range 623 to 629. GPIO4 and 5 are connected to unpopulated LED pads on the module. If these I/O pins are set for input, then the LED will be driven by the host and appropriate drive current requirements must be satisfied. A Logic 1 switches on the LED.

GPIO3 is shares the pin with DTR output (active low). See S Register 552 & 553.

Analogue 0 input should not exceed 1.8v. S Register 701 is used to access it.

### 3.3 Electrical Specifications

#### 3.3.1 Absolute Maximum ratings

Absolute maximum ratings for supply voltage and voltages on digital and analogue pins of the Module are listed below; exceeding these values will cause permanent damage.

| Parameter                    | Min  | Max | Unit |
|------------------------------|------|-----|------|
| Peak current of power supply | 0    | 100 | mA   |
| Voltage at digital pins      | -0.3 | 3.3 | V    |
| Voltage at POWER pin         | 3.3  | 7   | V    |

#### 3.3.2 Recommended Operating Parameters

##### 3.3.2.1 Power Supply

| Signal Name | Pin No    | I/O | Voltage level | Comments                |
|-------------|-----------|-----|---------------|-------------------------|
| Vcc         | 1         | I   | 3.3V to 7.0V  | I <sub>typ</sub> = 30mA |
| GND         | 4, 20, 29 |     |               |                         |

##### 3.3.2.2 RS-232 Interface

| Signal Name | Pin No | I/O    | Signal level   | Comments                     |
|-------------|--------|--------|--|------------------------------|
| UART_TX     | 26     | O      | V <sub>OL</sub> max=0.2V<br>V <sub>OH</sub> min=2.8V   |                              |
| UART_RX     | 24     | I      | V <sub>IL</sub> max=0.8V<br>V <sub>HM</sub> min=2.1V<br>V <sub>HM</sub> max=3.4V   |                              |
| UART_CTS    | 25     | I      | V <sub>IL</sub> max=0.8V<br>V <sub>HM</sub> min=2.1V<br>V <sub>HM</sub> max=3.4V   |                              |
| UART_RTS    | 23     | O      | V <sub>OL</sub> max=0.2V<br>V <sub>OH</sub> min=2.8V   |                              |
| UART_DSR    | 28     | I      | V <sub>IL</sub> max=0.8V<br>V <sub>HM</sub> min=2.1V<br>V <sub>HM</sub> max=3.4V   |                              |
| UART_DTR    | 27     | O      | V <sub>OL</sub> max=0.2V<br>V <sub>OH</sub> min=2.8V   | Shared with GPIO_3           |
| UART_RI     | 22     | I or O | O/P : V <sub>OL</sub> max=0.2V<br>V <sub>OH</sub> min=2.8V<br>I/P : V <sub>IL</sub> max=0.8V<br>V <sub>HM</sub> min=2.1V<br>V <sub>HM</sub> max=3.4V | Direction may be programmed. |
| UART_DCD    | 21     | I or O | O/P : V <sub>OL</sub> max=0.2V<br>V <sub>OH</sub> min=2.8V<br>I/P : V <sub>IL</sub> max=0.8V<br>V <sub>HM</sub> min=2.1V<br>V <sub>HM</sub> max=3.4V | Direction may be programmed. |

RS-232

Port /TXD @ application sends data to the module's UART\_RX signal line

Port /RXD @ application receives data from the module's UART\_TX signal line

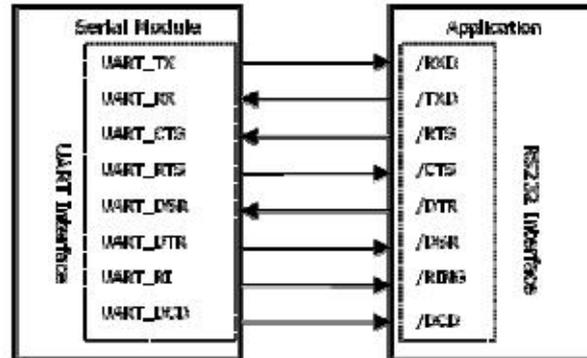


Figure 6.1 : UART interfaces

Note that the serial module output is at 3.0V CMOS logic levels. Level conversion must be added to interface with an RS-232 level compliant interface.

### 6.1.2 GPIO Port

Eight lines of programmable bi-directional input/outputs (I/O) are provided that can be accessed either via the UART port, or Over The Air (OTA) from a second *Bluetooth* unit. These can be used as data inputs or to control external equipment. By using these in OTA mode, an embedded *Bluetooth* Serial module can be used for control and data acquisition without the need for any additional host processor. A further line can be used as an input.

Each of the GPIO ports can be independently configured to be either an Input or Output. A selection of ports can be accessed synchronously.

The ports are powered from  $V_{CC}$ . The mode of these lines can be configured and the lines are accessed via S Registers in the range 623 to 629.

Low latency I/O can be accessed by using Ezurio's I/O via an enhanced inquiry process.

### 6.1.3 PCM CODEC Interface

PCM\_OUT, PCM\_IN, PCM\_CLK and PCM\_SYNC carry up to three bi-directional channels of voice data, each at 8ksamples/s. The format of the PCM samples can be 8-bit A-law, 8-bit  $\mu$ -law, 13-bit linear or 16-bit linear. The PCM\_CLK and PCM\_SYNC terminals can be configured as inputs or outputs, depending on whether the module is the Master or Slave of the PCM interface.

In applications where the PCM master cannot supply a clock signal, the module can be configured to generate a clock signal on this GPIO: PCM\_SLVCLK. Please contact an Ezurio FAE for further details.

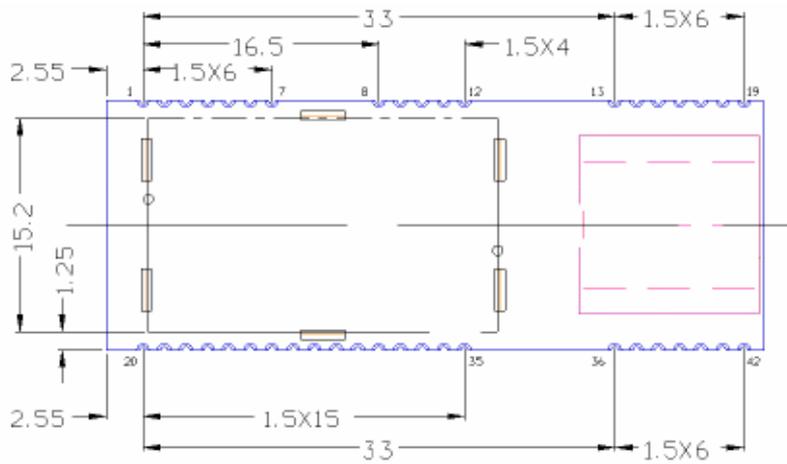
The Module is compatible with the Motorola SSI TM interface and interfaces directly to PCM audio devices including the following:

#### 6.1.3.1 Compatible Codec Chips

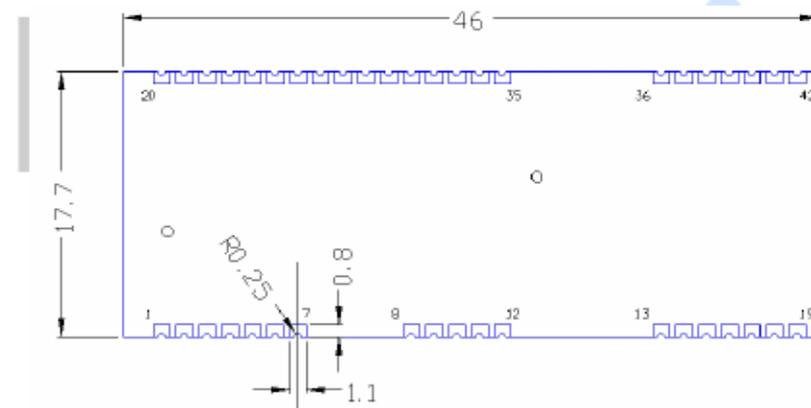
- Qualcomm MSM 3000 series and MSM 5000 series CDMA baseband devices
- OKI MSM7705 four channel A-law and  $\mu$ -law CODEC
- Motorola MC145481 8-bit A-law and  $\mu$ -law CODEC
- Motorola MC145483 13-bit linear CODEC

## 13. Physical Dimensions (all dimensions in mm)

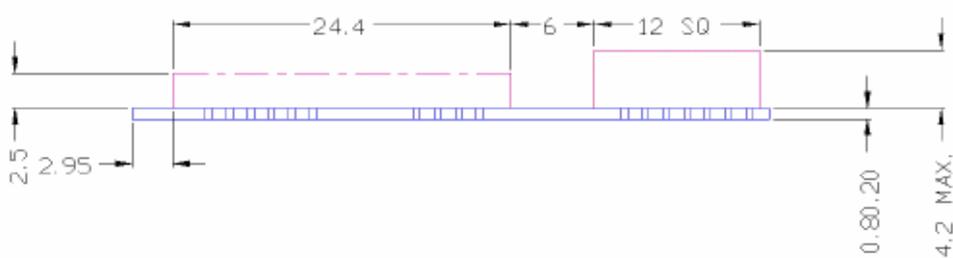
### 13.1 Top View



### 13.2 Bottom View



### 13.3 Side View



- Archivo "76609 - Comandaments AT.pdf":



**EZURiO**



## AT Command Set

Latest Development Firmware – Version 2.7.0

The information contained in this document is subject to change without notice. Ezurio makes no warranty of any kind with regard to this material including, but not limited to, the implied warranties of merchant ability and fitness for a particular purpose. Ezurio shall not be liable for errors contained herein or for incidental or consequential damages in connection with the furnishing, performance, or use of this material.

© Copyright 2005 Ezurio Limited.

All rights reserved.

This document contains information that is protected by copyright. All rights reserved. No part of this document may be photocopied, reproduced, or translated to another language without the prior written consent of Ezurio.

Other product or company names used in this publication are for identification purposes only and may be trademarks of their respective owners.

## Contents

|        |   |    |
|--------|---|----|
| 1.     | INTRODUCTION  | 4  |
| 2.     | AT COMMAND SET  | 5  |
| 2.1    | Assumptions   | 5  |
| 2.2    | Commands  | 6  |
| 2.2.1  | AAA {Enter Local Command Mode}                              | 6  |
| 2.2.2  | !!! {Enter Remote Command Mode}                             | 6  |
| 2.2.3  | AT  | 6  |
| 2.2.4  | ATA {Answer Call}   | 7  |
| 2.2.5  | ATD<U><Y><<bd_addr> <uuld> {Make Outgoing Connection}       | 7  |
| 2.2.6  | ATD<U><Y><<bd_addr> <ServiceName> {Make Connection}         | 8  |
| 2.2.7  | ATD<U><Y>>L {Remake Connection}                             | 8  |
| 2.2.8  | ATD<U><Y>>R {Make Connection to peer specified in AT+BTR}   | 8  |
| 2.2.9  | ATEn {Enable/Disable Echo}                                  | 8  |
| 2.2.10 | ATH {Drop Connection}                                       | 9  |
| 2.2.11 | ATIn {Information}  | 9  |
| 2.2.12 | ATO {Enter Data Mode} (letter 'o')                          | 10 |
| 2.2.13 | ATSn<n> {Set S Register}                                    | 11 |
| 2.2.14 | ATSn? {Read S Register Value}                               | 16 |
| 2.2.15 | ATSn=? {Read S Register – Valid Range}                      | 16 |
| 2.2.16 | ATX<string> {Send Data in Local Command and Connected Mode} | 16 |
| 2.2.17 | ATZ<n> {Hardware Reset and emerge into mode 'n'}            | 17 |
| 2.2.18 | AT&Fn {Set S Register Defaults}                             | 17 |
| 2.2.19 | AT&F* {Clear Non-volatile Memory}                           | 18 |
| 2.2.20 | AT&F+ {Clear Non-volatile Memory}                           | 18 |
| 2.2.21 | AT&W {Write S Registers to Non-volatile Memory}             | 18 |
| 2.2.22 | AT+BTAn {Control Audio Channel}                             | 18 |
| 2.2.23 | AT+BTC<devclass> {Set Device Class Code}                    | 19 |
| 2.2.24 | AT+BTC? {Read Device Class Code}                            | 20 |
| 2.2.25 | AT+BTD<bd_addr> {Remove Trusted Device}                     | 20 |
| 2.2.26 | AT+BTD* {Remove All Trusted Devices}                        | 20 |
| 2.2.27 | AT+BTF<string> {Set Friendly Name}                          | 20 |
| 2.2.28 | AT+BTF<bd_addr> {Get Remote Friendly Name}                  | 20 |
| 2.2.29 | AT+BTG<bd_addr> {Enable Cautious Page Scanning ONLY}        | 20 |
| 2.2.30 | AT+BTG {Enable Promiscuous Page Scanning ONLY}              | 21 |
| 2.2.31 | AT+BTGU {Enable Promiscuous Page Scanning ONLY}             | 21 |
| 2.2.32 | AT+BTGY {Enable Promiscuous Page Scanning ONLY}             | 21 |
| 2.2.33 | AT+BTGUY {Enable Promiscuous Page Scanning ONLY}            | 21 |
| 2.2.34 | AT+BTI<devclass> {Inquire}                                  | 21 |
| 2.2.35 | AT+BTIV<devclass> {Inquire}                                 | 22 |
| 2.2.36 | AT+BTIN<devclass> {Inquire}                                 | 22 |
| 2.2.37 | AT+BTk<string> {Set Passkey}                                | 22 |
| 2.2.38 | AT+BTM<bd_addr> {Set Incoming Peer Address}                 | 23 |
| 2.2.39 | AT+BTM {Delete Incoming Peer Address}                       | 23 |
| 2.2.40 | AT+BTM? {Read Incoming Peer Address}                        | 23 |
| 2.2.41 | AT+BTN<string> {Set Friendly Name In Non-volatile Memory}   | 23 |
| 2.2.42 | AT+BTN? {Read Friendly Name from Non-volatile Memory}       | 23 |
| 2.2.43 | AT+BTO<devclass> {Open and make Unit Detectable}            | 24 |
| 2.2.44 | AT+BTP<bd_addr> {Enable Cautious Page/Inquiry Scanning}     | 24 |
| 2.2.45 | AT+BTP {Enable Promiscuous Page/Inquiry Scanning}           | 24 |
| 2.2.46 | AT+BTPU {Enable Promiscuous Page/Inquiry Scanning}          | 24 |
| 2.2.47 | AT+BTPY {Enable Promiscuous Page/Inquiry Scanning}          | 24 |
| 2.2.48 | AT+BTPUY {Enable Promiscuous Page/Inquiry Scanning}         | 24 |
| 2.2.49 | AT+BTQ {Enable Inquiry Scans ONLY}                          | 25 |
| 2.2.50 | AT+BTR<bd_addr> {Set Outgoing Peer Address}                 | 25 |
| 2.2.51 | AT+BTR {Delete Outgoing Peer Address}                       | 25 |
| 2.2.52 | AT+BTR? {Read Outgoing Peer Address}                        | 25 |
| 2.2.53 | AT+BTS<string> {Set Service Name}                           | 26 |
| 2.2.54 | AT+BTS? {Read Service Name from Non-volatile Memory}        | 26 |
| 2.2.55 | AT+BTT {Add Trusted Device}                                 | 26 |
| 2.2.56 | AT+BTT? {List Trusted Device}                               | 26 |
| 2.2.57 | AT+BTV<U><Y><<bd_addr> <uuld> {SDP Query for Service}       | 26 |
| 2.2.58 | AT+BTW<bd_addr> {Initiate Pairing}                          | 27 |
| 2.2.59 | AT+BTW? {List Cached Trusted Device}                        | 27 |
| 2.2.60 | AT+BTX {Disable Page/Inquiry Scanning}                      | 28 |

|           |                                    |           |
|-----------|------------------------------------|-----------|
| <b>3.</b> | <b>UNSOLICITED RESPONSES</b>       | <b>29</b> |
| 3.1       | RING                               | 29        |
| 3.2       | PIN?                               | 29        |
| 3.3       | AUDIO ON                           | 29        |
| 3.4       | AUDIO OFF                          | 29        |
| 3.5       | AUDIO FAIL                         | 29        |
| 3.6       | ERROR 27                           | 29        |
| 3.7       | PAIR n <bd_addr>                   | 29        |
| 3.8       | PAIR 0 <bd_addr> MM                | 29        |
| 3.9       | RX<string>                         | 30        |
| <b>4.</b> | <b>INCOMING CONNECTIONS</b>        | <b>31</b> |
| <b>5.</b> | <b>DROPPING CONNECTIONS</b>        | <b>32</b> |
| <b>6.</b> | <b>PAIRING AND TRUSTED DEVICES</b> | <b>33</b> |
| <b>7.</b> | <b>ERROR RESPONSES</b>             | <b>35</b> |
| <b>8.</b> | <b>FACTORY DEFAULT MODE</b>        | <b>36</b> |
| <b>9.</b> | <b>MISCELLANEOUS FEATURES</b>      | <b>37</b> |
| 9.1       | RI dependent Startup Mode          | 37        |

## 1. Introduction

This document relates to the current version of firmware Version 2.7.0. The version that is used in current shipping version of the BISM1 Bluetooth Serial Module, the RS-232 Universal Adaptor and PCMCIA Card is 1.5.0.

More recent firmware releases can be downloaded from the [www.blu2i.com](http://www.blu2i.com) website.

This document describes the protocol used to control and configure the following Ezurio Bluetooth devices:

- blu<sup>2i</sup> Module
- blu<sup>2i</sup> PCMCIA Adaptor
- blu<sup>2i</sup> RS-232 Adaptor
- blu<sup>2i</sup> Universal RS-232 Adaptor
- go blue Activator

The protocol is similar to the industry standard Hayes AT protocol used in telephony modems due to the fact that both types of devices are connection oriented. Appropriate AT commands have been provided to make the blu<sup>2i</sup> device perform the two core actions of a Bluetooth device, which is make/break connections and Inquiry. Many other AT commands are also provided to perform ancillary functions, such as, pairing, trusted devices database management and S Register maintenance.

Just like telephony modems, the blu<sup>2i</sup> device powers up into an unconnected state and will only respond via the serial interface. In this state the blu<sup>2i</sup> device will not even respond to Bluetooth Inquiries. Then, just like controlling a modem, the host can issue AT commands which map to various Bluetooth activities. The command set is extensive enough to allow a host to make connections which are authenticated and/or encrypted or not authenticated and/or encrypted or any combination of these.

The device has a serial interface which can be configured for baud rates from 1200 up to 921600, and an RF communications end point. The latter has a concept of connected and unconnected modes and the former will have a concept of command and data modes. This leads to the matrix of states shown below.

|                     | RF Unconnected | RF Connected |
|---------------------|----------------|--------------|
| Local Command Mode  | OK             | OK           |
| Remote Command Mode | ILLEGAL        | OK           |
| Data Mode           | ILLEGAL        | OK           |

The combinations, 'Data and RF Unconnected Mode' and 'Remote Command and RF Unconnected Mode' do not make sense and will be ignored.

Navigation between these states is done using the AT commands which are described in detail in subsequent sections.

- Sensor de temperatura NTC marca EPCOS modelo B57861S0103F45.

- *Archivo “89267[1].pdf”:*



## **NTC thermistors for temperature measurement**

Miniature sensors  
with bendable wires

Series/Type: B57861  
Date: March 2006

© EPCOS AG 2006. Reproduction, publication and dissemination of this publication, enclosures hereto and the information contained therein without EPCOS' prior express consent is prohibited.

**Applications**

- Heating systems
- Industrial electronics
- Automotive electronics

**Features**

- Fast response
- High measuring accuracy
- Different tolerances available
- Epoxy resin encapsulation
- PTFE-insulated leads of silver-plated nickel wire, AWG 30
- UL approval (E69802)

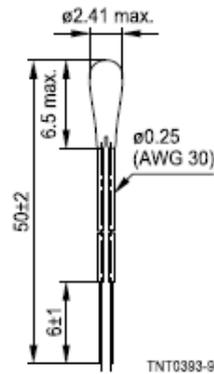
**Options**

Non-standard lead lengths.

Also available with close B value tolerance.

**Delivery mode**

Bulk

**Dimensional drawing**


Dimensions in mm

Approx. weight 60 mg

**General technical data**

|  |               |                  |              |      |
|--|---------------|------------------|--------------|------|
| Climatic category                      | (IEC 60068-1) |                  | 55/155/56    |      |
| For types with close B value tolerance | ±0.3%         |                  | 40/100/56    |      |
| Max. power                             | (at 25 °C)    | $P_{25}$         | 60           | mW   |
| Resistance tolerance                   |               | $\Delta R_R/R_R$ | ±1, ±3, ±5   | %    |
| Rated temperature                      |               | $T_R$            | 25           | °C   |
| Dissipation factor                     | (in air)      | $\delta_{th}$    | approx. 1.5  | mW/K |
| Thermal cooling time constant          | (in air)      | $\tau_c$         | approx. 15   | s    |
| Heat capacity                          |               | $C_{th}$         | approx. 22.5 | mJ/K |



|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Temperature measurement               | B57861 |
| Miniature sensors with bendable wires | S861   |

R/T characteristics

| B57861S0502F045 |  |                      |                      |                                      |         |         |
|-----------------|--|----------------------|----------------------|--------------------------------------|---------|---------|
| R/T No.         | 8016   |                      |                      |                                      |         |         |
| T (°C)          | B <sub>25/100</sub> = 3988 K, R <sub>25</sub> = 5000 Ω, T <sub>R</sub> = 25 °C, ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> = ± 1% |                      |                      |                                      |         |         |
|                 | R <sub>nom</sub> [Ω]   | R <sub>min</sub> [Ω] | R <sub>max</sub> [Ω] | ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> [±%] | ΔT[±°C] | α (%/K) |
| -40.0           | 168250   | 164600               | 171900               | 2.2                                  | 0.3     | 6.7     |
| -35.0           | 121300   | 118800               | 123790               | 2.1                                  | 0.3     | 6.4     |
| -30.0           | 88500  | 86767                | 90232                | 2.0                                  | 0.3     | 6.2     |
| -25.0           | 65185  | 63973                | 66396                | 1.9                                  | 0.3     | 6.0     |
| -20.0           | 48535  | 47679                | 49391                | 1.8                                  | 0.3     | 5.8     |
| -15.0           | 36465  | 35855                | 37074                | 1.7                                  | 0.3     | 5.6     |
| -10.0           | 27665  | 27227                | 28103                | 1.6                                  | 0.3     | 5.4     |
| -5.0            | 21158  | 20840                | 21475                | 1.5                                  | 0.3     | 5.3     |
| 0.0             | 16325  | 16094                | 16556                | 1.4                                  | 0.3     | 5.1     |
| 5.0             | 12694  | 12524                | 12864                | 1.3                                  | 0.3     | 5.0     |
| 10.0            | 9950   | 9824                 | 10076                | 1.3                                  | 0.3     | 4.8     |
| 15.0            | 7854   | 7760                 | 7947                 | 1.2                                  | 0.3     | 4.7     |
| 20.0            | 6245   | 6175                 | 6315                 | 1.1                                  | 0.2     | 4.5     |
| 25.0            | 5000   | 4950                 | 5050                 | 1.0                                  | 0.2     | 4.4     |
| 30.0            | 4029   | 3984                 | 4073                 | 1.1                                  | 0.3     | 4.3     |
| 35.0            | 3266   | 3227                 | 3304                 | 1.2                                  | 0.3     | 4.1     |
| 40.0            | 2664   | 2630                 | 2697                 | 1.2                                  | 0.3     | 4.0     |
| 45.0            | 2184   | 2156                 | 2213                 | 1.3                                  | 0.3     | 3.9     |
| 50.0            | 1802   | 1777                 | 1826                 | 1.4                                  | 0.4     | 3.8     |
| 55.0            | 1493   | 1472                 | 1514                 | 1.4                                  | 0.4     | 3.7     |
| 60.0            | 1244   | 1226                 | 1262                 | 1.5                                  | 0.4     | 3.6     |
| 65.0            | 1042   | 1026                 | 1057                 | 1.5                                  | 0.4     | 3.5     |
| 70.0            | 876.0  | 862.2                | 889.8                | 1.6                                  | 0.5     | 3.4     |
| 75.0            | 740.7  | 728.6                | 752.7                | 1.6                                  | 0.5     | 3.3     |
| 80.0            | 629.0  | 618.5                | 639.5                | 1.7                                  | 0.5     | 3.2     |
| 85.0            | 536.2  | 526.9                | 545.4                | 1.7                                  | 0.5     | 3.2     |
| 90.0            | 458.8  | 450.7                | 467.0                | 1.8                                  | 0.6     | 3.1     |
| 95.0            | 394.3  | 387.1                | 401.4                | 1.8                                  | 0.6     | 3.0     |
| 100.0           | 340.0  | 333.7                | 346.3                | 1.9                                  | 0.6     | 2.9     |

| B57861S0103F045 |   |                      |                      |                                      |         |         |
|-----------------|---|----------------------|----------------------|--------------------------------------|---------|---------|
| R/T No.         | 8016  |                      |                      |                                      |         |         |
| T (°C)          | B <sub>25/100</sub> = 3988 K, R <sub>25</sub> = 10000 Ω, T <sub>R</sub> = 25 °C, ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> = ± 1% |                      |                      |                                      |         |         |
|                 | R <sub>nom</sub> [Ω]  | R <sub>min</sub> [Ω] | R <sub>max</sub> [Ω] | ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> [±%] | ΔT[±°C] | α (%/K) |
| -40.0           | 336500  | 329200               | 343800               | 2.2                                  | 0.3     | 6.7     |
| -35.0           | 242590  | 237590               | 247590               | 2.1                                  | 0.3     | 6.4     |
| -30.0           | 177000  | 173540               | 180470               | 2.0                                  | 0.3     | 6.2     |
| -25.0           | 130370  | 127950               | 132790               | 1.9                                  | 0.3     | 6.0     |

Please read *Important notes and Cautions and warnings* at the end of this document.



|                                       |        |
|---------------------------------------|--------|
| Temperature measurement               | B57861 |
| Miniature sensors with bendable wires | S861   |

| B57861S0103F045 |   |                      |                      |                                      |         |         |
|-----------------|---|----------------------|----------------------|--------------------------------------|---------|---------|
| R/T No.         | 8016  |                      |                      |                                      |         |         |
| T (°C)          | B <sub>25/100</sub> = 3988 K, R <sub>25</sub> = 10000 Ω, T <sub>R</sub> = 25 °C, ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> = ± 1% |                      |                      |                                      |         |         |
|                 | R <sub>nom</sub> [Ω]  | R <sub>min</sub> [Ω] | R <sub>max</sub> [Ω] | ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> [±%] | ΔT[±°C] | α (%/K) |
| -20.0           | 97070   | 95358                | 98782                | 1.8                                  | 0.3     | 5.8     |
| -15.0           | 72929   | 71710                | 74148                | 1.7                                  | 0.3     | 5.6     |
| -10.0           | 55330   | 54454                | 56206                | 1.6                                  | 0.3     | 5.4     |
| -5.0            | 42315   | 41681                | 42949                | 1.5                                  | 0.3     | 5.3     |
| 0.0             | 32650   | 32187                | 33113                | 1.4                                  | 0.3     | 5.1     |
| 5.0             | 25388   | 25048                | 25727                | 1.3                                  | 0.3     | 5.0     |
| 10.0            | 19900   | 19649                | 20151                | 1.3                                  | 0.3     | 4.8     |
| 15.0            | 15708   | 15521                | 15895                | 1.2                                  | 0.3     | 4.7     |
| 20.0            | 12490   | 12350                | 12630                | 1.1                                  | 0.2     | 4.5     |
| 25.0            | 10000   | 9900                 | 10100                | 1.0                                  | 0.2     | 4.4     |
| 30.0            | 8057  | 7967                 | 8147                 | 1.1                                  | 0.3     | 4.3     |
| 35.0            | 6531  | 6454                 | 6608                 | 1.2                                  | 0.3     | 4.1     |
| 40.0            | 5327  | 5261                 | 5393                 | 1.2                                  | 0.3     | 4.0     |
| 45.0            | 4369  | 4312                 | 4426                 | 1.3                                  | 0.3     | 3.9     |
| 50.0            | 3603  | 3554                 | 3652                 | 1.4                                  | 0.4     | 3.8     |
| 55.0            | 2986  | 2944                 | 3029                 | 1.4                                  | 0.4     | 3.7     |
| 60.0            | 2488  | 2451                 | 2525                 | 1.5                                  | 0.4     | 3.6     |
| 65.0            | 2083  | 2051                 | 2115                 | 1.5                                  | 0.4     | 3.5     |
| 70.0            | 1752  | 1724                 | 1780                 | 1.6                                  | 0.5     | 3.4     |
| 75.0            | 1481  | 1457                 | 1505                 | 1.6                                  | 0.5     | 3.3     |
| 80.0            | 1258  | 1237                 | 1279                 | 1.7                                  | 0.5     | 3.2     |
| 85.0            | 1072  | 1054                 | 1091                 | 1.7                                  | 0.5     | 3.2     |
| 90.0            | 917.7   | 901.5                | 933.9                | 1.8                                  | 0.6     | 3.1     |
| 95.0            | 788.5   | 774.2                | 802.8                | 1.8                                  | 0.6     | 3.0     |
| 100.0           | 680.0   | 667.4                | 692.6                | 1.9                                  | 0.6     | 2.9     |

| B57861S0303F045 |   |                      |                      |                                      |         |         |
|-----------------|---|----------------------|----------------------|--------------------------------------|---------|---------|
| R/T No.         | 8018  |                      |                      |                                      |         |         |
| T (°C)          | B <sub>25/100</sub> = 3964 K, R <sub>25</sub> = 30000 Ω, T <sub>R</sub> = 25 °C, ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> = ± 1% |                      |                      |                                      |         |         |
|                 | R <sub>nom</sub> [Ω]  | R <sub>min</sub> [Ω] | R <sub>max</sub> [Ω] | ΔR <sub>R</sub> /R <sub>R</sub> [±%] | ΔT[±°C] | α (%/K) |
| -40.0           | 907060  | 887450               | 926670               | 2.2                                  | 0.3     | 6.4     |
| -35.0           | 663280  | 649650               | 676910               | 2.1                                  | 0.3     | 6.2     |
| -30.0           | 489810  | 480250               | 499370               | 2.0                                  | 0.3     | 6.0     |
| -25.0           | 365130  | 358360               | 371900               | 1.9                                  | 0.3     | 5.8     |
| -20.0           | 274640  | 269810               | 279480               | 1.8                                  | 0.3     | 5.6     |
| -15.0           | 208370  | 204900               | 211850               | 1.7                                  | 0.3     | 5.4     |
| -10.0           | 159410  | 156890               | 161920               | 1.6                                  | 0.3     | 5.3     |
| -5.0            | 122920  | 121080               | 124750               | 1.5                                  | 0.3     | 5.1     |
| 0.0             | 95501   | 94149                | 96852                | 1.4                                  | 0.3     | 5.0     |

Please read *Important notes* and *Cautions and warnings* at the end of this document.

- Microcontrolador PIC 16F883 de la marca MICROCHIP.

- *Archivo “41291A.pdf”:*



---

## **PIC16F883/884/886/887**

### **Data Sheet**

28/40/44-Pin Enhanced Flash-Based, 8-Bit  
CMOS Microcontrollers with  
nanoWatt Technology



# MICROCHIP PIC16F883/884/886/887

## 28/40/44-Pin Flash-Based, 8-Bit CMOS Microcontrollers with nanoWatt Technology

### High-Performance RISC CPU:

- Only 35 instructions to learn:
  - All single-cycle instructions except branches
- Operating speed:
  - DC – 20 MHz oscillator/clock input
  - DC – 200 ns instruction cycle
- Interrupt capability
- 8-level deep hardware stack
- Direct, Indirect and Relative Addressing modes

### Special Microcontroller Features:

- Precision Internal Oscillator:
  - Factory calibrated to  $\pm 1\%$
  - Software selectable frequency range of 8 MHz to 31 kHz
  - Software tunable
  - Two-Speed Start-up mode
  - Crystal fail detect for critical applications
  - Clock mode switching during operation for power savings
- Power-Saving Sleep mode
- Wide operating voltage range (2.0V-5.5V)
- Industrial and Extended Temperature range
- Power-on Reset (POR)
- Power-up Timer (PWRT) and Oscillator Start-up Timer (OST)
- Brown-out Reset (BOR) with software control option
- Enhanced low-current Watchdog Timer (WDT) with on-chip oscillator (software selectable nominal 269 seconds with full prescaler) with software enable
- Multiplexed Master Clear with pull-up/input pin
- Programmable code protection
- High Endurance Flash/EEPROM cell:
  - 100,000 write Flash endurance
  - 1,000,000 write EEPROM endurance
  - Flash/Data EEPROM retention: > 40 years
- Program memory Read/Write during run time
- In-Circuit Debugger (on board)

### Low-Power Features:

- Standby Current:
  - 50 nA @ 2.0V, typical
- Operating Current:
  - 11  $\mu$ A @ 32 kHz, 2.0V, typical
  - 220  $\mu$ A @ 4 MHz, 2.0V, typical
- Watchdog Timer Current:
  - 1  $\mu$ A @ 2.0V, typical

### Peripheral Features:

- 24/35 I/O pins with individual direction control:
  - High current source/sink for direct LED drive
  - Interrupt-on-Change pin
  - Individually programmable weak pull-ups
  - Ultra Low-Power Wake-up (ULPWU)
- Analog Comparator module with:
  - Two analog comparators
  - Programmable on-chip voltage reference (CVREF) module (% of VDD)
  - Fixed voltage reference (0.8V)
  - Comparator inputs and outputs externally accessible
  - SR Latch mode
  - External Timer1 Gate (count enable)
- A/D Converter:
  - 10-bit resolution and 11/14 channels
- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit programmable prescaler
- Enhanced Timer1:
  - 16-bit timer/counter with prescaler
  - External Gate Input mode
  - Dedicated low-power 32 kHz oscillator
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period register, prescaler and postscaler
- Enhanced Capture, Compare, PWM+ module:
  - 16-bit Capture, max. resolution 12.5 ns
  - Compare, max. resolution 200 ns
  - 10-bit PWM with 1, 2 or 4 output channels, programmable "dead time", max. frequency 20 kHz
  - PWM output steering control
- Capture, Compare, PWM module:
  - 16-bit Capture, max. resolution 12.5 ns
  - 16-bit Compare, max. resolution 200 ns
  - 10-bit PWM, max. frequency 20 kHz
- Enhanced USART module:
  - Supports RS-485, RS-232, and LIN 2.0
  - Auto-Baud Detect
  - Auto-Wake-Up on Start bit
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™) via two pins
- Master Synchronous Serial Port (MSSP) module supporting 3-wire SPI (all 4 modes) and I<sup>2</sup>C™ Master and Slave Modes with I<sup>2</sup>C address mask

## PIC16F883/884/886/887

---

| Device    | Program Memory | Data Memory  |                | I/O | 10-bit A/D (ch) | ECCP/CCP | EUSART | MSSP | Comparators | Timers 8/16-bit |
|-----------|----------------|--------------|----------------|-----|-----------------|----------|--------|------|-------------|-----------------|
|           | Flash (words)  | SRAM (bytes) | EEPROM (bytes) |     |                 |          |        |      |             |                 |
| PIC16F883 | 4096           | 256          | 256            | 24  | 11              | 1/1      | 1      | 1    | 2           | 2/1             |
| PIC16F884 | 4096           | 256          | 256            | 35  | 14              | 1/1      | 1      | 1    | 2           | 2/1             |
| PIC16F886 | 8192           | 368          | 256            | 24  | 11              | 1/1      | 1      | 1    | 2           | 2/1             |
| PIC16F887 | 8192           | 368          | 256            | 35  | 14              | 1/1      | 1      | 1    | 2           | 2/1             |

# PIC16F883/884/886/887

## Pin Diagrams – PIC16F883/886, 28-Pin PDIP, SOIC, SSOP

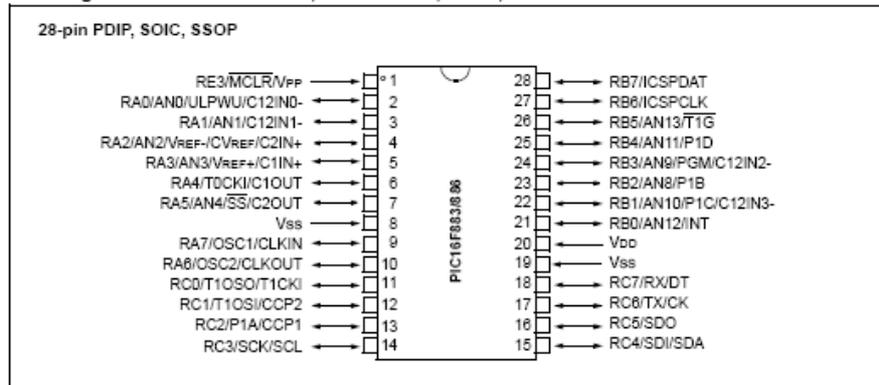


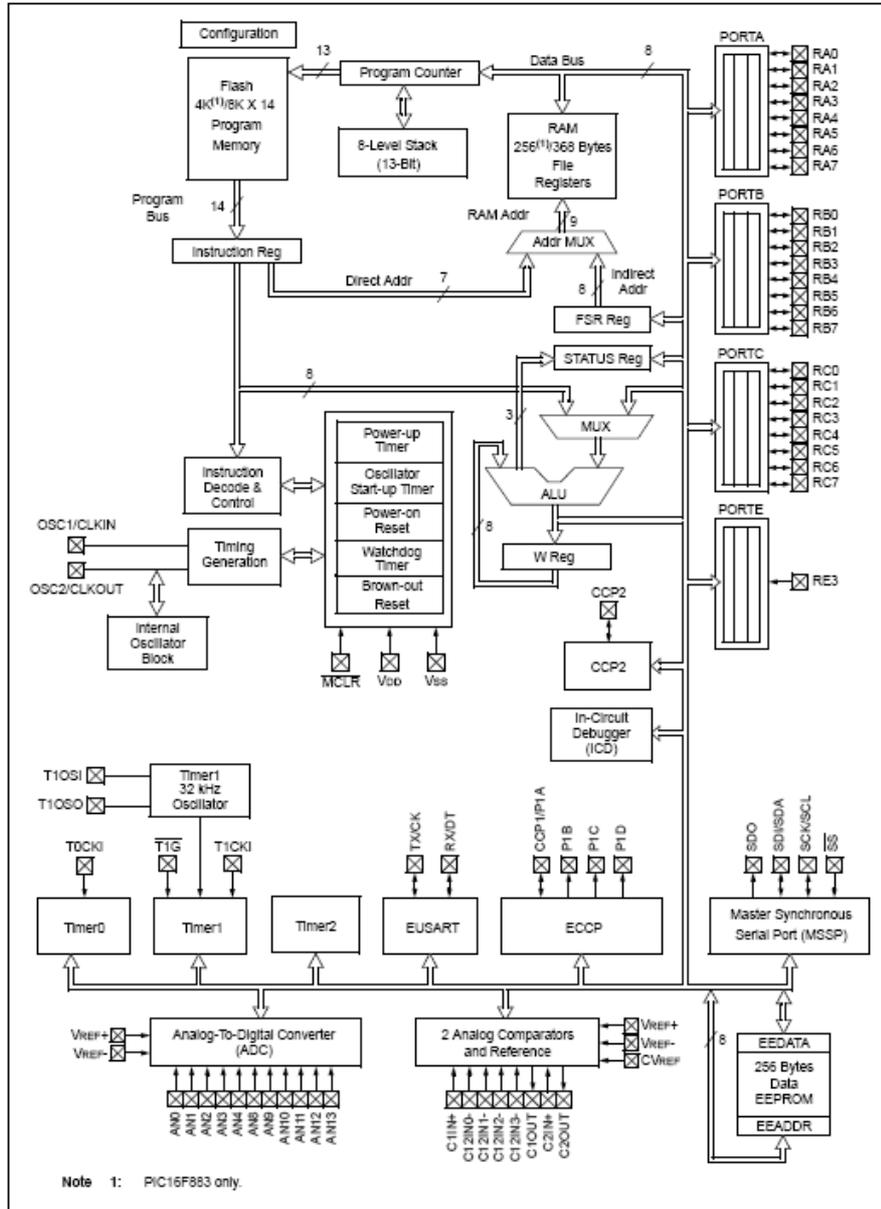
TABLE 1: PIC16F883/886 28-PIN SUMMARY (PDIP, SOIC, SSOP)

| I/O | Pin | Analog    | Comparators | Timers      | ECCP     | EUSART | MSSP    | Interrupt | Pull-up          | Basic       |
|-----|-----|-----------|-------------|-------------|----------|--------|---------|-----------|------------------|-------------|
| RA0 | 2   | AN0/ULPWU | C12IN0-     | —           | —        | —      | —       | —         | —                | —           |
| RA1 | 3   | AN1       | C12IN1-     | —           | —        | —      | —       | —         | —                | —           |
| RA2 | 4   | AN2       | C2IN+       | —           | —        | —      | —       | —         | —                | VREF-/CVREF |
| RA3 | 5   | AN3       | C1IN+       | —           | —        | —      | —       | —         | —                | VREF+       |
| RA4 | 6   | —         | C1OUT       | T0CKI       | —        | —      | —       | —         | —                | —           |
| RA5 | 7   | AN4       | C2OUT       | —           | —        | —      | SS      | —         | —                | —           |
| RA6 | 10  | —         | —           | —           | —        | —      | —       | —         | —                | OSC2/CLKOUT |
| RA7 | 9   | —         | —           | —           | —        | —      | —       | —         | —                | OSC1/CLKIN  |
| RB0 | 21  | AN12      | —           | —           | —        | —      | —       | IOC/INT   | Y                | —           |
| RB1 | 22  | AN10      | C12IN3-     | —           | P1C      | —      | —       | IOC       | Y                | —           |
| RB2 | 23  | AN8       | —           | —           | P1B      | —      | —       | IOC       | Y                | —           |
| RB3 | 24  | AN9       | C12IN2-     | —           | —        | —      | —       | IOC       | Y                | PGM         |
| RB4 | 25  | AN11      | —           | —           | P1D      | —      | —       | IOC       | Y                | —           |
| RB5 | 26  | AN13      | —           | T1G         | —        | —      | —       | IOC       | Y                | —           |
| RB6 | 27  | —         | —           | —           | —        | —      | —       | IOC       | Y                | ICSPCLK     |
| RB7 | 28  | —         | —           | —           | —        | —      | —       | IOC       | Y                | ICSPDAT     |
| RC0 | 11  | —         | —           | T1OSO/T1CKI | —        | —      | —       | —         | —                | —           |
| RC1 | 12  | —         | —           | T1OSI       | CCP2     | —      | —       | —         | —                | —           |
| RC2 | 13  | —         | —           | —           | CCP1/P1A | —      | —       | —         | —                | —           |
| RC3 | 14  | —         | —           | —           | —        | —      | SCK/SCL | —         | —                | —           |
| RC4 | 15  | —         | —           | —           | —        | —      | SDI/SDA | —         | —                | —           |
| RC5 | 16  | —         | —           | —           | —        | —      | SDO     | —         | —                | —           |
| RC6 | 17  | —         | —           | —           | —        | TX/CK  | —       | —         | —                | —           |
| RC7 | 18  | —         | —           | —           | —        | RX/DT  | —       | —         | —                | —           |
| RE3 | 1   | —         | —           | —           | —        | —      | —       | —         | Y <sup>(1)</sup> | MCLR/VPP    |
| —   | 20  | —         | —           | —           | —        | —      | —       | —         | —                | VDD         |
| —   | 8   | —         | —           | —           | —        | —      | —       | —         | —                | VSS         |
| —   | 19  | —         | —           | —           | —        | —      | —       | —         | —                | VSS         |

Note 1: Pull-up activated only with external MCLR configuration.

# PIC16F883/884/886/887

FIGURE 1-1: PIC16F883/PIC16F886 BLOCK DIAGRAM



# PIC16F883/884/886/887

## 2.0 MEMORY ORGANIZATION

### 2.1 Program Memory Organization

The PIC16F883/884/886/887 has a 13-bit program counter capable of addressing a 4K x 14 (0000h-0FFFh) for the PIC16F883/PIC16F884 and 8K x 14 (0000h-1FFFh) for the PIC16F886/PIC16F887 program memory space. Accessing a location above these boundaries will cause a wraparound within the first 8K x 14 space. The Reset vector is at 0000h and the interrupt vector is at 0004h (see Figures 2-1 and 2-2).

FIGURE 2-1: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK FOR THE PIC16F883/PIC16F884

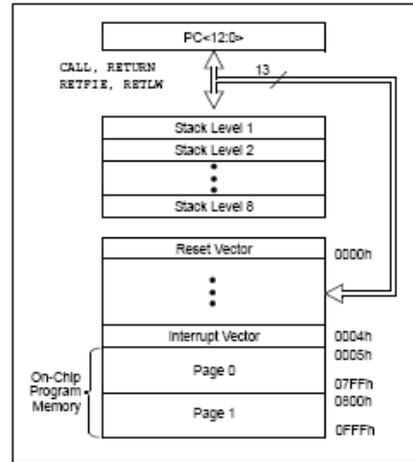
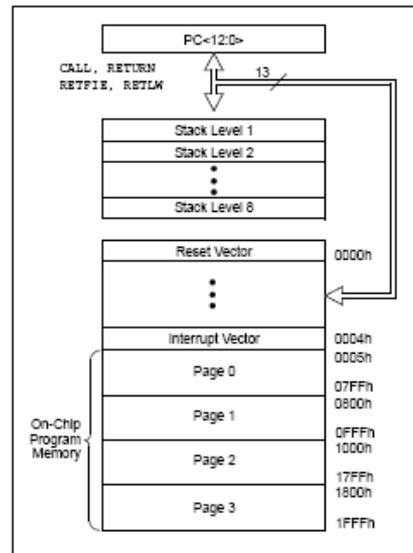


FIGURE 2-2: PROGRAM MEMORY MAP AND STACK FOR THE PIC16F886/PIC16F887



# PIC16F883/884/886/887

FIGURE 2-3: PIC16F883/PIC16F884 SPECIAL FUNCTION REGISTERS

| File                                  | Address | File                                  | Address | File                                  | Address | File                          | Address |                     |      |                     |
|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|---------------------------------------|---------|-------------------------------|---------|---------------------|------|---------------------|
| Indirect addr. <sup>(1)</sup>         | 00h     | Indirect addr. <sup>(1)</sup>         | 80h     | Indirect addr. <sup>(1)</sup>         | 100h    | Indirect addr. <sup>(1)</sup> | 180h    |                     |      |                     |
| TMR0                                  | 01h     | OPTION_REG                            | 81h     | TMR0                                  | 101h    | OPTION_REG                    | 181h    |                     |      |                     |
| PCL                                   | 02h     | PCL                                   | 82h     | PCL                                   | 102h    | PCL                           | 182h    |                     |      |                     |
| STATUS                                | 03h     | STATUS                                | 83h     | STATUS                                | 103h    | STATUS                        | 183h    |                     |      |                     |
| FSR                                   | 04h     | FSR                                   | 84h     | FSR                                   | 104h    | FSR                           | 184h    |                     |      |                     |
| PORTA                                 | 05h     | TRISA                                 | 85h     | WDTCON                                | 105h    | SRCON                         | 185h    |                     |      |                     |
| PORTB                                 | 06h     | TRISB                                 | 86h     | PORTB                                 | 106h    | TRISB                         | 186h    |                     |      |                     |
| PORTC                                 | 07h     | TRISC                                 | 87h     | CM1CON0                               | 107h    | BAUDCTL                       | 187h    |                     |      |                     |
| PORTD <sup>(2)</sup>                  | 08h     | TRISD <sup>(2)</sup>                  | 88h     | CM2CON0                               | 108h    | ANSEL                         | 188h    |                     |      |                     |
| PORTE                                 | 09h     | TRISE                                 | 89h     | CM2CON1                               | 109h    | ANSELH                        | 189h    |                     |      |                     |
| PCLATH                                | 0Ah     | PCLATH                                | 8Ah     | PCLATH                                | 10Ah    | PCLATH                        | 18Ah    |                     |      |                     |
| INTCON                                | 0Bh     | INTCON                                | 8Bh     | INTCON                                | 10Bh    | INTCON                        | 18Bh    |                     |      |                     |
| PIR1                                  | 0Ch     | PIE1                                  | 8Ch     | EEDAT                                 | 10Ch    | EECON1                        | 18Ch    |                     |      |                     |
| PIR2                                  | 0Dh     | PIE2                                  | 8Dh     | EEADR                                 | 10Dh    | EECON2 <sup>(1)</sup>         | 18Dh    |                     |      |                     |
| TMR1L                                 | 0Eh     | PCON                                  | 8Eh     | EEADRH                                | 10Eh    | Reserved                      | 18Eh    |                     |      |                     |
| TMR1H                                 | 0Fh     | OSCCON                                | 8Fh     |                                       | 10Fh    | Reserved                      | 18Fh    |                     |      |                     |
| T1CON                                 | 10h     | OSCTUNE                               | 90h     |                                       | 110h    |                               | 190h    |                     |      |                     |
| TMR2                                  | 11h     | SSPCON2                               | 91h     |                                       | 111h    |                               | 191h    |                     |      |                     |
| T2CON                                 | 12h     | PR2                                   | 92h     |                                       | 112h    |                               | 192h    |                     |      |                     |
| SSPBUF                                | 13h     | SSPADD                                | 93h     |                                       | 113h    |                               | 193h    |                     |      |                     |
| SSPCON                                | 14h     | SSPSTAT                               | 94h     |                                       | 114h    |                               | 194h    |                     |      |                     |
| CCPR1L                                | 15h     | WPUB                                  | 95h     |                                       | 115h    |                               | 195h    |                     |      |                     |
| CCPR1H                                | 16h     | IOCB                                  | 96h     |                                       | 116h    |                               | 196h    |                     |      |                     |
| CCP1CON                               | 17h     | VRCON                                 | 97h     |                                       | 117h    |                               | 197h    |                     |      |                     |
| RCSTA                                 | 18h     | TXSTA                                 | 98h     |                                       | 118h    |                               | 198h    |                     |      |                     |
| TXREG                                 | 19h     | SPBRG                                 | 99h     |                                       | 119h    |                               | 199h    |                     |      |                     |
| RCREG                                 | 1Ah     | SPBRGH                                | 9Ah     |                                       | 11Ah    |                               | 19Ah    |                     |      |                     |
| CCPR2L                                | 1Bh     | PWM1CON                               | 9Bh     |                                       | 11Bh    |                               | 19Bh    |                     |      |                     |
| CCPR2H                                | 1Ch     | ECCPAS                                | 9Ch     |                                       | 11Ch    |                               | 19Ch    |                     |      |                     |
| CCP2CON                               | 1Dh     | PSTRCON                               | 9Dh     |                                       | 11Dh    |                               | 19Dh    |                     |      |                     |
| ADRESH                                | 1Eh     | ADRESL                                | 9Eh     |                                       | 11Eh    |                               | 19Eh    |                     |      |                     |
| ADCON0                                | 1Fh     | ADCON1                                | 9Fh     |                                       | 11Fh    |                               | 19Fh    |                     |      |                     |
| General Purpose Registers<br>96 Bytes | 20h     | General Purpose Registers<br>80 Bytes | A0h     | General Purpose Registers<br>80 Bytes | 120h    |                               | 1A0h    |                     |      |                     |
|                                       |         |                                       |         |                                       |         |                               |         | EFh                 | 16Fh | 1EFh                |
|                                       |         |                                       |         |                                       |         |                               |         | accesses<br>70h-7Fh | 170h | accesses<br>70h-7Fh |
|                                       | 7Fh     |                                       | FFh     |                                       | 17Fh    |                               | 1FFh    |                     |      |                     |
| Bank 0                                |         | Bank 1                                |         | Bank 2                                |         | Bank 3                        |         |                     |      |                     |

Unimplemented data memory locations, read as '0'.  
**Note 1:** Not a physical register.  
**Note 2:** PIC16F884 only.

# PIC16F883/884/886/887

## 5.0 TIMER0 MODULE

The Timer0 module is an 8-bit timer/counter with the following features:

- 8-bit timer/counter register (TMR0)
- 8-bit prescaler (shared with Watchdog Timer)
- Programmable internal or external clock source
- Programmable external clock edge selection
- Interrupt on overflow

Figure 5-1 is a block diagram of the Timer0 module.

## 5.1 Timer0 Operation

When used as a timer, the Timer0 module can be used as either an 8-bit timer or an 8-bit counter.

### 5.1.1 8-BIT TIMER MODE

When used as a timer, the Timer0 module will increment every instruction cycle (without prescaler). Timer mode is selected by clearing the T0CS bit of the OPTION register to '0'.

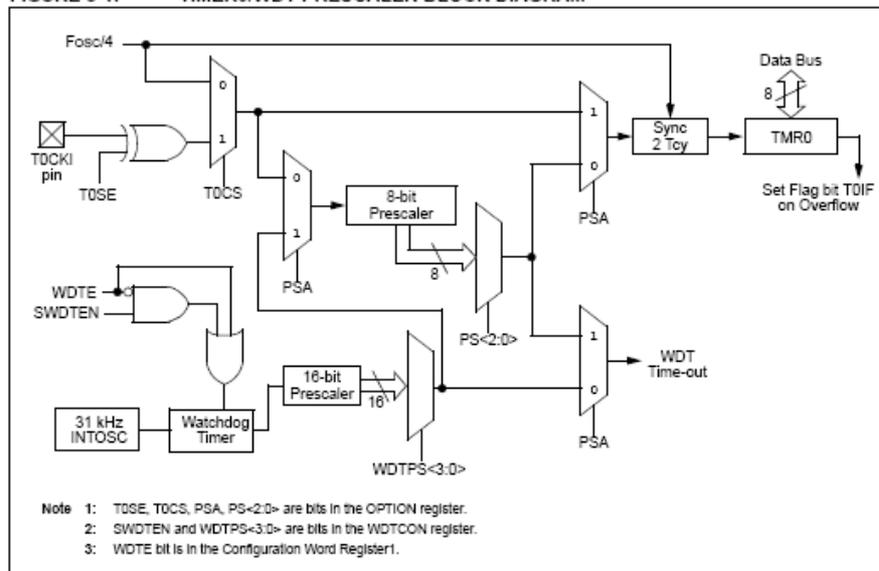
When TMR0 is written, the increment is inhibited for two instruction cycles immediately following the write.

**Note:** The value written to the TMR0 register can be adjusted, in order to account for the two instruction cycle delay when TMR0 is written.

### 5.1.2 8-BIT COUNTER MODE

When used as a counter, the Timer0 module will increment on every rising or falling edge of the T0CKI pin. The incrementing edge is determined by the T0SE bit of the OPTION register. Counter mode is selected by setting the T0CS bit of the OPTION register to '1'.

FIGURE 5-1: TIMER0/WDT PRESCALER BLOCK DIAGRAM



9.0 ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER (ADC) MODULE

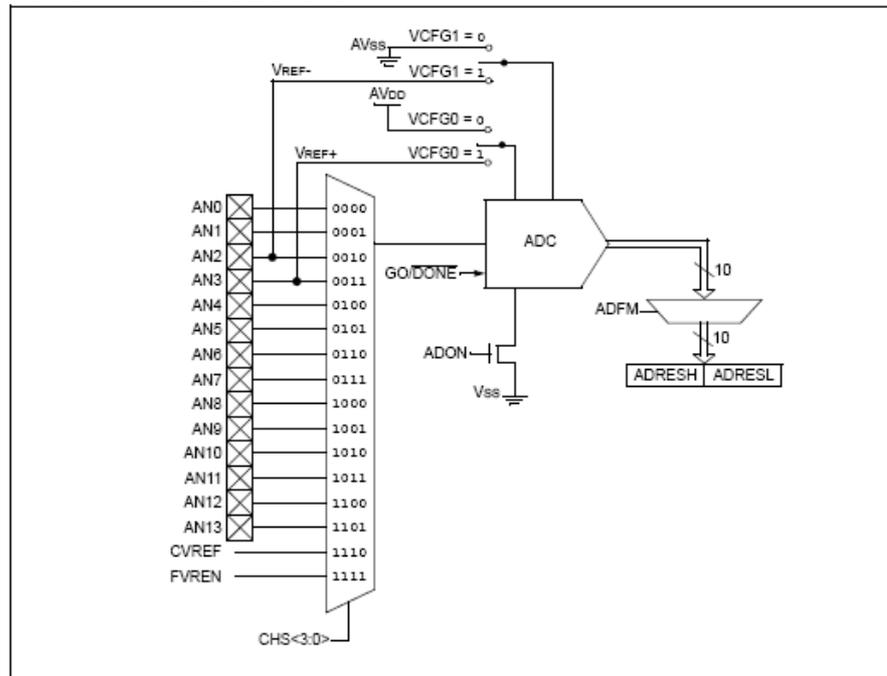
The Analog-to-Digital Converter (ADC) allows conversion of an analog input signal to a 10-bit binary representation of that signal. This device uses analog inputs, which are multiplexed into a single sample and hold circuit. The output of the sample and hold is connected to the input of the converter. The converter generates a 10-bit binary result via successive approximation and stores the conversion result into the ADC result registers (ADRESL and ADRESH).

The ADC voltage reference is software selectable to either VDD or a voltage applied to the external reference pins.

The ADC can generate an interrupt upon completion of a conversion. This interrupt can be used to wake-up the device from Sleep.

Figure 9-1 shows the block diagram of the ADC.

FIGURE 9-1: ADC BLOCK DIAGRAM



**12.0 ENHANCED UNIVERSAL SYNCHRONOUS ASYNCHRONOUS RECEIVER TRANSMITTER (EUSART)**

The Enhanced Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter (EUSART) module is a serial I/O communications peripheral. It contains all the clock generators, shift registers and data buffers necessary to perform an input or output serial data transfer independent of device program execution. The EUSART, also known as a Serial Communications Interface (SCI), can be configured as a full-duplex asynchronous system or half-duplex synchronous system. Full-Duplex mode is useful for communications with peripheral systems, such as CRT terminals and personal computers. Half-Duplex Synchronous mode is intended for communications with peripheral devices, such as A/D or D/A integrated circuits, serial EEPROMs or other microcontrollers. These devices typically do not have internal clocks for baud rate generation and require the external clock signal provided by a master synchronous device.

The EUSART module includes the following capabilities:

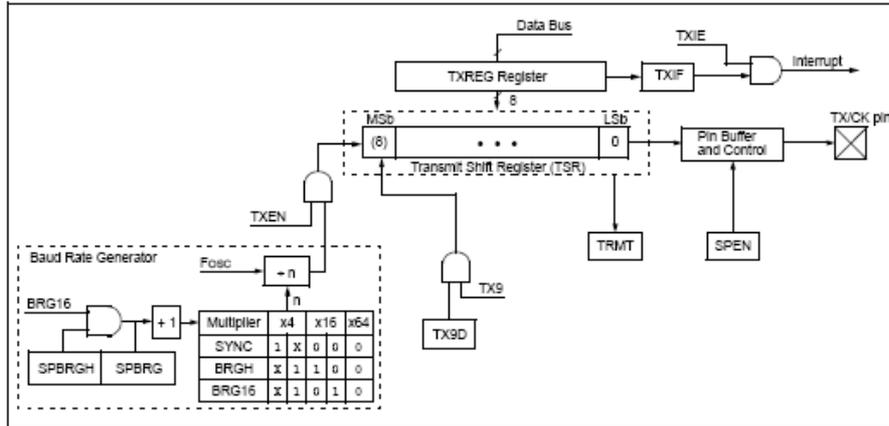
- Full-duplex asynchronous transmit and receive
- Two-character input buffer
- One-character output buffer
- Programmable 8-bit or 9-bit character length
- Address detection in 9-bit mode
- Input buffer overrun error detection
- Received character framing error detection
- Half-duplex synchronous master
- Half-duplex synchronous slave
- Programmable clock polarity in synchronous modes

The EUSART module implements the following additional features, making it ideally suited for use in Local Interconnect Network (LIN) bus systems:

- Automatic detection and calibration of the baud rate
- Wake-up on Break reception
- 13-bit Break character transmit

Block diagrams of the EUSART transmitter and receiver are shown in Figure 12-1 and Figure 12-2.

FIGURE 12-1: EUSART TRANSMIT BLOCK DIAGRAM



# PIC16F883/884/886/887

## 17.0 ELECTRICAL SPECIFICATIONS

### Absolute Maximum Ratings<sup>(†)</sup>

|   |                       |
|---|-----------------------|
| Ambient temperature under bias.....   | -40° to +125°C        |
| Storage temperature .....   | -65°C to +150°C       |
| Voltage on VDD with respect to VSS .....  | -0.3V to +6.5V        |
| Voltage on MCLR with respect to Vss .....   | -0.3V to +13.5V       |
| Voltage on all other pins with respect to VSS .....                                     | -0.3V to (VDD + 0.3V) |
| Total power dissipation <sup>(1)</sup> .....  | 800 mW                |
| Maximum current out of VSS pin .....  | 300 mA                |
| Maximum current into VDD pin .....  | 250 mA                |
| Input clamp current, I <sub>IK</sub> (V <sub>I</sub> < 0 or V <sub>I</sub> > VDD).....  | ± 20 mA               |
| Output clamp current, I <sub>OK</sub> (V <sub>O</sub> < 0 or V <sub>O</sub> > VDD)..... | ± 20 mA               |
| Maximum output current sunk by any I/O pin.....   | 25 mA                 |
| Maximum output current sourced by any I/O pin .....                                     | 25 mA                 |
| Maximum current sunk by PORTA, PORTB and PORTE (combined) <sup>(2)</sup> .....          | 200 mA                |
| Maximum current sourced by PORTA, PORTB and PORTE (combined) <sup>(2)</sup> .....       | 200 mA                |
| Maximum current sunk by PORTC and PORTD (combined) <sup>(2)</sup> .....                 | 200 mA                |
| Maximum current sourced by PORTC and PORTD (combined) <sup>(2)</sup> .....              | 200 mA                |

**Note 1:** Power dissipation is calculated as follows:  $P_{DIS} = VDD \times (I_{DD} - \sum I_{OH}) + \sum \{(VDD - V_{OH}) \times I_{OH}\} + \sum (V_{OL} \times I_{OL})$ .  
**Note 2:** PORTD and PORTE are implemented on PIC16F886/PIC16F887 only.

† NOTICE: Stresses above those listed under "Absolute Maximum Ratings" may cause permanent damage to the device. This is a stress rating only and functional operation of the device at those or any other conditions above those indicated in the operation listings of this specification is not implied. Exposure above maximum rating conditions for extended periods may affect device reliability.

- Transistor MOSFET.

- Archivo "45589.pdf":

April 2005

**FAIRCHILD**  
SEMICONDUCTOR\*

## FDS8870

### N-Channel PowerTrench<sup>®</sup> MOSFET

30V, 18A, 4.2mΩ

#### Features

- $r_{DS(ON)} = 4.2m\Omega$ ,  $V_{GS} = 10V$ ,  $I_D = 18A$
- $r_{DS(ON)} = 4.9m\Omega$ ,  $V_{GS} = 4.5V$ ,  $I_D = 17A$
- High performance trench technology for extremely low  $r_{DS(ON)}$
- Low gate charge
- High power and current handling capability

#### Applications

- DC/DC converters

#### General Description

This N-Channel MOSFET has been designed specifically to improve the overall efficiency of DC/DC converters using either synchronous or conventional switching PWM controllers. It has been optimized for low gate charge, low  $r_{DS(ON)}$  and fast switching speed.

---

Branding Dash

SO-8

FDS8870 N-Channel PowerTrench<sup>®</sup> MOSFET

©2005 Fairchild Semiconductor Corporation  
FDS8870 Rev. A3

1

www.fairchildsemi.com

| MOSFET Maximum Ratings $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted |   |            |                      |
|--|---|------------|----------------------|
| Symbol   | Parameter   | Ratings    | Units                |
| $V_{DS}$   | Drain to Source Voltage   | 30         | V                    |
| $V_{GS}$   | Gate to Source Voltage  | $\pm 20$   | V                    |
| $I_D$  | Drain Current   |            |                      |
|  | Continuous ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{GS} = 10\text{V}$ , $R_{\theta JA} = 50^\circ\text{C/W}$ )  | 18         | A                    |
|  | Continuous ( $T_A = 25^\circ\text{C}$ , $V_{GS} = 4.5\text{V}$ , $R_{\theta JA} = 50^\circ\text{C/W}$ ) | 17         | A                    |
|  | Pulsed  | Figure 4   | A                    |
| $E_{AS}$   | Single Pulse Avalanche Energy (Note 1)  | 420        | mJ                   |
| $P_D$  | Power dissipation   | 2.5        | W                    |
|  | Derate above $25^\circ\text{C}$   | 20         | mW/ $^\circ\text{C}$ |
| $T_J, T_{STG}$   | Operating and Storage Temperature   | -55 to 150 | $^\circ\text{C}$     |

| Thermal Characteristics |  |    |                    |
|-------------------------|--|----|--------------------|
| $R_{\theta JC}$         | Thermal Resistance, Junction to Case (Note 2)                    | 25 | $^\circ\text{C/W}$ |
| $R_{\theta JA}$         | Thermal Resistance, Junction to Ambient at 10 seconds (Note 3)   | 50 | $^\circ\text{C/W}$ |
| $R_{\theta JA}$         | Thermal Resistance, Junction to Ambient at 1000 seconds (Note 3) | 85 | $^\circ\text{C/W}$ |

| Package Marking and Ordering Information |                     |         |           |            |            |
|--|---------------------|---------|-----------|------------|------------|
| Device Marking                           | Device              | Package | Reel Size | Tape Width | Quantity   |
| FDS8870                                  | FDS8870             | SO-8    | 330mm     | 12mm       | 2500 units |
| FDS8870                                  | FDS8870_NL (Note 4) | SO-8    | 330mm     | 12mm       | 2500 units |

| Electrical Characteristics $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted |                                   |   |   |        |           |               |    |
|--|-----------------------------------|---|---|--------|-----------|---------------|----|
| Symbol   | Parameter                         | Test Conditions   | Min   | Typ    | Max       | Units         |    |
| <b>Off Characteristics</b>   |                                   |   |   |        |           |               |    |
| $B_{VDS}$  | Drain to Source Breakdown Voltage | $I_D = 250\mu\text{A}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$                             | 30  | -      | -         | V             |    |
| $I_{DSS}$  | Zero Gate Voltage Drain Current   | $V_{DS} = 24\text{V}$   | -   | -      | 1         | $\mu\text{A}$ |    |
|  |                                   | $V_{GS} = 0\text{V}$  | -   | -      | 250       |               |    |
| $I_{GSS}$  | Gate to Source Leakage Current    | $V_{GS} = \pm 20\text{V}$   | -   | -      | $\pm 100$ | nA            |    |
| <b>On Characteristics</b>  |                                   |   |   |        |           |               |    |
| $V_{GS(TH)}$   | Gate to Source Threshold Voltage  | $V_{GS} = V_{DS}$ , $I_D = 250\mu\text{A}$                                | 1.2   | -      | 2.5       | V             |    |
| $r_{DS(ON)}$   | Drain to Source On Resistance     | $I_D = 18\text{A}$ , $V_{GS} = 10\text{V}$                                | -   | 0.0035 | 0.0042    | $\Omega$      |    |
|  |                                   | $I_D = 17\text{A}$ , $V_{GS} = 4.5\text{V}$                               | -   | 0.0039 | 0.0049    |               |    |
|  |                                   | $I_D = 18\text{A}$ , $V_{GS} = 10\text{V}$ ,<br>$T_A = 150^\circ\text{C}$ | -   | 0.0055 | 0.0072    |               |    |
| <b>Dynamic Characteristics</b>   |                                   |   |   |        |           |               |    |
| $C_{ISS}$  | Input Capacitance                 | $V_{DS} = 15\text{V}$ , $V_{GS} = 0\text{V}$ ,<br>$f = 1\text{MHz}$       | -   | 4615   | -         | pF            |    |
| $C_{OSS}$  | Output Capacitance                |   | -   | 900    | -         | pF            |    |
| $C_{RSS}$  | Reverse Transfer Capacitance      |   | -   | 450    | -         | pF            |    |
| $R_G$  | Gate Resistance                   | $V_{GS} = 0.5\text{V}$ , $f = 1\text{MHz}$                                | 0.5   | 2.0    | 3.5       | $\Omega$      |    |
| $Q_g(TOT)$   | Total Gate Charge at 10V          | $V_{GS} = 0\text{V}$ to 10V   | -   | 85     | 112       | nC            |    |
| $Q_g(S)$   | Total Gate Charge at 5V           | $V_{GS} = 0\text{V}$ to 5V  | $V_{DD} = 15\text{V}$<br>$I_D = 18\text{A}$<br>$I_g = 1.0\text{mA}$ | -      | 45        | 62            | nC |
| $Q_g(TH)$  | Threshold Gate Charge             | $V_{GS} = 0\text{V}$ to 1V  |   | -      | 4.6       | 6.0           | nC |
| $Q_{gs}$   | Gate to Source Gate Charge        |   |   | -      | 11        | -             | nC |
| $Q_{gs2}$  | Gate Charge Threshold to Plateau  |   | -   | 6.4    | -         | nC            |    |
| $Q_{gd}$   | Gate to Drain "Miller" Charge     |   | -   | 15     | -         | nC            |    |

- Convertidor DC/DC.

- *Archivo “328966.pdf”:*

**TRACO<sup>®</sup>  
POWER**

**DC/DC Converters**  
TSR-1 Series 1 A

| Input Specifications  |                               |   |
|---|-------------------------------|---|
| Maximum input current (@ Vin min. and 1 A output current)   |                               | 1 A   |
| No load input current                                       | 24 V models:                  | 1 mA max.   |
|   | other models:                 | 2 mA max.   |
| Reflected ripple current                                    |                               | 150 mA  |
| Input filter  |                               | internal capacitors                                     |
| Output Specifications                                       |                               |   |
| Voltage set accuracy  |                               | ±2 % (at full load)                                     |
| Regulation  | - Input variation             | 0.2 %   |
|   | - Load variation (10 - 100 %) | 0.4 %   |
| Overshoot startup voltage                                   |                               | 1.0 % max.  |
| Minimum load  |                               | not required  |
| Ripple and noise (20 MHz Bandwidth)                         | 1.5 - 6.5 VDC models:         | 50 mVpk-pk max.   |
|   | 9 - 15 VDC models:            | 75 mVpk-pk max.   |
| Temperature coefficient                                     |                               | ± 0.015 % / °C max.                                     |
| Dynamic load response 50% load change (upper half)          |                               | 150 mV max. peak variation<br>250 µS max. response time |
| Startup rise time 10 % to 90 % Vout                         |                               | 2 mS  |
| Short circuit protection                                    |                               | continuous, automatic recovery                          |
| Current limitation  |                               | @ 2.5 A typ.  |
| Capacitive load   |                               | 470 µF max.   |
| General Specifications                                      |                               |   |
| Temperature ranges  | - Operating                   | -40 °C to +85 °C  |
|   | - Storage                     | -55 °C to +125 °C                                       |
| Derating  |                               | 2.4 %/K above 60 °C                                     |
| Thermal shock   |                               | acc. MIL-STD-810F                                       |
| Humidity (non condensing)                                   |                               | 95 % rel H max.   |
| Reliability, calculated MTBF (MIL-HDBK-217F, ground benign) |                               | >5'350'000 h @ 25 °C                                    |
| Isolation voltage   |                               | none  |
| Isolation capacity  | - Input/Output                | 40 pF typ.  |
| Isolation resistance  | - Input/Output                | >1'000 Mohm   |
| Switching frequency   |                               | 500 kHz typ.  |
| Physical Specifications                                     |                               |   |
| Case material   |                               | non-conductive plastic                                  |
| Potting material  |                               | epoxy (flammability to UL 94V-0 rated)                  |
| Package weight  |                               | 1.9 g (0.07 oz)   |
| Soldering profile   |                               | max. 265 °C / 10 sec. (wave soldering)                  |

All specifications valid at nominal input voltage, full load and +25°C after warm-up time unless otherwise stated.

<http://www.tracopower.com>

Page 2 of 3

**Features**

- ◆ Up to 96 % efficiency  
→ No heat-sink required
- ◆ Pin compatible with LMxx linear regulators
- ◆ SIP-package fit existing TO-220 footprint
- ◆ Built in filter capacitors
- ◆ Operation temp. range -40 to +85 °C
- ◆ Short circuit protection
- ◆ Wide input operating range
- ◆ Excellent line / load regulation
- ◆ Low standby current
- ◆ 3-year product warranty

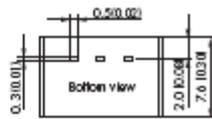


The new TSR-1 series step-down switching regulators are drop-in replacement for inefficient 78xx linear regulators. A high efficiency up to 96 % allows full load operation up to +60 °C ambient temperature without the need of any heat-sink or forced cooling.

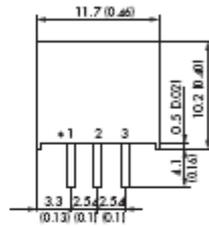
The TSR-1 switching regulators provide other significant features over linear regulators, i.e. better output accuracy ( $\pm 2\%$ ), lower standby current of 2 mA and no requirement of external capacitors. The high efficiency and low standby power consumption makes these regulators an ideal solution for many battery powered applications.

| Order code  | Input voltage |         | Output voltage | Output current max. | Efficiency typ. |            |
|-------------|---------------|---------|----------------|---------------------|-----------------|------------|
|             | range         | nominal |                |                     | @ Vin min.      | @ Vin max. |
| TSR 1-2415  | 4.75 – 32 VDC | 9 VDC   | 1.5 VDC        | 1.0 A               | 78 %            | 65 %       |
| TSR 1-2418  | 4.75 – 32 VDC |         | 1.8 VDC        |                     | 81 %            | 68 %       |
| TSR 1-2425  | 4.75 – 32 VDC |         | 2.5 VDC        |                     | 87 %            | 75 %       |
| TSR 1-2433  | 5.5 – 32 VDC  |         | 3.3 VDC        |                     | 90 %            | 79 %       |
| TSR 1-2450  | 6.5 – 32 VDC  | 12 VDC  | 5.0 VDC        |                     | 93 %            | 84 %       |
| TSR 1-2465  | 9.0 – 32 VDC  |         | 6.5 VDC        |                     | 94 %            | 87 %       |
| TSR 1-2490  | 12 – 32 VDC   | 24 VDC  | 9.0 VDC        |                     | 95 %            | 89 %       |
| TSR 1-24120 | 15 – 32 VDC   |         | 12 VDC         |                     | 95 %            | 91 %       |
| TSR 1-24150 | 18 – 32 VDC   |         | 15 VDC         |                     | 96 %            | 94 %       |

**Outline Dimensions**



| Pin-Out |       |
|---------|-------|
| 1       | +Vin  |
| 2       | GND   |
| 3       | +Vout |



Dimensions in [mm], ( ) = Inch  
 Pin pitch tolerances:  $\pm 0.25$  ( $\pm 0.01$ )  
 Pin profile tolerances:  $\pm 0.1$  ( $\pm 0.004$ )  
 Other tolerances:  $\pm 0.5$  ( $\pm 0.02$ )

Specifications can be changed any time without notice.

**TRACO  
ELECTRONIC AG**

Jenatschstrasse 1 · CH-8002 Zurich · Switzerland  
 Tel. +41 43 311 45 11 · Fax +41 43 311 45 45 · info@traco.ch · www.tracopower.com

Rev. 09/08

Page 3 of 3

- Fuente de Alimentación.

- Archivo "SF\_PBM200":

AC-DC

## 200 Watts PBM200 Series

xppower.com **XP**



- Worldwide Medical Approvals
- Single, Dual, Triple and Quad Outputs
- Power Fail Detect
- Remote On/Off
- U-Channel and Enclosed Versions
- 100 Watt Convection-cooled Rating
- 3 Year Warranty

### Specification

#### Input

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Input Voltage         | • 90-264 VAC  |
| Input Frequency       | • 47-63 Hz  |
| Input Current         | • 3.2 A rms at 115 VAC,<br>1.6 A rms at 230 VAC             |
| Inrush Current        | • 20 A at 115 VAC, 40 A at 230 VAC<br>cold start 25 °C      |
| Power Factor          | • 0.98 typical  |
| Earth Leakage Current | • 90 µA max at 115 VAC/60 Hz<br>150 µA max at 230 VAC/50 Hz |
| Input Protection      | • Internal T4 A/250 V in line and neutral                   |

#### Output

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Output Voltage                | • See table   |
| Output Voltage Trim           | • Not user-adjustable   |
| Initial Set Accuracy          | • ±2%   |
| Minimum Load                  | • See table & note 5  |
| Start Up Delay                | • 2 s max   |
| Start Up Rise Time            | • 18 ms typical   |
| Hold Up Time                  | • 20 ms minimum at full load & 110 VAC  |
| Drift                         | • ±0.2%   |
| Line Regulation               | • ±0.5% max   |
| Load Regulation               | • See note 7  |
| Transient Response            | • 4% max deviation, recovery to within<br>1% in 500 µs for a 25% load change                            |
| Ripple & Noise                | • 2% max pk-pk, 20 MHz bandwidth with<br>a 22 µF electrolytic & a 0.47 µF tantalum<br>capacitor         |
| Overvoltage Protection        | • 112-140% Vnom output 1 only, recycle<br>input to reset  |
| Overtemperature<br>Protection | • Shutdown at +85 °C (singles) or +105 °C<br>(multi outputs) with auto recovery,<br>measured internally |
| Overload Protection           | • 110-150% typical, auto recovery   |
| Short Circuit Protection      | • Trip and restart (Hiccup mode)  |
| Temperature<br>Coefficient    | • 0.04%/°C  |
| Remote Sense                  | • Single output models only.<br>Compensates for up to 0.5 V drop  |
| Remote On/Off                 | • On = Logic low or open circuit<br>Off = Logic high  |

#### General

|                     |  |
|---------------------|--|
| Efficiency          | • 80% maximum  |
| Isolation           | • 4000 VAC Input to Output<br>1500 VAC Input to Ground<br>500 VAC Output to Ground |
| Switching Frequency | • 100 kHz ±12 kHz  |
| Signals             | • Power fail detect, remote on/off   |
| Power Density       | • 4.76 W/In <sup>3</sup>   |
| Power Fail Detect   | • AC OK = TTL logic high<br>AC not OK = TTL logic low                              |
| MTBF                | • 350 kHrs to MIL-HDBK-217F at<br>+25 °C, GB                                       |

#### Environmental

|                       |   |
|-----------------------|---|
| Operating Temperature | • 0 °C to +70 °C, derate linearly from 100%<br>power at +50 °C to 50% power at +70 °C                                   |
| Cooling               | • 'C' versions have internal fan,<br>'B' versions are derated with convection<br>cooling or require 25 CFM (see note 4) |
| Operating Humidity    | • Up to 95% RH, non-condensing  |
| Storage Temperature   | • -40 °C to +85 °C  |
| Operating Altitude    | • 2500 m  |
| Shock                 | • Half sine pulse, acceleration 50 g, 11 ms<br>duration, 3 shocks in each direction,<br>unpackaged, non-operating       |
| Vibration             | • Sinusoidal 10-55 Hz, amplitude 0.15 mm,<br>30 min/axis, unpackaged, non-operating                                     |

#### EMC & Safety

|                      |  |
|----------------------|--|
| Emissions            | • EN55011 & FCC Class B conducted<br>& radiated                                  |
| Harmonic Currents    | • EN61000-3-2, Class A   |
| Voltage Flicker      | • EN61000-3-3  |
| ESD Immunity         | • EN61000-4-2, level 3 Perf Criteria A   |
| Radiated Immunity    | • EN61000-4-3, level 3 Perf Criteria A   |
| EFT/Burst            | • EN61000-4-4, level 3 Perf Criteria A   |
| Surge                | • EN61000-4-5, level 3 Perf Criteria A   |
| Conducted Immunity   | • EN61000-4-6 3 V, Perf Criteria A   |
| Dips & Interruptions | • EN61000-4-11, 30% 10 ms,<br>80% 100 ms, >95% 5000 ms,<br>Perf Criteria A, B, B |
| Safety Approvals     | • EN60601-1, UL60601-1,<br>CSA22.2 No. 601-1 per cUL                             |



T H E X P E R T S I N P O W E R

**Models and Ratings**

| Output Power <sup>a</sup> | Output 1 <sup>b</sup> |                               |                  |                  | Output 2 <sup>b</sup> |                  |                  | Output 3 <sup>b</sup> |                  |                  | Output 4 <sup>b</sup> |                  |                  | Model Number <sup>c</sup> |
|---------------------------|-----------------------|-------------------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|-----------------------|------------------|------------------|---------------------------|
|                           | Vnom                  | I <sub>min</sub> <sup>b</sup> | I <sub>max</sub> | Reg <sup>d</sup> | Vnom                  | I <sub>max</sub> | Reg <sup>d</sup> | Vnom                  | I <sub>max</sub> | Reg <sup>d</sup> | Vnom                  | I <sub>max</sub> | Reg <sup>d</sup> |                           |
| 150 W                     | 3.3 V                 | 3.0 A                         | 46.0 A           | 3%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PS3V3-C†‡           |
| 175 W                     | 5.1 V                 | 3.0 A                         | 35.0 A           | 2%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PS05-C†‡            |
| 200 W                     | 12.0 V                | 1.2 A                         | 16.7 A           | 2%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PS12-C†‡            |
| 200 W                     | 15.0 V                | 1.0 A                         | 13.4 A           | 2%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PS15-C†‡            |
| 200 W                     | 24.0 V                | 0.6 A                         | 8.4 A            | 2%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PS24-C†‡            |
| 200 W                     | 30.0 V                | 0.5 A                         | 6.7 A            | 2%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PS30-C              |
| 200 W                     | 48.0 V                | 0.5 A                         | 4.2 A            | 2%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PS48-C†‡            |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PD01-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +15 V                 | 6.0 A            | 4%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PD02-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +24 V                 | 4.0 A            | 4%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PD03-C              |
| 200 W                     | +12.0 V               | 1.0 A                         | 8.7 A            | 2%               | +24 V                 | 4.0 A            | 4%               |                       |                  |                  |                       |                  |                  | PBM200PD04-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               | -5 V                  | 6.0 A            | 4%               |                       |                  |                  | PBM200PT01-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               | -12 V                 | 4.0 A            | 4%               |                       |                  |                  | PBM200PT02-C†‡            |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +15 V                 | 6.0 A            | 4%               | -15 V                 | 4.0 A            | 4%               |                       |                  |                  | PBM200PT03-C†‡            |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               |                       |                  |                  | F 24 V                | 4.0 A            | 4%               | PBM200PT04-C†‡            |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +15 V                 | 6.0 A            | 4%               | -12 V                 | 4.0 A            | 4%               |                       |                  |                  | PBM200PT05-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               | -12 V                 | 4.0 A            | 4%               | F 5 V                 | 6.0 A            | 4%               | PBM200PQ01-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +15 V                 | 6.0 A            | 4%               | -15 V                 | 4.0 A            | 4%               | F 24 V                | 4.0 A            | 4%               | PBM200PQ02-C†‡            |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               | -12 V                 | 4.0 A            | 4%               | F 12 V                | 4.0 A            | 4%               | PBM200PQ03-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               | -15 V                 | 4.0 A            | 4%               | F 15 V                | 4.0 A            | 4%               | PBM200PQ04-C              |
| 200 W                     | +5.1 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 2%               | +12 V                 | 8.0 A            | 4%               | -12 V                 | 4.0 A            | 4%               | F 24 V                | 4.0 A            | 4%               | PBM200PQ05-C†‡            |
| 175 W                     | +3.3 V                | 3.0 A                         | 30.0 A           | 3%               | +5.1 V                | 8.0 A            | 4%               | -12 V                 | 4.0 A            | 4%               | F 12 V                | 4.0 A            | 4%               | PBM200PQ06-C†‡            |

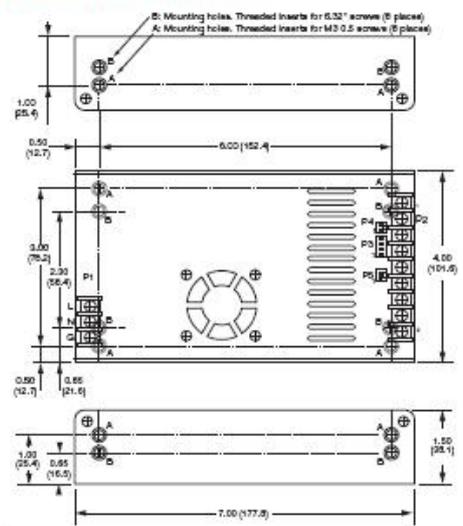
**Notes**

1. For U-bracket format, replace suffix '-C' with suffix '-B'.
2. Output 2 peak current is 12 A on +12 V, 9 A on +15 V, and 6 A on +24 V. Maximum 2 s duration with total load <200 W.
3. Output 4 is floating and can be connected externally for positive or negative output.
4. 200 W for '-C' version with a cover and fan assembly. 100 W for '-B' version with convection cooling (maximum current of output 1 & 2 derated to 50%). 200 W for '-B' version with 25 CFM forced air provided by user.
5. Zero minimum load for outputs 2, 3 & 4. 10% minimum load required on output 1 for all outputs to meet regulation.
6. When the Remote Sense facility is not used, +Sense must be connected to +V, and -Sense to return, on P2 connector.
7. Total regulation includes initial tolerance, line regulation and load regulation.
8. Peak current for single output models is 110% of I<sub>max</sub>. Maximum 2 s duration with 10% duty cycle.

† Available from Farnell. See pages 266-269.

‡ Available from Newark. See pages 270-272.

**Mechanical Details**



| Conn | Pin | Model Number(s) |         |                  |         |         |
|------|-----|-----------------|---------|------------------|---------|---------|
|      |     | PS0X            | PDXX    | PT0X (except 04) | PT04    | PQ0X    |
| P2   | 1   | -SENSE          | OP1     | OP1              | OP1     | OP1     |
|      | 2   | Return          | OP1     | OP1              | OP1     | OP1     |
|      | 3   | Return          | Com Ret | Com Ret          | Com Ret | Com Ret |
|      | 4   | Return          | Com Ret | Com Ret          | Com Ret | Com Ret |
|      | 5   | Return          | Com Ret | Com Ret          | Com Ret | Com Ret |
|      | 6   | OP1             | OP2     | OP2              | OP2     | OP2     |
|      | 7   | OP1             | N.C.    | OP3              | N.C.    | OP2     |
|      | 8   | OP1             | N.C.    | N.C.             | OP4 Ret | OP4 Ret |
|      | 9   | +SENSE          | N.C.    | N.C.             | OP4     | OP4     |
| P3   | 1   | Fan             |         |                  |         |         |
|      | 2   | Com Ret         |         |                  |         |         |
|      | 3   | Com Ret         |         |                  |         |         |
|      | 4   | PFD             | PFD     | PFD              | PFD     | PFD     |

**Notes**

1. Dimensions shown in inches (mm).
2. Tolerance 0.02 [0.5] maximum.
3. Input connector P1 is Dinkle DT-35-B01W-03, output connector P2 is Dinkle DT-35-B01W-09 screws are M3, Nickel plated.
4. Connector P3 mates with Molex housing 22-01-1043 & Molex 40445 series crimp terminal.
5. Connectors P4 & P5 mate with Molex housing 22-01-1023 & Molex 40445 series crimp terminal.
6. P4 is for DC fan rated at 24 V/0.2 A (models PBM200PD03 & PD04), 5 W/0.36 A (PBM200PQ06), or 12 V/0.2 A (all other models). Pin 1 Fan+, pin 2 Fan-.
7. P5 is for Remote On/Off. Pin 1 is positive, pin 2 is return.
8. Weight: 1.83 lb (0.82kg) approx. for '-B' version, 2.14 lb (0.96kg) approx. for '-C' version.
9. Maximum mounting screw length from surface of chassis is 0.17 inch (4.3 mm)

## 2. Código programa.

```
#include "Blue3Temp.h"
#include "math.h"

// SALIDAS

#define mosfet1 PIN_B1 // Salida Carga 1 (pad1, cabeza)
#define mosfet2 PIN_B2 // Salida Carga 2 (pad2, tronco)
#define mosfet3 PIN_B3 // Salida Carga 3 (pad3, pies)

// ENTRADAS

int dada_rebuda=0; // Bit indicador de dato recibido
float dada=0; // Variable dato recibido
float dada_zona=0; // Variable dato zona
float dada_temp=0; // Variable dato temperatura

int16 dada_NTC1=0; // Variable para leer Sensor 1
int16 dada_NTC2=0; // Variable para leer Sensor 2
int16 dada_NTC3=0; // Variable para leer Sensor 3

int dada_temp1=0; // Variable temperatura zona 1
int dada_temp2=0; // Variable temperatura zona 2
int dada_temp3=0; // Variable temperatura zona 3

long wdog=0; // Variable Time out (watchdog)

int taula1[10]; // Array NTC1 de valores capturados
int taula2[10]; // Array NTC2 de valores capturados
int taula3[10]; // Array NTC3 de valores capturados

int n=0; // Variable para bucles

#int_RDA // Subrutina de interrupción de dato recibido por puerto serie
RDA_isr()
{
    dada = getc();
    dada_rebuda=1;
    wdog = 0;
}
```

```

#int_TIMER0 // Subrutina timer overflow para realizar wacthdog de seguridad
TIMER0_isr() //32,7ms
{
    wdog++;
    if (wdog==1834) //32,7ms x 1834 = 59,971segons
    {
        output_low(mosfet1);
        output_low(mosfet2);
        output_low(mosfet3);
    }
}

void main()
{
    // CONFIGURACIÓN PIC

    setup_adc_ports(sAN0|sAN1|sAN2|VSS_VDD);
    setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
    setup_spi(FALSE);
    setup_timer_0(RTCC_INTERNAL|RTCC_DIV_256);
    setup_timer_1(T1_DISABLED);
    setup_timer_2(T2_DISABLED,0,1);
    setup_comparator(NC_NC_NC_NC);
    enable_interrupts(INT_RDA);
    enable_interrupts(INT_TIMER0);
    enable_interrupts(GLOBAL);
    setup_oscillator(OSC_8MHZ);

    // Inicialización de salidas = 0 (OFF pads)

    output_low(mosfet1);
    output_low(mosfet2);
    output_low(mosfet3);
}

```

```

while(1)
{

// ACONDICIONAMIENTO DATO CAPTURADO POR ADC (SENSORES)

n=0;
for (n=0; n<10; n++)
{
    set_adc_channel(0); // Captura y guarda dato NTC1
    delay_ms(5);
    taula1[n]=read_adc();

    set_adc_channel(1); // Captura y guarda dato NTC2
    delay_ms(5);
    taula2[n]=read_adc();

    set_adc_channel(2); // Captura y guarda dato NTC3
    delay_ms(5);
    taula3[n]=read_adc();
}

n=0;
for (n=0; n<10; n++) //Suma todas las capturas de NTC1
{
    dada_NTC1 = dada_NTC1 + taula1[n];
}

n=0;
for (n=0; n<10; n++) //Suma todas las capturas de NTC2
{
    dada_NTC2 = dada_NTC2 + taula2[n];
}

n=0;
for (n=0; n<10; n++) //Suma todas las capturas de NTC3
{
    dada_NTC3 = dada_NTC3 + taula3[n];
}

//Realiza media aritmética de cada suma

dada_NTC1= dada_NTC1/n;
dada_NTC2= dada_NTC2/n;
dada_NTC3= dada_NTC3/n;

```

```
// (Ecuación de la recta par linealizar & "/Ajuste de rango" & "+Ajuste de precisión")
dada_NTC1= (((dada_NTC1 - 1.9732) / 71.235 )/4)+11; // Acondiciona NTC1
dada_NTC2= (((dada_NTC2 - 1.9732) / 71.235 )/4)+14; // Acondiciona NTC2
dada_NTC3= (((dada_NTC3 - 1.9732) / 71.235 )/4)+12; // Acondiciona NTC3
```

```
// ACONDICIONAMIENTO DATO RECIBIDO POR EL BLUETOOTH
```

```
if (dada_rebuda==1) // Si ha recibido un dato, lo procesa
{
    if (dada != 255) // Si el dato es diferente de 255
    {
        dada = dada/100;
        dada_temp = modf (dada,&dada_zona);
        //dada_temp = parte decimal
        //dada_zona = parte entera

        dada_temp = dada_temp * 100; //Operación para tener un entero
        dada_temp = ceil (dada_temp); //Redondeo

        if ((dada_zona==1) & (dada_temp != 10))
        {
            dada_temp1=dada_temp;
        }

        if ((dada_zona==2) & (dada_temp != 10))
        {
            dada_temp2=dada_temp;
        }

        if ((dada_zona==0) & (dada_temp != 10))
        {
            dada_temp3=dada_temp;
        }
        if (dada_temp==10) //Si recibe 10 temperatura, apaga todos pads
        {
            output_low(mosfet1);
            output_low(mosfet2);
            output_low(mosfet3);
        }
    }
}
dada_rebuda=0; // Bit flag = 0
}
```

```
//ACTUACIÓN SEGÚN ESTADO
```

```
if ((dada_NTC1 > 45) || (dada_NTC2 > 45) || (dada_NTC3 > 45));  
//Desactivación total de seguridad por exceso de temperatura
```

```
{  
    output_low(mosfet1);  
    output_low(mosfet2);  
    output_low(mosfet3);  
}
```

```
if ((dada_temp1>dada_NTC1) & (dada_temp != 10))  
{  
    output_high (mosfet1);  
}  
else output_low(mosfet1);
```

```
if ((dada_temp2>dada_NTC2) & (dada_temp != 10))  
{  
    output_high(mosfet2);  
}  
else output_low(mosfet2);
```

```
if ((dada_temp3>dada_NTC3) & (dada_temp != 10))  
{  
    output_high(mosfet3);  
}  
else output_low(mosfet3);
```

```
dada_rebuda=0; // Bit flag = 0  
delay_ms(2000); //Lee sensores y refresca estado pads cada 2 segundos
```

```
} // Fin del While
```

```
} // Fin del main
```

### **3. Video explicativo del proyecto.**

*- Archivo “Video\_funcionamiento\_sistema”*