

Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

DISEÑO DE LA TARJETA DE CONTROL DE UN SISTEMA DE PLANCHADO INDUSTRIAL

Titulación: I.T.I. Electrónica Industrial

Alumno/a: Salvador García Paterna

Director/a/s: Pedro Díaz Hernández

Cartagena, 23 de Enero de 2015

INDICE

1. MEMORIA	4
1.1 INTRODUCCIÓN	4
1.2 NORMATIVA	6
1.3 OBJETIVOS	6
2. PLIEGO DE CONDICIONES	7
2.1 REGLAMENTO	7
2.2 SISTEMA DE PLANCHADO	10
2.3 PLANCHA	10
2.4 AGUA	10
2.5 VAPOR	10
2.6 SEGURIDAD	10
2.7 MANTENIMIENTO	11
2.8 INDICADORES	11
3. PLANOS	13
3.1 ESQUEMA GENERAL CIRCUITO DE CONTROL	13
3.2 ESQUEMA CIRCUITO DE 220V CA	15
3.3 ESQUEMA CIRCUITO FUENTE DE ALIMENTACIÓN	17
3.4 ESQUEMA CIRCUITO DE INTERCONEXIÓN	19
3.5 ESQUEMA ORCAD CIRCUITO DE CONTROL	21
3.5.1 Placa circuito impreso ruteada	23
3.5.2 Placa circuito impreso copper pour capa bottom	24
3.5.3 Placa circuito impreso copper pour capa top	25
3.5.4 Placa circuito impreso extended gerber	26
3.5.5 Placa circuito impreso componentes	27
3.6 ESQUEMA ORCAD MODULO LCD	28
3.6.1 Placa circuito impreso ruteada	29
3.6.2 Placa circuito impreso copper pour capa bottom	30
3.6.3 Placa circuito impreso copper pour capa top	31
3.6.4 Placa circuito impreso extended gerber	32
3.6.5 Placa circuito impreso componentes	33
4. ANEXOS	34
4.1 COMPONENTES	34
4.1.1 Depósito de agua	35
4.1.2 Caldera	36
4.1.3 Calefactor	37

4.1.4 Plancha	38
4.2 ELEMENTOS UTILIZADOS	39
4.2.1 Sensores	39
4.2.2 Sensores de nivel	40
4.2.3 Indicadores visuales	42
4.2.4 Sistema de control	44
4.2.5 Actuadores	44
4.3 CONTROL DE PRESIÓN	46
4.4 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE AGUA	48
4.5 FUNCIONAMIENTO DEL CALEFACTOR	49
4.6 FUNCIONAMIENTO DE LA PLANCHA	50
4.7 MICROCONTROLADOR PIC16F877	51
4.7.1 Fallos en el funcionamiento	51
4.8 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR	52
4.9 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO CA	60
4.10 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO CC	60
4.11 TUBERÍAS	61
4.12 TRATAMIENTO DEL AGUA	63
5. PRESUPUESTO	66
5.1 COMPONENTES MODULO DE CONTROL	66
5.2 COMPONENTES INDICADORES VISUALES	67
5.3 COMPONENTES CENTRO DE PLANCHADO	67
6. BIBLIOGRAFÍA	68

1. MEMORIA

1.1 INTRODUCCIÓN

Como su título indica, este proyecto trata sobre un sistema de planchado industrial, el cual se encontrará regulado y controlado por medio de varios sensores y dispositivos electrónicos.

La respuesta de los sensores es determinante para que el sistema sea seguro, ya que de ellos depende detectar cualquier error que se pueda producir.

Un sistema de planchado industrial es un conjunto de dispositivos y mecanismos controlados por un microcontrolador. A grandes rasgos, un sistema de planchado industrial es como una plancha convencional, con la diferencia de que las industriales cuentan con un depósito de mayor capacidad, un generador independiente de vapor y todo a mayor escala.

La plancha se encontrará alimentada por una fuente de vapor, la cual podremos controlar manualmente mediante un pulsador. La plancha dispondrá de un elemento calefactor, encargado de calentar la base de la plancha, fabricada en acero inoxidable.

La potencia eléctrica de la plancha se ha considerado adecuada de 2KW.

Para garantizar tanto la seguridad del usuario como la durabilidad de los componentes, la temperatura de la plancha se encontrará controlada por medio de un termostato.

El vapor se generará por medio del calentamiento de agua a altas temperaturas a través de un elemento calefactor. El generador de vapor produce vapor de manera constante, y es conducido a la plancha a través de un tubo. Este tubo debe ser adecuado al caudal de vapor necesario, además de flexible, ligero y resistente para soportar la temperatura y presión necesarias.

El agua utilizada para este proceso deberá pasar por varios tratamientos, el sistema de tratamiento de aguas es de vital importancia para la eliminación de la cal y sales en la caldera, debido a que, al estar el agua a alta temperatura, produce una sedimentación de cal importante, y esto provocaría que cada semana hubiese que abrir la caldera y eliminar la cal incrustada.

Para abastecer a la caldera con agua destilada se instalará una bomba de impulsión en línea con el caudal adecuado para alimentar sin problemas a la caldera.

La caldera cuenta con una capacidad aproximada de cinco litros de agua y es calentada para su conversión en vapor por una resistencia calefactora. La producción de vapor dependerá de la demanda producida por la persona que lo maneja. Por motivos de seguridad, la caldera ha de instalarse en otra ubicación aislada de la zona de trabajo y tendrá un consumo máximo de 4KW.

Los materiales utilizados son robustos y resistentes, garantizando su larga duración. Se han tomado las medidas de seguridad necesarias para evitar posibles fallos, sobre todo en lo referente a los sistemas de presión.

Contaremos con sensores de presión en el interior del calderín. Estos sensores asegurarán un correcto funcionamiento del sistema y una presión de planchado adecuada.

La temperatura de la plancha es un punto importante, ya que de ella depende la calidad del planchado y la seguridad del usuario. Como medida de seguridad se dispondrá de un termostato, con el que se proporcionará una temperatura estable y si encontrase cualquier anomalía lo avisaría mediante un led.

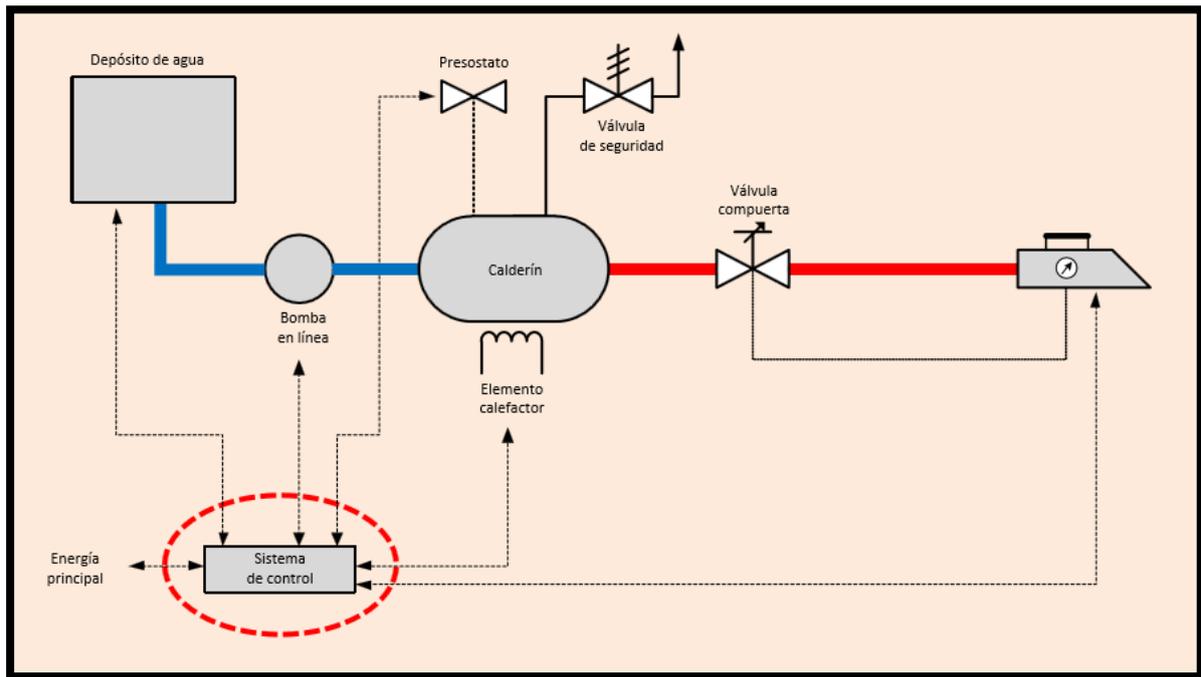
Se pide en este proyecto que el depósito de agua destilada tenga una capacidad de almacenamiento de 5 litros. En este centro de planchado es posible rellenar el depósito a medida que se acaba el agua.

1.2 NORMATIVA

La normativa principal que abarca este proyecto es la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP1 Reglamento de aparatos a presión (Apartado 2.1).

1.3 OBJETIVOS

El objetivo de este proyecto será el diseño de una tarjeta de control para el sistema de planchado industrial, así como el de la elección de los diferentes elementos que son controlados por dicha tarjeta y que forman el centro de planchado.



2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1 REGLAMENTO

En este apartado se encuentran los puntos del Reglamento de sistemas a presión que hacen referencia a este proyecto.

1. Materiales

Se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuado, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño. Para el cálculo de las redes de tuberías se tomará como temperatura de diseño la máxima del fluido a transportar y como presión la máxima total en la instalación, que será:

Caso vapor: Igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad instaladas en la caldera, o en el equipo reductor de presión si existiese.

Caso agua sobrecalentada: Igual a la presión de tarado de las válvulas de seguridad de la caldera más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.

Caso agua caliente: Igual a la presión estática más la presión dinámica producida por la bomba de circulación.

En los lugares que pudieran existir vibraciones o esfuerzos mecánicos, podrán utilizarse tuberías flexibles con protección metálica, previa certificación de sus características.

Las válvulas y accesorios de la instalación serán de materiales adecuados a la temperatura y presión de diseño, características que deben ser garantizadas por el fabricante o proveedor.

Las juntas utilizadas deberán ser de materiales resistentes a la acción del agua y vapor, así como resistir la temperatura de servicio sin modificación alguna.

2. Diámetro de la tubería

La tubería tendrá un diámetro tal que las velocidades máximas de circulación serán las siguientes:

- Vapor saturado: 50 m/s.
- Vapor recalentado y sobrecalentado: 60 m/s.
- Agua sobrecalentada y caliente: 5 m/s.

3. Uniones

Las uniones podrán realizarse por soldadura, embridadas o roscadas. Las soldaduras de uniones de tuberías con presiones de diseño mayores que 13 kg./cm² deberán ser realizadas por soldadores con certificado de calificación. Las uniones embridadas serán realizadas con bridas, según normas UNE u otra norma internacionalmente reconocida, y cuyas características de presión y temperatura de servicio sean como mínimo las de diseño.

4. Ensayos y pruebas

El nivel y tipo de ensayos no destructivos (END) a realizar en las instalaciones incluidas en esta Instrucción, así como las condiciones de aceptación, serán los prescritos por el código o normas de diseño utilizadas en el proyecto.

Para tuberías de vapor y agua sobrecalentada situadas en zonas peligrosas, por su atmósfera, locales de pública concurrencia, vibraciones, etc., se prohíben las uniones roscadas, y deberán realizarse ensayos no destructivos del 100% de las uniones soldadas.

5. Puesta en servicio

Para las instalaciones de agua sobrecalentada y caliente debe comprobarse el perfecto llenado de las mismas, por lo que se proveerá de puntos de salida del aire contenido.

6. Instalación

1. La instalación de tuberías y accesorios para vapor, agua sobrecalentada y caliente, estará de acuerdo con la norma UNE u otra norma internacionalmente reconocida.

2. Las tuberías podrán ser aéreas y subterráneas, pero en todos los casos deberán ser accesibles, por lo que las subterráneas serán colocadas en canales cubiertos o en túneles de servicios.

3. Con el fin de eliminar al mínimo las pérdidas caloríficas, todas las tuberías deberán estar convenientemente aisladas, según Decreto 1490/1975.

4. Para evitar que los esfuerzos de dilatación graviten sobre otros aparatos, tales como calderas, bombas o aparatos consumidores, se deberán prever los correspondientes puntos fijos en las tuberías con el fin de descargar totalmente de solicitaciones a estos aparatos.

5. En todos los casos, los equipos de bombeo de agua sobrecalentada, equipos consumidores, válvulas automáticas de regulación u otros análogos, deberán ser seccionables con el fin de facilitar las operaciones de mantenimiento y reparación.

6. Todos los equipos de bombeo de agua sobrecalentada y caliente dispondrán en su lado de impulsión de un manómetro.

7. La recuperación de condensados en los que exista la posibilidad de contaminación por aceite o grasas requerirá la justificación ante la Delegación Provincial del Ministerio de Industria y Energía correspondiente de los dispositivos y tratamientos empleados para eliminar dicha contaminación y, en caso contrario, serán evacuados.

8. Instalación de tuberías auxiliares para las calderas de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente.

La tubería de llegada de agua al depósito de alimentación tendrá una sección tal que asegure la llegada del caudal necesario para el consumo de la caldera en condiciones máximas de servicio, así como para los servicios auxiliares de la propia caldera y de la sala de calderas.

La tubería de alimentación de agua tanto a calderas como a depósitos, tendrá como mínimo 15 mm. de diámetro interior, excepto para instalaciones de calderas con un PV menor o igual a 5, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 8 milímetros, siempre que su longitud no sea superior a un metro.

Las tuberías de vaciado de las calderas tendrán como mínimo 25 mm. de diámetro, excepto para calderas con un PV menor o igual a cinco, cuyo diámetro podrá ser menor, con un mínimo de 10 mm., siempre que su longitud no sea superior a un metro.

Todos los accesorios instalados en la tubería de llegada de agua proveniente de una red pública serán de presión nominal PN 16, no admitiéndose en ningún caso válvulas cuya pérdida de presión sea superior a una longitud de tubería de su mismo diámetro y paredes lisas igual a 600 veces dicho diámetro.

La alimentación de agua a calderas mediante bombas se hará a través de un depósito, quedando totalmente prohibida la conexión de cualquier tipo de bomba a la red pública.

Aunque el depósito de alimentación o expansión sea de tipo abierto, estará tapado y comunicado con la atmósfera con una conexión suficiente para que en ningún caso pueda producirse presión alguna en el mismo. En el caso de depósito de tipo abierto con recuperación de condensados, esta conexión se producirá al exterior. En el caso de depósito de tipo cerrado, dispondrá de un sistema rompedor de vacío.

Todo depósito de alimentación dispondrá de un rebosadero cuya comunicación al albañal debe poder comprobarse mediante un dispositivo apropiado que permita su inspección y constatar el paso del agua.

Los depósitos de alimentación de agua y de expansión en circuito de agua sobrecalentada y caliente dispondrán de las correspondientes válvulas de drenaje.

No se permite el vaciado directo al alcantarillado de las descargas de agua de las calderas; purgas de barros, escapes de vapor y purgas de condensados, debiendo existir un dispositivo intermedio con el fin de evitar vacíos y sobrepresiones en estas redes.

2.2 SISTEMA DE PLANCHADO

El diseño de esta tarjeta de control es crucial para que el sistema de planchado sea eficaz y seguro. Al igual que dependerá directamente de los sensores y dispositivos electrónicos que lo componen.

El buen funcionamiento de sus componentes nos ayudará a detectar errores y prevenir accidentes y roturas.

2.3 PLANCHA

La plancha dispondrá de un calefactor (controlado por un termostato) para calentar su base y estará alimentada por una fuente de vapor. Ambas características regulables por el operario.

2.4 AGUA

Tanto el agua que circula por el sistema, como la que es expulsada por éste, deberá ser tratada para garantizar el buen funcionamiento y la vida útil del sistema.

2.5 VAPOR

La producción de vapor se realiza por medio del calentamiento de agua a una temperatura superior a 100°C. El agua debe pasar por varios procesos que garanticen su calidad para evitar futuros problemas como la obstrucción, corrosión, etc. El sistema estará sujeto a la normativa correspondiente de generadores de vapor y calderas.

2.6 SEGURIDAD

Nos encontramos ante un sistema en el que vamos a trabajar con altas temperaturas y con vapores a presión. Por ello hay que prestar una importante atención a los aspectos de seguridad.

Elegiremos materiales de calidad, sensores para controlar todos los procesos del sistema, indicadores luminosos y una pantalla LCD para supervisar dichos procesos en tiempo real.

Instalaremos una válvula de seguridad, que evacuará vapor de la caldera si la presión interna supera los 5 bares.

Deberemos aislar todos los elementos que puedan estar en contacto con los operarios para evitar quemaduras.

2.7 MANTENIMIENTO

El tratamiento de agua es crucial para garantizar una larga vida útil del sistema, ya que prevenimos la sedimentación de cal y la aparición de sales en la caldera, como hemos mencionado en la introducción.

Es conveniente someter la caldera a una revisión periódica. Esta revisión habrá de hacerse con el sistema desconectado y una vez nos hallamos asegurado de que no hay ningún componente caliente para evitar quemaduras por contacto.

La limpieza de los componentes del sistema también es un aspecto muy a tener en cuenta para mantener el buen funcionamiento de este.

Pero no obstante, todo esto no es suficiente. El sistema deberá ser revisado periódicamente por personal especializado.

Dicho personal especializado deberá ser siempre acompañado por un operario que conozca el funcionamiento del sistema con el fin de evitar accidentes.

2.8 INDICADORES

Se utilizarán indicadores de tipo LED para informarnos sobre el funcionamiento del sistema.

- **LEDs AZULES**: Indican el funcionamiento de la bomba y de la resistencia calefactora.
- **LEDs VERDES**: Indican la presión adecuada en el calderín y la temperatura de referencia en el elemento de planchado.
- **LED AMARILLO**: Indica que se ha puesto en marcha el sistema.
- **LED ROJO**: Indica la falta de agua en el depósito.

Como mencionamos antes, usaremos una pantalla LCD para supervisar el sistema en tiempo real, elegiremos una pantalla LCD de 4x16 modelo JHD164A STN capaz de representar en 4 líneas de 16 caracteres cada una, las indicaciones del estado del sistema.

Dicha pantalla nos mostrará el estado de:

- Nivel de agua en el depósito.
- Temperatura de la plancha.
- Presión del calderín.
- Estado de la resistencia calefactora.

En la pantalla nos aparecerán los siguientes mensajes, que nos informarán y advertirán de cualquier estado o fallo en el sistema:

NIVEL AGUA FALTA: Se ha alcanzado el nivel más bajo de agua en el depósito.

NIVEL AGUA OK: El nivel de agua del depósito es el adecuado.

TEMP PLANCHA FRIA: La temperatura adecuada para planchar no se ha alcanzado.

TEMP PLANCHA OK: Temperatura adecuada de planchado y que ésta es menor de 120 °C.

CALEFACTOR OFF: El calefactor no ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición del agua (100°C) y, por lo tanto no se producirá vapor en el calderín.

CALEFACTOR ON: Temperatura de ebullición (100°C) y por lo tanto, se producirá vapor.

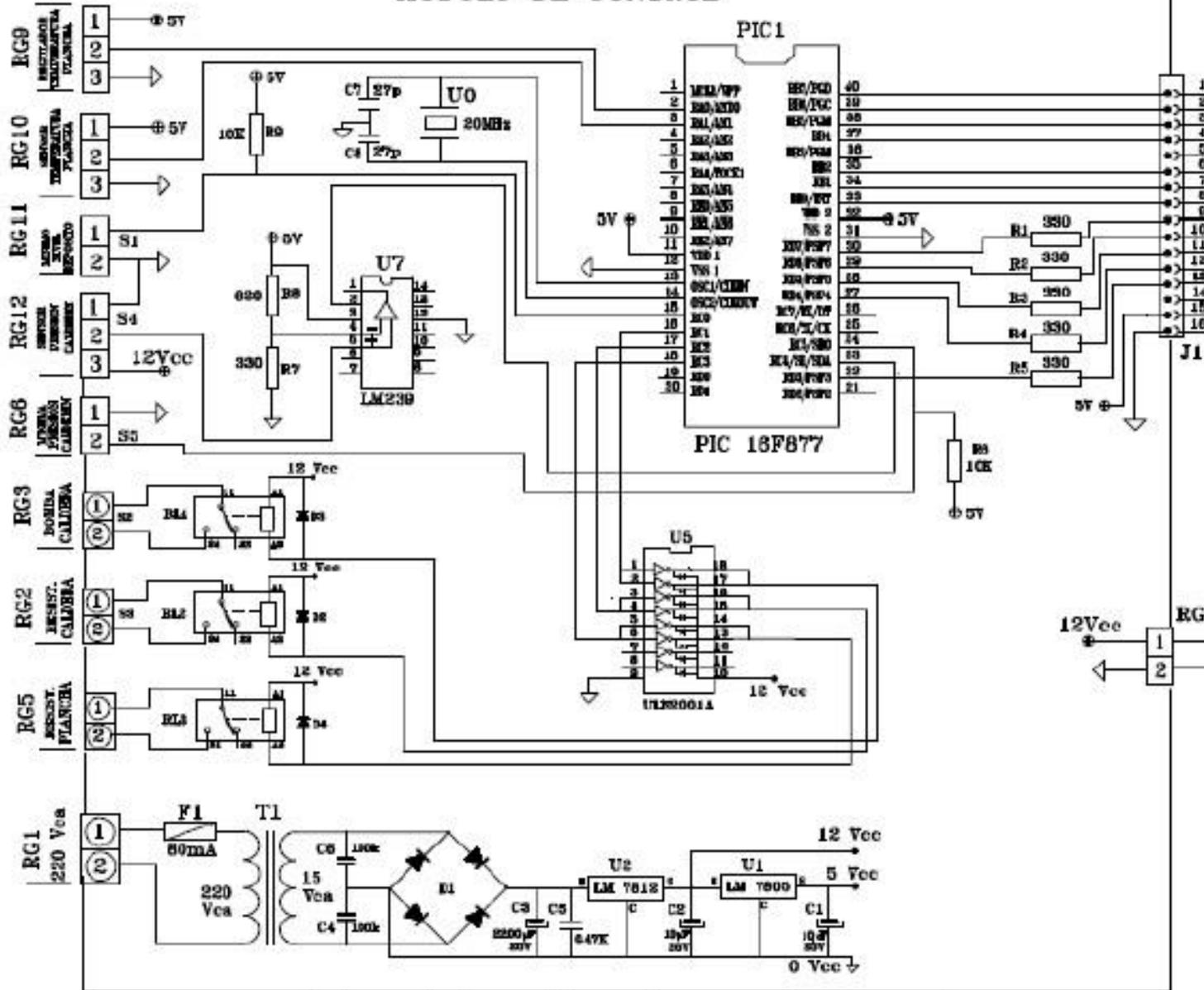
PRESIÓN NO: La presión en el calderín no ha alcanzado los 3.5 bares.

PRESIÓN OK: Indica que la presión del calderín es la adecuada.

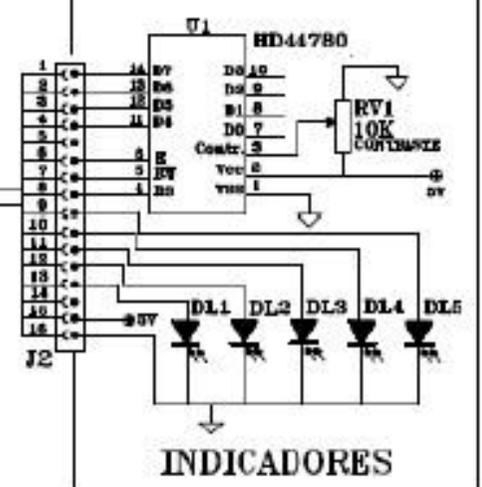
3. PLANOS

3.1 ESQUEMA GENERAL CIRCUITO DE CONTROL

MODULO DE CONTROL



MODULO LCD



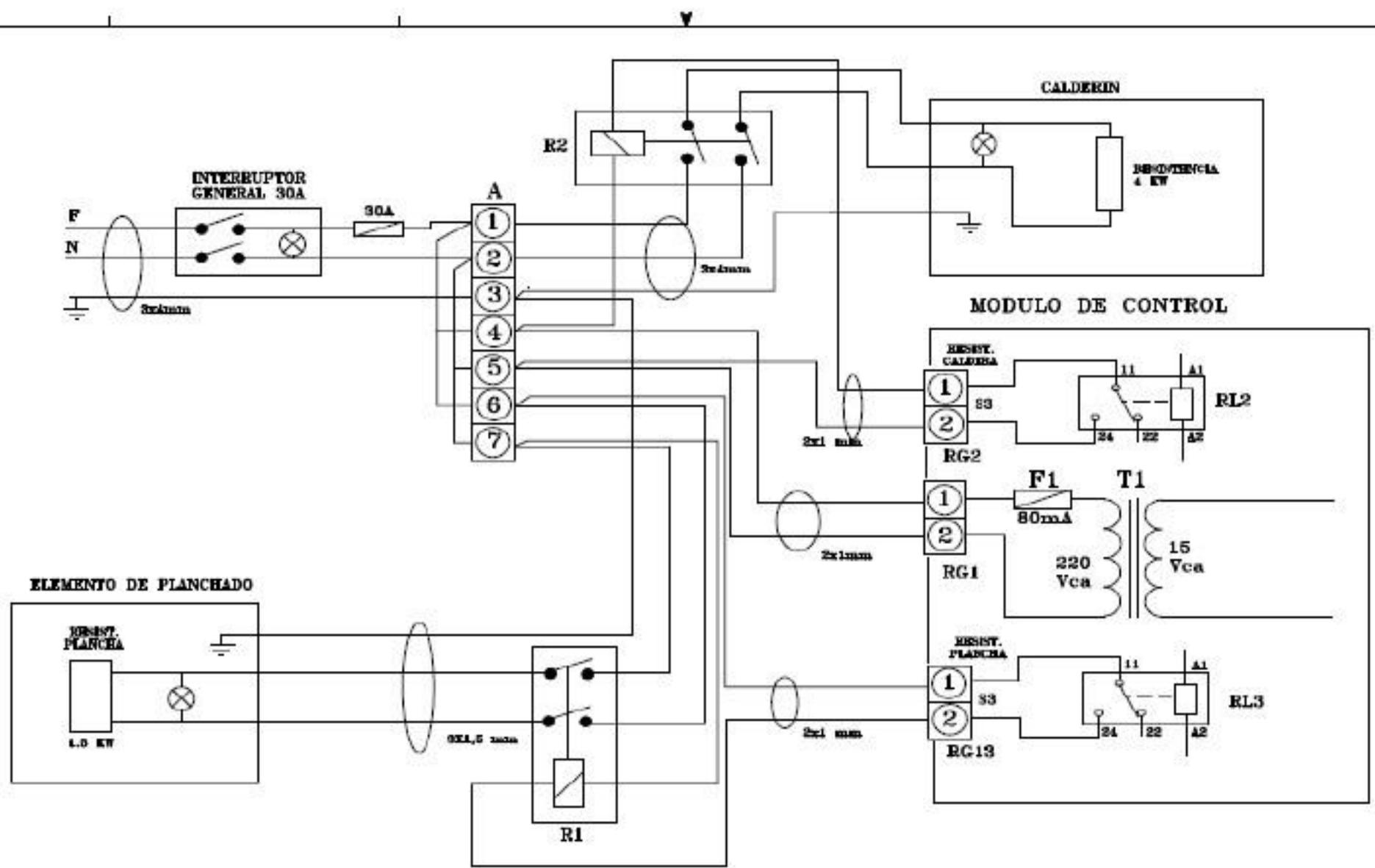
CABLE PLANO

LEYENDA INDICADORES

- DL1 - CALFACTOR ENCENDIDO
- DL2 - SISTEMA ACTIVADO
- DL3 - DEPOSITO LLENO
- DL4 - PRESION CALDERIN OK.
- DL5 - TEMP. ELEMENTO PLANCHADO OK.

B	A	O	FECHA	ESCALA	CIRCUITO DE CONTROL		
			UNIDAD		MODULO LCD e INDICADORES		
			DIBUJADO		ARCHIVO	ANULA	ANULADO
			COMPROBADO		HOJA	SEQUE	REV.
M	M	M	APROBADO		UNIVERSIDAD P. CARTAGENA		
					PLANO N° 1		

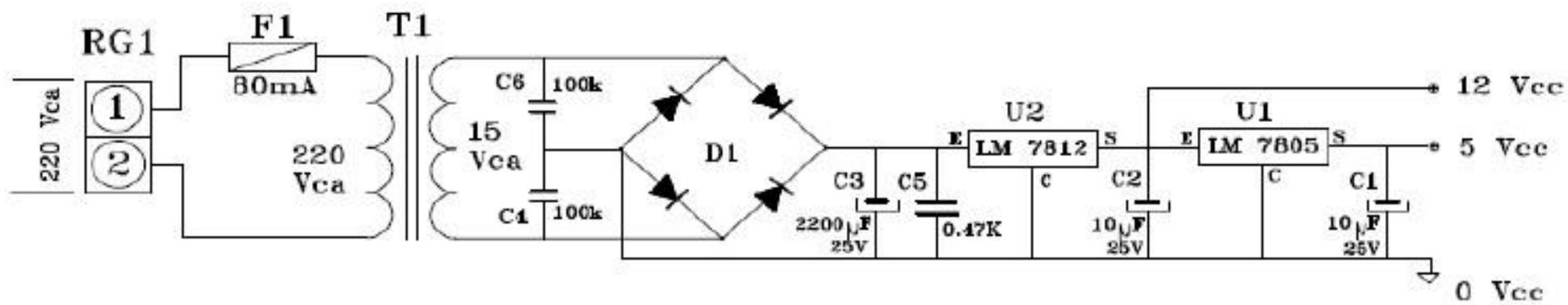
3.2 ESQUEMA CIRCUITO DE 220V CA



B	A	O	FECHA	ESCALA	CIRCUITO DE 220 VCA INTERCONEXION ELEMENTOS UNIVERSIDAD P. CARTAGENA	ARCHIVO		
M	M	M	UNIDAD			ANULA	ANULADO	
			DIBUJADO			Hoja	SOLE	REV.
			COMPROBADO			PLANO N° 2		
			APROBADO					

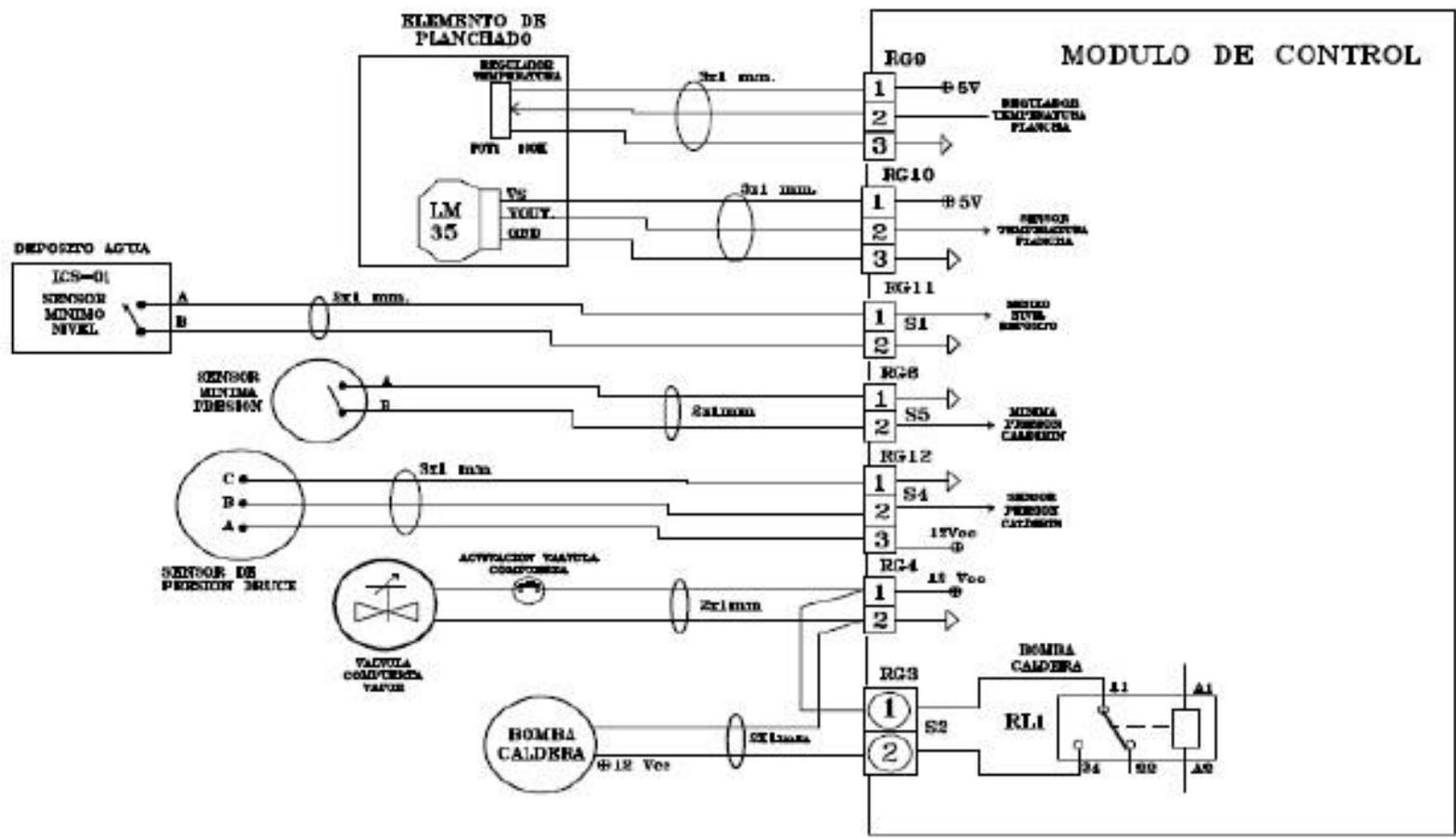
A

3.3 ESQUEMA CIRCUITO FUENTE DE ALIMENTACIÓN



B	A	O	FECHA	ESCALA	FUENTE ALIMENTACION		ARCHIVO		
			UNIDAD		CIRCUITO DE CONTROL		ANULA	ANULADO	
			DIBUJADO		UNIVERSIDAD P. CARTAGENA		FOJA	SEÑAL	REV.
			COMPROBADO		PLANO N° 3				
M	M	M	APROBADO						

3.4 ESQUEMA CIRCUITO DE INTERCONEXIÓN

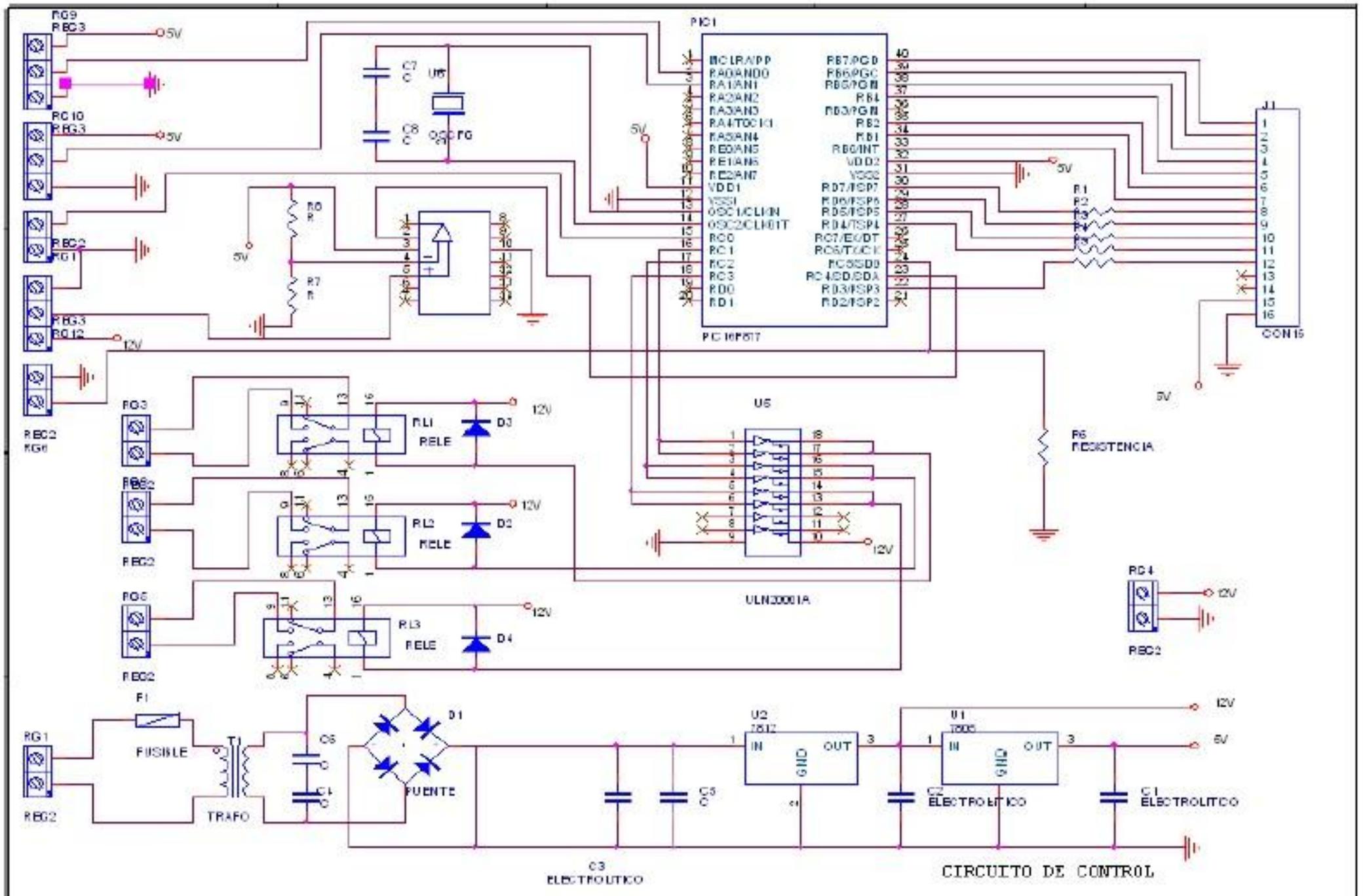


B	M	A	O	FECHA	ESCALA	CIRCUITOS DE INTERCONEXION	ARCHIVO		
				UNIDAD			ANULA	ANULADO	
		M	M	DIBUJADO			NOVA	SEAL	REV.
				COMPROBADO			UNIVERSIDAD P. CARTAGENA		
				APROBADO			PLANO N° 4		

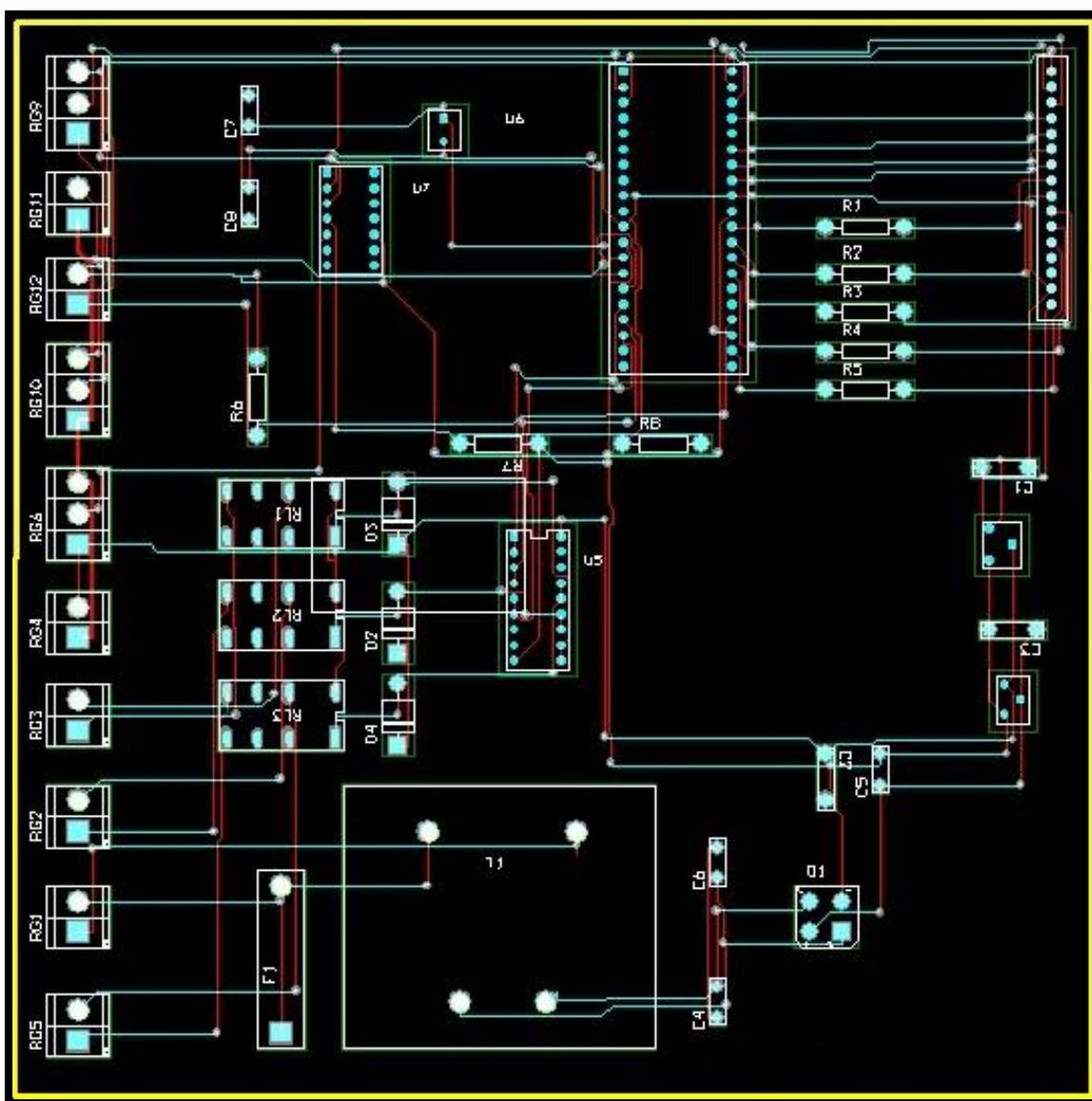
A



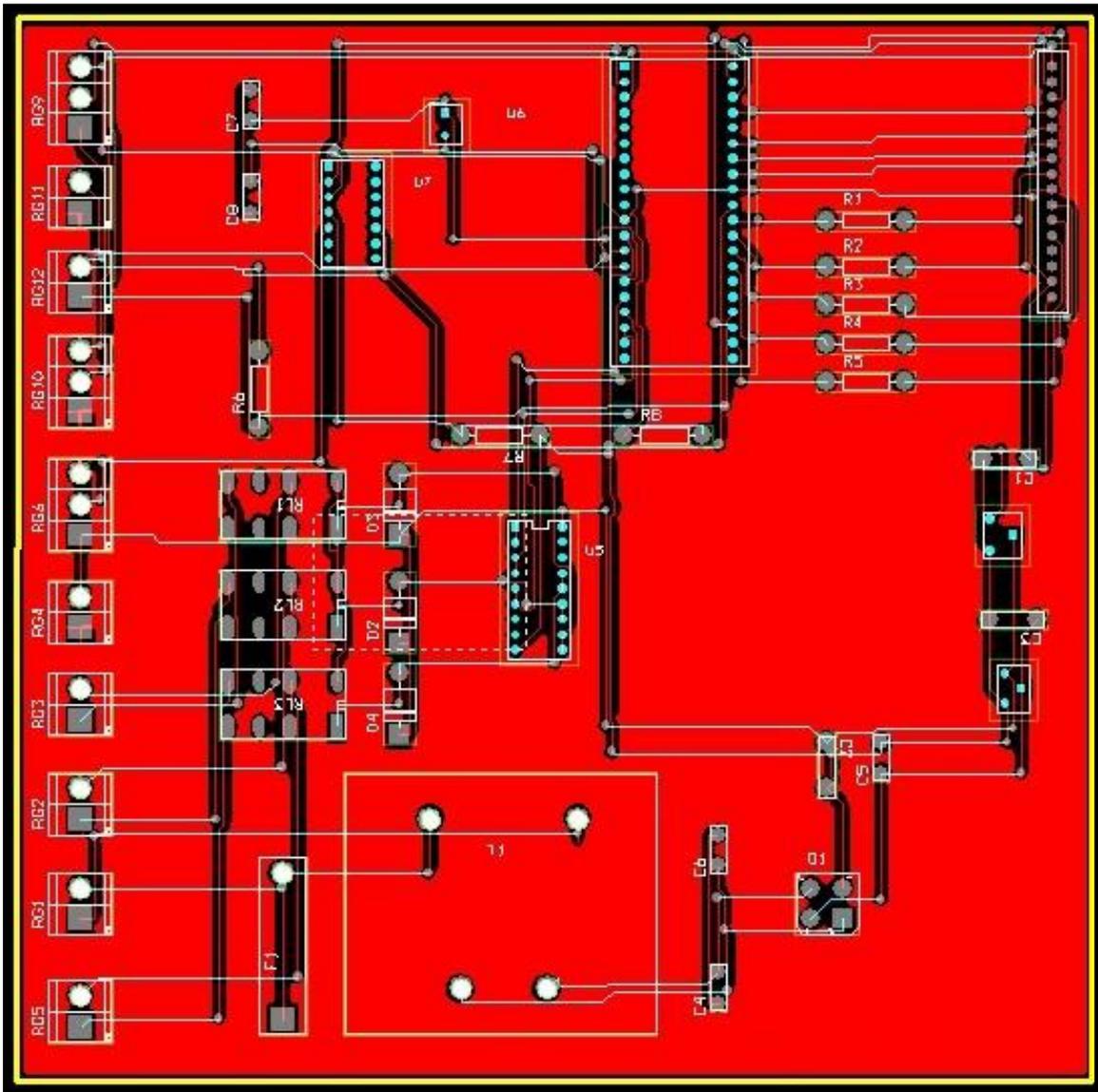
3.5 ESQUEMA ORCAD CIRCUITO DE CONTROL



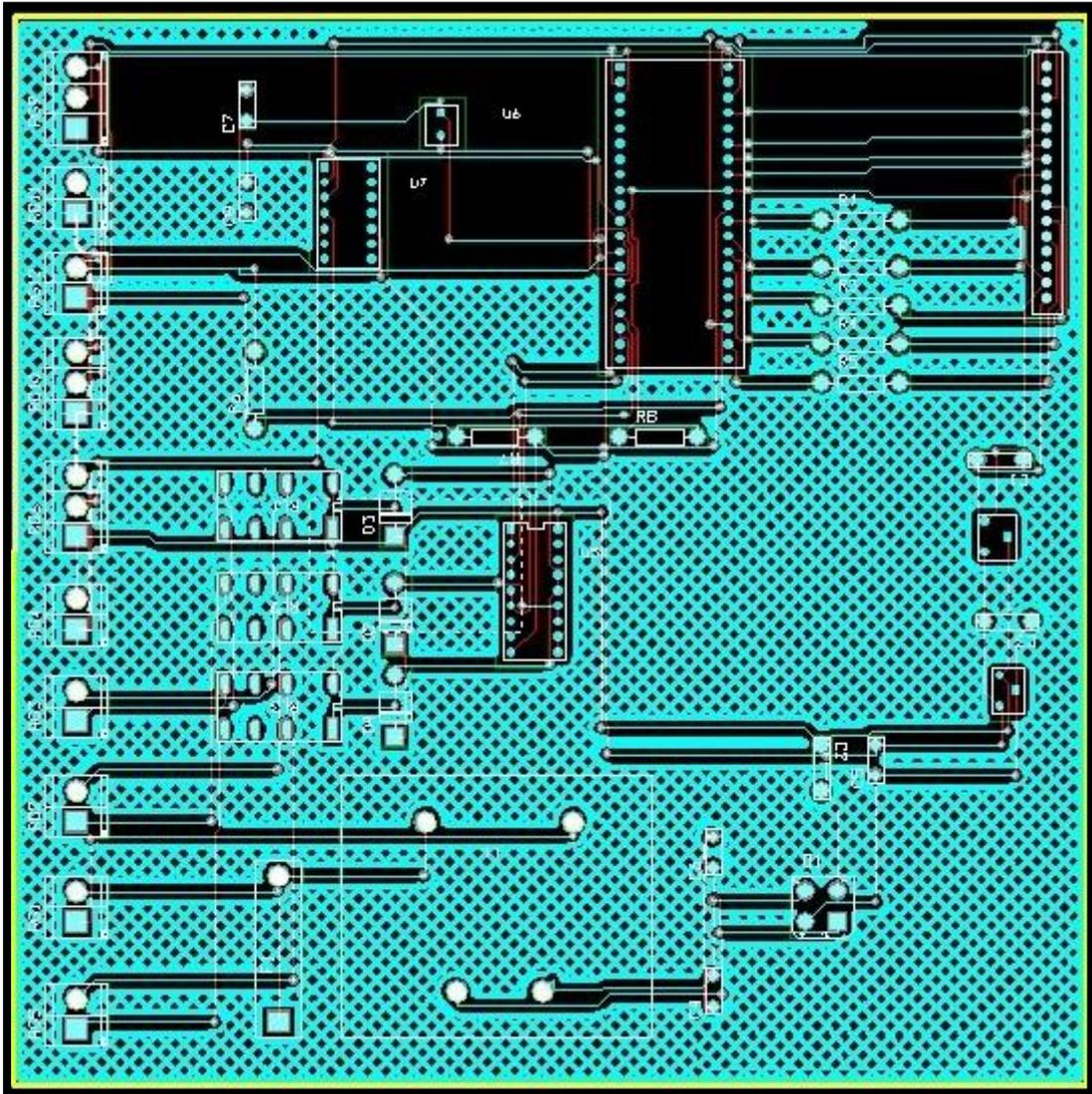
3.5.1 Placa circuito impreso ruteada



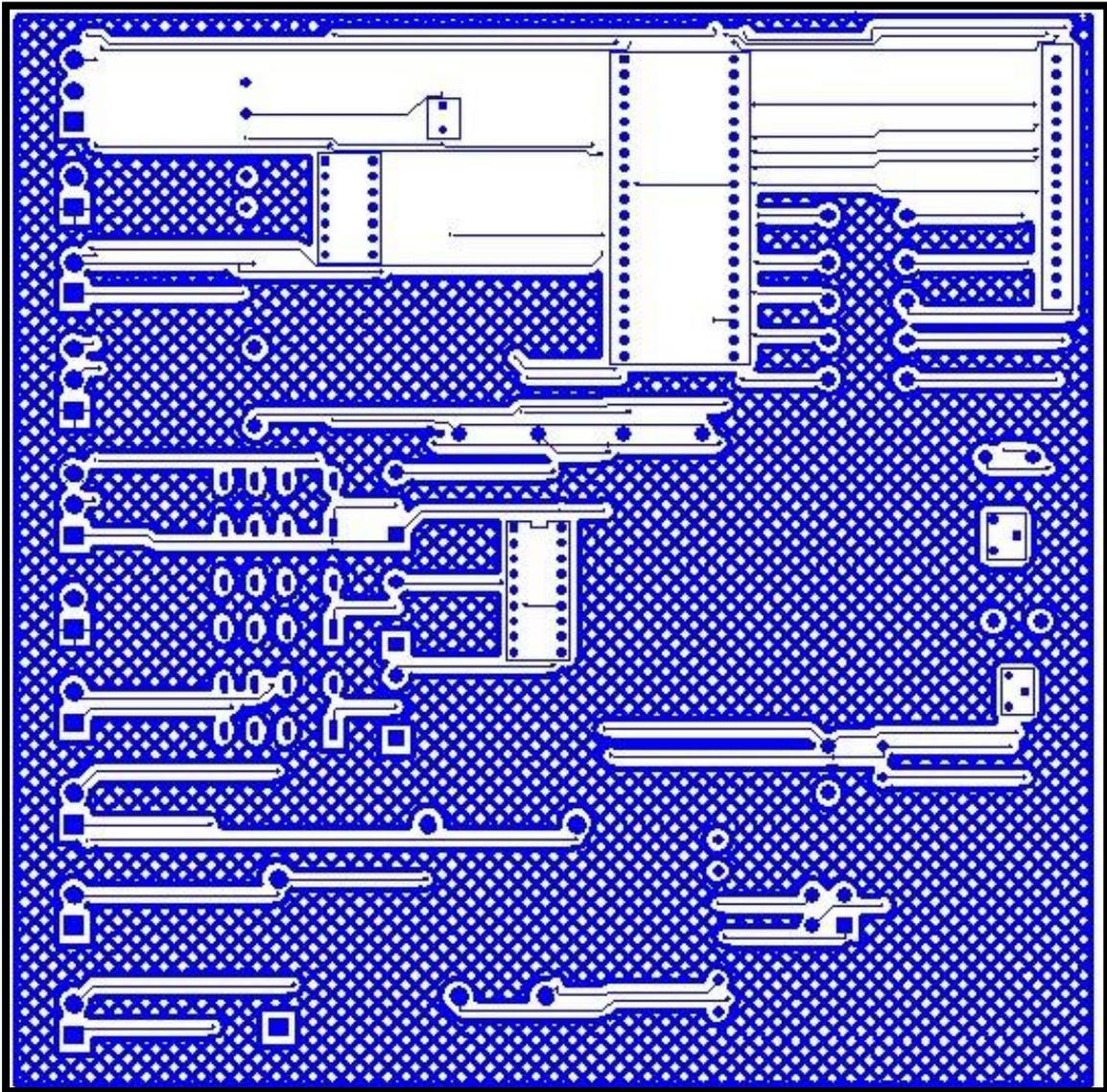
3.5.2 Placa circuito impreso copper pour capa bottom



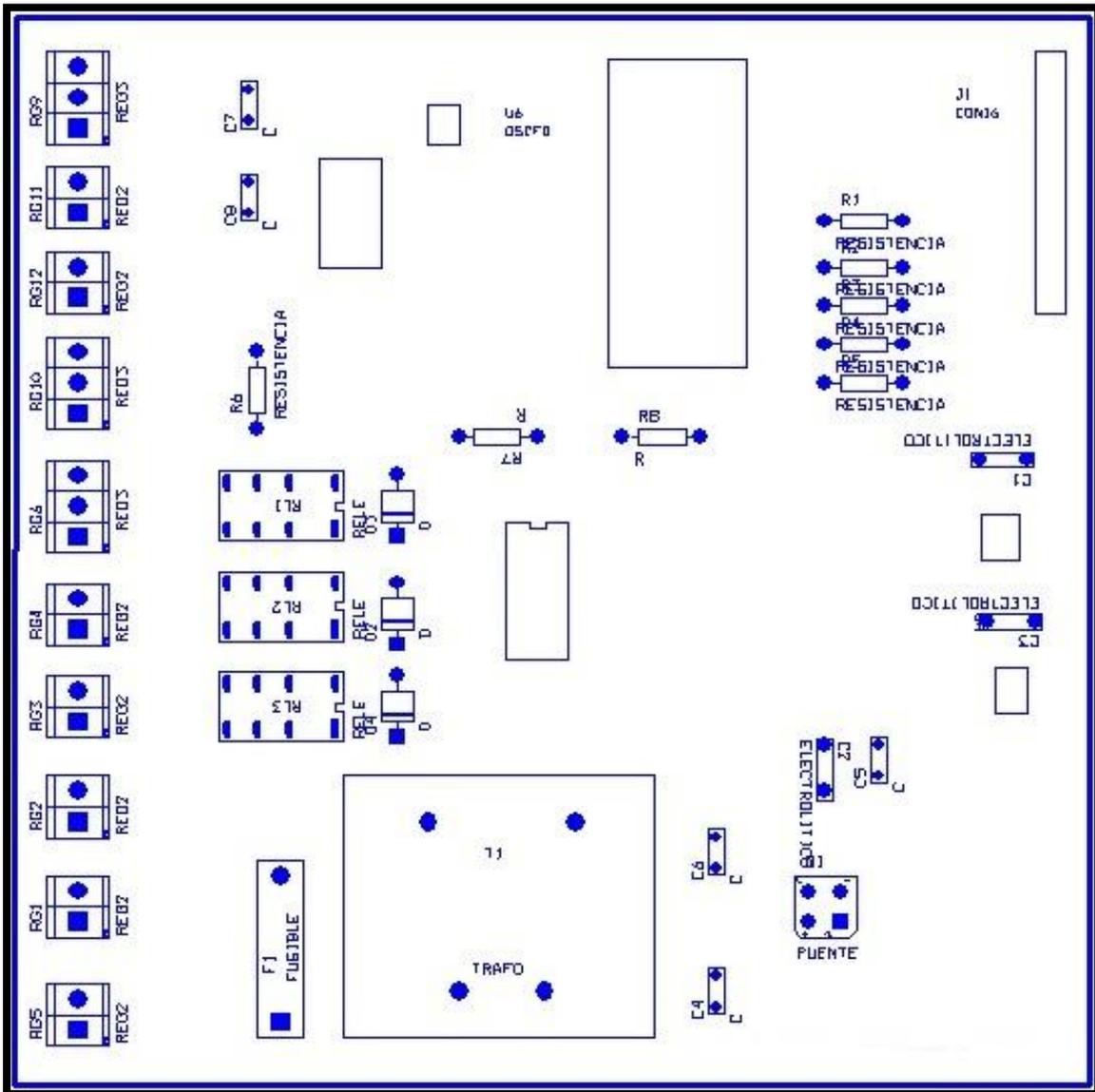
3.5.3 Placa circuito impreso copper pour capa top



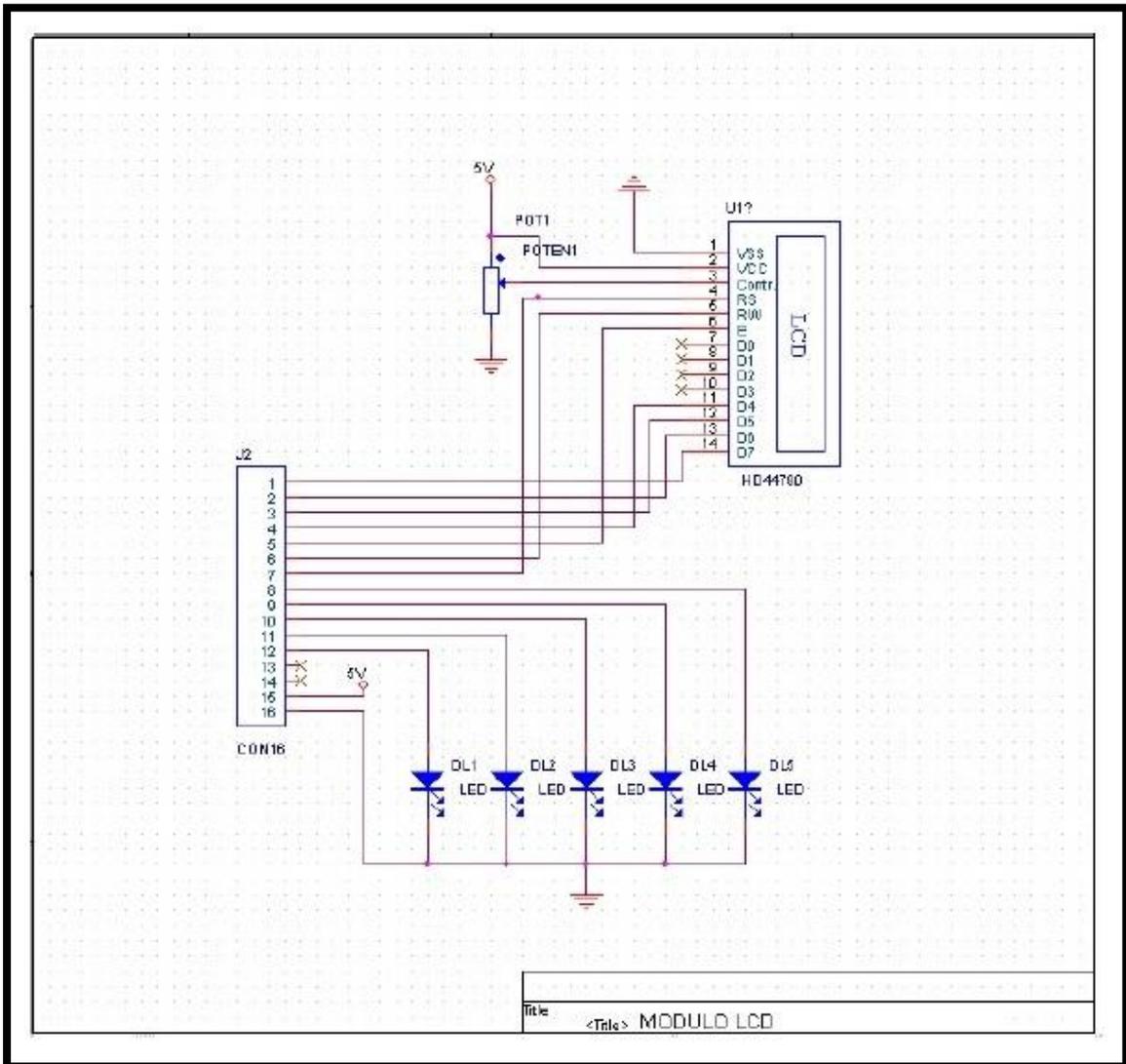
3.5.4 Placa circuito impreso extended gerber



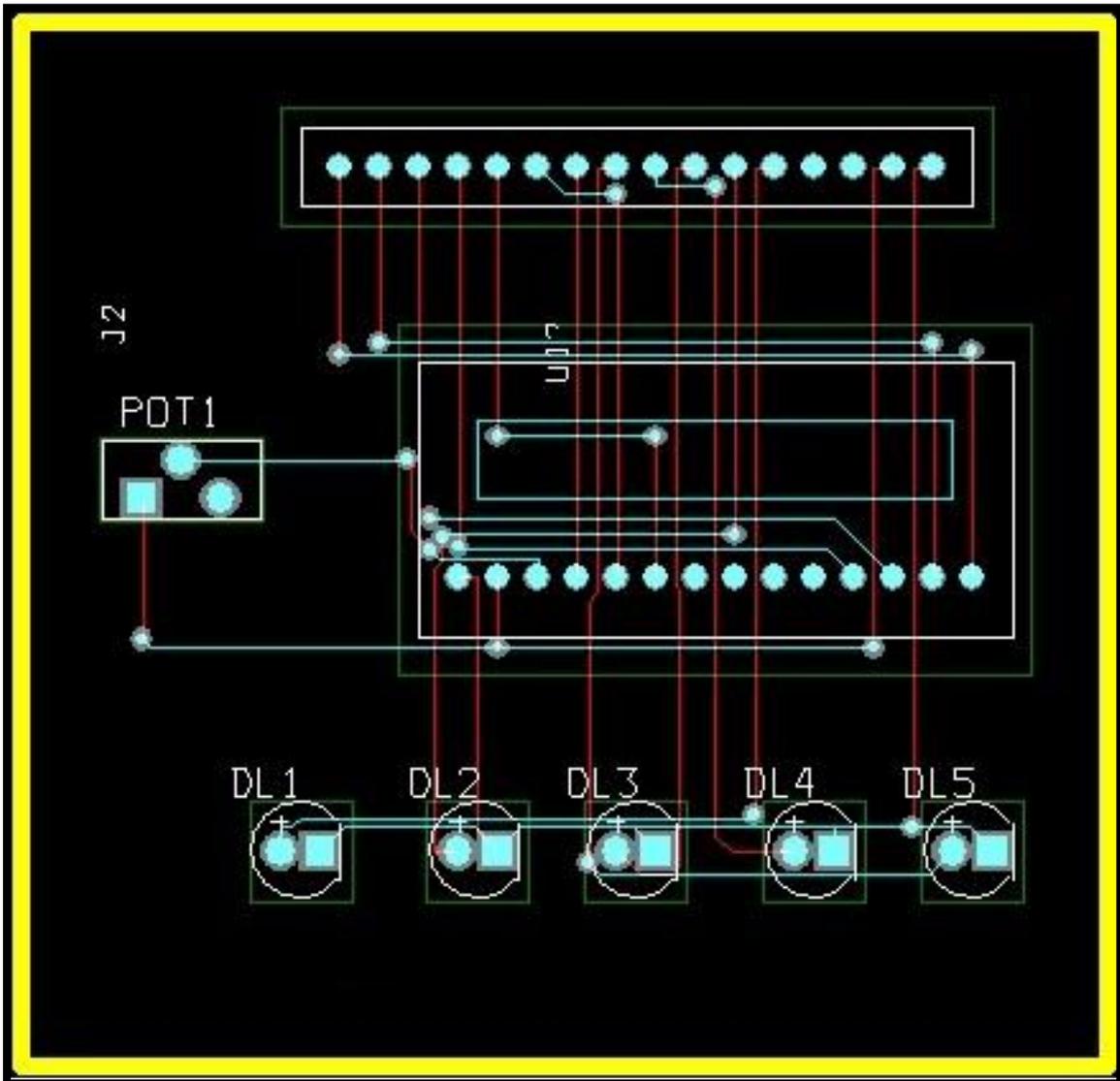
3.5.5 Placa circuito impreso componentes



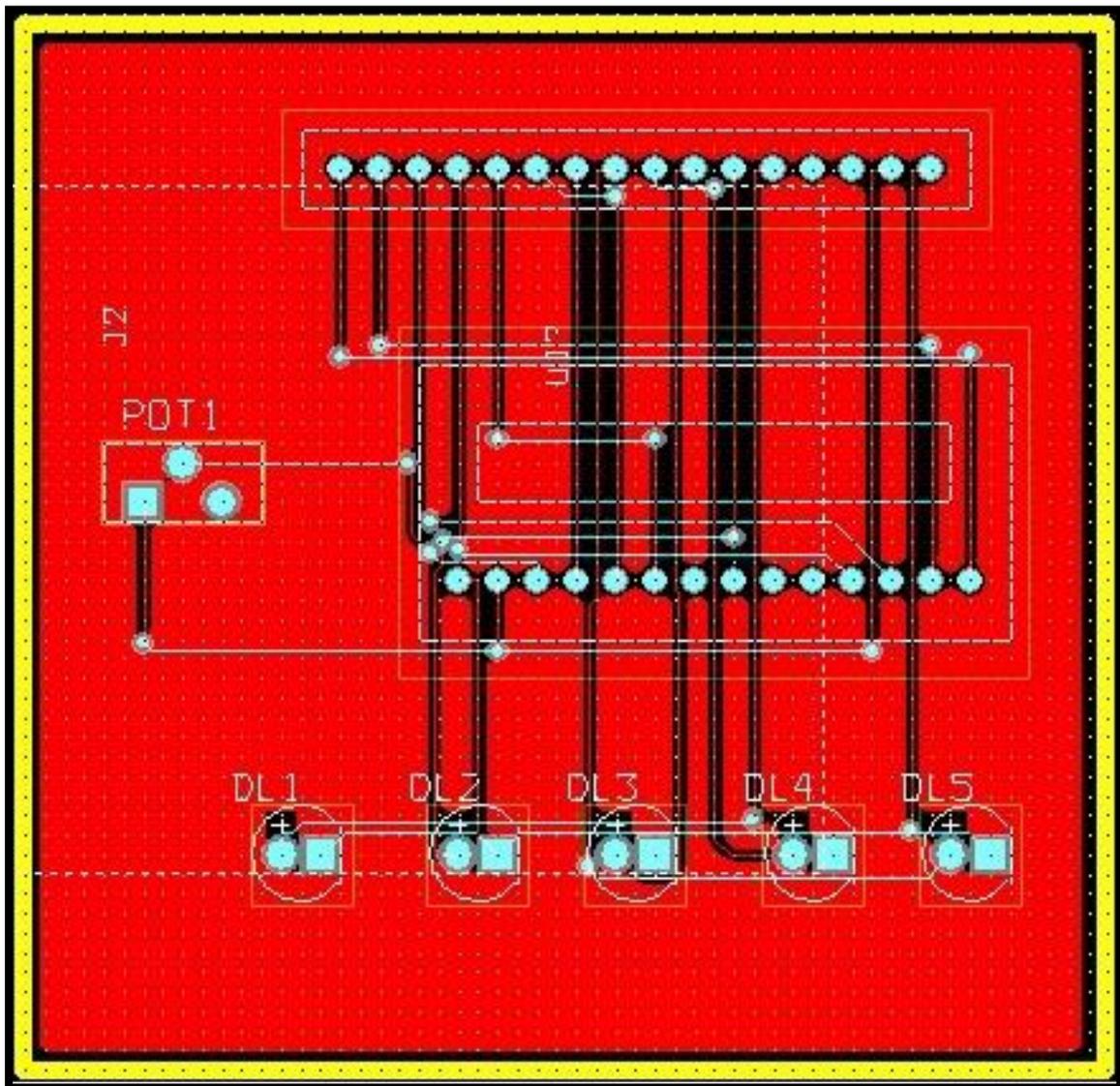
3.6 ESQUEMA ORCAD MODULO LCD



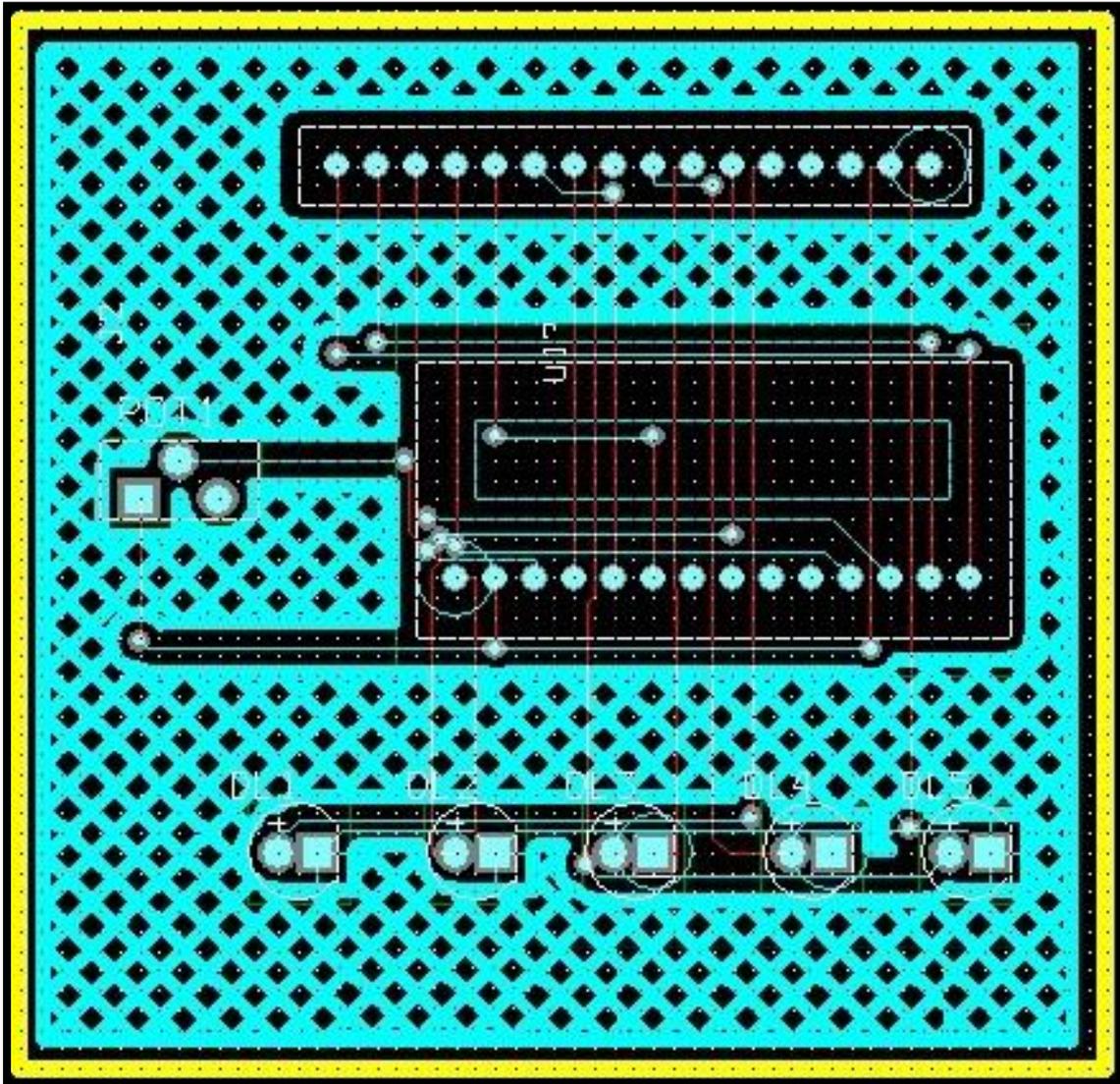
3.6.1 Placa circuito impreso ruteada



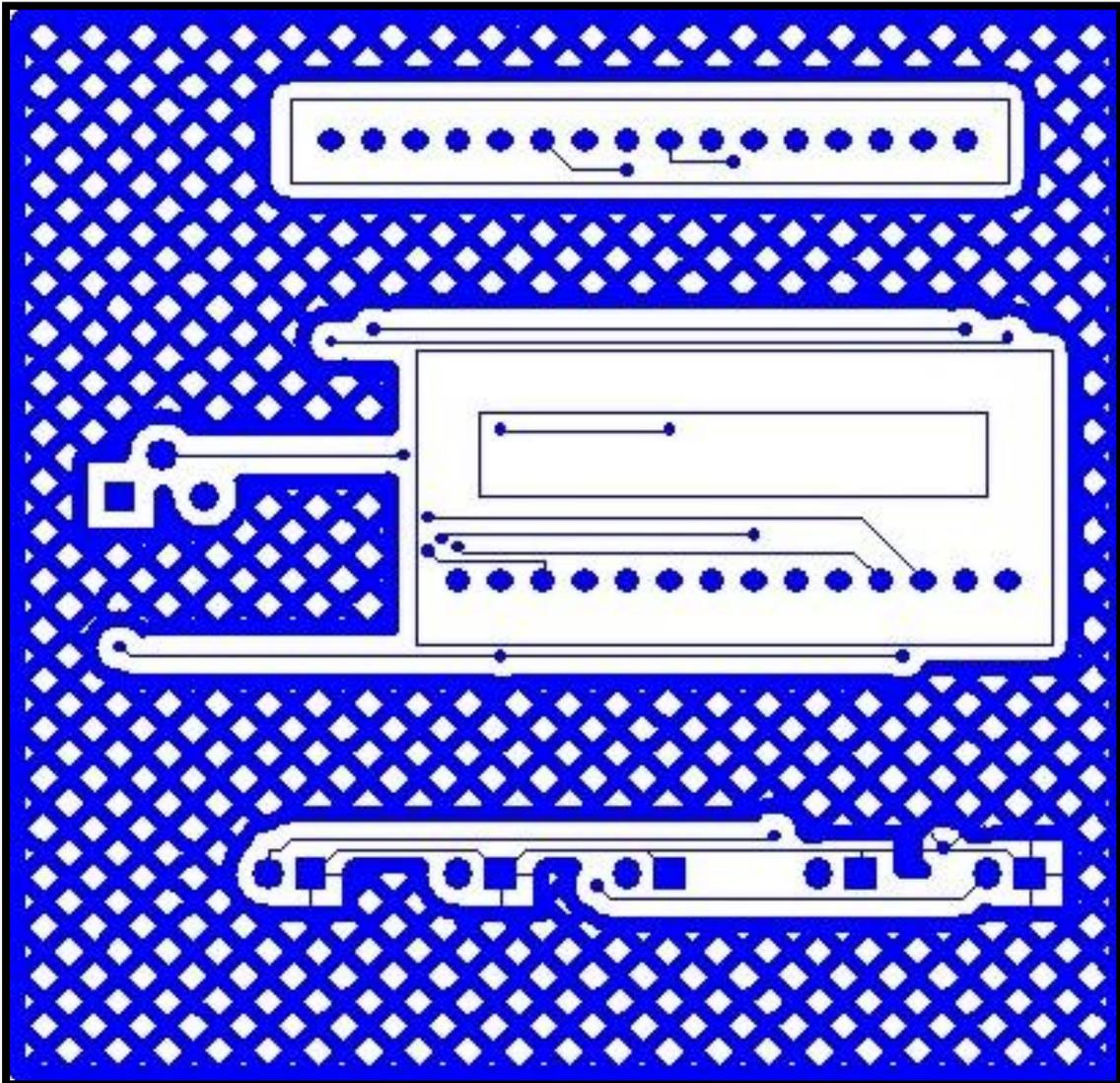
3.6.2 Placa circuito impreso copper pour capa bottom



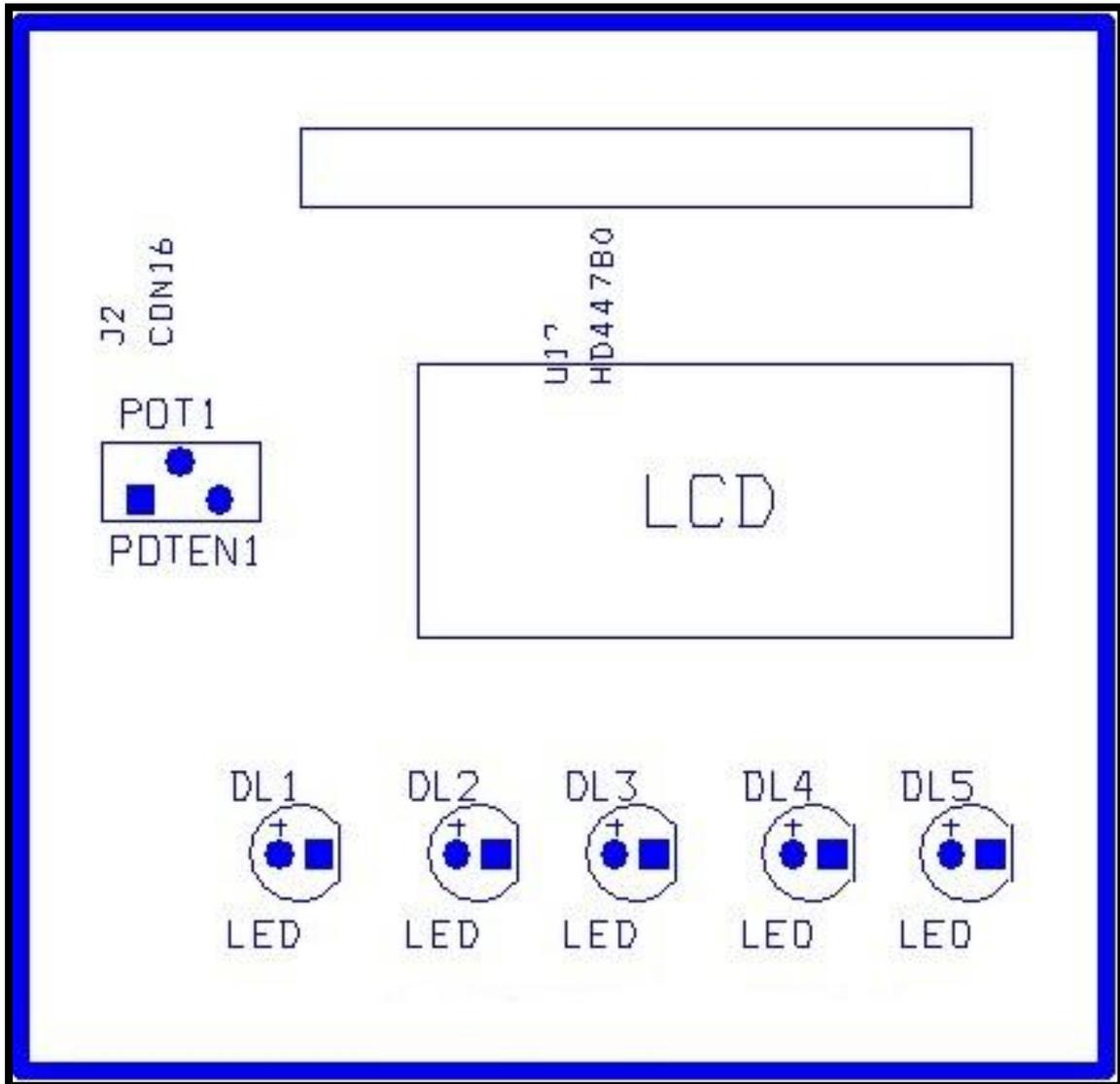
3.6.3 Placa circuito impreso copper pour capa top



3.6.4 Placa circuito impreso extended gerber



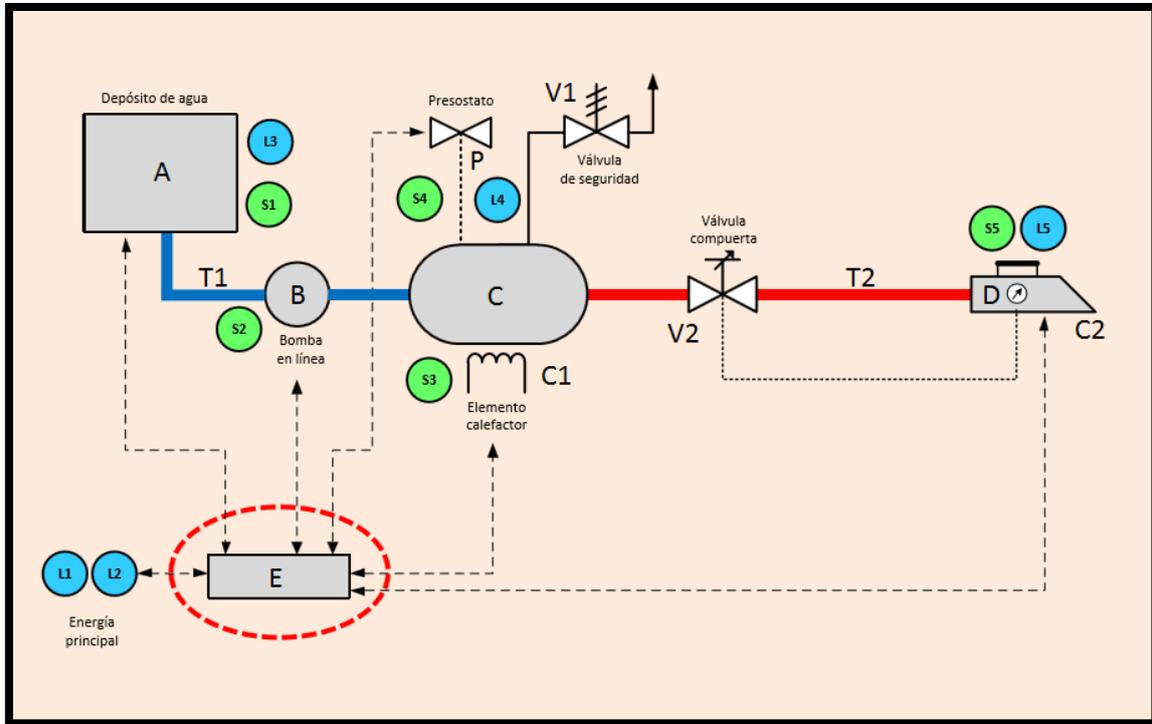
3.6.5 Placa circuito impreso componentes



4. ANEXOS

4.1 COMPONENTES

La composición del sistema quedará:



A Depósito de agua.

B Bomba.

C Calderín.

D Plancha.

E Sistema de control.

T1 Tubería de polietileno que va del depósito de agua al calderín (De A a C).

T2 Tubería de polipropileno que va del calderín a la plancha (De C a D).

V1 Válvula de seguridad que expulsa vapor si la presión interna pasa de 5 bares.

V2 Válvula compuerta que regula el vapor que entra en la plancha.

C1 Calefactor del calderín.

C2 Calefactor de la plancha.

- S1** Sensor de existencia de agua.
- S2** Sensor de funcionamiento de la bomba.
- S3** Sensor de funcionamiento del calefactor del calderín.
- S4** Sensor de presión interna del calderín.
- S5** Sensor de temperatura de la plancha.
- L1** Indicador luminoso de activación del calefactor del calderín.
- L2** Indicador luminoso de activación de la plancha.
- L3** Indicador luminoso de falta de agua en el depósito.
- L4** Indicador luminoso de presión interna del calderín.
- L5** Indicador luminoso de temperatura de la plancha.

4.1.1 Depósito de agua

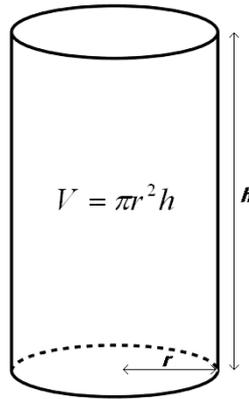
La propuesta del proyecto nos dice que el depósito debe poder almacenar 5 litros de agua, así que elegiremos uno un poco más grande para tener un margen de llenado.

Para el llenado usaremos dos sensores de nivel, uno para el llenado máximo, y otro para la falta de agua en el depósito.

El depósito será de acero inoxidable para su uso con agua, así evitaremos la corrosión. Pero además aplicaremos un aislante en el exterior del mismo que nos asegure el mantenimiento de la temperatura óptima del agua dentro del depósito.

A la hora de elegir el depósito, debemos tener en cuenta que, cuanto mayor sea más agua podremos almacenar. Esto se traduce en más vapor de agua y menos llenados diarios, lo que además de facilitar el trabajo al operario alargará la vida útil del sistema.

Por todo lo anteriormente dicho elegiremos un depósito que pueda albergar 6 litros de agua, y calculamos las dimensiones del depósito que necesitamos.



Necesitamos un depósito que albergue 6 litros de agua, es decir, 6000cm^3 . Usando la fórmula del volumen para un cilindro (imagen anterior) podemos calcular nuestras dimensiones óptimas.

Pongamos que queremos el depósito con una altura máxima de 20cm:

$$V = \pi r^2 h \rightarrow r = \sqrt{\frac{V}{h\pi}} \rightarrow r = \sqrt{\frac{6000}{20\pi}} \rightarrow r = 9.77\text{cm} \approx 10\text{cm}$$

Con un depósito que tenga unas dimensiones de 10cm de radio y 20cm de altura cumpliremos las expectativas que nos hemos propuesto.

4.1.2 Caldera

Tal y como nos dice el enunciado del proyecto, la caldera tendrá un consumo máximo de 3,5Kw y una presión para trabajar de 3,5 bares controlada por un presostato. En el caso de sobrepasar esta cantidad dispondremos de una válvula de seguridad que estará tarada a 5 bares de presión. Por encima de esta presión, el sistema expulsará al aire el exceso de presión de vapor, para evitar la rotura de manguitos, agrietamientos o la explosión de la caldera.

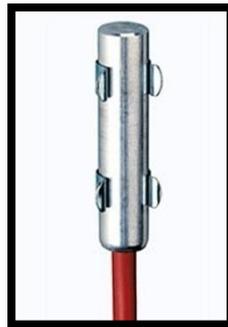
Dentro de la caldera se colocará un calefactor cuya función será la de calentar el agua hasta el punto de producción de vapor y presión adecuadas.

La caldera deberá ir pintada exteriormente con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica. El envoltorio exterior estará recubierto por una manta de lana de vidrio y una chapa galvanizada de 1mm de espesor.

4.1.3 Calefactor

Introduciremos un elemento calefactor para calentar el agua de la caldera y así producir el vapor necesario para llevar a cabo el planchado.

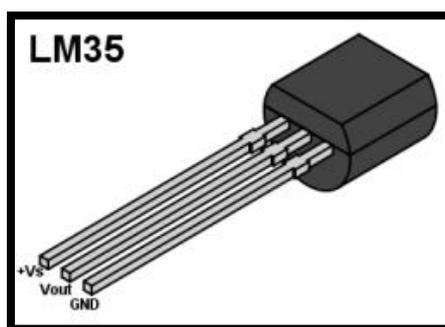
Seleccionamos una resistencia calefactora Serie RCE 016. Las dimensiones de la resistencia elegida serán adecuadas para introducirlas en el interior del calderín: 45 mm de longitud y 10 mm de diámetro.



Usaremos un sensor de temperatura para controlar la temperatura de la caldera, y de este modo el funcionamiento del elemento calefactor.

Seleccionamos el sensor LM35, el cuál proporciona 10mV a la salida por cada grado a la entrada.

Consideraremos que éste funciona cuando obtenga una temperatura mayor que 100°C, por lo tanto, para esta temperatura, el sensor devolvería una salida de 1V.



4.1.4 Plancha

La plancha estará formada por una base metálica que se calienta por medio de un calefactor.

BASE DE LA PLANCHA

La base de la plancha es el elemento final del sistema, el que entra en contacto con la ropa. Esta base será de acero inoxidable y estará perforada para la salida de vapor, que facilitará el planchado en cuestión.



CALEFACTOR DE LA PLANCHA

Colocaremos una resistencia de mica aislada para transmitirle el calor necesario a la base de la plancha, para que ésta alcance la temperatura de trabajo necesaria según el tipo de tejido que se planche.

4.2 ELEMENTOS UTILIZADOS

4.2.1 Sensores

- **Sensor de nivel**

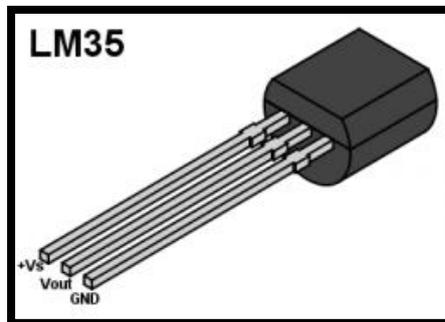
Utilizaremos el sensor de nivel tipo flotador horizontal LCS-01 de Gentech.

Este sensor es el encargado de controlar el nivel del depósito y del calderín, detectando cuando se alcanza el nivel preestablecido de líquido.



- **Sensor de temperatura**

Se usará el sensor de temperatura de LM35 ya mencionado anteriormente. Este sensor nos permitirá saber la temperatura del calderín.



Es un sensor con una precisión calibrada de 1°C. Su rango de medición abarca desde -55°C hasta 150°C. La salida es lineal y cada grado centígrado equivale a 10mV

- **Sensor de presión**

Como su nombre indica nos permitirá controlar la presión, en este caso la presión interna del calderín.



Usaremos un transmisor de 10 bares CAN-PRA01A-0010, y en el caso de que el calderín alcance altas presiones, se activaría la válvula de seguridad.

4.2.2 Sensores de nivel

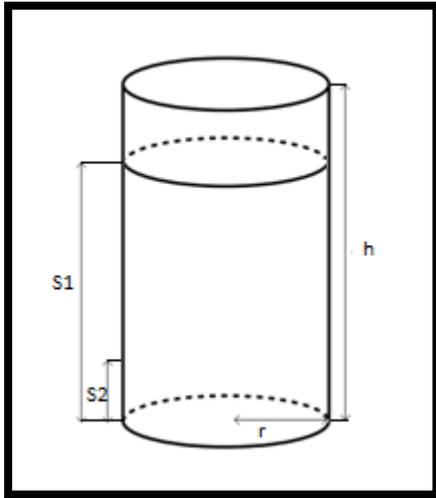
Los sensores de nivel los vamos a usar para controlar el nivel de agua en el depósito, y vamos a utilizar el sensor de GENTECH mod.LCS-01.

Este sensor es un sensor horizontal de tipo flotador que nos indicará la altura del agua en función de dónde lo situemos.

En este proyecto usaremos dos sensores de este tipo, uno inferior que nos avise de la falta de agua y uno superior que nos avise de la altura de llenado óptima que en este caso son 5 litros.

Sabiendo ya que nuestro depósito mide 10cm de radio y 20 de altura, según las conclusiones sacadas en el punto 4.1.1, usando la misma fórmula del volumen de un cilindro podemos calcular a qué altura debemos colocar los sensores en nuestro depósito.

$$V = \pi r^2 h \rightarrow h = \frac{V}{\pi r^2}$$



“h” es la altura total del depósito, que ya conocemos (20cm)

“r” es el radio del depósito, que también conocemos (10cm)

“S1” es la altura correspondiente al llenado óptimo del depósito, en este caso 5 litros, por tanto:

$$h = \frac{V}{\pi r^2} \rightarrow S1 = \frac{5000}{\pi 10^2} \rightarrow \boxed{S1 = 15.91cm}$$

“S2” es la altura correspondiente a la que el sistema nos avisará de que falta agua, en este caso queremos que nos avise cuando solo queda un litro, por tanto:

$$h = \frac{V}{\pi r^2} \rightarrow S2 = \frac{1000}{\pi 10^2} \rightarrow \boxed{S2 = 3.183cm}$$

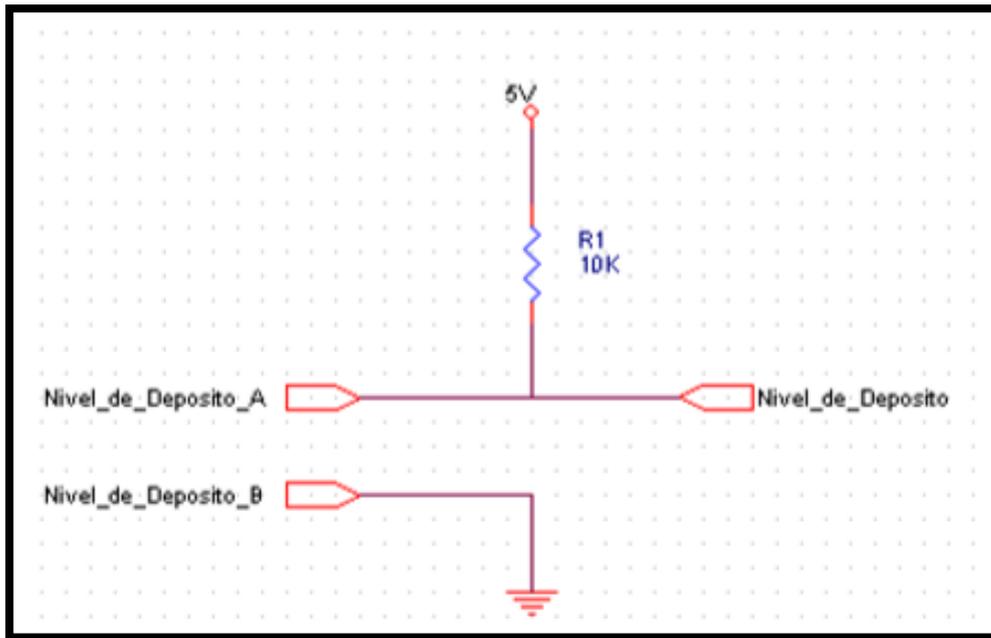
La tensión de alimentación de entrada de los dos sensores de nivel colocados en nuestro depósito será de 5V, con este valor nominal tendremos un 1 lógico (contacto cerrado) en la entrada del PIC.

Tenemos dos terminales de salida en el sensor de nivel conectados A y B, normalmente de contacto abierto, cuando el nivel de agua llegue al flotador del sensor de nivel y se ponga en posición horizontal quedando los dos terminales A y B en cortocircuito.

Esto mismo ocurrirá cuando el nivel de agua esté por encima del sensor colocado en la parte superior del depósito, entonces los dos sensores estarán en corto.

Si el agua está por debajo del sensor colocado más abajo en el depósito, es decir, por debajo de la cantidad mínima de agua el flotador de los dos sensores se encontraran caídos y los terminales de salida del sensor se encontraran en circuito abierto.

Cuando esto último ocurra se encenderá un diodo LED que indicará la falta de agua en el depósito y la necesidad de aportar agua.



4.2.3 Indicadores visuales

Para el control en tiempo real del sistema recurriremos a elementos visuales que nos transmitan la información obtenida por los sensores anteriormente mencionados.

Para ello recurriremos a las alertas luminosas usando LED y a la información en tiempo real usando Display LCD.

Los indicadores luminosos de tipo LED los dispondremos de varios colores para identificar con mayor facilidad los diferentes estados del sistema.

LED Amarillo
sistema.

Indica la puesta en marcha del

LED Azul
calefactor.

Indica el funcionamiento de la bomba y del

LED Rojo
depósito.

Indica la falta de agua en el

LED Verde
plancha.

Indica una presión adecuada en el calderín y temperatura adecuada en la

Para obtener una información más concisa y en tiempo real de los sensores, utilizaremos una pantalla de cristal líquido (LCD).

Esta pantalla está formada por un número de pixels que nos permite mostrar caracteres alfanuméricos.

Nosotros usaremos un Display LCD 4x16, es decir, 4 líneas por 16 caracteres cada una.

Este dispositivo nos mostrará los diferentes mensajes que podrían aparecer:

NIVEL AGUA FALTA: Se ha alcanzado el nivel más bajo de agua en el depósito.

NIVEL AGUA OK: El nivel de agua del depósito es el adecuado.

TEMP PLANCHA FRIA: La temperatura adecuada para planchar no se ha alcanzado.

TEMP PLANCHA OK: Temperatura adecuada de planchado y que ésta es menor de 120 °C.

CALEFACTOR OFF: El calefactor no ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición del agua (100°C) y, por lo tanto no se producirá vapor en el calderín.

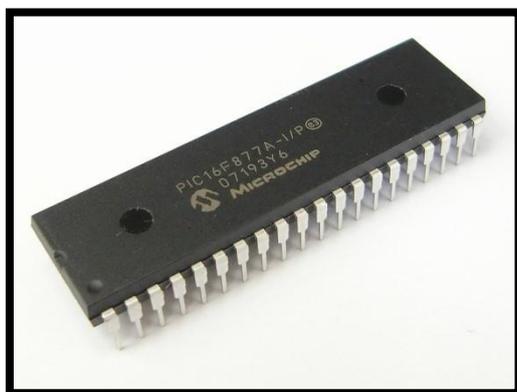
CALEFACTOR ON: Temperatura de ebullición (100°C) y por lo tanto, se producirá vapor.

PRESIÓN NO: La presión en el calderín no ha alcanzado los 3.5 bares.

PRESIÓN OK: Indica que la presión del calderín es la adecuada.

4.2.4 Sistema de control

El cerebro del sistema será el microcontrolador PIC16F877A programado en lenguaje Ensamblador, el cual se encargará tanto de la gestión de la información mostrada en el LCD como del control del sistema.

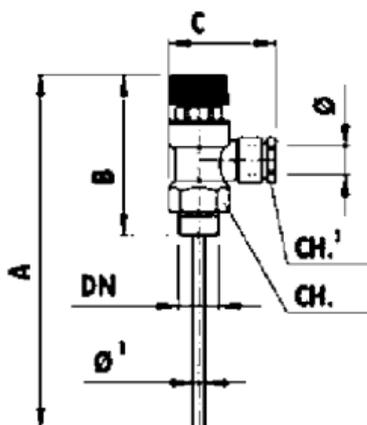


4.2.5 Actuadores

Válvula de Seguridad

Utilizaremos la válvula de seguridad de doble función, temperatura y presión, TEMPRES de la casa POTERMIC.

La válvula de seguridad está tarada para abrir a una temperatura de 93°C y a la presión de tarado seleccionada, entre 3 y 10 bar, en función de la máxima presión admisible en el circuito.



Dimensiones en mm.:

A	B	C	CH	CH¹	Presión tarado
184	56	84	21	31	3,4,6,7,8,10 bar
Conexiones		Ø¹			
1/2" x Ø15		6,5			
3/4" x Ø22		6,5			

Electroválvula

De la misma casa POTERMIC, usaremos la electroválvula CEME 861413N12. Electroválvula de dos vías, normalmente cerrada, y preparada para su uso con agua, aire y aceites ligeros.

2 vías	N.C.	↑
-----------	------	---

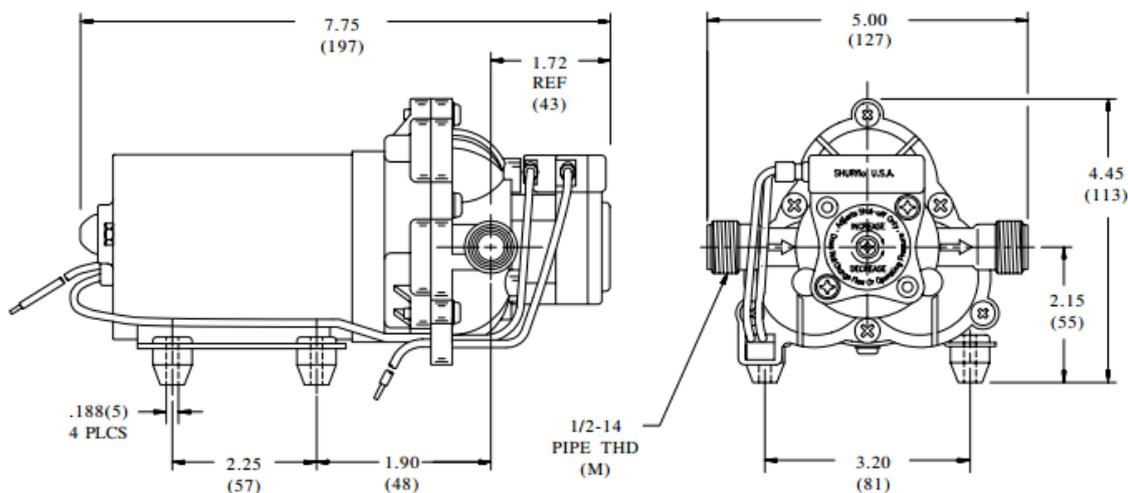
Presión mínima	0,3 bar
Presión máxima CA 10 bar / CC 10 bar	



	Potencia		Temperatura máxima			Ambiente	
	en espera	activo	NBR	EPDM	VITÓN		
~	11 VA	24 VA	90 °C	130 °C	150 °C	80 °C	
=	16 W						
Fluidos							
agua	aire	vapor	gas	gas inerte	aceites ligeros	aceites pesados	gas-óleo
•	•				•		

Bomba

Para este proyecto usaremos la bomba de agua de la casa SHURFLO mod.403

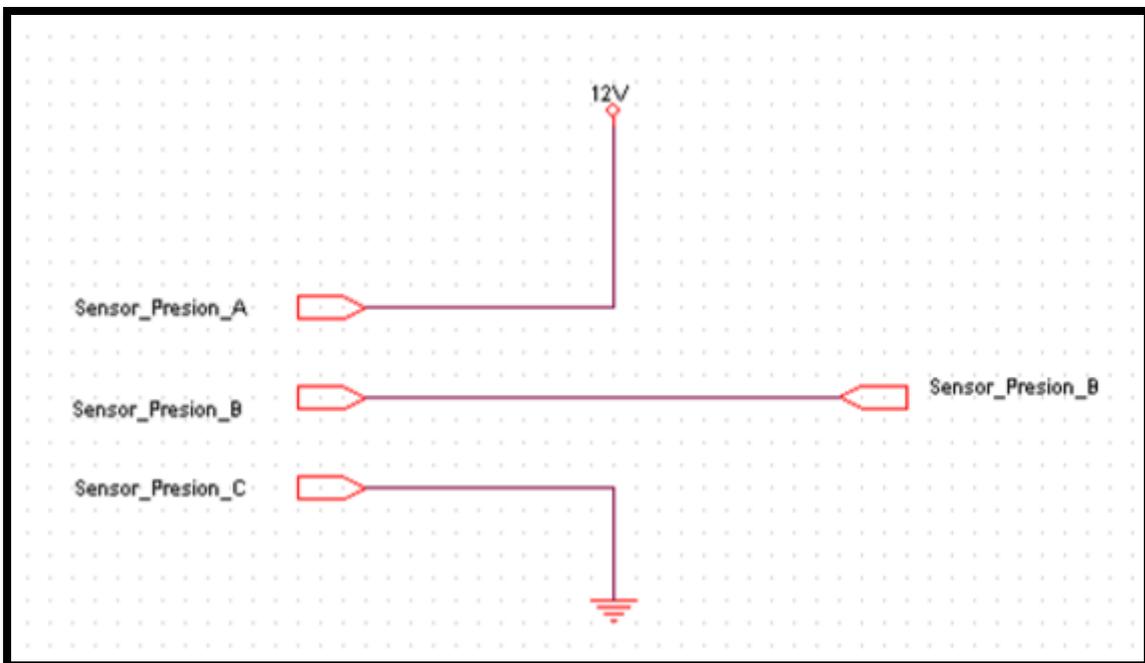


Esta bomba de polipropileno y con presostato ajustable pesa 1.68Kg y está acondicionada para su uso en extracción de agua de pozos, suministro de agua, circulación de fluidos y riegos.

4.3 CONTROL DE PRESIÓN

Para controlar la presión en el interior del calderín usaremos el sensor CAN-PRA01A-0010 mencionado antes, que trabaja en un margen de 0 a 20 bares.

Este sensor nos proporcionará una tensión de 0 a 5V.



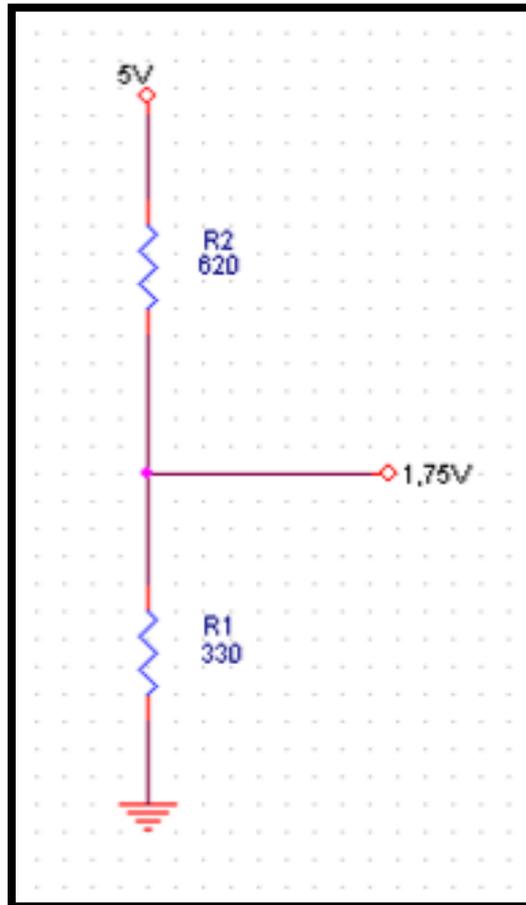
Este tipo de sensor dispone de tres terminales: alimentación, masa y salida. Está alimentado a 12 voltios, y la tensión de salida (Sensor_de_Presion_B) irá a un comparador.

Para este proyecto en el que necesitamos en la caldera una presión de 3,5 bares y sabiendo que para 5V tendremos una presión de 10 bares para nuestra presión de trabajo, mediante una regla de tres obtendremos una tensión equivalente a 1,75V (Vref).

$$\left. \begin{array}{l} 5V \rightarrow 10 \text{ bares} \\ x \rightarrow 3.5 \text{ bares} \end{array} \right\} \rightarrow x = (5 \cdot 3.5) / 10 = 1.75V$$

Esta tensión será introducida a la entrada de un comparador utilizando un divisor de tensión. Fijamos el valor de $R1=330\Omega$ y teniendo ésta obtendremos el valor de $R2$.

$$1.75 = V_{cc} \cdot (R1 / (R1+R2)) \quad \rightarrow \quad R2=620 \Omega.$$



Utilizando esto, cuando en la caldera se alcance la presión ideal de 3,5 bares, el comparador devuelve un 1 lógico a la entrada de nuestro controlador, por consiguiente se encenderá un diodo led indicando que la presión en el calderín es la adecuada de trabajo.

Si la tensión es menor que la que hemos calculado (1,75V), el comparador devuelve 0 voltios a la tensión de salida indicando que la presión no es lo suficientemente alta para calentar el agua.

Si la presión supera el valor de 3,5 bares no hay ningún problema hasta que supere el límite de los 5 bares. Si ésto ocurre, la válvula de seguridad que hemos incorporado al proyecto vacía el calderín de la presión excedente.

4.4 FUNCIONAMIENTO DE LA BOMBA DE AGUA

El objetivo es que se bombee el agua desde el depósito hasta la caldera.

Para el funcionamiento de la bomba de agua nos serviremos del Reglamento de Aparatos a Presión, en concreto en el “Apartado 5 del Artículo 15 de la I.T.C. MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión.”

El sistema de alimentación de agua deberá poder inyectar dicho líquido a una presión superior en un tres por ciento como mínimo a la presión de tarado más elevada de las válvulas de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa.

El sistema de alimentación de agua deberá poder inyectar una cantidad de agua que deberá ser igual, como mínimo, a 1,1 veces la máxima que pueda evaporarse, más la pérdida de agua por purgas.

Para las calderas con nivel de agua definido, en las que está automatizada la aportación de agua, el sistema de alimentación estará controlado por un dispositivo que detecte, al menos, el nivel de agua. Este sistema de alimentación podrá ser de acción continua o discontinua. En el caso de acción continua, la bomba de alimentación de agua estará continuamente en servicio, y el caudal introducido, vendrá regulado por una válvula automatizada y mandada por la acción del sistema controlador de nivel. Dicho sistema actuará de forma que la válvula que controla la alimentación de agua, quede en posición abierta, si se producen fallos del fluido de accionamiento (corriente eléctrica, aire, etc.). En el caso de acción discontinua (nuestro caso), el sistema detector de nivel situado en el caldera, actuará sobre la bomba de alimentación, parándola, y/o poniéndola de nuevo en servicio, según las necesidades.

Al tratarse de una caldera de nivel definido, el sistema de alimentación de agua será automático.

A la salida de cada uno de los aparatos alimentadores, y antes de la válvula de interrupción, se colocará un manómetro.

La tensión de alimentación para su funcionamiento será de de 12V.

La puesta en marcha de la bomba estará controlada por el PIC por lo que su funcionamiento estará condicionado por el nivel de agua en la caldera y por la presión en la caldera.

Pueden darse los siguientes casos:

- 1-Que haya agua en el depósito y presión suficiente en la caldera.
- 2-Que haya agua en el depósito y la presión de la caldera esté bajo mínimo.
- 3- Que no haya agua en el depósito pero si presión en la caldera.
- 4- Que ambos depósitos no tengan agua.

Tan solo en el caso 3 la bomba entrará en funcionamiento y se encenderá un LED que indicará que la bomba de agua está funcionando.

4.5 FUNCIONAMIENTO DEL CALEFACTOR

La función de la resistencia calefactora es la de calentar el agua de la caldera para producir vapor de agua.

Se ha elegido una resistencia calefactora serie RCE 016 de Stego. La puesta en funcionamiento de la resistencia vendrá condicionada por la presión de la caldera y la existencia o no de agua en la caldera.

Al igual que en la bomba, se pueden dar los siguientes casos:

- 1- Se alcancen los 3,5 bares de presión y haya agua en la caldera.
- 2- Se alcancen los 3,5 bares de presión y no haya agua en la caldera.
- 3- Que haya una presión baja y haya agua en la caldera.
- 4- Que haya una presión baja y no haya agua en la caldera.

Siempre y cuando la presión esté por encima de los 3,5 bares, la resistencia calefactora permanecerá apagada.

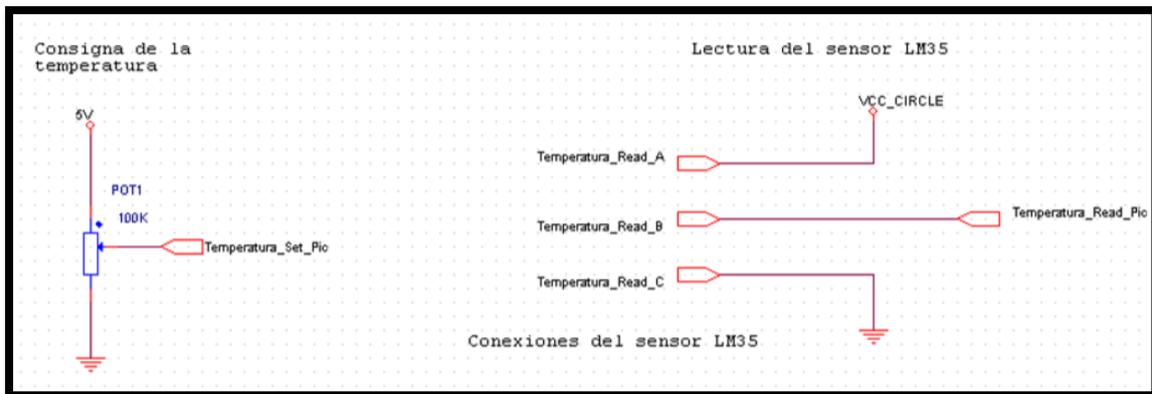
Si se da el caso 3, la resistencia comienza a calentar, y si por alguna razón la caldera se queda sin agua, la resistencia calefactora permanecería activa unos instantes antes de dejar de calentar.

En este caso de también habrá un LED que indique el funcionamiento del calefactor.

Para el mantenimiento del calefactor deberemos tener en cuenta que estas resistencias solo trabajan sumergidas en agua, por lo que es importantísimo que si no hay agua en la caldera, la resistencia no trabaje.

Además deberemos aislarla en una funda adecuada, dependiendo del tratamiento que se le dé al agua de la caldera y el mantenimiento. Por esto es conveniente no dejar el agua estancada para que no se calcifique y haga trabajar mal a la resistencia, para eso podemos instalar descalcificadoras o tratar el agua para que no se corrompa. Todo esto quedará a elección del operario o encargado del sistema.

4.6 FUNCIONAMIENTO DE LA PLANCHA



Por un lado, mediante el termostato de la plancha podremos seleccionar una consigna o temperatura de referencia a la que se pretenda calentar la plancha.

Como se puede observar, será un simple potenciómetro que podrá ser simulado para verificar el correcto funcionamiento del sensor de temperatura.

Por otro lado está el LM35, que dará valores de tensión en función de la temperatura.

Ambas salidas irán a las entradas analógicas AN0 y AN1 del PIC el cual hará de comparador, iluminando un LED en el caso en el que la temperatura leída por el sensor alcance a la de referencia.

Elegiremos de nuevo el sensor LM35, el cual nos dará a la salida una tensión proporcional a la entrada captada. Trabaja en un rango de temperaturas que abarca desde los 2⁰C a los 150⁰C, donde cada grado equivale a 10mV a la salida, por lo tanto obtendremos un intervalo en la tensión de salida entre 0.02V y 1.5V. El LM35 es un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a temperatura en °C (grados centígrados).

El LM35 por lo tanto tiene una ventaja sobre los sensores de temperatura lineal calibrada en grados Kelvin: que el usuario no está obligado a restar una gran tensión constante para obtener grados centígrados.

El dispositivo se ajusta y calibra durante el proceso de producción.

La baja impedancia de salida, la salida lineal y la precisa calibración inherente, permiten la creación de circuitos de lectura o control especialmente sencillos.

Requiere sólo 60µA para alimentarse, y bajo factor de auto-calentamiento, menos de 0,1 °C en aire estático. El LM35 está preparado para trabajar en una gama de temperaturas que abarca desde los- 55 °C bajo cero a 150 °C.

4.7 MICROCONTROLADOR PIC16F877

Este microcontrolador es fabricado por MicroChip familia a la cual se le denomina PIC. El modelo 16F877 posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

Algunas de estas características se muestran a continuación:

- a) Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- b) Amplia memoria para datos y programa.
- c) Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina tipo “flash”. Este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).

Este microprocesador ha de ser conectado como si de un generador de señal externa se tratase. Al incluir toda la circuitería representa la forma más práctica por la cantidad de conexiones y por la precisión en la señal de reloj emitida.

Programa tipo de memoria	Flash
Memoria del programa (KB)	14
Velocidad de la CPU (MIPS)	5
Bytes de RAM	368
EEPROM de datos (bytes)	256
Periféricos Comunicación Digital	1-A/E/USART, 1-MSSP (SPI/I2C)
Captura / Comparación / PWM Periféricos	2 CCP
Timers	2 x 8 bits, 1 x 16 bits
ADC	8 ch, 10 bits
Rango de temperatura (C)	-40 A 85
Rango de voltaje de funcionamiento (V)	: 2 a 5,5
Número de pines	40

4.7.1 Fallos en el funcionamiento

En la programación del microcontrolador se han considerado los posibles fallos por parte tanto en la bomba como de la resistencia calefactora. Si por alguna razón dejasen de funcionar mientras debieran, se testearía su funcionamiento tres veces antes de mostrar por pantalla en el LCD los mensajes “bomba averiada” ó “calefactor averiado” según procediese.

4.8 PROGRAMA DEL MICROCONTROLADOR

```
#include <16f877A.h>
#DEVICE ADC=8
#use delay(clock=4000000)
#include <string.h>
#include <stdlib.h>
#include <ctype.h>
#include "LCD420.C"
#FUSES XT,NOWDT,NOPROTECT
#use rs232(baud=9600, xmit=PIN_C6, rcv=PIN_C7)// RS232 Estándar
#define ON 1
#define OFF 0
// NEMOTECNICOS PARA TESTAR AVERIAS EN EL BUCLE PRINCIPAL
#define SIN_AVERIA 0
#define BOMBA_AVERIADA 1
#define CALEFACTOR_AVERIADO 1
// VARIABLES PARAMETRIZABLES
#define TIEMPO_BOMBEO_AGUA_CALDERIN 100
#define NUMERO_REINTENTOS_FALLO 3
//DIRECCION FISICA DE LOS PUERTOS I/O
#byte porta=0x05
#byte portc=0x07
#byte portd=0x08
#byte porte=0x09
//DEFINICION DE SALIDAS DEL SISTEMA
// BITS DE ACTIVACION DE CARGAS
#bit ACTIVACION_BOMBA=portd.0
#bit ACTIVACION_CALEFACTOR=portd.1
// BITS DE ACTIVACION DE ALARMAS
#bit LED_SISTEMA_ACTIVADO=portd.3 //(L2)
#bit LED_CALEFACTOR_ON=portd.4 //(L1)
#bit LED_DEPOSITO_OK=portd.5 //(L3)
#bit LED_PRESION_OK=portd.6 //(L4)
#bit LED_TEMPERATURA=portd.7 //(L5)
//DEFINICION DE ENTRADAS DEL SISTEMA
// BITS DE ENTRADAS DE SENSORES
#bit SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO=portc.0 //(S1)
#bit SENSOR_BOMBA_ACTIVADA=portc.1 //(S2)
#bit SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVADO=portc.2 //(S3)
#bit SENSOR_PRESION=portc.3 //(S4)
#bit SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO=portc.5 //(S5)
//MENSAJES DEL DISPLAY
char NIVEL_AGUA_OK[] = "NIVEL AGUA OK ";
```

```
char NIVEL_AGUA_FALTA[] = "NIVEL AGUA FALTA";
char PLANCHA_OK[] = "TEMP PLANCHA OK ";
char PLANCHA_FRIA[] = "TEMP PLANCHA FRIA";
char PRESION_OK[] = "PRESION OK ";
char PRESION_BAJA[] = "PRESION BAJA";
char CALEFACTOR_ON[] = "CALEFACTOR ON ";
char CALEFACTOR_OFF[] = "CALEFACTOR OFF";
char ERROR_BOMBA[] = "BOMBA AVERIADA";
char ERROR_CALEFACTOR[] = "CALEFACTOR AVERIADO";
// VARIABLES DEL CANAL AD
int8 TEMPERATURA_FIJADA=0;
int8 TEMPERATURA_LEIDA=0; //(S5)
//VARIABLE DE TEMPORIZACION
volatile int32 tiempo_global=0;
#INT_RTCC
void tiempo(){
tiempo_global++;
}
void inicializa(void);
int8 GrafcetBomba(void);
void ProcesosIndependientes(void);
int8 GrafcetPresionCalderin(void);
void lcd_puts(char *texto);
void GrafcetLecturaAD(void);
// PROGRAMA MAIN()
void main(){
static int8 Fallo_Bomba,Fallo_Calefactor;
inicializa();
do{
Fallo_Bomba = GrafcetBomba();
Fallo_Calefactor = GrafcetPresionCalderin();
GrafcetLecturaAD();
ProcesosIndependientes();
}while(!Fallo_Bomba && !Fallo_Calefactor);
lcd_putc("\f");
if(Fallo_Bomba){
lcd_gotoxy(3,2);
lcd_puts(ERROR_BOMBA);
}
if(Fallo_Calefactor){
lcd_gotoxy(1,2);
lcd_puts(ERROR_CALEFACTOR);
}
ACTIVACION_BOMBA=OFF;
```

```
ACTIVACION_CALEFACTOR=OFF;
LED_SISTEMA_ACTIVADO=ON;
LED_CALEFACTOR_ON=OFF;
LED_DEPOSITO_OK=OFF;
LED_PRESION_OK=OFF;
LED_TEMPERATURA=OFF;
while(TRUE);
}
int8 GraficetBomba(void){
static int32 tiempo_local=0;
static int8 Numero_intentos_bomba=0;
static enum {INICIO=0,
ESTADO_REPOSO,
ENCIENDE_BOMBA,
TEST_BOMBA,
FALLO_BOMBA,
LLENANDO_CALDERIN,
BUCLE_CERRADO}
SM_BOMBA=INICIO;
switch(SM_BOMBA){
case INICIO:
SM_BOMBA=ESTADO_REPOSO;
break;
case ESTADO_REPOSO:
if(!SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO &&
SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO){
SM_BOMBA=ENCIENDE_BOMBA;
tiempo_local=tiempo_global;
}
break;
case ENCIENDE_BOMBA:
if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)20 )
SM_BOMBA=TEST_BOMBA;
break;
case TEST_BOMBA:
if(SENSOR_BOMBA_ACTIVADA){
SM_BOMBA=LLENANDO_CALDERIN;
tiempo_local=tiempo_global;
Numero_intentos_bomba=0;
}
else{
SM_BOMBA=FALLO_BOMBA;
tiempo_local=tiempo_global;
Numero_intentos_bomba++;
}
```

```
}
break;
case LLENANDO_CALDERIN:
if(!SENSOR_BOMBA_ACTIVADA){
SM_BOMBA=FALLO_BOMBA;
tiempo_local=tiempo_global;
Numero_intentos_bomba++;
}
else if(!SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO || ((tiempo_global-tiempo_local)
> TIEMPO_BOMBEO_AGUA_CALDERIN))
SM_BOMBA=ESTADO_REPOSO;
break;
case FALLO_BOMBA:
if(Numero_intentos_bomba>(NUMERO_REINTENTOS_FALLO-1))
SM_BOMBA=BUCLE_CERRADO;
else if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)60 )
SM_BOMBA=ESTADO_REPOSO;
break;
case BUCLE_CERRADO:
return BOMBA_AVERIADA;
break;
}
if(SM_BOMBA==ESTADO_REPOSO || SM_BOMBA==FALLO_BOMBA ||
SM_BOMBA==BUCLE_CERRADO)
ACTIVACION_BOMBA = OFF;
if(SM_BOMBA==ENCIENDE_BOMBA || SM_BOMBA==TEST_BOMBA ||
SM_BOMBA==LLENANDO_CALDERIN)
ACTIVACION_BOMBA = ON;
return SIN_AVERIA;
}
int8 GrafcetPresionCalderin(void){
static int32 tiempo_local=0;
static int32 tiempo_calderin_sin_agua=0;
static int8 Numero_intentos_calefactor=0;
static enum {INICIO=0,
ESTADO_REPOSO,
ENCIENDE_CALEFACTOR,
TEST_CALEFACTOR,
CALENTANDO_CALDERIN,
FALLO_CALEFACTOR,
BUCLE_CERRADO}
SM_PRESION=INICIO;
static enum {
GET_TIME=0,
```

```
TEMPORIZA,  
REINICIA  
}  
SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = INICIO;  
switch(SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO){  
case GET_TIME:  
if(!SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO){  
tiempo_calderin_sin_agua = tiempo_global;  
SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = TEMPORIZA;  
}  
break;  
case TEMPORIZA:  
if( (tiempo_global-tiempo_calderin_sin_agua) >  
(TIEMPO_BOMBEO_AGUA_CALDERIN+10) ){  
SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = REINICIA;  
}  
break;  
case REINICIA:  
if(SENSOR_CALDERIN_NIVEL_MINIMO)  
SM_TIEMPO_AGUA_BAJO_MINIMO = GET_TIME;  
break;  
}  
switch(SM_PRESION){  
case INICIO:  
SM_PRESION=ESTADO_REPOSO;  
break;  
case ESTADO_REPOSO:  
if(!SENSOR_PRESION){  
SM_PRESION=ENCIENDE_CALEFACTOR;  
tiempo_local=tiempo_global;  
}  
break;  
case ENCIENDE_CALEFACTOR:  
if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)20 )  
SM_PRESION=TEST_CALEFACTOR;  
break;  
case TEST_CALEFACTOR:  
if(SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVADO){  
SM_PRESION=CALENTANDO_CALDERIN;  
tiempo_local=tiempo_global;  
Numero_intentos_calefactor=0;  
}  
else{  
SM_PRESION=FALLO_CALEFACTOR;
```

```
tiempo_local=tiempo_global;
Numero_intentos_calefactor++;
}
break;
case CALENTANDO_CALDERIN:
if(!SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVADO){
SM_PRESION=FALLO_CALEFACTOR;
tiempo_local=tiempo_global;
Numero_intentos_calefactor++;
}
else if(SENSOR_PRESION)
SM_PRESION=ESTADO_REPOSO;
break;
case FALLO_CALEFACTOR:
if(Numero_intentos_calefactor >(NUMERO_REINTENTOS_FALLO-1))
SM_PRESION=BUCLE_CERRADO;
else if( (tiempo_global-tiempo_local) > (int32)60 )
SM_PRESION=ESTADO_REPOSO;
break;
case BUCLE_CERRADO:
return CALEFACTOR_AVERIADO;
break;
}
if(SM_PRESION==ENCIENDE_CALEFACTOR ||
SM_PRESION==TEST_CALEFACTOR ||
SM_PRESION==CALENTANDO_CALDERIN)
ACTIVACION_CALEFACTOR=ON;
if(SM_PRESION==ESTADO_REPOSO ||
SM_PRESION==FALLO_CALEFACTOR ||
SM_PRESION==BUCLE_CERRADO)
ACTIVACION_CALEFACTOR=OFF;
return SIN_AVERIA;
}
void GrafcetLecturaAD(void){
static enum {INICIA_LECTURA_CH0=0,
INICIA_LECTURA_CH1,
LECTURA_FINALIZADA_CH0,
LECTURA_FINALIZADA_CH1}
SM_AD=INICIA_LECTURA_CH0;
switch(SM_AD){
case INICIA_LECTURA_CH0:
set_adc_channel(0);
delay_ms(21);
read_adc(ADC_START_ONLY);
```

```
SM_AD = LECTURA_FINALIZADA_CH0;
case LECTURA_FINALIZADA_CH0:
if(adc_done()){
TEMPERATURA_FIJADA = read_adc();
SM_AD = INICIA_LECTURA_CH1;
}
break;
case INICIA_LECTURA_CH1:
set_adc_channel(1);
delay_ms(2);
read_adc(ADC_START_ONLY);
SM_AD = LECTURA_FINALIZADA_CH1;
case LECTURA_FINALIZADA_CH1:
if(adc_done()){
TEMPERATURA_LEIDA = read_adc();
SM_AD = INICIA_LECTURA_CH0;
}
break;
} }
void ProcesosIndependientes(void){
static int1 TOMAR_MUESTRA=1;
if(SENSOR_CALEFACTOR_ACTIVADO){
LED_CALEFACTOR_ON=ON;
lcd_gotoxy(1,4);
lcd_puts(CALEFACTOR_ON);
}
else{
LED_CALEFACTOR_ON=OFF;
lcd_gotoxy(1,4);
lcd_puts(CALEFACTOR_OFF);
}
if(SENSOR_NIVEL_AGUA_DEPOSITO){
LED_DEPOSITO_OK=OFF;
lcd_gotoxy(1,1);
lcd_puts(NIVEL_AGUA_OK);
}
else{
LED_DEPOSITO_OK=ON;
lcd_gotoxy(1,1);
lcd_puts(NIVEL_AGUA_FALTA);
}
if(SENSOR_PRESION){
LED_PRESION_OK=ON;
lcd_gotoxy(1,3);
```

```
lcd_puts(PRESION_OK);
}
else{
LED_PRESION_OK=OFF;
lcd_gotoxy(1,3);
lcd_puts(PRESION_BAJA);
}
if( TEMPERATURA_LEIDA > TEMPERATURA_FIJADA ){
LED_TEMPERATURA=ON;
lcd_gotoxy(1,2);
lcd_puts(PLANCHA_OK);
}
else{ LED_TEMPERATURA=OFF;
lcd_gotoxy(1,2);
lcd_puts(PLANCHA_FRIA);
}
// SUBROUTINA DE CONFIGURACION INICIAL
void inicializa(void) {
tiempo_global=0;
set_tris_A(0b00000011);
set_tris_C(0b00101111);
set_tris_D(0b00000000);
set_tris_E(0b00000000);
ACTIVACION_BOMBA=OFF;
ACTIVACION_CALEFACTOR=OFF;
LED_SISTEMA_ACTIVADO=ON;
LED_CALEFACTOR_ON=OFF;
LED_DEPOSITO_OK=OFF;
LED_PRESION_OK=OFF;
LED_TEMPERATURA=OFF;
setup_adc(ADC_CLOCK_INTERNAL);
setup_adc_ports( AN0_AN1_AN3 );
setup_counters( RTCC_INTERNAL, RTCC_DIV_128 );
enable_interrupts(INT_RTCC);
enable_interrupts(GLOBAL);
set_adc_channel(0);
lcd_init();
}
void lcd_puts(char *texto){
int8 longitud_cadena,contador;
for(longitud_cadena=0 ; texto[longitud_cadena] ; longitud_cadena++);
for(contador=0 ; contador < longitud_cadena ; contador++)
lcd_putc(texto[contador]);
}
```

4.9 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO CA

Todos los materiales y procedimientos de diseño e instalación relacionados con la parte eléctrica de los proyectos deben cumplir el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (RBT) e Instrucciones Técnicas Complementarias del Ministerio de Industria y Energía (MIE).

La alimentación del equipo será de corriente alterna 220V y con un consumo máximo de 5,5KW correspondiente a los 4Kw que serán consumidos cuando funcione el calefactor de la caldera y los 1,5Kw que serán consumidos cuando se encienda la plancha.

El sistema tiene a la entrada un interruptor bipolar con capacidad de corte de 35 A y estará protegido con un fusible de 30A.

La sección del conductor de alimentación general será de 6mm.

Debido al consumo del calefactor y la plancha (4,5Kw y 1,5Kw respectivamente) se han montado dos contactores con un poder de corte de 30 A (R1 y R2 Plano apartado 3.2), controlado por los relés RL2 y RL3 del modulo de control respectivamente.

La sección del circuito de la resistencia de caldera es de 4mm y la sección del elemento de planchado es de 1,5mm. La sección de los conductores que alimentan el modulo de control y las bobinas de los relés R1 y R2 del centrado de planchado es de 1mm.

4.10 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO CC

La fuente de alimentación de corriente continua montada en el circuito de control del centrado de planchado es de los tipos serie con unas características adecuadas para alimentar el circuito electrónico con especificaciones digitales.

El diseño de la fuente de alimentación estabilizadas mediante reguladores integrados monolíticos (reguladores fijos) concretamente para 1A de salida y con un encapsulado del tipo TO-220 y con unas tensiones de salida estándar 12 y 5V que refrigerados nos proporcionan una corriente máxima de 1A. Los dos reguladores LM7812 y LM7805 puestos en serie nos proporcionan las dos tensiones estabilizadas que utilizamos en la placa circuito de control y modulo LCD.

La tensión de entrada del primer regulador LM7812 debe de ser como mínimo de 15Vcc, 3V superior a la tensión nominal del regulador teniendo que ser la tensión del secundario mínima de 15V ó mayor.

El transformador de alimentación debe de ser, un transformador separador, esto quiere decir, que ha de disponer por seguridad, de dos devanados separados galvánicamente (eléctricamente).

La tensión de entrada es de 220Vca y una salida en vacío de 15Vca y una intensidad de 1 A en la salida, el circuito de entrada de 220Vca está protegido por un fusible de 80mA incorporado este sobre la placa de circuito de control.

El rectificador utilizado es del tipo puente de onda completa para minimizar el rizado y debe de ser adecuado a la potencia de trabajo. Se ha empleado un condensador electrolítico de 2200uF C3 para alisar la corriente continua a la salida del rectificador.

Al poner los dos reguladores de tensión U2 y U1 (7812 y 7805) obtenemos las dos tensiones de trabajo de la circuitería de este centrado de planchado

4.11 TUBERÍAS

Para la circulación del agua, se seleccionará el tipo de tubería en función de la presión hidrostática que tengan que soportar, es decir, a la presión máxima de trabajo a la que podrá soportar la tubería a una determinada temperatura.

Para la conexión entre depósito de agua y calderín se optará por el polietileno (PE), más concretamente del tipo PE100 empleado en conducción de agua no potable y saneamiento a presión en base a la norma UNE EN 13244.

Sus ventajas frente a otros tubos tradicionales:

- Durabilidad

Entre éstas, cabe citar como una de las más significativas su gran durabilidad: se considera vida útil del tubo de PE un periodo de 50 años como mínimo.

- Toxicidad

Además de su larga vida útil, los tubos de PE son totalmente insolubles, inodoros, insípidos, inertes y atóxicos. Estas características hacen del PE un material idóneo para la conducción de agua potable.

- Resistencia

El polietileno es resistente a la corrosión y a la mayor parte de los agentes químicos.

- Baja pérdida de carga

Debido a la superficie lisa de los tubos de PE, la pérdida de carga por rozamiento es casi nula con respecto a otros materiales.

- Flexibilidad y elasticidad

Significa una gran ventaja para las instalaciones de redes de conducción, dado que facilita los trazados más sinuosos. Así mismo, debido a su gran elasticidad y flexibilidad, la resistencia al golpe de ariete de las tuberías de PE aumenta considerablemente respecto a otros materiales rígidos

- Insensibles a la congelación

La gran capacidad como aislante de los tubos de PE hace que los mismos tengan una gran resistencia a la congelación. En el caso de que el agua se hiele en el interior del tubo, el aumento del volumen no provocará la rotura del tubo debido a la flexibilidad del mismo.

- Grandes longitudes

La flexibilidad del tubo de PE hace posible la fabricación y suministro del mismo en grandes longitudes.

- Fácil instalación

Además del tendido convencional, y apertura de zanja, los tubos de PE pueden ser instalados por diversos sistemas, como son el arado topo, entubados (relining) en tubos ya existentes, instalación sin apertura de zanja, etc

- Ausencia de sedimentos e incrustaciones

Las paredes lisas del PE hacen imposible el depósito de algas u otro tipo de incrustaciones o adherencias. Ello significa que el tubo de PE mantiene constante durante años el diámetro interior del tubo

- Ligeros

El fácil manejo de los tubos PE, debido a su poco peso, supone una gran ventaja para la instalación en zonas difíciles.

Según el “Reglamento de Aparatos a Presión”, ITC-AP2, artículo 5, se utilizarán tuberías de acero u otro material adecuando en el caso de tuberías de vapor en calderas.

En este caso para conducir el vapor del calderín a la plancha se usarán tuberías de poliuretano de alta temperatura.

Algunas de sus características son:

- Muy buena resistencia al calor (mejor que el TPE y Neopreno comparables)
- Altamente resistente a la abrasión (resistencia a la abrasión aprox. 2,5 - 5 veces mejor que la mayoría de los materiales de goma y aprox. 3 - 4 veces mejor que la mayoría de los PVCs blandos)
- Interior liso
- Técnicamente optimizada al flujo
- Flexible con bajo peso
- Resistencia incrementada a la presión y al vacío
- Alta resistencia a la tracción y al desgarre
- Buena resistencia a los productos químicos
- Buena resistencia a los rayos UV y al ozono

4.12 TRATAMIENTO DEL AGUA

El uso industrial del agua lleva consigo problemas de incrustación, de corrosión y de contaminación biológica.

Los principales problemas debidos a las incrustaciones y demás depósitos son la reducción del diámetro de las tuberías, la disminución de la transferencia de calor, el origen de corrosiones localizadas y en general un aumento de los costes de mantenimiento de las instalaciones.

El agua en general procede de los ríos, lagos, pozos, y aguas lluvias. Por la misma índole de su procedencia no se puede evitar que ella arrastre y disuelva impurezas que la hacen inapta para el consumo humano y también industrial. Como el agua es un compuesto que contiene impurezas, para poder ocupar esta agua natural en la caldera debe someterse a diferentes procesos y de esta manera conseguir cumplir, como mínimo, con las siguientes condiciones:

- a). - Debe ser clara, con la turbidez menor a 10 ppm. Cuando esta turbidez es superior, debe ser sometida a filtración.
- b). - Debe estar totalmente exenta de dureza no carbónica.
- c). - La dureza total no debe exceder de 35 ppm.
- d). - Debe estar prácticamente exenta de aceites.
- e). - Debe estar prácticamente exenta de oxígeno.
- f). - Debe contener un bajo contenido de sílice.

El objetivo principal de los tratamientos es reducir y evitar los principales problemas asociados a la generación de vapor. Para conseguir estos objetivos, el agua de aporte suele someterse a un tratamiento externo que reduzca la presencia de contaminantes a un nivel conveniente. Para contrarrestar el efecto de los contaminantes residuales, se añaden además los aditivos químicos apropiados.

Sobre la base de las recomendaciones de la Norma Británica BS-2486, la ABMA (American Boiler Manufacturing Association) y el TÜV, se han preparado las siguientes tablas que muestran los requerimientos que deberán satisfacer el agua de alimentación y el agua de una caldera para prevenir incrustaciones y corrosión en calderas de baja presión (hasta 10 bar).

PARÁMETRO	VALOR REQUERIDO
Dureza total	< 2 ppm
Contenido de oxígeno	< 8 ppb
Dióxido de carbono	< 25 mg/l
Contenido total de hierro	< 0,05 mg/l
Contenido total de cobre	< 0,01 mg/l
Alcalinidad total	< 25 ppm
Contenido de aceite	< 1 mg/l
pH a 25 °C	8.5 – 9.5
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Tabla n°1: Requerimientos agua alimentación calderas vapor según BS 2486.

PARÁMETRO	VALOR RECOMENDADO
pH a 25 °C	10.5 - 11,8
Alcalinidad Total CaCO ₃	< 700 ppm
Alcalinidad Cáustica	> 350 ppm
Secuestrantes de Oxígeno:	
□ Sulfito de Sodio	30 – 70 ppm
□ Hidrazina	0.1 – 10 ppm
□ Taninos	120 – 180 ppm
□ Dietilhidroxilamina	0.1 – 1.0 ppm (en agua alimentación)
Fosfato Na ₃ PO ₄	30 - 60 mg/l
Hierro	< 3.0 ppm
Sílice	150 ppm
Sólidos disueltos	< 3500 ppm
Sólidos en suspensión	< 200 ppm
Conductividad	< 7000 uS/cm
Condición general	Incoloro, claro y libre de agentes insolubles.

Tabla n°2: Requerimientos agua caldera según BS 2486.

5. PRESUPUESTO

5.1 COMPONENTES MODULO DE CONTROL

CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Microprocesador PIC 16F877	6,23	6,23
1	Circuito integrado LM239	1,36	1,36
1	Cirucito integrado ULN2001A	1,97	1,97
2	Relé 12V 16A	6,85	13,7
1	Transformador 15V 2A	13,56	13,56
1	Portafusibles zócalo impreso	0,8	0,8
1	Fusible 80mA	0,2	0,2
1	Rectificador 2A	3,28	3,28
1	Condensador electrolítico 2200uF 25V	0,78	0,78
2	Condensador electrolítico 10uF 25V	0,21	0,42
2	Condensador cerámico 100kF	0,11	0,22
1	Condensador cerámico 0,47kF	0,15	0,15
2	Codensador cerámico 27pF	0,1	0,2
2	Zócalo para relés	1,2	2,4
2	Diodo 1N4007	0,37	0,74
1	Cristal de 20NHZ	4,11	4,11
6	Resistencia 330	0,03	0,18
1	Resistencia 180	0,03	0,03
1	Resistencia 10K	0,03	0,03
2	Regleta 2 bornas 4mm	2,99	5,98
4	Regleta 2 bornas 1mm	1,88	7,52
3	Regleta 3 bornas 1mm	2,09	6,27
1	Conector 16 pines hembra	0,78	0,78
1	Conector 16 pines macho	0,89	0,89
1	Placa circuito impreso	8,65	8,65
		Total	80,45

5.2 COMPONENTES INDICADORES VISUALES

CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Display LCD 16x4 HD44780	32,85	32,85
2	Led verde	0,82	1,64
2	Led rojo	0,91	1,82
1	Led amarillo	0,82	0,82
1	Conector 16 pines macho	0,89	0,89
1	Conector 16 pines hembra	0,78	0,78
1	Resistencia ajustable 10K	1,56	1,56
1	Placa circuito impreso	5,2	5,2
		Total	45,56

5.3 COMPONENTES CENTRO DE PLANCHADO

CANTIDAD	CONCEPTO	PRECIO UNITARIO	TOTAL
1	Depósito 6 litros	45,8	45,8
1	Bomba de agua	122	122
5	Manguito	2,34	11,7
1	Caldera 6 litros	195	195
1	Calefactor caldera	18,78	18,78
1	Válvula seguridad	23,3	23,3
1	Electroválvula	46,8	46,8
1	Sensor de caudal	18,22	18,22
2	Sensor de nivel	15,1	30,2
1	Base de fusible porcelana 40A	18,2	18,2
1	Interruptor general 40A	21	21
1	Plancha con resistencia 1,5kW	135,95	135,95
1	Contactador bipolar 40A 220V	25,35	25,35
		Total	712,3

5.4 PRESUPUESTO TOTAL

$$80,45 + 45,56 + 712,3 = 838,31$$

La suma total de componentes asciende a 838,31 €

6. BIBLIOGRAFÍA

- Repositorio de proyectos biblioteca de la UPCT.
- Rashid M. H, Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Editorial Prentice Hall, 1993.
- Daniel W. Hart, Electrónica de Potencia. Editorial Prentice Hall, 2005.
- Norbert R. Malik, Circuitos Electrónicos (Análisis, simulación y diseño). Editorial Prentice Hall, 1996.
- Ramón Pallas Areny. Sensores y Acondicionadores de Señal. Editorial Marcombo, 1998.
- Microcontrolador PIC 16F87X, Ed. Mc Graw Hill.
- Creación de nuevos componentes para Orcad, Ed. Marombo, Miguel Pareja Aparicio.
- El amplificador operacional, Ed. Marombo, Julio Forcada.
- Apuntes propio de clase.

Websites:

- Universidad de Cartagena: <http://www.upct.es>
- Colegio Ingenieros Técnicos: <http://www.coitirm.es>
- Ebay: <http://www.ebay.es>
- Universidad de Barcelona: <http://www.ub.edu>
- Universidad de Madrid: <http://www.upm.es>
- Universidad de Valencia: www.upv.es
- Foros de electrónica: www.forosdeelectronica.com
- PCB's caseros: <http://ladecadence.net>
- Bibliotecas para Orcad Family: <http://www.cadence.com>
- Web electrónica: <http://es.edaboard.com>
- Web electrónica: <http://www.tuelectronica.es>
- Web electrónica: <http://www.coolmod.com>
- Web electrónica: <http://www.elektrokit.com>
- Diversas webs de fabricantes y distribuidores.