

Proyecto General Fin de Carrera

Diseño de la tarjeta de control de un sistema
de planchado industrial.

Centro: Universidad Politécnica de Cartagena

Titulación: Ingeniería Técnica

Especialidad: Electrónica Industrial

Alumno: Esther Conesa García

Director: Pedro Díaz Hernández

Año: 2011 - 2012



ÍNDICE

1.	PLIEGO DE CONDICIONES.....	2 a 5
2.	MEMORIA.....	6 a 10
3.	CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS.....	11 a 18
4.	NIVEL EN EL DEPÓSITO.....	19 a 25
5.	CONTROL DE LA BOMBA.....	26 a 32
6.	CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR.....	33 a 38
7.	CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN.....	39 a 43
8.	ELEMENTO DE PLANCHADO	44 a 51
9.	TRATAMIENTO DEL AGUA	52 a 56
10.	CONTROL DE LA PANTALLA LCD	57 a 70
11.	CONTROL DEL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	71 a 76
12.	DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES.....	77 a 78
13.	REGLAMENTO DE SISTEMAS A PRESIÓN.....	79 a 83
14.	PRESUPUESTO DEL PROYECTO.....	84 a 89
15.	PLACAS.....	90 a 116
16.	BIBLIOGRAFÍA.....	117 a 117

1. PLIEGO DE CONDICIONES

1.1 SISTEMA DE PLANCHADO

Este proyecto fin de carrera se basa en el diseño de 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.

1.2 PLANCHA

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.

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.

1.3 GENERACIÓN DE VAPOR

La generación de vapor se realizará por medio del calentamiento del agua a altas temperaturas a través de un elemento calefactor.

El agua utilizada deberá pasar por varios tratamientos para asegurar su calidad y, por lo tanto, evitar problemas futuros.

Este sistema de planchado cumplirá con la normativa correspondiente de los generadores de vapor y calderas.

1.4 SEGURIDAD DEL SISTEMA DE PLANCHADO

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.

1.5 PROTECCIÓN DEL USUARIO

El sistema de planchado cumple con la normativa vigente de protección contra el contacto directo del usuario con las partes de temperatura y presión elevadas. Los materiales utilizados tanto en la caldera como el en calderín son resistentes y buenos aislantes térmicos, proporcionando en el exterior una temperatura adecuada y segura para los usuarios.

En lo referente al control del sistema, las partes de tensión elevada no van a estar al alcance del usuario, ya sea por su localización o por uso de aislantes. El usuario únicamente podrá acceder al pulsador de accionamiento y detención del sistema, al pulsador de la presión de la plancha y a la pantalla de visualización del estado del sistema.

1.6 MANTENIMIENTO DEL DEPÓSITO Y DEL CALDERÍN

Para mantener las características funcionales de las instalaciones y su seguridad, y conseguir la máxima eficiencia de sus equipos, es preciso realizar las tareas de mantenimiento preventivo y correctivo.

El tratamiento del agua de una caldera de vapor o agua caliente es fundamental para asegurar una larga vida útil libre de problemas operacionales, reparaciones de importancia y accidentes. El objetivo principal del tratamiento de agua es evitar problemas de corrosión e incrustaciones, asegurando la calidad del agua de alimentación y del agua contenida en la caldera.

La forma más eficaz de controlar si el mantenimiento que se efectúa sobre la caldera es el adecuado o no, es someterla a una revisión periódica. Antes de efectuar una inspección o prueba, deberá comprobarse que el sistema está desconectado, que las paredes de la caldera estén frías y que todas las partes accesibles se encuentren secas.

Es de importancia destacar que cuando se desee realizar una limpieza de la caldera, ésta tendrá que someterse previamente a una revisión.

1.7 Registro de las operaciones de mantenimiento.

El mantenedor deberá llevar un registro de las operaciones de mantenimiento, en el que se reflejen los resultados de las tareas realizadas.

El registro podrá realizarse en un libro u hojas de trabajo o mediante mecanizado. En cualquiera de los casos, se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación, debiendo figurar la siguiente información como mínimo:

- el titular de la instalación y la ubicación de ésta.
- el titular del mantenimiento.

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

- el número de orden de la operación en la instalación.
- la fecha de ejecución.
- las operaciones realizadas y el personal que las realizó.
- la lista de materiales sustituidos o repuestos cuando se hayan efectuado operaciones de este tipo
- las observaciones que crean oportunas.

El registro de las operaciones de mantenimiento de cada instalación se hará por duplicado y se entregará una copia al titular de la instalación. Tales documentos deben guardarse al menos durante tres años, contados a partir de la fecha de ejecución de la correspondiente operación de mantenimiento.

2. MEMORIA

1. INTRODUCCIÓN

El objetivo de este Proyecto Fin de Carrera es el de diseñar una tarjeta de control de un sistema de planchado industrial. Este Proyecto constará de varias partes, en las cuales se describirán las características funcionales del sistema de planchado, se representarán los circuitos y cálculos necesarios para llevar a cabo su elaboración, y, finalmente, se dará una solución al problema propuesto, todo ello cumpliendo con la normativa correspondiente.

2. DISPOSITIVOS UTILIZADOS

2.1.1 SENSORES

Sensor de nivel

El sensor de nivel se encargará de controlar el nivel del depósito y del calderín, detectando cuando alcanza el límite preestablecido de agua.

Se podría haber elegido un sensor de nivel de tipo comercial, pero en este proyecto detectaremos el nivel del agua gracias a la variación de presión. Utilizaremos el sensor de presión utilizado es el Trasmisor de Tensión DMP 33. Este razonamiento se basa en que existe una relación entre la densidad y la presión.

Para detectar el nivel del líquido, dispondremos de dos sensores de presión, uno localizado donde nunca entre en contacto con el agua y el otro en el nivel del depósito que se desee. Por este método se sabrá si se ha alcanzado el nivel mínimo del depósito si las señales obtenidas por los sensores de presión son iguales.

Sensor de presión

El sensor de presión utilizado es el Trasmisor de Tensión DMP 33. Éste tiene dos funciones en nuestro sistema:

- Se encargará de regular la presión del interior del calderín. De este sensor depende que, por motivos de seguridad, la presión no exceda de 5 bares.
- Como se comentaba antes, se utilizarán para detectar el nivel de agua del depósito.

En lo referente a la presión, en el caso de que en el calderín se alcance la presión máxima, se activará una válvula de seguridad.

Sensor de Temperatura

Elegir un sensor de temperatura u otro depende del proceso que se está controlando, de los niveles de temperatura que se tienen que medir, y de la sensibilidad que necesitamos.

En este proyecto elegiremos el sensor LM35, el cual nos dará a la salida una tensión proporcional a la entrada captada.

El sensor de temperatura tiene dos funciones en nuestro sistema:

- Controlar la temperatura del calderín.
- Controlar la temperatura del elemento de planchado.

2.1.2 INDICADORES

En este proyecto utilizaremos diversos indicadores para conocer el estado de nuestro sistema.

LED's

Se utilizarán LED's de varios colores para indicar el estado de cada parte del sistema. A continuación clasificamos los colores de cada LED:

- LED VERDE: Indicarán la activación del elemento calefactor de la caldera y del elemento de planchado (L1,L2).
- LED AZUL: Indicará la falta de agua en el depósito (L3).
- LED AMARILLO: Indicará que se ha alcanzado la presión máxima en el calderín (L4).
- LED NARANJA: Indicará que se ha alcanzado la temperatura por el elemento de planchado.
- LED's ROJOS: Son alarmas de las distintas partes del sistema.

PANTALLA LCD

Las pantallas de cristal líquido LCD o display LCD para mensajes (*Liquid Cristal Display*) tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera el sistema.

En este proyecto, elegiremos una pantalla LCD de 4x16 .Se trata de un módulo microcontrolado capaz de representar en 4 líneas de 16 caracteres cada una, las indicaciones del estado del sistema. Para el control de esta pantalla se usará el microcontrolador 16F877, el cual nos permitirá mostrar por pantalla el estado de nuestro sistema.



A continuación clasificamos los posibles mensajes que podrán aparecer en la pantalla LCD utilizada en este proyecto:

- AGUA FALTA: Indica que se ha alcanzado el nivel mínimo de agua en el depósito y que, por lo tanto, debemos suministrarla.
- AGUA OK: Indica que el nivel de agua del depósito es el adecuado.
- T. PLANCHA BAJA: Avisa de que aun no se ha alcanzado la temperatura adecuada de planchado (70°C).
- T. PLANCHA OK: Avisa que se ha alcanzado una temperatura adecuada de planchado y que esta es menor de 120 °C.
- CALEF. FALLA: Indica que el calefactor no ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición del agua (100°C) y, por lo tanto, la producción de vapor del calderín no será correcta.
- CALED.OK: Se ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición (100°C) y por lo tanto, la producción de vapor será correcta.
- PRESIÓN BAJA: Avisa que la presión alcanzada en el calderín es correcta y que , por lo tanto, no se ha activado la válvula de seguridad.
- PRESIÓN OK: Indica que la presión del calderín es la adecuada.

2.1.3 MICROCONTROLADOR

Para este proyecto utilizaremos el microcontrolador PIC16F84, programado en Assembler. 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.

La función de este microcontrolador será la de controlar la pantalla LCD mediante las instrucciones dadas.

También utilizaremos el PIC 16F84 para controlar el accionamiento del sistema.

2.1.4 ACTUADORES

Válvula de seguridad

Es una parte importante del sistema, ya que de ella depende la expulsión de la presión en caso de superar el límite establecido. En este proyecto elegiremos la válvula de seguridad comercial con referencia 309400_VALV. SEG. TEMPERTURA Y PRESION- 1/2" 10BAR.

Electroválvula

La función de la electroválvula será la de controlar el flujo de vapor a través de la tubería que une el calderín con la plancha. Para este proyecto elegiremos una electroválvula de la marca Jefferson, serie 1327. El accionamiento de esta válvula es de tipo manual.

Bomba

La función de la bomba es la de impulsar y transportar el agua del depósito al calderín. La bomba estará controlada por el nivel de agua del calderín. Ésta únicamente se activará cuando el nivel del agua se encuentre por debajo del mínimo propuesto.

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS

3.1 CALDERÍN

3.1.1 AISLAMIENTO TÉRMICO

El aislamiento debe ser estudiado meticulosamente, tanto su composición como su espesor. Un gran espesor de aislante es ideal para obtener una máxima resistencia a la transmisión de calor, aunque esto repercute negativamente sobre el costo de la caldera de manera innecesaria. Para que esto no ocurra se ha de calcular el espesor óptimo de aislante.

Las razones por las que se debe aislar el calderín son:

- Contribuir a que el ambiente de trabajo en las proximidades del calderín sea soportable para los operarios.
- Impedir que las zonas accesibles por el calderín alcancen temperaturas excesivas que pudieran provocar accidentes a los operarios.
- Evitar entradas y salidas de aire incontroladas en las zonas de presión, actuando en este caso a modo de elemento de sellado.
- Disminuir el consumo de energía, reduciendo las pérdidas de calor a través de las paredes del calderín.

Para lograr esto se realiza la siguiente elección de pintura y aislamiento:

- El calderín se pintará exteriormente con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica.
- La envolvente exterior estará recubierta por una manta de lana de vidrio sin aglomerar, con soporte de malla de acero galvanizado, de referencia TELISOL de la marca Isover.
- Esta capa de lana mineral va a su vez recubierta por una envolvente de chapa galvanizada de 1mm de espesor, de tal forma que para una temperatura ambiente de 25°C, la temperatura de la superficie del calderín sea menor de 35°C.

Para conocer el espesor óptimo de aislante, los fabricantes disponen de programas informáticos con los que calcular el espesor más adecuado. En este proyecto, al no disponer de ningún software que realice esta función supondremos un espesor de 50mm del material aislante recientemente nombrado.

Características del aislamiento elegido

1- Descripción

Manta de lana de vidrio sin aglomerar y con soporte de malla de acero galvanizado.

2- Aplicaciones

- Calderas.
- Depósitos.
- Tuberías de gran diámetro.
- Hornos.
- Equipos.

3- La ausencia de aglomerantes evita la aparición de olores en la primera puesta en marcha de los equipos.

4- Reacción al fuego: Clasificación MO (no combustible). Según UNE-23727.

5- Comportamiento al agua: No hidrófilo.

6- Dilatación y contracción: Materialmente totalmente estable.

7- Densidad aproximada: $50\text{Kg}/\text{m}^3$

Para más detalle sobre el aislamiento ver ANEXO (catálogo Isover)

3.1.2 DIMENSIONAMIENTO DEL CALDERÍN

Queremos un calderín que pueda almacenar 5 litros. Para asegurarnos de que esto sea así diseñaremos un calderín con forma de cubo, con un volumen de 8 dm^3 .

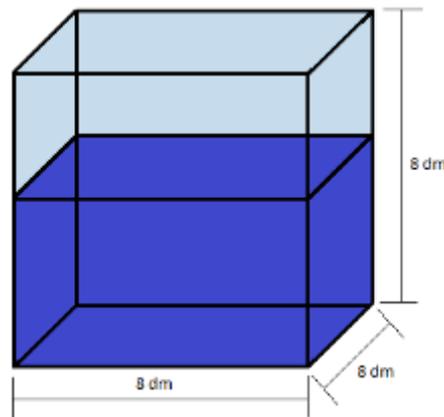


Ilustración 1: Calderín

3.2 TUBERÍAS

Todas las tuberías para servicios a presión se diseñan para resistir una presión hidrostática interna específica. Esta es la presión nominal PN, que indica la máxima presión de trabajo a la cual la línea (sistema) completa puede ser sometida en operación continua a una determinada temperatura. Cuando la tubería es sometida a una presión interna, se induce una tensión hidrostática en la pared de la cañería.

De acuerdo a la normativa ISO, la designación del material se relaciona con el nivel de Resistencia Mínima Requerida, MRS (Minimum Required Strength) que se debe considerar en el diseño de tuberías para la conducción de agua a 20°C , por un tiempo de servicio de al menos 50 años.

3.2.1 Tubería desde depósito de agua al calderín:

En este proyecto, las tuberías que comunicarán el depósito de agua con el calderín serán de polietileno (HDPE), el tipo PE 100. Se ha elegido el polietileno por las siguientes ventajas:

- Es un material liviano.
- Es flexible y resistente.
- Tiene resistencia química
- Es resistente a la abrasión.

Es de importancia destacar que las tuberías de polietileno pueden soportar líquidos y gases a baja temperatura.

Designación del material	MRS a 50 años y 20°C	Tensión de diseño, σ_s
	MP a	MPa
PE 100	10	8,0
PE 80	8	6,3
PE 63	6,3	5,0

Ilustración 2: Tabla de características PE100

En las tuberías a presión hay que tener en cuenta el espesor de la paredes. Este espesor se obtendrá a partir e la siguiente ecuación:

$$e = (PN \cdot D) / (2\sigma_s + PN)$$

Donde:

PN = presión nominal, MPa

D = diámetro externo de la tubería, mm

$$\sigma_s = \text{tensión de diseño, MPa} \rightarrow (1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar} \approx 10 \text{ Kgf/cm}^2)$$

En este proyecto se elegirán tuberías de diámetro externo de 100 mm aproximadamente, por lo tanto, aplicando la ecuación anterior podremos calcular el espesor de la tubería:

$$e = (PN \times 100)/(2 \times 80 + PN)$$

Donde el valor de σ_s lo hemos sacado de la tabla de características del PE100.

Según el Apartado 5 del Artículo 15 de la I.T.C. MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión, sabemos que la bomba, situada en la línea de alimentación de agua, deberá ser capaz de introducir el caudal de agua a una presión superior a un 3% como mínimo a la presión de tarado más elevada de la válvula de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa. Por lo tanto, como la presión e tarado de la válvula es 5 bares, supondremos que la presión nominal (PN) es igual a 5.2 bares aproximadamente.

Una vez conocida la presión nominal en la tubería, se puede conocer el espesor de la tubería:

$$e = (5.2 \times 100)/(2 \times 80 + 5.2) \rightarrow e = 3.14 \text{ mm}$$

Por lo tanto, para la comunicación entre el calderín y el depósito de agua, utilizaremos tuberías de polietileno de 40 mm de diámetro y de espesor 2.14 mm

3.2.2 Tuberías del calderín a la plancha

Como comentábamos anteriormente, las tuberías de polietileno no soportan altas temperaturas, por lo que no serán las adecuadas para comunicar el vapor que suministra el calderín a la plancha.

En este caso utilizaremos tuberías de polipropileno. Éste material presenta diversas características:

- En primer lugar, destaca su alta resistencia a las temperaturas extremas, y al impacto, lo que le otorga la ventaja de ser un material de larga vida.
- Las tuberías fabricadas de este material son inalterables ante la corrosión y los productos químicos.
- Se caracteriza por ser un buen aislante del calor.
- Son tuberías de fácil colocación, flexibles.
- La soldadura en este tipo de tuberías es producida por medio de fusión, lo cual hace que la tubería sea de una única pieza, sin juntas.

Para la comunicación entre el calderín y la plancha elegiremos una tubería de polipropileno de diámetro 40 mm y con un espesor de 3.14 mm aproximadamente.

3.3 DEPÓSITO DE AGUA

Al igual que el calderín, el depósito debe poder almacenar 5 litros de agua. Para asegurarnos de que esto sea posible, diseñaremos un depósito con forma de cubo, con un volumen de 8 dm^3 .

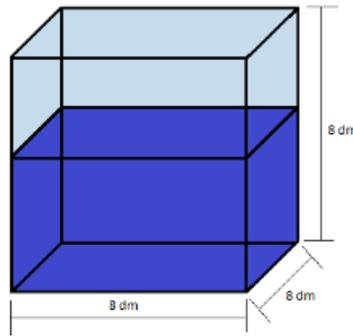


Ilustración 3: Depósito de Agua

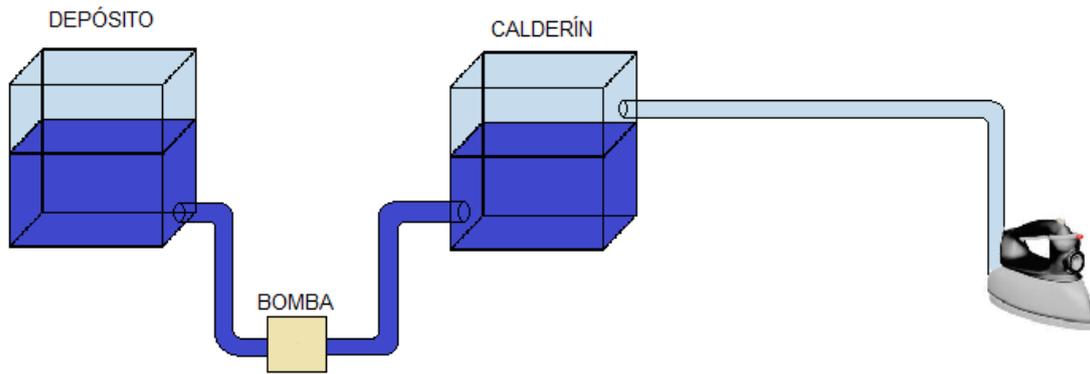
El depósito del agua será de acero inoxidable debido a su resistencia ante la corrosión. El calderín se pintará exteriormente con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica.

3.3.1 AISLAMIENTO TÉRMICO

El agua del depósito tendrá una temperatura considerable debido a su tratamiento inicial, por lo tanto, el aislamiento térmico será de gran importancia a la hora de diseñar el depósito de agua. Para ello se realiza la siguiente elección de pintura y aislamiento:

- El depósito se pintará exteriormente con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica.
- La envolvente exterior estará recubierta por una manta de lana de vidrio sin aglomerar, con soporte de malla de acero galvanizado, de referencia TELISOL de la marca Isover.
- Esta capa de lana mineral va a su vez recubierta por una envolvente de chapa galvanizada de 1mm de espesor, de tal forma que para una temperatura ambiente de 25°C, la temperatura de la superficie del calderín sea menor de 35°C.

Las características del aislamiento han sido mencionadas anteriormente.



4. NIVEL EN EL DEPÓSITO

4.1 SENSOR DE NIVEL

El sensor de nivel se encargará de controlar el nivel de agua en el depósito.

Existe gran variedad de sensores de nivel de tipo comercial, pero en este proyecto se ideará un sensor de nivel mediante sensores de presión. Esto se basará en que la presión que existe debajo del agua no será la misma que la presión que existe fuera de ella.

Según el Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1, el nivel mínimo del agua en el interior de una caldera debe mantenerse por lo menos 70 milímetros más alto que el punto más elevado de la superficie de calefacción. Para cumplir esta condición situaremos nuestro nivel mínimo a 70 milímetros de la base del calderín.

Por lo tanto, para controlar el nivel mínimo de agua, utilizaremos dos sensores de presión, uno situado fuera del agua y otro situado a 70 milímetros de la base del calderín. La función de estos sensores será comentada a continuación.

4.1.1 SENSOR DE PRESIÓN EN AIRE

Se le ha llamado “Sensor de Presión en Aire” (SPA) al sensor situado fuera del agua. Este sensor de presión captará la presión del aire dentro del depósito. Para que éste nunca entre en contacto con el agua, lo situaremos en la parte más elevada del calderín.

Circuito “SPA”

A continuación se muestra el circuito del “Sensor de Presión en Aire” (SPA):

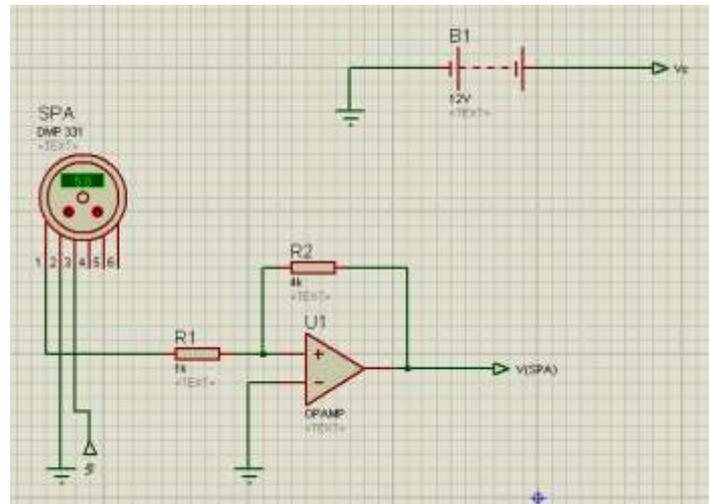


Ilustración 4: Sensor Presión Aire

FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO “SPA”

Como se comentaba anteriormente, se ha utilizado un sensor de presión para medir la presión del aire en el interior del calderín. Al igual que en el capítulo anterior, utilizaremos el sensor DMP 331 para llevarlo a cabo. El sensor DMP 331 nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Tiene un rango de medición entre 0 y 40 bares, y un rango de salida entre 0 y 10 V. Este sensor de presión estará alimentado con 12 Voltios, tal como se indica en su hoja de características.

Tomaremos como referencia 5 bares de presión que, como comentábamos anteriormente, es la presión máxima que se debe alcanzar en el calderín. A esa presión obtendríamos una tensión de salida de 1.25V aproximadamente, ya que la salida de este sensor es lineal.

Para trabajar con mayor comodidad, llevaremos la salida del sensor de presión a un amplificador operacional (U1). Los datos de este amplificador son:

$$V_{SPA} = -(R_2/R_1) \cdot V_{IN,U1}$$

Donde $V_{IN,U1}$ es la salida del sensor SPA. Queremos que a 5 bares de presión la salida sea 5V, por lo tanto, suponiendo un R_1 igual a $1k\Omega$:

$$R_2 = (5 \times 1000)/1.25 \quad \rightarrow \quad R_2 = 4K\Omega$$

Finalmente obtendremos V_{SPA} , la cual será comparada con la salida del sensor de presión que se encuentra en contacto con el agua.

4.1.2 SENSOR DE PRESIÓN EN AGUA

Se le ha llamado “Sensor de Presión en Agua” (SPAG) al sensor que se encuentra en contacto con el agua. Este sensor de presión captará la presión del agua que hay dentro del depósito.

Se ha de tener en cuenta que, para cumplir el Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1, situaremos el nivel mínimo de agua a 70 milímetros de la base del calderín. Por lo tanto situaremos el sensor “SPAG” a esa distancia.

Circuito “SPAG”

A continuación se muestra el circuito del “Sensor de Presión del Agua” (SPAG):

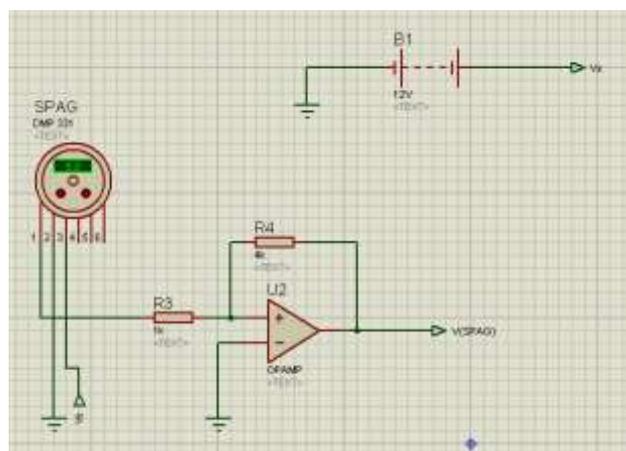


Ilustración 5: Sensor Presión Agua

FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO “SPAG”

Al igual que para el sensor “SPA”, utilizaremos el sensor de presión DMP 331, el cual nos devolverá una salida proporcional a la presión captada. Como se comentaba anteriormente, este tiene un rango de medición de 0 a 40 bares y un rango de salida de 0 a 10 V, por lo tanto, a 5 bares obtendremos una tensión de salida de 1.25V aproximadamente. Tomamos una misma presión de referencia (5 bares) en los dos sensores de presión para que la comparación entre sensores de presión sea fiable. El sensor DMP 331 estará alimentado a una tensión de 12V, tal como indica su hoja de características.

Para trabajar con mayor comodidad, llevaremos la salida del sensor de presión a un amplificador operacional (U2). Los datos de este amplificador son:

$$V_{SPAG} = -(R_4/R_3) \cdot V_{IN,U2}$$

Donde $V_{IN,U2}$ es la salida del sensor SPAG. Queremos que a 5 bares de presión la salida sea 5V, por lo tanto, suponiendo un R_3 igual a 1k :

$$R_4 = (5 \times 1000)/1.25 \quad \rightarrow \quad R_4 = 4K\Omega$$

Finalmente obtendremos V_{SPAG} , la cual será comparada con la tensión V_{SPA} .

4.1.3 COMPARACIÓN ENTRE “SPA” Y “SPAG”

Para llevar a cabo la comparación de las salidas de ambos sensores de presión utilizaremos un comparador (U3). La función del comparador es:

- Cuando la tensión V_{SPA} sea mayor que la tensión V_{SPAG} , la salida del comparador será +15V.
- Cuando la tensión V_{SPA} sea menor que la tensión V_{SPAG} , la salida del comparador será -15V.
- Cuando la tensión V_{SPA} sea igual que la tensión V_{SPAG} , la salida del comparador será 0V.

Cuando las tensiones V_{SPA} y V_{SPAG} son distintas, significa que una esta en el interior del agua y otra fuera de ella, y que, por lo tanto, no se ha alcanzado el

nivel mínimo de agua. Sin embargo, si ambas tensiones son iguales, nos indicará que la presión medida es la misma y que, por lo tanto, ambos sensores se encuentran fuera del agua, detectando así que se ha alcanzado el nivel mínimo de líquido en el depósito.

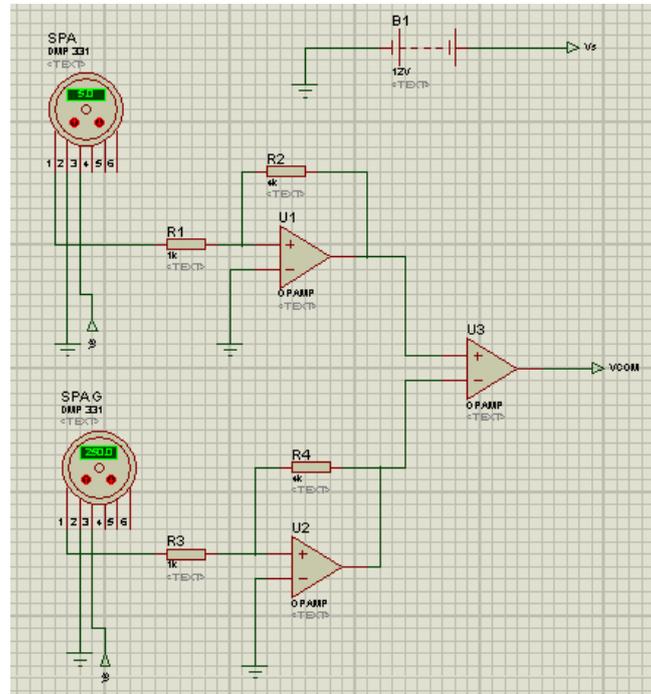


Ilustración 6: Comparación de las salidas de los sensores

Para trabajar con más comodidad, a la salida de este comparador (V_{COM}), añadiremos un amplificador operacional. Los datos de este amplificador son:

$$V_{OUT,U5} = -(R_6/R_5) \cdot V_{COM}$$

, donde sabemos que V_{COM} solo puede tomar tres posibles valores: +15V, -15V y 0V.

Tenemos que tener en cuenta que si deseamos obtener a la salida únicamente dos posibles tensiones (+5V y 0V), tendremos que añadir un diodo, el cual tiene una caída de tensión (0.7V aproximadamente). Por lo tanto, a la salida del amplificador ($V_{OUT,U5}$)

$$V_{OUT,U5} = 5V + 0.7V \rightarrow V_{OUT,U5} = 5.7V$$

Para obtener esta salida, las características del amplificador deberán ser las siguientes:

$$R_4 = (5.7 \times 1000)/15 \rightarrow R_4 = 380 \Omega$$

Finalmente, podemos obtener dos salidas (V_{AGUA}) posibles en este circuito:

- +5V: Las salidas de los sensores son distintas y, por lo tanto, el nivel de agua es correcto.
- 0V: Las salidas de los sensores son iguales y, por lo tanto, el nivel de agua está por debajo de 70mm.

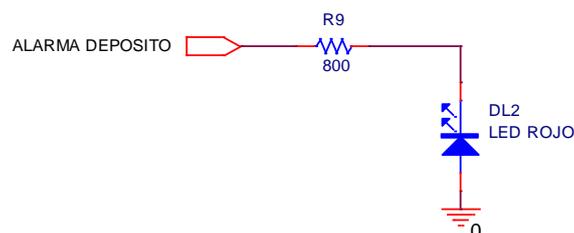
4.1.4 ALARMA DEL CIRCUITO DETECTOR DE NIVEL

Esta parte del proyecto se ha basado en la relación entre la presión y densidad del aire y del agua. Sabemos que el agua, al tener más densidad que el aire, ejercerá más presión sobre las paredes del calderín.

- Densidad del agua: $1 \times 10^3 \rho(kg/m^3)$
- Densidad del aire: $1.29 \rho(kg/m^3)$

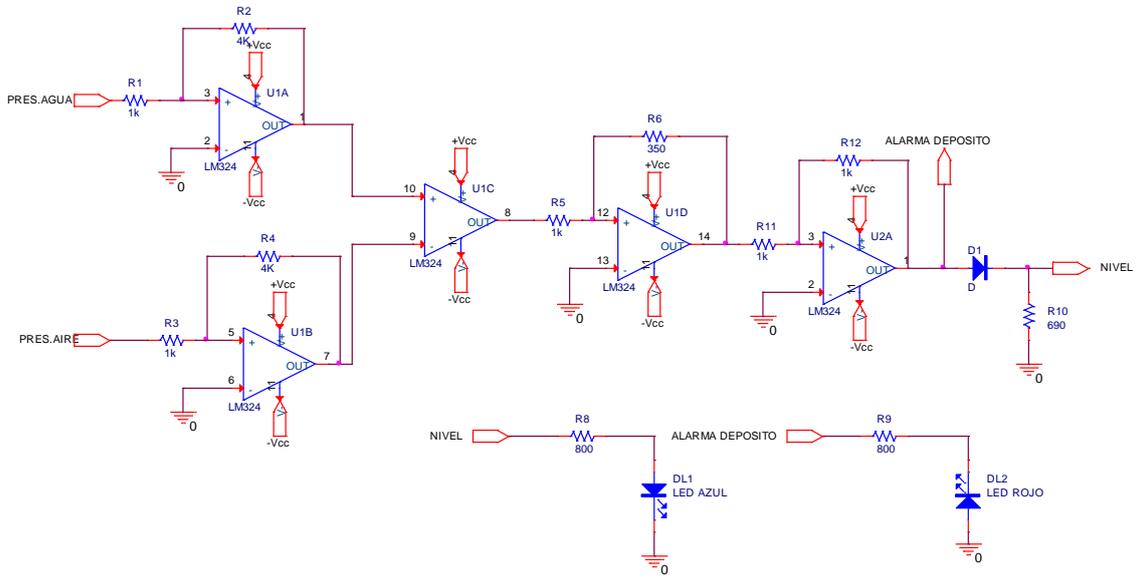
Estas densidades han sido tomadas a temperatura ambiente, ya que la densidad depende de factores ambientales, incluyendo la temperatura y la presión. Por esta razón, la presión captada en el interior del agua del depósito deberá ser siempre mayor a la presión captada fuera de ella.

En el caso de que en este sistema, el sensor de presión del agua detectara menos presión que el que se encuentra fuera de ella, saltaría una alarma luminosa (LED ROJO).



4.2 CIRCUITO DEL DETECTOR DE NIVEL

A continuación se muestra el circuito final obtenido:



5. CONTROL DE LA BOMBA

5.1 CONTROL DE LA BOMBA

La función de la bomba es la de transportar el agua del depósito al calderín. Al tratarse de una caldera de nivel definido, el sistema de alimentación de agua será automático.

Dispondremos de un detector de nivel en el calderín, el cual actuará sobre la bomba de alimentación, parándola o poniéndola de nuevo en servicio, según las necesidades, mediante el control de un relé sólido normalmente abierto.

La bomba, situada en la línea de alimentación de agua, deberá ser capaz de introducir el caudal de agua a una presión superior a un 3% como mínimo a la presión de tarado más elevada de la válvula de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa. Todo ello de acuerdo con el Apartado 5 del Artículo 15 de la I.T.C. MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión.

Según la hoja de características de la bomba elegida, el caudal aproximado que suministrará al calderín para presiones medias es de 6 litro/minuto aproximadamente. La tensión de alimentación será de 12V en continua, según su hoja de características.

5.2 DETECTOR DE NIVEL

Como se comentaba anteriormente, el sensor de nivel actuara sobre la bomba de alimentación, parándola o accionándola en función de las necesidades.

A pesar de que existe gran variedad de sensores de nivel de tipo comercial, en este proyecto se ideará un sensor que realice la misma función mediante sensores de presión. El sensor utilizado, al igual que en capítulos anteriores, es el DMP 331, el cual nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión en la entrada.

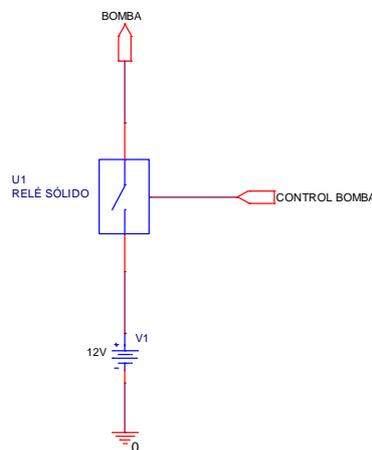
Esta parte del proyecto se ha basado en la relación entre la presión y densidad, ya que el agua, al tener más densidad que el aire, ejercerá más presión sobre las paredes del calderín.

- Densidad del agua: $1 \times 10^3 \rho(kg/m^3)$
- Densidad del aire: $1.29 \rho(kg/m^3)$

Estas densidades son tomadas a temperatura ambiente, ya que la densidad de depende de factores ambientales, incluyendo la temperatura y la presión.

Para poder llevar a cabo la medición del nivel de agua, utilizaremos dos sensores DMP 331. Uno lo situaremos en la parte superior del calderín para que no se encuentre en contacto con el agua, y el otro sensor de presión lo situaremos a 90 mm de la base del calderín, cumpliendo con el Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1, anteriormente comentado.

En la siguiente ilustración se representa de forma esquemática el control de la bomba:



CIRCUITO: DETECTOR DE NIVEL

El sensor utilizado, el DMP 331, tiene un rango de medida entre 0 y 40 bares, y un rango de salida entre 0V y 10V. Este sensor se alimentará con 12 Voltios, tal como exige su hoja de características.

5.2.1 SENSOR DE PRESIÓN FUERA DEL AGUA

Se tomará como referencia de presión 5 bares, ya que es la máxima presión que se podrá alcanzar en el calderín, por lo tanto, se dispondrá de una salida del sensor de 1.25 V aproximadamente.

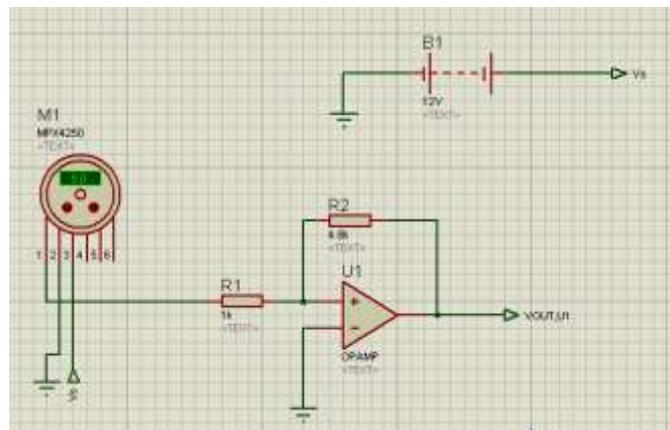
La salida del sensor se llevará a un amplificador operacional. Los datos de este amplificador (U1) son los siguientes:

$$V_{OUT,U1} = -(R_2/R_1) \cdot V_{IN,U1}$$

Donde $V_{IN,U1}$ es la salida del sensor. Queremos que a 5 bares de presión la salida sea 6V, por lo tanto, suponiendo un R_1 igual a 1k :

$$R_2 = (6 \times 1000)/1.25 \quad \rightarrow \quad R_2 = 4.8K\Omega$$

La salida de este amplificador ($V_{OUT,U1}$) la compararemos con la salida del sensor de presión que se encuentra en contacto con el agua.



5.2.2 SENSOR DE PRESIÓN EN CONTACTO CON EL AGUA

Se dispondrá de otro sensor DMP 331 con las mismas características, por lo tanto obtendremos una salida de 1.25 V cuando se alcancen 5 bares de presión. Este sensor siempre deberá captar más presión que el localizado fuera

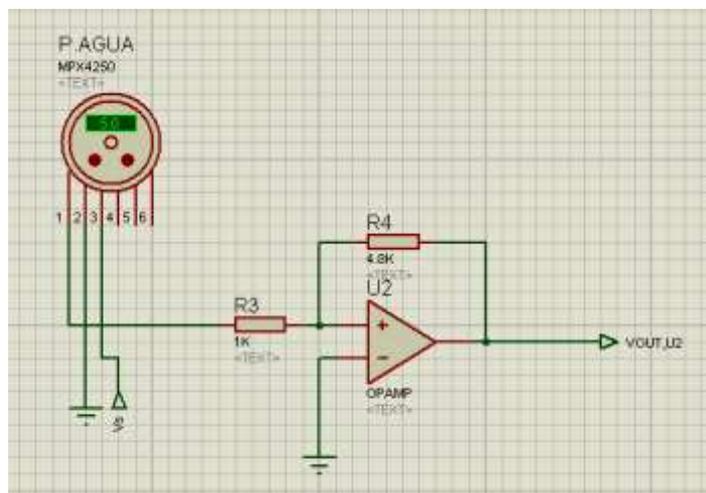
del agua, debido a la relación entre la densidad y la presión comentada anteriormente.

La salida del sensor de llevará a un amplificador operacional (U2). Los datos de este amplificador son:

$$V_{OUT,U2} = -(R_4/R_3) \cdot V_{IN,U2}$$

Donde $V_{IN,U2}$ es la salida del sensor. Queremos que a 5 bares de presión la salida sea 6V, por lo tanto, suponiendo un R_1 igual a 1k :

$$R_4 = (6 \times 1000)/1.25 \quad \rightarrow \quad R_4 = 4.8K\Omega$$



5.2.3 COMPARADOR

A continuación, las dos tensiones obtenidas de los sensores se compararán. Las posibles respuestas del comparador U3 son:

- +15V y -15V: la tensión obtenida del sensor que se encuentra en contacto con el agua es diferente a la tensión obtenida del sensor que no está en contacto con ella.
- 0V: Los dos sensores de presión devuelven la misma presión, por lo tanto se ha alcanzado el nivel mínimo de agua en el calderín.

La salida del comparador -15V no será posible, ya que la presión del agua siempre deberá ser mayor que la del aire. En el caso de que el comparador

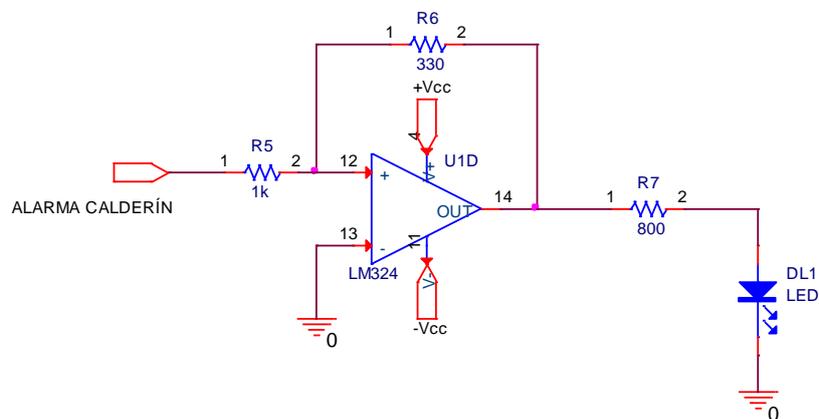
devuelva a la salida -15V se encenderá un LED de color rojo para avisar de la anomalía en el calderín.

Para poder activar este relé de alarma, se añadirá un amplificador operacional con los siguientes datos:

$$V_{ALARMA} = -(R_6/R_5) \cdot V_{IN}$$

, en donde $R_5 = 1k$, por lo tanto:

$$R_9 = (5 \times 1000)/15 \rightarrow R_9 = 333.3 \Omega \rightarrow R_9 = 330 \Omega , \text{ aproximadamente}$$



5.3 ACTIVACIÓN DE LA BOMBA

Como se ha comentado anteriormente, al comparar las dos señales del sensor obtenemos 2 posibles salidas: +15V, 0V. Sin embargo, la activación del relé sólido es de 5V.

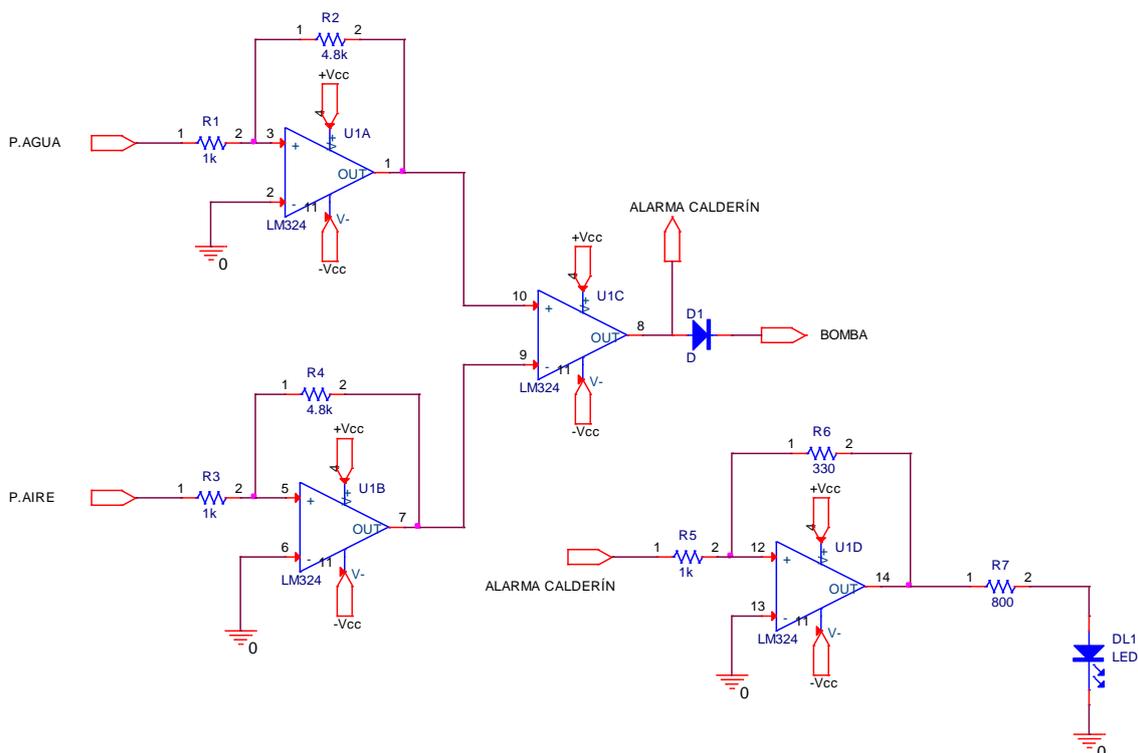
En primer lugar, añadiremos un diodo a la salida del comparador para que filtre la salida. Es decir:

- +15V: La salida del sensor de presión localizado dentro del agua es mayor que el que se encuentra fuera de ella. Por lo tanto, no se ha alcanzado el mínimo de agua en el calderín.

- 0V: La salida de los sensores es igual y, por lo tanto, se ha alcanzado el mínimo de agua en el calderín.

El diodo afectará a la caída de tensión del circuito. Supongamos que la tensión del diodo es 0.7V, por lo tanto:

$$V_{OUT} = 15V - 0.7V \rightarrow V_{OUT} = 14.3V$$



Para conseguir a la salida del circuito 0V cuando el sensor detecta que hay nivel suficiente y +15V cuando el sensor detecte que no hay un nivel de agua, compararemos V_{OUT} con $V_4 = 14.3V$

- Cuando V_4 es mayor que V_{OUT} el comparador devolverá +15V
- Cuando V_4 es igual que V_{OUT} el comparador devolverá 0V

Añadiremos un amplificador operacional para obtener los +5V a la salida que necesita el relé sólido para activarse:

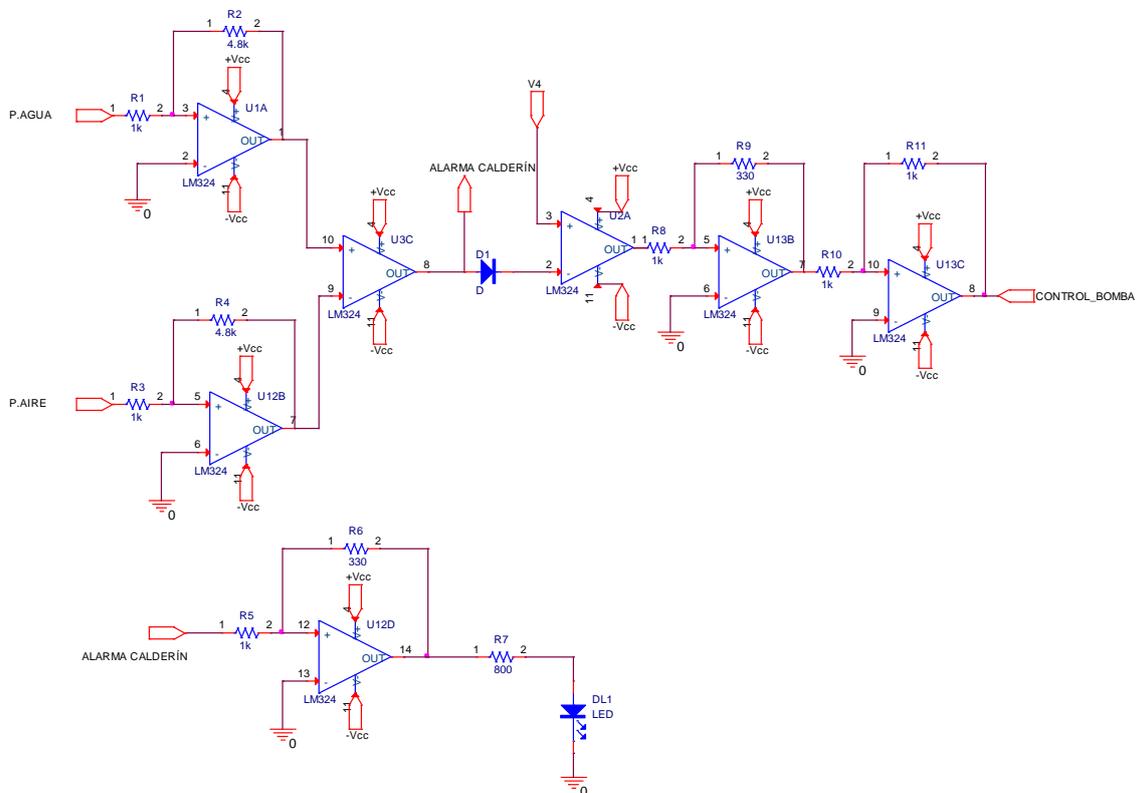
$$V_{BOMBA} = -(R_9/R_8) \cdot V_{IN}$$

Donde $V_{IN,U5}$ es la salida del sensor. Se supondrá un R_1 igual a $1k$:

$$R_9 = (5 \times 1000)/15 \quad \rightarrow \quad R_9 = 330 \Omega , \text{ aproximadamente}$$

Finalmente, como la salida del circuito es negativa, añadiremos otro amplificador operacional con ganancia la unidad.

CIRCUITO: Control de la Bomba



6. CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR

6.1 ELEMENTO CALEFACTOR

La función del calderín es la de producir vapor a presión mediante el calentamiento del agua a alta temperatura. Para llevar esto a cabo, el calderín tendrá en su interior un elemento calefactor.

En este proyecto se ha elegido una pequeña resistencia calefactora Serie RCE 016. El elemento calefactor tendrá que alimentarse con una tensión alterna de 140V, según su hoja de características, y podrá alcanzar una temperatura de hasta 175°C.

Las dimensiones de la resistencia elegida serán adecuadas para introducirlas en el interior del calderín: 45 mm de longitud y 10 mm de diámetro.

6.1.1 Salida del sensor de temperatura

El sensor de temperatura utilizado es el LM35, el cual proporciona 10 mV a la salida por cada grado a la entrada.

Mediante este sensor queremos comprobar el funcionamiento del elemento calefactor. 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

Para trabajar con mayor comodidad se añadirá un amplificador operacional a la salida del sensor. Los datos de este amplificador son

$$V_o = -\left(\frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{IN1}$$

Supondremos una resistencia $R_1 = 1k\Omega$, por lo tanto:

$$R_2 = (5.1000)/1 \quad \rightarrow \quad R_2 = 5 k\Omega$$

Mediante un comparador comprobamos si la temperatura captada por el sensor es correcta o no. La función del comparador será:

- Cuando la temperatura supere los 100°C, el comparador devolverá +15V.
- Cuando la temperatura sea igual a 100°C, el comparador devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor a 100°C, el comparador devolverá -15V.

A la salida de este comparador, añadiremos un diodo, con caída de tensión 0.7V. Este diodo nos servirá para rectificar la salida del comparador, obteniendo:

- Cuando la temperatura supere los 100°C, el comparador devolverá +15V.
- Cuando la temperatura sea igual o menor a 100°C el comparador devolverá 0V.

Como se debe tener en cuenta la caída de tensión del diodo:

$$V_{IN2} = 15V - 0.7V \rightarrow V_{IN2} = 14.3V$$

Se necesitan 5V a la salida de este circuito, ya que es una de las entradas del PIC16F877, por lo tanto añadiremos un amplificador operacional para adaptar la salida. Los datos de este amplificador son:

$$V_{calefactor} = -\left(\frac{R_4}{R_3}\right) \cdot V_{IN2}$$

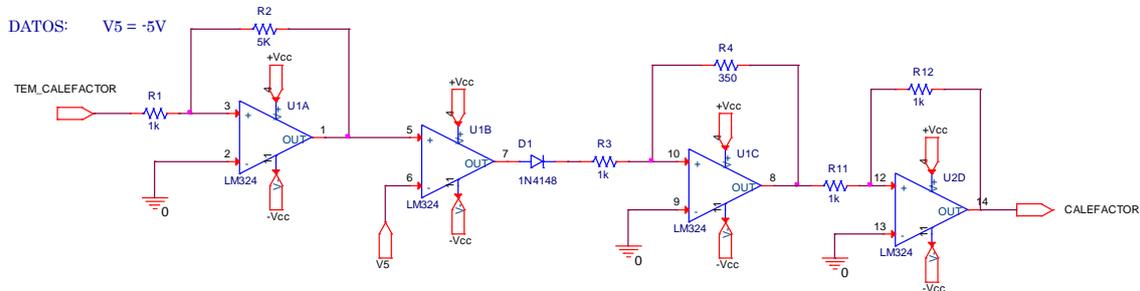
Donde $R_3 = 1 k\Omega$, por lo tanto:

$$R_4 = (5 \cdot 1000) / 14.3 \rightarrow R_4 = 350$$

El circuito resultante cumplirá lo siguiente:

- Cuando la temperatura supere los 100°C, el comparador devolverá +5V (el elemento resistivo funcionará correctamente).

- Cuando la temperatura sea igual o menor a 100°C el comparador devolverá 0V y, por lo tanto, el calefactor no funcionará correctamente.

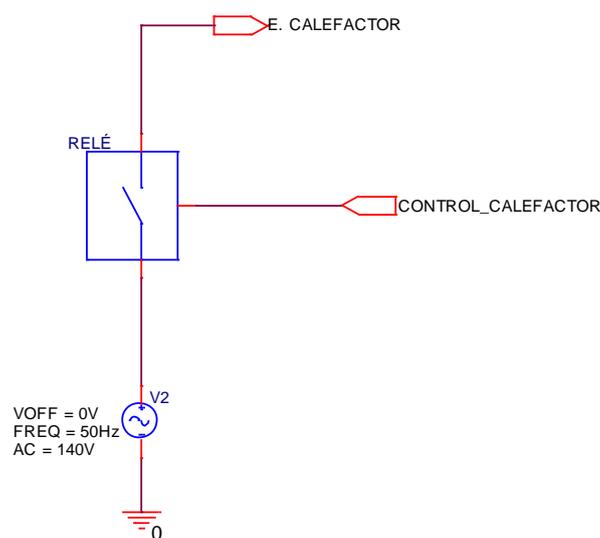


Este circuito se encargará de controlar si la temperatura del calefactor es correcta (mayor de 100°C) o no lo es.

6.2 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN DE LA RESISTENCIA CALEFACTORA:

Como se comentaba anteriormente, la resistencia calefactora tendrá una alimentación de 140V en alterna.

Para controlar el elemento calefactor se utilizará un relé sólido (SSR) normalmente cerrado el cual se activará o desactivará en función de la entrada CONTROL_CALEFACTOR.



La tensión de activación del relé sólido es de 5V según su hoja de características.

6.3 TERMOSTATO

La entrada CONTROL_CALEFACTOR apagará o encenderá el elemento calefactor en función de la temperatura captada. Dispondremos de un sensor LM35 para llevarlo a cabo (sensor de temperatura). Cuando el sensor detecte que se han alcanzado los 130 °C, el relé se abrirá, desactivando el elemento calefactor.

Se desea que a una temperatura de 130°C el elemento calefactor alcance su temperatura máxima y se desconecte. Gracias a la hoja de características de este sensor conocemos que a una temperatura de 130°C, proporcionará una tensión de 1.3V.

Para trabajar con más comodidad añadiremos a la salida del sensor LM35 un amplificador operacional, el cual ampliará la salida a 5V. Sus datos son los siguientes:

$$V_{out} = -\left(\frac{R_6}{R_5}\right) \cdot V_{IN3}$$

Supondremos una resistencia de $R_1 = 1k\Omega$, por lo tanto:

$$R_6 = (5.1000)/1.3 \rightarrow R_6 = 3.8 K\Omega$$

A la salida de este amplificador se añadirá un comparador, el cual realizará la siguiente función:

- Cuando la temperatura sea mayor de 130°C, el comparador devolverá -15V.
- Cuando la temperatura sea igual a 130°C, el comparador devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor a 130 °C, el comparador devolverá +15V.

A la salida del comparador se ha puesto un diodo para rectificar la salida del comparador, por lo tanto:

- Cuando la temperatura sea mayor o igual a 130°C, el comparador devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor que 130°C, el comparador devolverá +15V.

Añadiremos otro amplificador operacional a la salida del comparador, ya que la señal de control del relé sólido puede alimentarse con 5 voltios. Los datos de este amplificador son:

$$V_{CONTROL_CALEFACTOR} = -\left(\frac{R_8}{R_7}\right) \cdot V_{IN2}$$

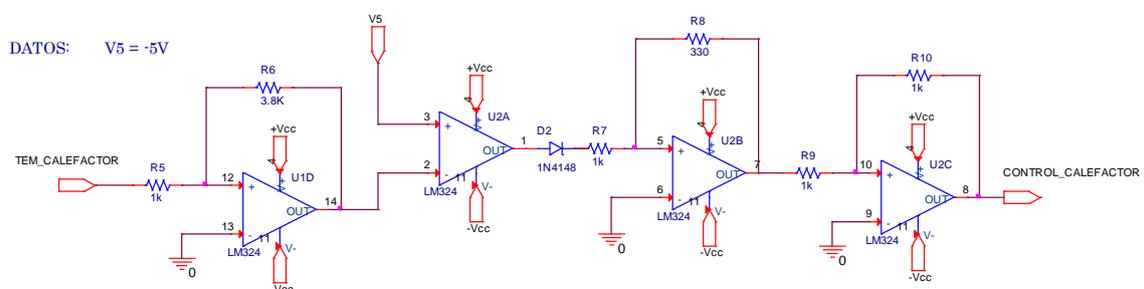
Supondremos una resistencia de $R_1 = 1k\Omega$, por lo tanto:

$$R_8 = (5.1000)/15 \rightarrow R_8 = 333.33 \Omega \rightarrow R_8 = 330 \Omega \text{ Aproximadamente.}$$

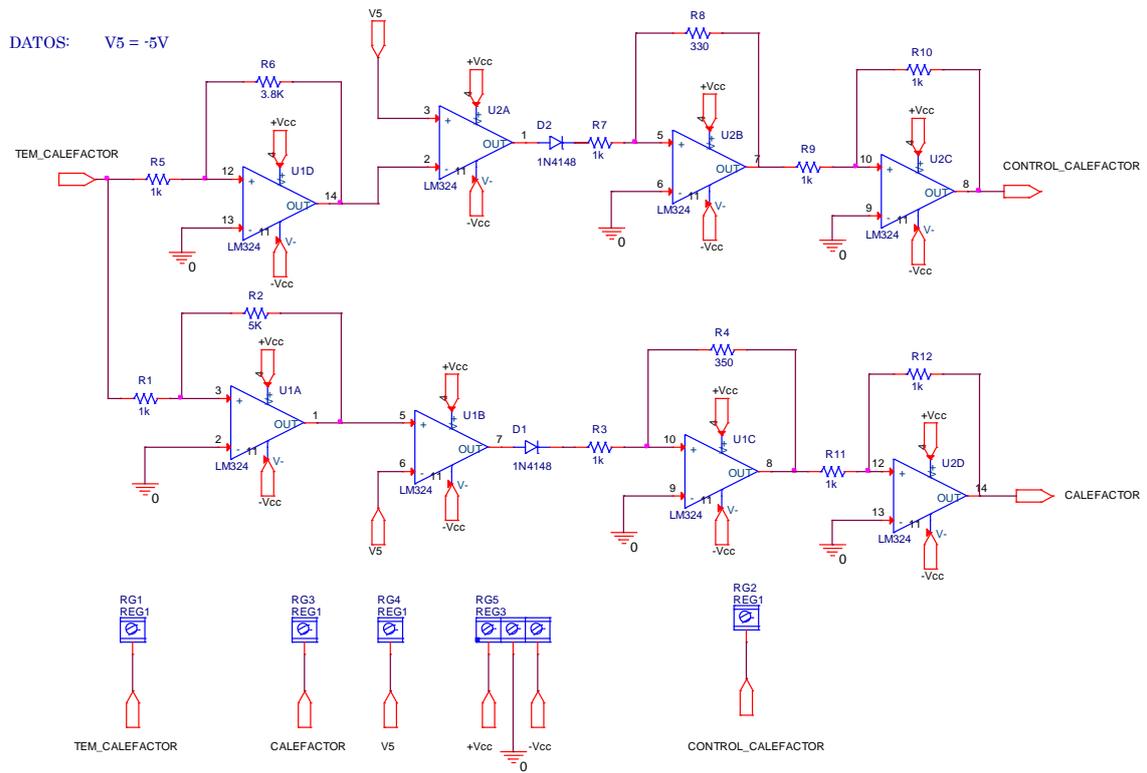
La salida del circuito ($V_{CONTROL_CALEFACTOR}$) quedará de la siguiente forma:

- Cuando la temperatura sea mayor o igual a 130°C, el circuito devolverá 0V.
- Cuando la temperatura sea menor que 130°C, el circuito devolverá +5V.

6.3.1 Circuito de control del termostato



6.4 CIRCUITO FINAL



7. CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN

7.1 PRESOSTATO

Como se ha comentado anteriormente, un presostato es conocido como un interruptor de presión. Es un dispositivo que, en función de la presión obtenida, abre o cierra un circuito.

Los tipos de presostatos varían dependiendo del rango de presión al que pueden ser ajustados, temperatura de trabajo y el tipo de fluido que pueden medir.

En este proyecto no se usará en el circuito un presostato comercial, sino que se creará un dispositivo con la misma función mediante un sensor de presión y varios amplificadores operacionales. El sensor de presión utilizado será el Trasmisor de Tensión DMP 331.

7.1.1 SENSOR DE PRESIÓN

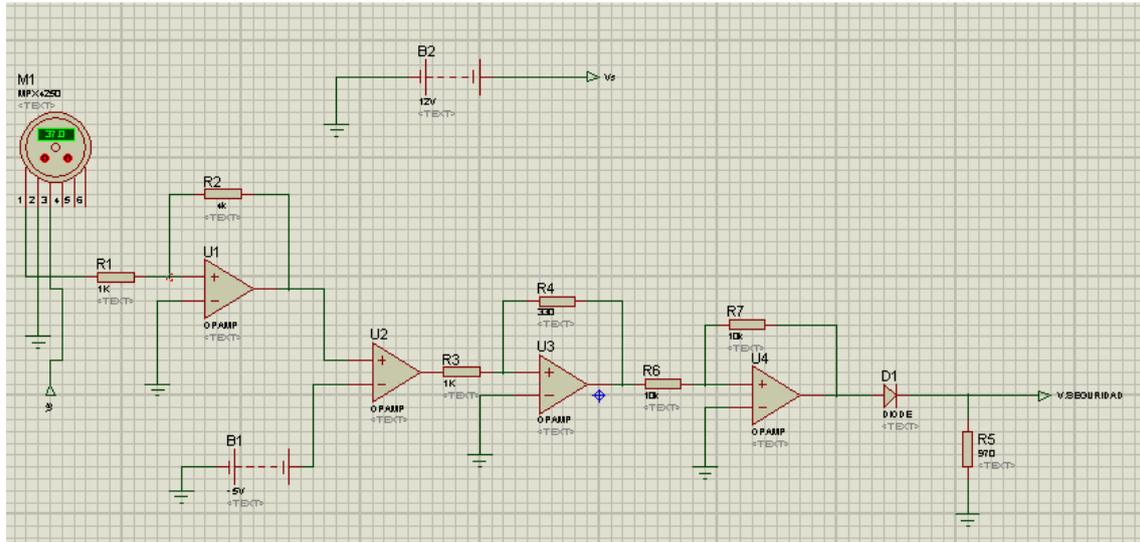
El sensor DMP 331 nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Tiene un rango de medición de 0 a 40 bares y un rango de salida de 0 a 10V, por lo tanto, a 5 bares obtendremos una tensión a la salida de 1.25V aproximadamente, ya que la salida de este sensor es lineal.

7.1.2 VÁLVULA DE SEGURIDAD

La presión nominal de la válvula de seguridad deberá ser superior al 110 % de la presión máxima de servicio, ya que es la que se alcanzará en el interior del equipo, pero preventivamente sería conveniente que fuera, al menos, dos veces la presión máxima de servicio, es decir, que esta soportara como mínimo 10 bares de presión.

En este proyecto elegiremos la válvula de seguridad comercial con referencia 309400_VALV. SEG. TEMPERTURA Y PRESION- 1/2" 10BAR La alimentación de esta válvula es de 0 a 10V.

CIRCUITO



7.2 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO

El sensor de presión se encuentra alimentado a una tensión de 12V, tal y como especifica su hoja de características. Éste produce una tensión de salida proporcional a la entrada. Como decíamos anteriormente, a una presión de 5 bares nos proporcionará una salida de 1.25 V aproximadamente.

En este caso, deseamos que para la presión de 5 bares se active la válvula de seguridad, aliviando así la presión del interior del calderín. Para llevarlo acabo, compararemos la salida del sensor con la tensión correspondiente a los 5 bares.

Para trabajar con más comodidad, adaptaremos la salida del sensor mediante un amplificador operacional (U1). Los datos del amplificador U1 son:

$$V_{OUT,U1} = -(R_2/R_1) \cdot V_{IN,U1}$$

Donde $V_{IN,U1}$ es la salida del sensor. Queremos que a 5 bares de presión la salida sea 5V, por lo tanto, suponiendo un R_1 igual a 1k :

$$R_2 = (5 \times 1000)/1.25 \quad \rightarrow \quad R_2 = 4K\Omega$$

La salida del amplificador U1 la comparamos con una tensión constante igual a 5V. Debemos observar que la salida de U1 será negativa, por lo tanto, la tensión de comparación también tendrá que ser negativa. La función del comparador es la siguiente:

- Cuando la presión supere los 5 bares, la tensión a la salida de U1 será mayor que 5V, por lo tanto la salida del comparador será +15V.
- Cuando la presión sea igual a los 5 bares, aproximadamente, la tensión de salida en U1 se aproximará a los 5V, por lo tanto, la salida del comparador será 0V.
- Cuando la presión en el interior del calderín sea menor de 5 bares, la tensión de salida en U1 será menor de 5V y, por lo tanto, la salida del comparador será -15V.

Una vez obtenida la salida del comparador, esta se llevará a la entrada de otro amplificador operacional (U2). La función de este será la de adaptar la salida a 5V para alimentar la válvula de seguridad.

Los datos del amplificador U2 son:

$$V_{OUT,V2} = -(R_4/R_3) \cdot V_{IN,U2}$$

Donde $V_{IN,U2}$ es la salida del comparador. Supondremos un $R_3 = 1k\Omega$, por lo tanto:

$$R_4 = (5 \times 1000)/15 \quad \rightarrow \quad R_4 = 333.33 \Omega \quad \rightarrow \quad R_4 = 330 \Omega \text{ aproximadamente}$$

A la salida de U2 hemos añadido un amplificador operacional con ganancia unitaria (U3) para que, cuando la presión sea mayor de 5 bares, la respuesta del circuito sea positiva.

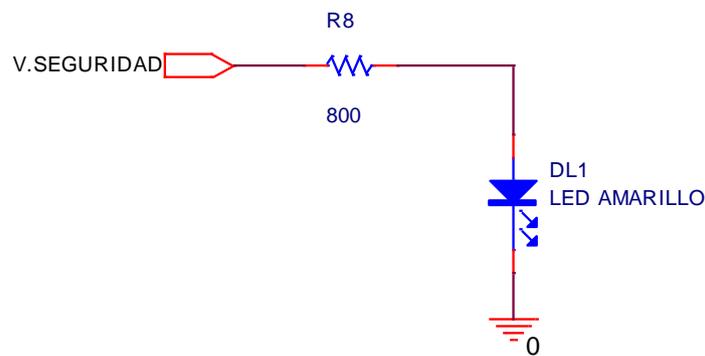
Seguidamente, se ha añadido un diodo para eliminar los valores negativos de la señal de salida del circuito.

Finalmente, esta salida alimentará la válvula de seguridad, la cual puede estar alimentada entre 0 y 10V. Esta salida también se llevará a una pata del PIC 16F877 para indicar si la presión en el calderín es adecuada o se ha accionado la válvula de seguridad.

7.3 INDICADOR DE PRESIÓN

El circuito dispondrá de un diodo LED de color AMARILLO, que no informará sobre el estado de la presión en el interior del calderín. Cuando este LED se encienda, indicará que la válvula de seguridad se ha activado.

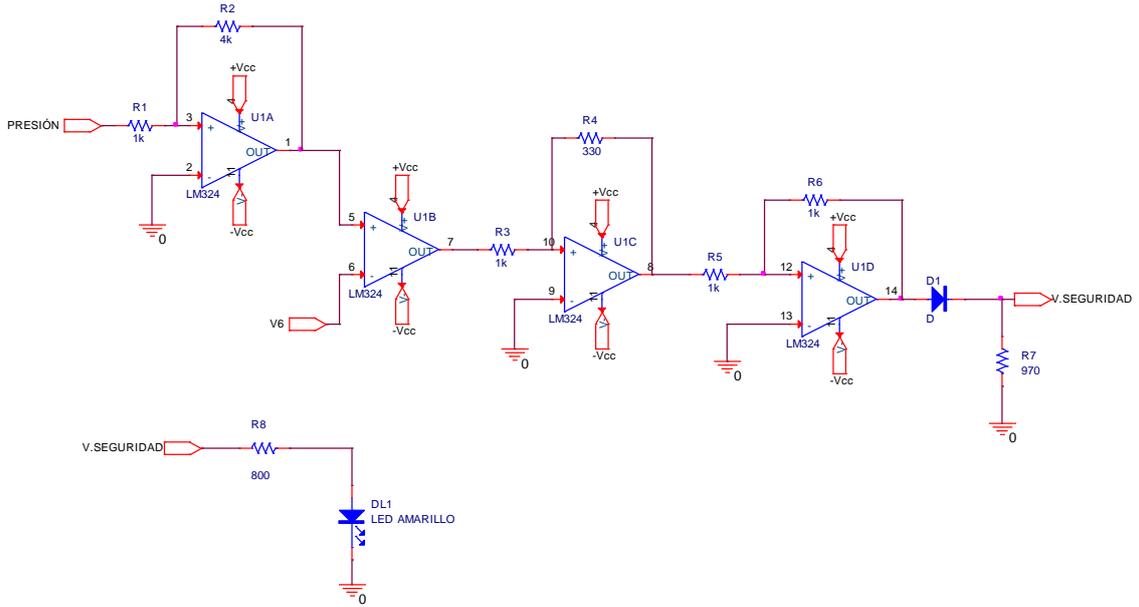
El circuito de activación del LED es el siguiente:



7.4 CIRCUITO DE CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN

Finalmente, el circuito quedaría de la siguiente manera:

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial



Donde $V_3 = -5V$

8. ELEMENTO DE PLANCHADO

8.1 INTRODUCCIÓN

El elemento de planchado constará de varias partes:

- El depósito: donde se almacena temporalmente el vapor procedente del calderín.
- Pie de la plancha: base de la plancha de acero inoxidable, la cual estará en contacto con el tejido.
- El elemento calefactor: dispositivo que aportará temperatura al Pie de la plancha.
- Sensor de temperatura: Detectará si la temperatura en la plancha es la adecuada.

8.1.1 PIE DE LA PLANCHA

Como se comentaba anteriormente, el pie de la plancha es la zona que entra en contacto con el tejido. Ésta estará fabricada con acero inoxidable, ya que es resistente a la corrosión.

Esta base de la plancha tendrá varios orificios por los cuales circulará el vapor procedente de la caldera.

Como se decía anteriormente, el elemento calefactor tendrá que estar en contacto con la base de la plancha para facilitar la conducción de la temperatura.

8.1.2 SENSOR DE TEMPERATURA

Elegir un sensor de temperatura u otro depende del proceso que se está controlando, de los niveles de temperatura que se tienen que medir, y de la sensibilidad que necesitamos.

En este proyecto elegiremos el sensor LM35, el cual nos dará a la salida una tensión proporcional a la entrada captada. El rango de temperaturas que

abarca este sensor es desde los 2°C a los 150°C, donde cada grado equivale a 10mV a la salida, por lo tanto obtendremos un rango de salida entre 0.02V y 1.3V.

Alimentaremos al sensor LM35 con una tensión de 12V, tal como indica su hoja de características.

Circuito

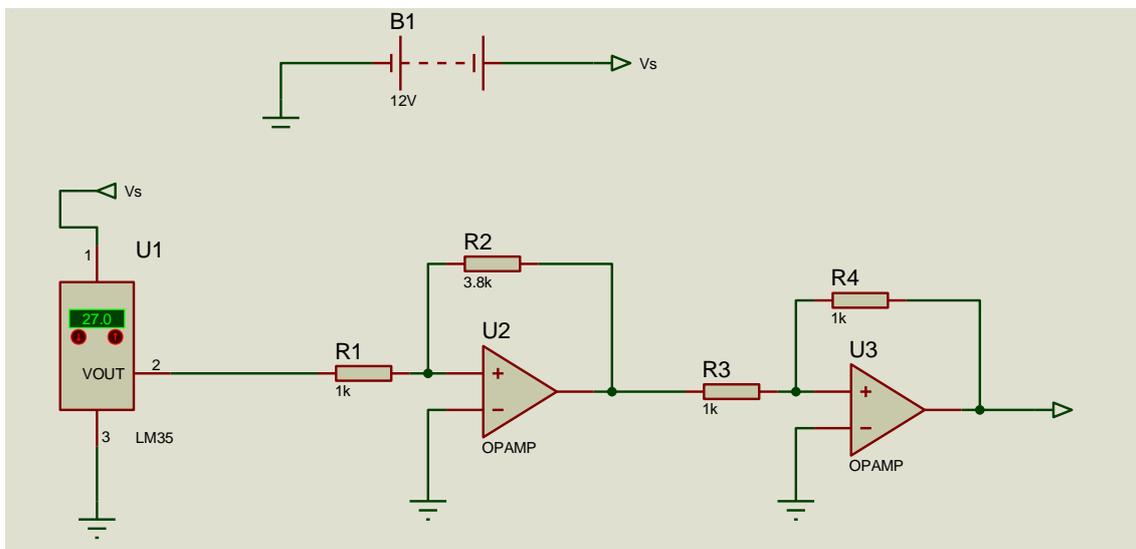
Para trabajar con más comodidad, a la salida de este sensor añadiremos un amplificador operacional para obtener un rango de salida entre 0 y 5 V. Los datos de este amplificador son:

$$V_{OUT,U2} = -(R_2/R_1) \times V_{IN2}$$

Donde $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto:

$$R_2 = (5 \times 1000)/1.3 \rightarrow R_2 = 3.8 \text{ k}\Omega$$

Como podemos observar, la salida de este amplificador es negativa, por lo tanto añadiremos un amplificador operacional de ganancia unitaria:



La aplicación de este circuito es comprobar si la temperatura de la plancha es adecuada o no. La norma EN 60311 establece que la temperatura mínima de planchado es 70°C, por lo tanto, compararemos si la temperatura captada por el sensor es igual o mayor que 70°C.

Para llevar a cabo una comparación fiable, se deberá tener en cuenta que 130°C equivalen a 5V, por lo tanto 70°C equivaldrá a 2.66V. A la salida del comparador ponemos un diodo para rectificar la salida, ya que deseamos que la función del comparador sea:

- Cuando la tensión del circuito del sensor es menor o igual que 2.66V, la temperatura no es adecuada para planchar (la salida del comparador es 0).
- Cuando la tensión del circuito del sensor es mayor que 2.66V, la temperatura es adecuada para planchar (la salida del comparador es +15V).

Como la salida del circuito hay que llevarla al PIC 16F877, tendremos que añadir otro amplificador operacional que adapte la salida del comparador, obteniendo la siguiente función:

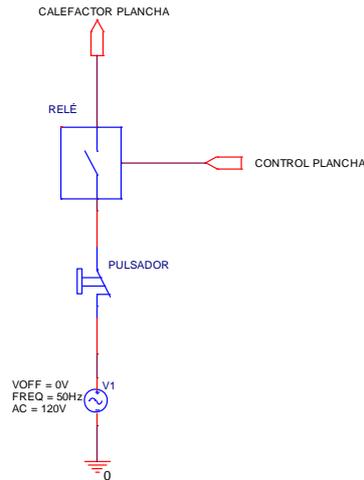
- Cuando la temperatura del circuito es menor o igual a 70°C, la salida del comparador es 0V.
- Cuando la temperatura del circuito es mayor a 70°C, la salida del comparador es +5V.

En este amplificador se deberá tener en cuenta la caída de tensión en el diodo (0.7V). Por lo tanto los datos del amplificador son:

$$V_{TEM} = -(R_2/R_1) \times V_{IN5}$$

Donde $R_1 = 1K\Omega$, por lo tanto:

$$R_2 = (5 \times 1000)/14.3 \rightarrow R_2 = 350 \Omega$$



Como podemos observar, el circuito tendrá un pulsador manual el cuál podrá interrumpir la alimentación de la plancha en caso de emergencia.

8.2.1 Termostato

El termostato consistirá en la activación o apagado del elemento calefactor de la plancha por medio de la señal de control. Para ello limitaremos la temperatura máxima en 120°C.

Para diseñar el termostato se utilizará un relé sólido (SSR), el cual se abrirá o cerrará en función de la señal de control obtenida. La tensión de activación del relé sólido es de 5V según su hoja de características.

Para limitar la temperatura a 120°C, utilizaremos la tensión del sensor LM35 anteriormente utilizada y la llevaremos a la entrada positiva de un comparador. Para llevar a cabo una comparación fiable, se deberá tener en cuenta que 130°C equivalen a 5V, por lo tanto 120°C equivaldrá a 4.56V (tensión en la entrada negativa del comparador).

A la salida del comparador se añade un diodo para rectificar la señal, por lo tanto solo obtendremos valores de +15V y 0V

A continuación añadimos un amplificador operacional para trabajar con valores comprendidos entre 0 y 5V. Los datos de este amplificador son:

$$V_{OUT,U8} = -(R_{10}/R_9) \times V_{IN8}$$

Donde $R_9 = 1 \text{ k}\Omega$, por lo tanto, teniendo en cuenta que la caída de tensión en el diodo es de 0.7V:

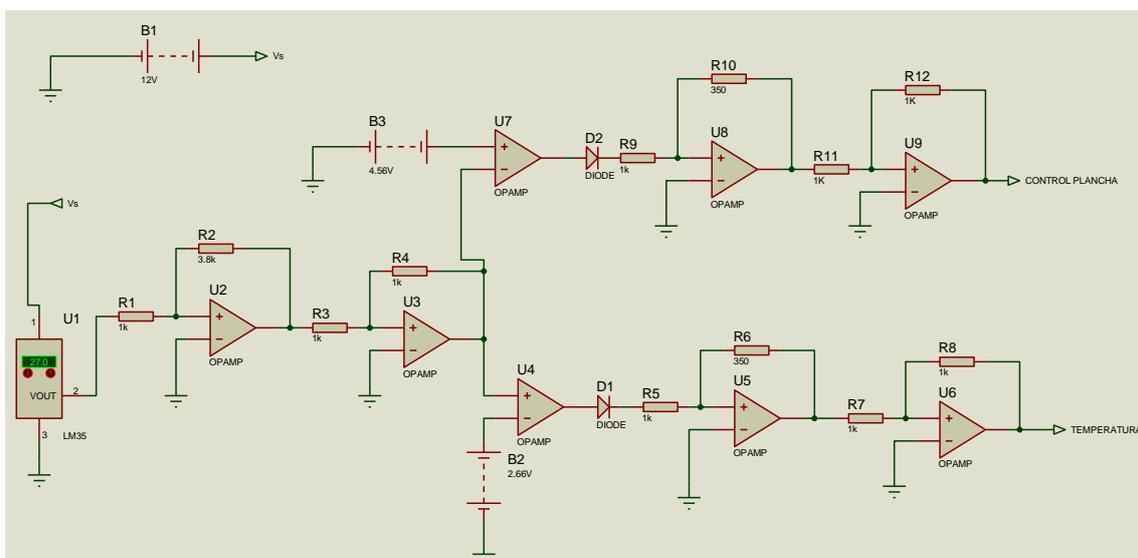
$$R_{10} = (5 \times 1000)/14.3 \rightarrow R_{10} = 350 \Omega$$

Como la salida de este amplificador es negativa, añadiremos otro amplificador operacional a la salida, pero de ganancia la unidad.

Finalmente la función de este circuito es:

- Cuando la temperatura obtenida es menor que 130°C , la salida CONTROL PLANCHA será +5V (activará el SSR).
- Cuando la temperatura obtenida sea mayor o igual que 130°C , la salida CONTROL PLANCHA será 0V (desactivará el SSR).

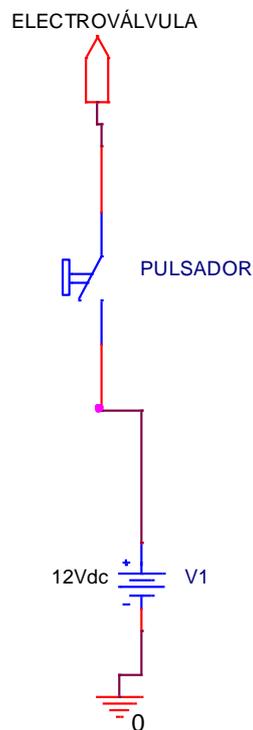
El circuito resultante es el siguiente:



8.3 VAPOR DE LA PLANCHA

El vapor de la plancha será regulado mediante una electroválvula controlada manualmente. Para este caso elegiremos una electroválvula normalmente cerrada de la marca Jefferson, serie 1327. La alimentación de esta válvula será de 12 V en continua, según su hoja de características.

El esquema básico del accionamiento de la electroválvula es:



El funcionamiento de este circuito es el siguiente:

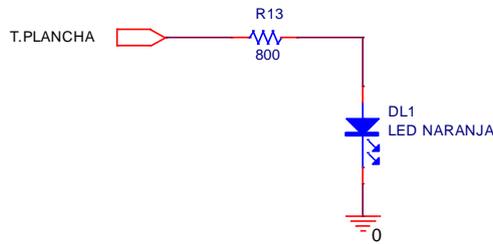
- Cuando el pulsador no está accionado, la electroválvula se encontrará cerrada y, por lo tanto, el flujo de vapor no circulará hasta la plancha.
- Cuando el pulsador esté accionado, la electroválvula se abrirá, haciendo fluir el flujo de vapor hasta la plancha.

8.4 INDICADOR LUMINOSO DE LA PLANCHA

La plancha tiene un indicador luminoso (LED) de color NARANJA, que indica si la temperatura alcanzada por la plancha es la adecuada o no.

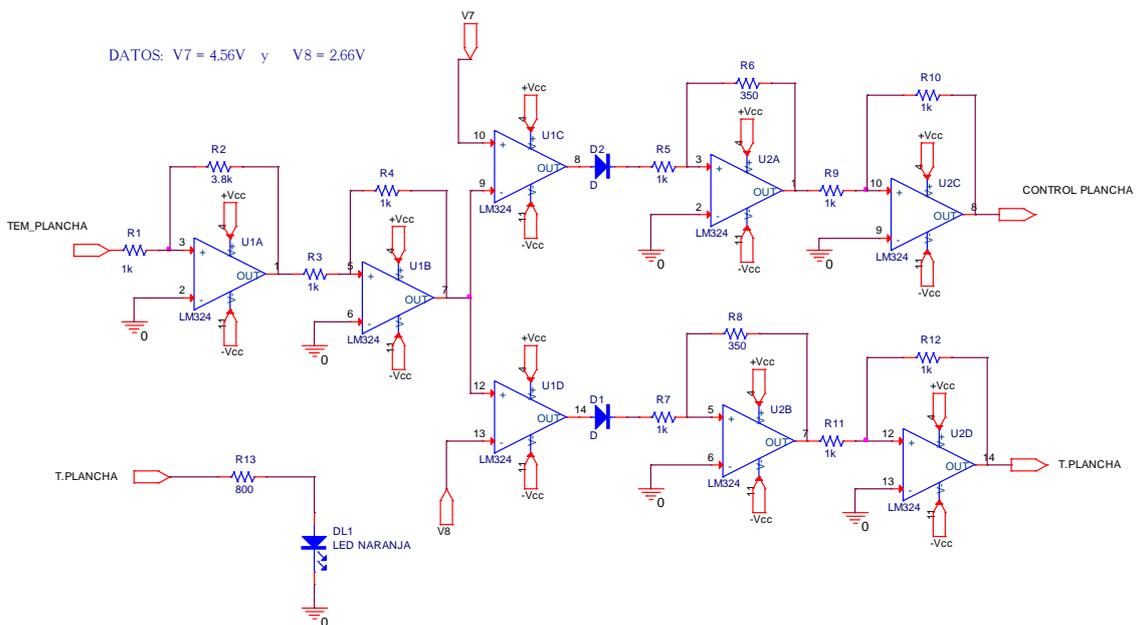
Cuando el LED se encuentre encendido, indicará que la plancha ha alcanzado una temperatura mayor de 70°C, que es la temperatura mínima adecuada para el planchado.

El circuito de activación del LED es:



8.5 CIRCUITO FINAL: CONTROL DEL ELEMENTO DE PLANCHADO

Finalmente, el circuito de control de la resistencia calefactora de la plancha es:



9. TRATAMIENTO DEL AGUA

El tratamiento del agua de una caldera de vapor es fundamental para asegurar una larga vida útil libre de problemas operacionales, reparaciones de importancia y accidentes.

El objetivo principal del tratamiento de agua es evitar problemas de corrosión e incrustaciones, asegurando la calidad del agua de alimentación y del agua contenida en la caldera.

El aseguramiento de la calidad del agua de alimentación y agua de la caldera se consigue cumpliendo con los requerimientos de las normas, que definen los límites recomendados para los parámetros involucrados en el tratamiento del agua.

Las fuentes de agua corresponden a toda aquella agua (ríos, lagos, océanos, etc.), que no ha recibido ningún tipo de tratamiento y por lo tanto contienen impurezas, adquiridas durante el ciclo al que han sido sometidas, que impiden su utilización directa en una caldera.

9.1 Parámetros del Tratamiento de Agua

Los principales parámetros involucrados en el tratamiento del agua de una caldera, son los siguientes:

- pH: El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- Dureza: La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.
- Oxígeno: El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.

- Hierro y cobre. El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- Dióxido de carbono. El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorecen la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno. La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO₂ se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.
- Aceite. El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.
- Fosfato. El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- Sólidos disueltos. Los sólidos disueltos la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en el agua.
- Sólidos en suspensión. Los sólidos en suspensión representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua.
- Secuestrantes de oxígeno. Los secuestrantes de oxígeno corresponden a productos químicos (sulfitos, hidrazina, hidroquinona, etc.) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- Sílice. La sílice presente en el agua de alimentación puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).
- Alcalinidad. Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación es importante, ya que, representa una fuente potencial de depósitos.
- Conductividad. La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.

9.2. PROBLEMAS FRECUENTES

A continuación se describen los problemas, asociados al tratamiento de agua, encontrados con mayor frecuencia en las calderas.

9.2.1 Corrosión

Las principales fuentes de corrosión en calderas son la Corrosión por Oxígeno o "Pitting" y la Corrosión Cáustica.

La corrosión por oxígeno consiste en la reacción del oxígeno disuelto en el agua con los componentes metálicos de la caldera (en contacto con el agua), provocando su disolución o conversión en óxidos insolubles. La prevención de la corrosión por oxígeno se consigue mediante una adecuada desgasificación del agua de alimentación y la mantención de un exceso de secuestrantes de oxígeno en el agua de la caldera.

La corrosión cáustica se produce por una sobreconcentración local en zonas de elevadas cargas térmicas (fogón, cámara trasera, etc.) de sales alcalinas como la soda cáustica. La corrosión cáustica puede ser prevenida manteniendo la alcalinidad, OH libre y

pH del agua de la caldera dentro de los límites recomendados en el punto 4.

9.2.2 Incrustaciones

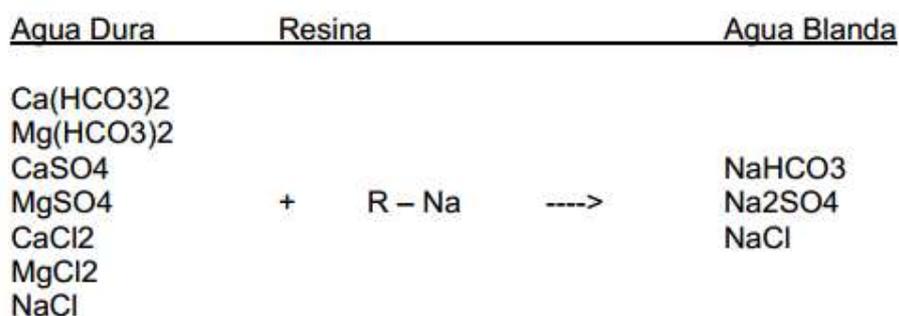
Las incrustaciones corresponden a depósitos de carbonatos y silicatos de calcio y magnesio, formados debido una excesiva concentración de estos componentes en el agua de alimentación y/o regímenes de purga insuficientes.

La formación de incrustaciones en una caldera puede ser prevenida, satisfaciendo los requerimientos del agua de alimentación y agua de la caldera incluidos en el apartado 4, tratando el agua de alimentación y manteniendo adecuados regímenes de purga.

9.3 EQUIPOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

9.3.1 Ablandador

La función de los ablandadores es eliminar los iones de Ca y Mg, que conforman la dureza del agua y favorecen la formación de incrustaciones en una caldera. El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en un proceso llamado “intercambio iónico”, que consiste en la sustitución de estos iones por sodio (Na).



9.3.2 Desgasificador

La función de un desgasificador en una planta térmica es eliminar el oxígeno y dióxido de carbono disueltos en el agua de alimentación de las calderas para prevenir problemas de corrosión o “pitting”.

El principio de funcionamiento de los desgasificadores se basa en el hecho que la solubilidad de los gases disueltos en el agua (O₂ y CO₂) disminuye cuando el agua está en el punto de ebullición (100 °C a presión atmosférica), tal como lo muestra la figura siguiente.

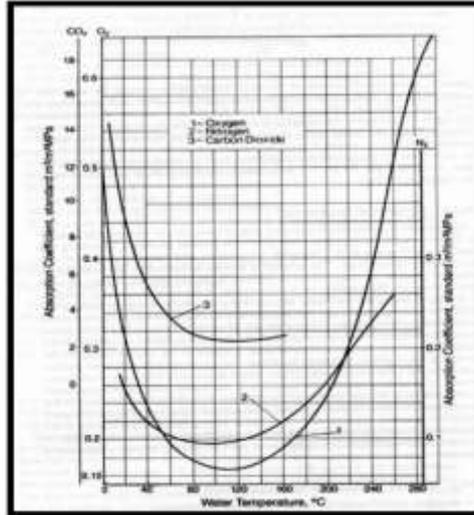


Ilustración 7: Solubilidad del oxígeno en función de la temperatura del agua

10. CONTROL DE LA PANTALLA LCD

10.1 INTRODUCCIÓN

Las pantallas de cristal líquido LCD o display LCD para mensajes (*Liquid Cristal Display*) tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera cualquier equipo electrónico de una forma fácil y económica.

En este proyecto utilizaremos una pantalla LCD 4x16. Esta se trata de un módulo microcontrolado capaz de representar 4 líneas de 16 caracteres cada una.

A través de 8 líneas de datos se le envía el carácter ASCII que se desea visualizar así como ciertos códigos de control que permiten realizar diferentes efectos de visualización. Gracias a esta pantalla, se podrá controlar fácilmente el estado del sistema.

A continuación se presenta la descripción de señales empleadas por el módulo LCD, así como el número de patilla a la que corresponden.

PIN N°	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN
1	V _{SS}	Patilla de tierra de alimentación
2	V _{DD}	Patilla de alimentación de 5 V
3	V _O	Patilla de contraste del cristal líquido. Normalmente se conecta a un potenciómetro a través del cual se aplica una tensión variable entre 0 y +5V que permite regular el contraste del cristal líquido.
4	RS	Selección del registro de control/registro de datos: RS=0 Selección del registro de control RS=1 Selección del registro de datos
5	R/W	Señal de lectura/escritura R/W=0 El módulo LCD es escrito R/W=1 El módulo LCD es leído
6	E	Señal de activación del módulo LCD: E=0 Módulo desconectado E=1 Módulo conectado
7-14	D0-D7	Bus de datos bi-direccional. A través de estas líneas se realiza la transferencia de información entre el módulo LCD y el sistema informático que lo gestiona

10.1.1 DDRAM

El módulo LCD posee una zona de memoria RAM llamada DDRAM (Data Display RAM) donde se almacenan los caracteres que se van a mostrar en la pantalla. Tiene una capacidad de 80 bytes, 20 por cada línea, de los cuales sólo 64 bytes se pueden visualizar a la vez (16 bytes por línea).

10.1.2 CARACTERES DEFINIDOS EN LA CGROM

El LCD dispone de una zona de memoria interna no volátil llamada CGROM donde se almacena una tabla con los 192 caracteres que pueden ser visualizados. Cada uno de los caracteres tiene su representación binaria de 8 bits.

Cabe destacar que también se permite definir ocho nuevos caracteres de usuario que se guardan en una zona de la memoria RAM denominada CGRAM (CharacterGenerator RAM).

A continuación se muestra una tabla con los distintos caracteres y su dirección correspondiente. En esta figura también aparecen las posiciones marcadas como CG RAM (n), las cuales corresponden a uno de los ocho posibles caracteres gráficos definidos por el usuario.

Lower 4 Bits	Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111
xxxx0000	OS RAM (1)			0	1	P	`	P				-	夕	三	α	p	
xxxx0001	(2)		!	1	A	Q	a	q				。	ア	チ	△	ä	q
xxxx0010	(3)		"	2	B	R	b	r				「	イ	ツ	×	β	θ
xxxx0011	(4)		#	3	C	S	c	s				」	ウ	テ	モ	ε	ω
xxxx0100	(5)		\$	4	D	T	d	t				、	エ	ト	ト	μ	Ω
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u				・	オ	ナ	1	ε	Ü
xxxx0110	(7)		&	6	F	V	f	v				ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ
xxxx0111	(8)		'	7	G	W	g	w				フ	キ	ヌ	ラ	g	π
xxxx1000	(1)		<	8	H	X	h	x				ィ	ク	ネ	リ	フ	×
xxxx1001	(2)		>	9	I	Y	i	y				ウ	ケ	ル	ル	”	y
xxxx1010	(3)		*	:	J	Z	j	z				エ	コ	ハ	レ	j	〒
xxxx1011	(4)		+	;	K	[k	<				オ	サ	ヒ	ロ	*	〒
xxxx1100	(5)		,	<	L	¥	l	l				カ	シ	フ	フ	Φ	円
xxxx1101	(6)		-	=	M]	m	}				ユ	ズ	ハ	ン	モ	÷
xxxx1110	(7)		.	>	N	^	n	→				ヨ	セ	ホ	”	”	
xxxx1111	(8)		/	?	O	_	o	←				ッ	ソ	マ	”	ö	■

10.1.3 SECUENCIA DE INICIALIZACIÓN

El módulo LCD ejecuta automáticamente una secuencia de inicio interna en el instante de aplicarle la tensión de alimentación si se cumplen los requisitos de alimentación expuestos en su manual.

Dichos requisitos consisten en que el tiempo que tarde en estabilizarse la tensión desde 0.2V hasta los 4.5V mínimos necesarios sea entre 0.1ms y 10ms. Igualmente, el tiempo de desconexión debe ser como mínimo de 1ms antes de volver a conectar.

La secuencia de inicio ejecutada es la siguiente:

1. CLEAR DISPLAY
2. FUNCTION SET

3. DISPLAY ON/OFF CONTROL
4. ENTRY MODE SET
5. Se selección la primera posición de la RAM

Las instrucciones anteriores vienen suministradas por Microchip. Es importante que la primera instrucción que se envíe realice una espera de unos 15 ms o mayor para la completa reinicialización interna del módulo LCD.

10.2 INDICACIONES DE LA PANTALLA LCD

La pantalla LCD nos informará del estado de nuestro sistema. En este caso, podrán aparecer las siguientes indicaciones:

- AGUA FALTA: Indica que se ha alcanzado el nivel mínimo de agua en el depósito y que, por lo tanto, debemos suministrarla.
- AGUA OK: Indica que el nivel de agua del depósito es el adecuado.
- T. PLANCHA BAJA: Avisa de que aun no se ha alcanzado la temperatura adecuada de planchado (70°C).
- T. PLANCHA OK: Avisa que se ha alcanzado una temperatura adecuada de planchado y que esta es menor de 120 °C.
- CALEF. FALLA: Indica que el calefactor no ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición del agua (100°C) y, por lo tanto, la producción de vapor del calderín no será correcta.
- CALED.OK: Se ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición (100°C) y por lo tanto, la producción de vapor será correcta.
- PRESIÓN BAJA: Avisa que la presión alcanzada en el calderín es correcta y que , por lo tanto, no se ha activado la válvula de seguridad.
- PRESIÓN OK: Indica que la presión del calderín es la adecuada.

Por motivos de seguridad, es recomendable iniciar el planchado cuando la presión del calderín sea la adecuada.

10.3 Programación de la pantalla LCD

```

LIST          P=16F877
RADIX        HEX
TMR0        EQU    01          ; declaramos los registros
PLC         EQU    02
STATUS      EQU    03
PORTA       EQU    05
PORTB       EQU    06
PORTC       EQU    07
PORTD       EQU    08
PORTE       EQU    09
INTCON      EQU    0B
ADRESH      EQU    1E
ADCON0      EQU    1F

LCD_RS      EQU    0
LCD_RW      EQU    1
LCD_E       EQU    2

RETARD_1    EQU    20
RETARD_2    EQU    21
CONT_1      EQU    22
CONT_2      EQU    23

ORG         00          ; inicio del programa

CLRF        PORTA
CLRF        PORTB
CLRF        PORTC
CLRF        PORTD

MOVLW      0XFF
MOVWF      PORTA
BSF        STATUS,5    ; ponemos a 1 el bit del registro
MOVLW      B'00000000' ; STATUS (cambiamos al banco1)
MOVWF      PORTC       ; ponemos a cero la salida (PORTC)
MOVLW      B'00000000'

```

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

```

MOVWF    PORTB      ; ponemos a cero la salida (PORTB)
BCF      STATUS,5  ; ponemos a 1 el bit del registro
                        ;STATUS (cambiamos al banco0)

CALL     TIME_1     ; iniciamos la configuración de la
MOVLW   B'00110000' ; pantalla LCD
CALL    LCD_1
MOVLW   B'00111000' ; la rutina LCD_1 sirve para indicar que el
CALL    LCD_1      ; código que se le da es una Instrucción
MOVLW   B'00001110'
CALL    LCD_1
MOVLW   B'00001110'
CALL    LCD_1

INICIO  CALL    TIME_2
MOVLW   B'10000000' ; comenzamos escribiendo en
CALL    LCD_1      ; la dirección0 de la DDRAM
MOVLW   B'01000001' ; escribimos AGUA
CALL    LCD_C
MOVLW   B'01000111'
CALL    LCD_C
MOVLW   B'01010101'
CALL    LCD_C
MOVLW   B'01000001'
CALL    LCD_C

        BTFSS   PORTA,0 ; salta si el bit0 de PUERTA es 1
        CALL    FALTA_AGUA
        CALL    AGUA_OK

CALEF   CALL    TIME_2
MOVLW   B'10010000' ; vamos a la dirección 16 de la DDRAM
CALL    LCD_1
MOVLW   B'01000011' ; escribimos CALEFACTOR en
CALL    LCD_C      ; la segunda fila
MOVLW   B'01000001'
CALL    LCD_C
MOVLW   B'01001100'
CALL    LCD_C
MOVLW   B'01000101'

```

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

```

CALL      LCD_C
MOVLW    B'01000110'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'00101110'
CALL      LCD_C

BTFSS    PORTA,2      ; salta si el bit2 de PUERTA es 1
CALL     NO_CALIENTA
CALL     CAL_OK

PLANCHA  CALL      TIME_2
MOVLW    B'11000000'      ; vamos a la dirección 64 de la
CALL      LCD_1          ; DDRAM (cuarta fila)
MOVLW    B'01010100'      ; escribimos por pantalla PLANCHA
CALL      LCD_C
MOVLW    B'00101110'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01010000'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01001100'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01000001'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01001110'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01000011'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01001000'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01000001'
CALL      LCD_C

BTFSC    PORTA,3      ; salta cuando el bit3 de PUERTA sea 0
CALL     TEMP_OK
CALL     NO_TEMP

PRESION  CALL      TIME_2
MOVLW    B'11010000'      ; vamos a la dirección80 de la DDRAM
CALL      LCD_1          ; (tercera fila)

```

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

```

MOV LW    B'01010000' ; escribimos en pantalla PRESION
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01010010'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01000101'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01010011'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01001001'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01001111'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01001110'
CALL     LCD_C

BTFSS    PORTA,1 ; salta si el bit1 de PUERTA es cero,es
CALL     PRESION_OK ; decir, si el sensor de presión detecta
CALL     NO_PRESION ; que no se ha alcanzado la presión de
CALL     TIME_1 ; planchado

GOTO     INICIO

TIME_1   MOV LW    RETARD_1
        MOV WF    CONT_1

        RETURN

TIME_2   MOV LW    RETARD_2
        MOV WF    CONT_2

        RETURN

LCD_1    BCF      PORTC,LCD_RS
        BCF      PORTC,LCD_RW
        BSF      PORTC,LCD_E
        MOV WF    PORTB
        BCF      PORTC,LCD_E
        CALL     TIME_2
    
```

```

                                RETURN

LCD_C      BSF      PORTC,LCD_RS
           BCF      PORTC,LCD_RW
           BSF      PORTC,LCD_E
           MOVWF   PORTB
           BCF      PORTC,LCD_E
           CALL    TIME_2

                                RETURN

AGUA_OK    MOVLW   B'1000101' ; vamos a la dirección 5 de la DDRAM
           CALL    LCD_1      ; (primera línea)
           MOVLW   B'01001111'
           CALL    LCD_C
           MOVLW   B'01001011'
           CALL    LCD_C

                                GOTO    CALEF

FALTA_AGUA MOVLW   B'10001001' ; vamos a la dirección 9 de la DDRAM
           CALL    LCD_1      ; (primera línea)
           MOVLW   B'01000110'
           CALL    LCD_C
           MOVLW   B'01000001'
           CALL    LCD_C
           MOVLW   B'01001100'
           CALL    LCD_C
           MOVLW   B'01010100'
           CALL    LCD_C
           MOVLW   B'01000001'
           CALL    LCD_C

                                GOTO    CALEF

CAL_OK     MOVLW   B'10011000' ; vamos a la dirección 24 de la DDRAM
           CALL    LCD_1      ; (segunda línea)
           MOVLW   B'01001111'
           CALL    LCD_C
           MOVLW   B'01001011'

```

Diseño de la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial

```

CALL      LCD_C

GOTO     PLANCHA

NO_CALIENTA  MOVLW   B'10011001'      ; vamos a la dirección 27 de la
CALL      LCD_1      ; DDRAM (segunda fila)
MOVLW   B'01000110'      ; escribimos por pantalla FALLA
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01000001'
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01001100'
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01001100'
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01000001'
CALL      LCD_C

GOTO     PLANCHA

TEMP_OK     MOVLW   B'11001010'      ; vamos a la dirección 74 de la
CALL      LCD_1      ; DDRAM (cuarta fila)
MOVLW   B'01001111'
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01001011'
CALL      LCD_C

GOTO     PRESION

NO_TEMP     MOVLW   B'11001100'      ; vamos a la dirección 76 de la
CALL      LCD_1      ; DDRAM (cuarta fila)

MOVLW   B'01000010'      ; escribimos por pantalla BAJA
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01000001'
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01001010'
CALL      LCD_C
MOVLW   B'01000001'
CALL      LCD_C
    
```

```

                                GOTO      PRESION

PRESION_OK                     MOVLW     B'11011000'      ; vamos a la dirección 88 de la
                                CALL      LCD_1           ; DDRAM (tercera fila)
                                MOVLW     B'01001111'
                                CALL      LCD_C
                                MOVLW     B'01001011'
                                CALL      LCD_C

                                GOTO      INICIO

NO_PRESION                     MOVLW     B'11011100'      ; vamos a la dirección 92
                                CALL      LCD_1           ; de la DDRAM (tercera fila)

                                MOVLW     B'01000001'      ;escribimos por pantalla "ALTA"
                                CALL      LCD_C
                                MOVLW     B'01001100'
                                CALL      LCD_C
                                MOVLW     B'01010100'
                                CALL      LCD_C
                                MOVLW     B'01000001'
                                CALL      LCD_C

                                GOTO      INICIO

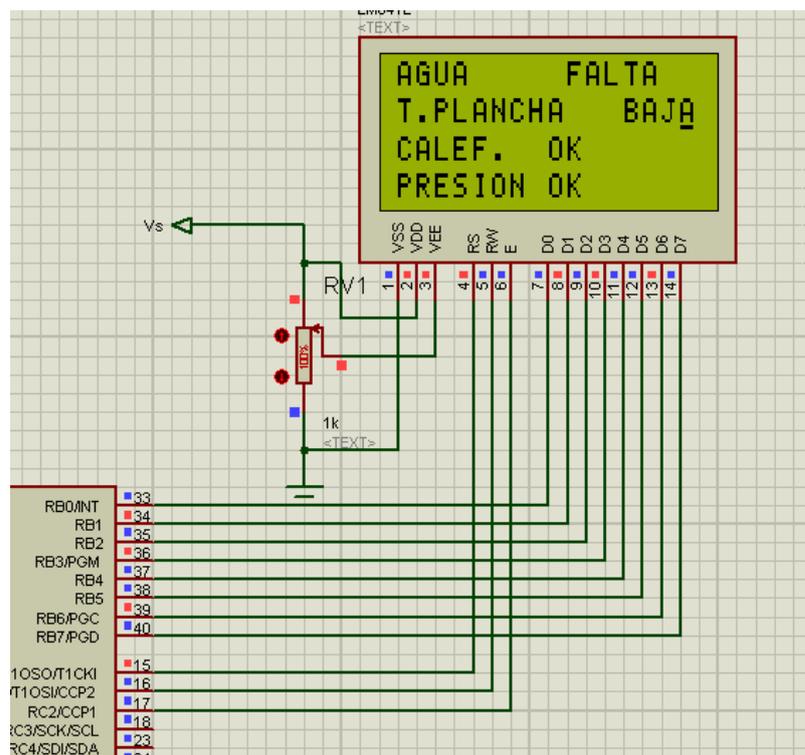
                                END
    
```

10.4 CIRCUITO DE CONTROL DE LA PANTALLA LCD

La puerta B del PIC 16F877 será un bus de datos bidireccional, el cual irá conectado a las patillas D0-D7 de la pantalla LCD. Sin embargo, los bit's de configuración de la pantalla serán los de la puerta C (C0, C1, C2).

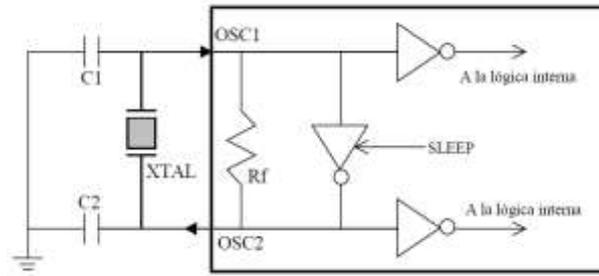
Gracias a la programación y configuración de la pantalla, se podrá visualizar en ella las instrucciones y avisos deseados.

A continuación se muestra un ejemplo de la pantalla LCD. En este caso se observan las alarmas “FALTA AGUA” y “TEMPERATURA DE PLANCHA BAJA”. Sin embargo la presión del calderín y la resistencia calefactora son correctas.



10.4.1 Cristal externo

Para producir la oscilación del PIC 16F877, añadiremos en las patillas OSC1 y OS2 un cristal externo.



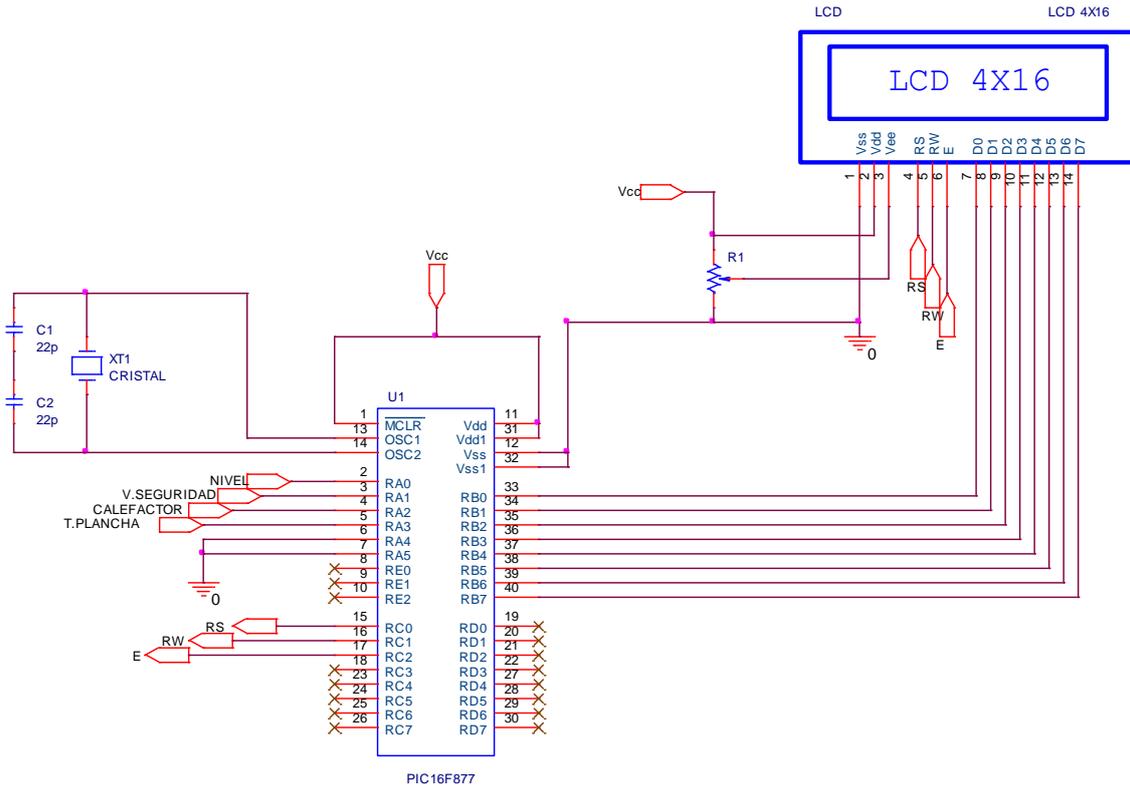
Los valores de C1 y C2 recomendables para el cristal externo (XT) dependerán de la frecuencia de oscilación que se desee.

OSCILADOR	Frecuencia típica	C1	C2
XT	100KHz	86 a 150 pF	68 a 100 pF
	2 MHz	15 a 30 pF	15 a 30 pF
	4 MHz	15 a 30 pF	15 a 30 pF

Por lo tanto, como en este proyecto elegiremos una frecuencia de oscilación de 4MHz, utilizaremos condensadores de 22pF.

10.5 CIRCUITO: CONTROL DE LA PANTALLA LCD

Finalmente, el circuito resultante es el siguiente:

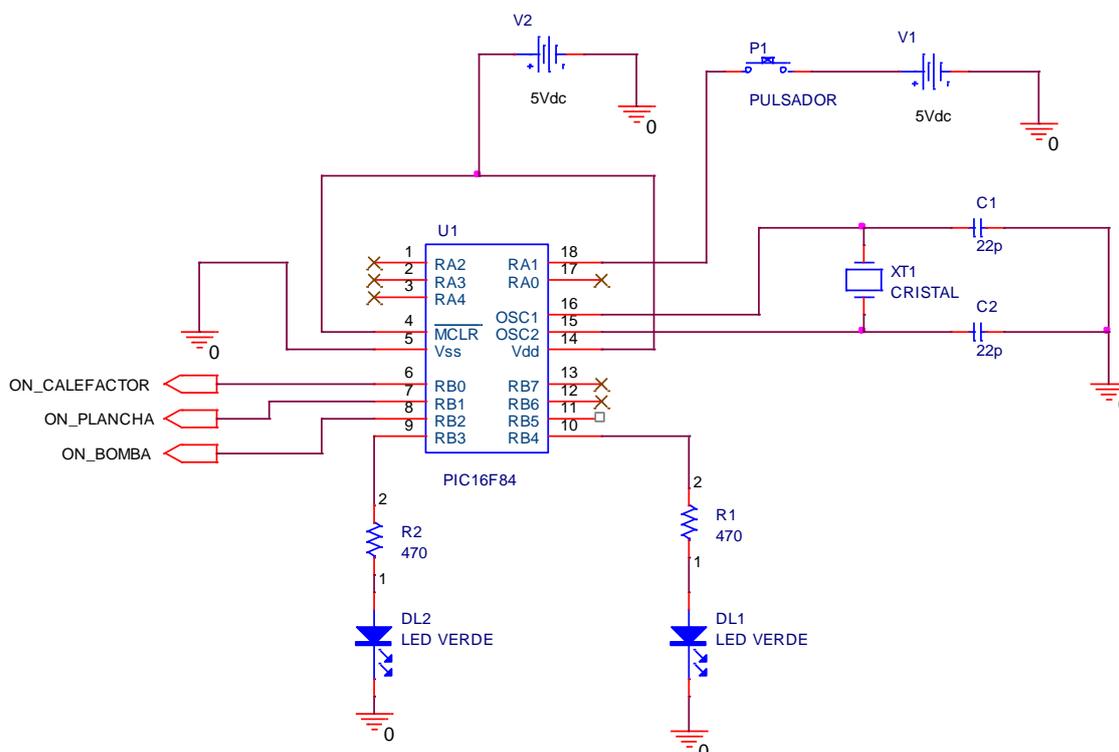


11. CONTROL DEL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA

11.1 INTRODUCCIÓN

Para proceder al accionamiento del sistema, únicamente se tendrá que activar el pulsador P1. Este pulsador, inicialmente abierto, hará que circule la corriente hasta la patilla RA1 del PIC 16f84, activada a nivel alto. La función de este circuito es:

- Cuando el pulsador se encuentre activado, la tensión de la patilla RA1 será 5V, accionando el calefactor, la plancha y la bomba. Cuando RA1 esté a 5V también se encenderán los led's L1 y L2, los cuales indican la activación del sistema.
- Cuando el pulsador se encuentre desactivado, la tensión de la patilla RA1 será 0V, apagando el calefactor, la plancha y la bomba. Cuando RA1 se encuentre a 0V, también se apagarán los led's L1 y L2.



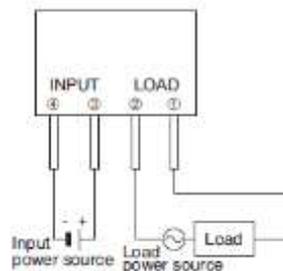
Cuando se quiera apagar el sistema por motivos de seguridad, únicamente habrá que desactivar el pulsador.

Como se puede observar en la ilustración anterior, obtendremos tres salidas:

- ON_CALEFACTOR
- ON_PLANCHA
- ON_BOMBA

Debido a que los tres elementos que queremos activar se alimentan con tensiones altas, necesitaremos 3 relés de tipo sólido para poder controlar su accionamiento mediante las salidas del PIC 16F84.

El SSR elegido en este proyecto es el AQ8 de Panasonic. Su tensión de activación es de 5V en continua, según su hoja de características. El esquema de conexiones de este relé es el siguiente:



11. 2 PROGRAMA DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA

```

LIST          P=16F84
RADIX        HEX
TMR0         EQU    01          ; declaramos los registros
STATUS       EQU    03
PUERTAA      EQU    05
PUERTAB      EQU    06
INTCON       EQU    0B
    
```

RETARD_1	EQU	20
CONT_1	EQU	22
	ORG	00
	CALL	TIME1
	CLRF	PUERTAA
	BSF	STATUS,5
	CLRF	PUERTAB
	BCF	STATUS,5
	CALL	TIME1
	GOTO	INICIO
INICIO	BTFSS	PUERTAA,1
	CALL	APAGA
	CALL	ENCIENDE
TIME1	MOVLW	RETARD_1
	MOVWF	CONT_1
	RETURN	
APAGA	MOVLW	B'00000000'
	MOVWF	PUERTAB
	GOTO	INICIO
ENCIENDE	MOVLW	B'11111000'
	MOVWF	PUERTAB
	GOTO	INICIO

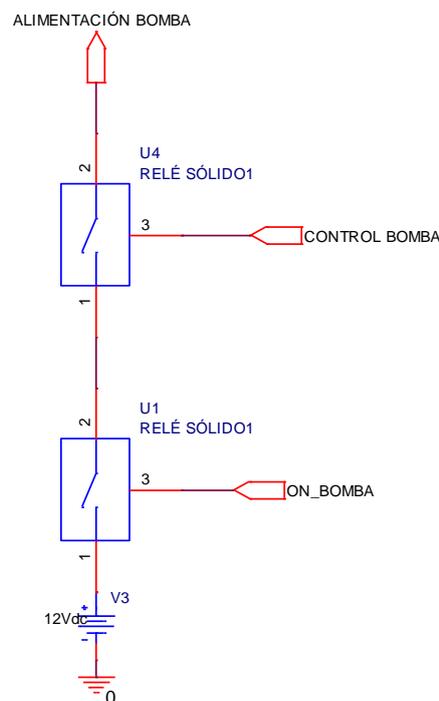
END

11.3 ALIMENTACIÓN DE LA BOMBA

Cuando el pulsador se encuentra accionado, la bomba se activará. Esto se produce mediante el control de un relé de tipo sólido (SSR).

Como se comentaba en apartados anteriores, la bomba también se encuentra regulada mediante el nivel del depósito, por lo tanto sólo se producirá su activación si el pulsador se encuentra en modo ON y si el nivel del depósito es el adecuado (90 mm).

El esquema de la alimentación de la bomba es el siguiente:

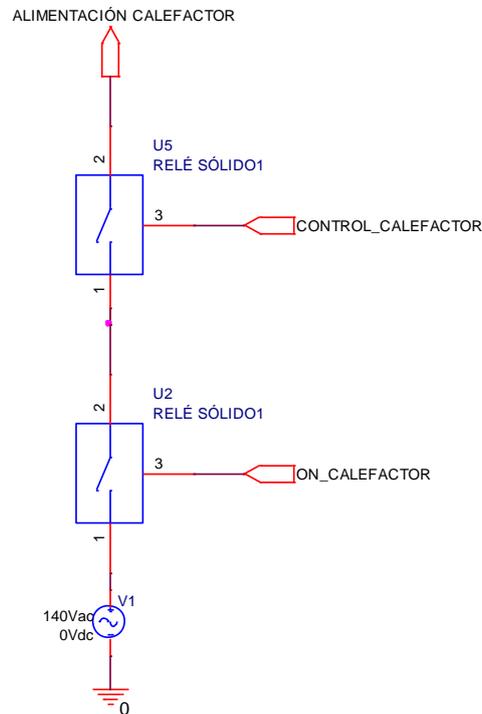


11.4 ALIMENTACIÓN ELEMENTO CALEFACTOR

Cuando el pulsador se encuentre accionado, el elemento calefactor se encenderá, lo cual producirá el calentamiento del agua que se encuentra en el calderín. Cuando la resistencia calefactora alcanza una temperatura de 130°C, se accionará el termostato y la apagará. Por lo tanto, el elemento calefactor

únicamente se activará si el pulsador P1 se encuentra en modo ON y si la temperatura del agua es menor de 130°C.

El esquema de la alimentación de la plancha es el siguiente:

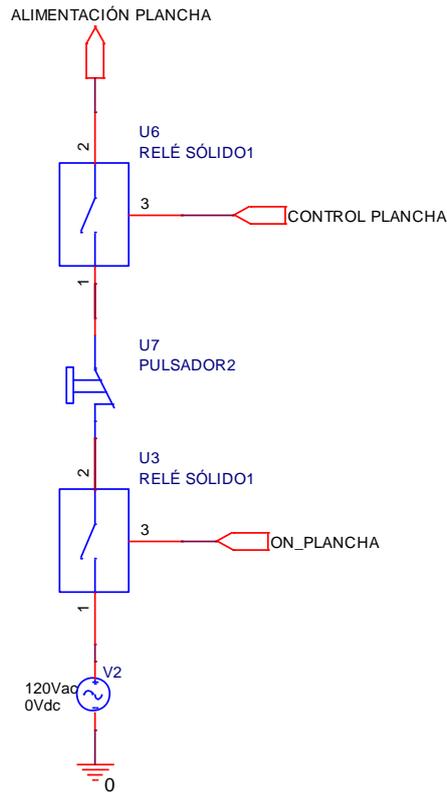


11.5 ALIMENTACIÓN PLANCHA

Básicamente, la alimentación de la plancha se basa en la activación de su resistencia calefactora. Cuando el pulsador se encuentre accionado, la resistencia calefactora se activará.

Hay que destacar que la temperatura de la plancha está controlada mediante un termostato, con temperatura máxima de 120°C. Con lo cual, el accionamiento del calefactor no depende únicamente del pulsador, sino que también depende de la temperatura alcanzada.

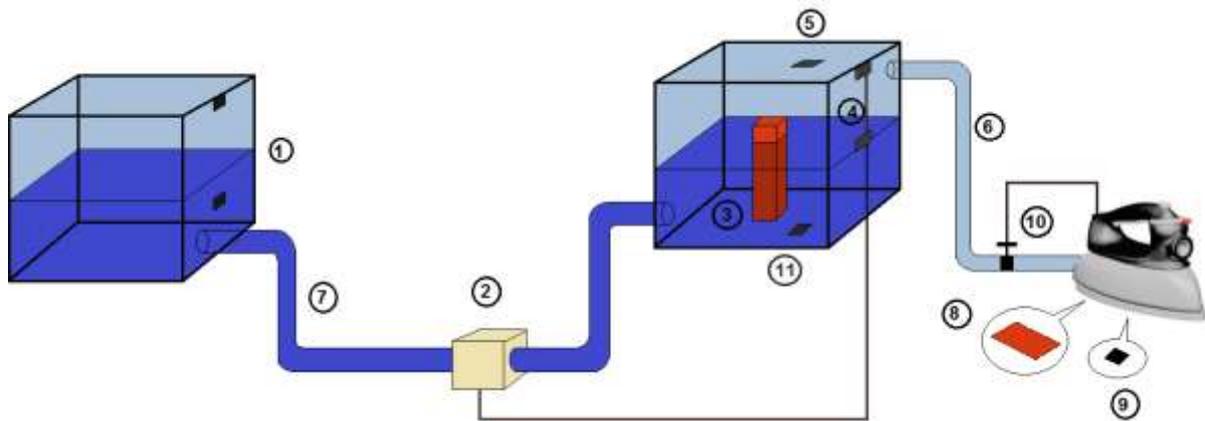
El esquema de la alimentación de la plancha es la siguiente:



Como se puede observar en este esquema de conexiones, tenemos un pulsador entre los dos SSR. Este pulsador nos proporciona la opción de desconectar la resistencia calefactora de la plancha manualmente y poder así utilizar sólo el vapor de la plancha.

12. DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES

En esta ilustración se puede observar la distribución de todos los dispositivos utilizados:



- 1- Sensor de nivel del depósito: Controla el nivel del agua en el interior del depósito. El nivel mínimo de agua lo situaremos a 70 mm.
- 2- Bomba: Se encarga de conducir el agua del depósito al calderín.
- 3- Elemento calefactor del calderín: Se encuentra sumergido en el interior del agua del calderín para facilitar su calentamiento.
- 4- Sensor de nivel del calderín: Controla el nivel del agua en el interior del calderín. En función de la respuesta de este sensor de nivel, se activará o desactivará la bomba. El nivel mínimo de agua lo situaremos a 90 mm.
- 5- Sensor de presión: Controla la presión del interior del calderín. En función de la respuesta de este sensor, se activará o desactivará la válvula de seguridad.
- 6- Tubería de polipropileno: Comunica el vapor de agua, generado en el calderín, con la plancha.
- 7- Tubería de polietileno: Comunica el agua del depósito al calderín.
- 8- Elemento calefactor de la plancha: Éste se encarga de calentar la base de la plancha, fabricada en acero inoxidable. Éste calefactor está controlado por un termostato.

- 9- Sensor de temperatura de la plancha: Controla que la temperatura de la plancha sea la adecuada (mayor de 70°C y menor que 120 °C).
- 10- Electroválvula: Es la encargada de suministrar el vapor a la plancha. Ésta se activa manualmente desde un pulsador de la plancha.
- 11- Sensor de temperatura del calderín: Controla que la temperatura del calderín sea la adecuada para producir vapor (temperatura mayor de 100 °C).

13. REGLAMENTO DE SISTEMAS A PRESIÓN

En este apartado se mencionarán los puntos del “Reglamento de Sistemas a Presión (Artículo 5)” influyentes en este proyecto, los cuales han sido mencionados anteriormente.

REGLAMENTO

La instalación de tuberías de vapor, agua sobrecalentada y agua caliente se realizará de acuerdo con las siguientes prescripciones:

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/seg.
- Vapor recalentado y sobrecalentado: 60 m/seg.
- Agua sobrecalentada y caliente: 5 m/seg.

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 prohibido 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.

14. PRESUPUESTO DEL PROYECTO

A continuación se muestra el presupuesto del Sistema de Planchado. Éste ha sido dividido en bloques según su función.

13.1 ELEMENTO CALEFACTOR (Bloque 1)

COMPONENTE	TIPO	Nº Componentes	Fabricantes	Precio (euros)	Precio (unidad)
Resistencias		12		0.228 euros	0.019 euros
	1K	8		0.152	
	3.8K	2		0.038	
	330	1		0.019	
	350	1		0.019	
Diodos		2	National Semiconductor	0.14 euros	0.07 euros
	1N4007	2		0.14	
AO		3	National Semiconductor	2.241 euros	
	LM139		1	0.541	0.541
	LM124		2	1.7	0.850
SENSOR TEMPERATURA		1	National Semiconductor	3.72 euros	3.72 euros
	LM35	1		3.72	3.72
Relé Sólido (SSR)		1	Panasonic	6.18 euros	6.18 euros
	AQ8	1		6.18	6.18
Resistencia Calefactora		1	Stegotronic	34.95 euros	34.95 euros
	Serie RCE 016	1		10.4	10.4
PRECIO TOTAL				47.459 EUROS	

13.2 SENSOR DE NIVEL DEPÓSITO (Bloque 2)

COMPONENTE	TIPO	Nº Componentes	Fabricantes	Precio (euros)	Precio (unidad)
Resistencias		11		0.209	0.019 euros

				euros	
	1K	5		0.095	
	4K	2		0.038	
	350	1		0.019	
	690	1		0.019	
	800	2		0.038	
Diodos		1	National Semiconductor	0.07 euros	0.07 euros
	1N4007			0.07	
A.O		2	National Semiconductor	1.391 euros	
	LM139	1		0.541	0.541
	LM124	1		0.850	0.850
SENSOR PRESIÓN		2	BD SENSORS	10.8 euros	
	DMP 331	2		10.8	5.40
LED's		2	National Semiconductor	0.2 euros	0.1 euros
	AZUL	1		0.1	0.1
	ROJO	1		0.1	0.1
PRECIO TOTAL				12.67 EUROS	

13.3 CONTROL DE LA BOMBA (Bloque 3)

COMPONENTE	TIPO	Nº Componentes	Fabricantes	Precio (euros)	Precio (unidad)
Resistencias		11		0.209 euros	0.019 euros
	1K	6		0.114	0.019
	4.8K	2		0.038	0.019
	330	2		0.038	0.019
	800	1		0.019	0.019
Diodos		1	National Semiconductor	0.07 euros	0.07 euros
	1N4007			0.07	
A.O		3	National Semiconductor	2.241 euros	
	LM139	1		0.541	0.541
	LM124	2		1.7	0.850
SENSOR PRESIÓN		2	BD SENSORS	10.8 euros	5.40 euros
	DMP 331	2		10.8	5.40
LED's		1	National Semiconductor	0.1 euros	0.1 Euros

	ROJO	1		0.1	0.1
Relé Sólido (SSR)		1	Panasonic	6.18 euros	6.18 Euros
	AQ8	1		6.18	6.18
Bomba		1	Flojet	119 euros	119 euros
PRECIO TOTAL				138.61 EUROS	

13.4 PRESIÓN EN LA CALDERA (Bloque 4)

COMPONENTE	TIPO	Nº Componentes	Fabricantes	Precio (euros)	Precio (unidad)
Resistencias		8		0.152 euros	0.019 euros
	1K	4		0.076	0.019
	4K	1		0.019	0.019
	330	1		0.019	0.019
	970	1		0.019	0.019
	800	1		0.019	0.019
Diodos		1	National Semiconductor	0.07 euros	0.07 euros
	1N4007			0.07	
A.O		2	National Semiconductor	0.626 euros	
	LM139	1		0.541	0.541
	LM124	1		0.085	0.850
SENSOR PRESIÓN		1	BD SENSORS	5.40 euros	5.40 euros
	DMP 331	1		5.40	5.40
LED's		1	National Semiconductor	0.1 Euros	0.1 euros
PRECIO TOTAL				6.229 EUROS	

13.5 DISPOSITIVO DE PLANCHADO (Bloque 5)

COMPONENTE	TIPO	Nº Componentes	Fabricantes	Precio (euros)	Precio (unidad)
Resistencias		13		0.247 euros	0.019 euros
	1K	9		0.171	0.019
	3.8	1		0.019	0.019
	350	2		0.038	0.019
	800	1		0.019	0.019
Diodos		2	National	0.14	0.07

			<i>Semiconductor</i>	<i>euros</i>	<i>euros</i>
	1N4007			0.07	
A.O		3	National Semiconductor	0.711 euros	
	LM139	1		0.541	0.541
	LM124	2		0.17	0.850
SENSOR TEMPERATURA		1	National Semiconductor	3.72 euros	3.72 euros
	LM35	1		3.72	3.72
LED's		1	National Semiconductor	0.1 euros	0.1 euros
Relé Sólido (SSR)		1	Panasonic	6.18 euros	6.18 euros
	AQ8	1		6.18	6.18
Elemento Calefactor		1	Hotwatt	38.69 euros	38.69 euros
	Plana (de mica insulada)	1		38.69	38.69
PRECIO TOTAL				49.788 EUROS	

13.6 PANTALLA LCD (Bloque 6)

COMPONENTE	TIPO	Nº Componentes	Fabricantes	Precio (euros)	Precio (unidad)
Potenciómetro		1		0.1	0.1
	10k resistencia nominal	1		0.1	0.1
Condensadores		2		0.04	0.02
	22p Cerámico	2		0.04	0.02
PIC		1	Microchip	6.01 euros	6.01 euros
	16F877	1		6.01	6.01
Cristal de cuarzo		1		5.22 euros	5.22 euros
	OSC4M	1		5.22	5.22
PRECIO TOTAL				11.37 EUROS	

13.7 ALIMENTACIÓN DEL SISTEMA (Bloque 7)

COMPONENTE	TIPO	Nº Componentes	Fabricantes	Precio (euros)	Precio (unidad)
Potenciómetro		1		0.1 euros	0.1 Euros
	10k Resistencia nominal		1	0.1	0.1
Condensadores		2		0.04 euros	0.02 Euros
	22p Cerámico	2		0.04	0.02
PIC		1	Microchip	5.04 euros	5.04 Euros
	16F84	1		5.04	5.04
Cristal de cuarzo		1		5.22 euros	5.22 euros
	OSC4M	1		5.22	5.22
LED's		2	National Semiconductor	0.2 euros	0.1 euros
	LED VERDE	2		0.2	0.1
Resistencias		2		0.038 euros	0.019 euros
	470	2		0.038	0.019
Relé Sólido (SSR)		3	Panasonic	18.54 euros	6.18 euros
	AQ8			18.54	6.18
PRECIO TOTAL				29.178 EUROS	

Distribuidores

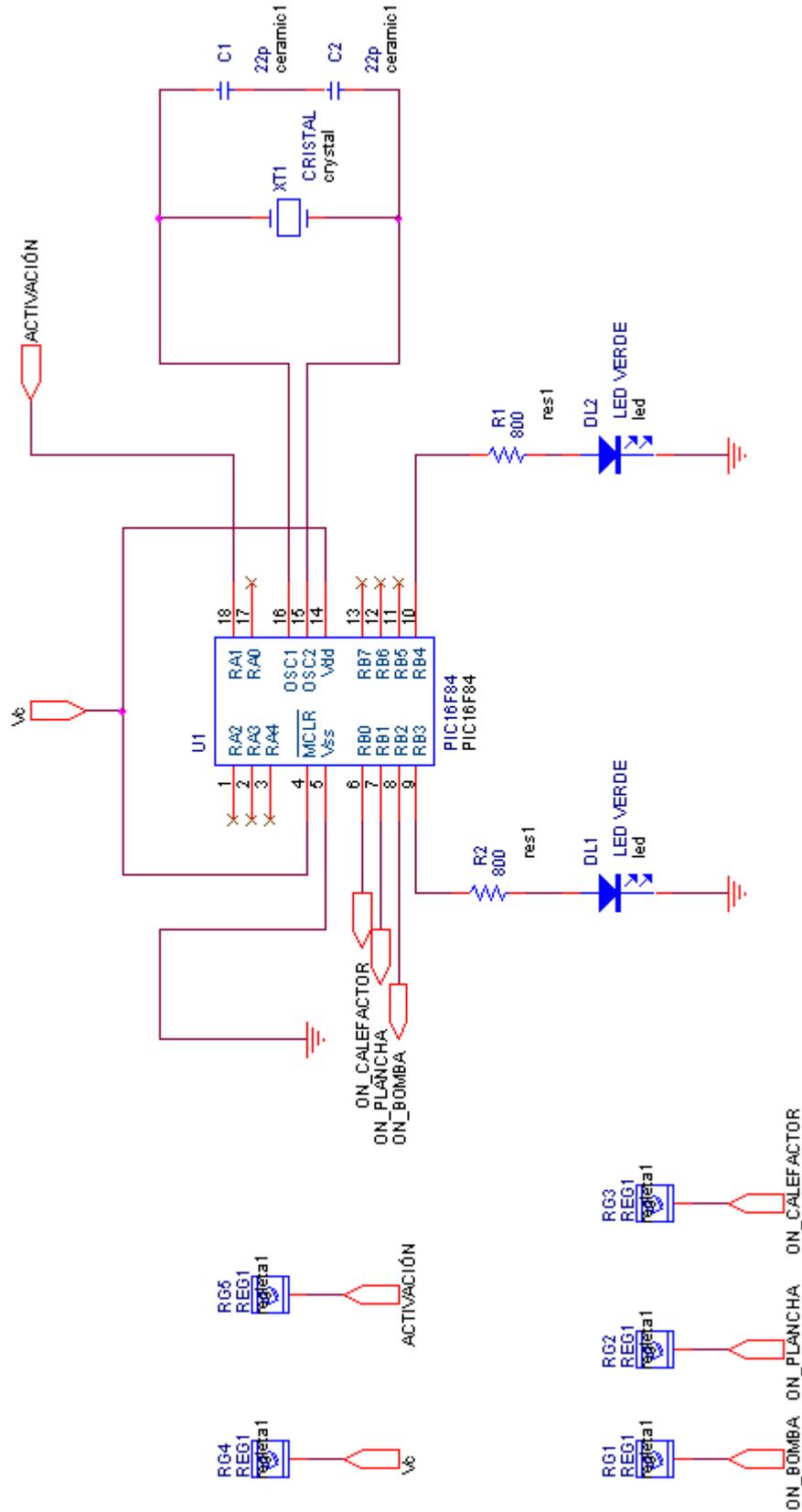
A continuación se presenta una lista de posibles distribuidores de los componentes citados:

- <http://es.rs-online.com>
- <http://www.electan.com>
- <http://www.sensorsone.co.uk>
- <http://pdf.directindustry.es>
- <http://es.rs-online.com>
- <http://www.micropik.com>

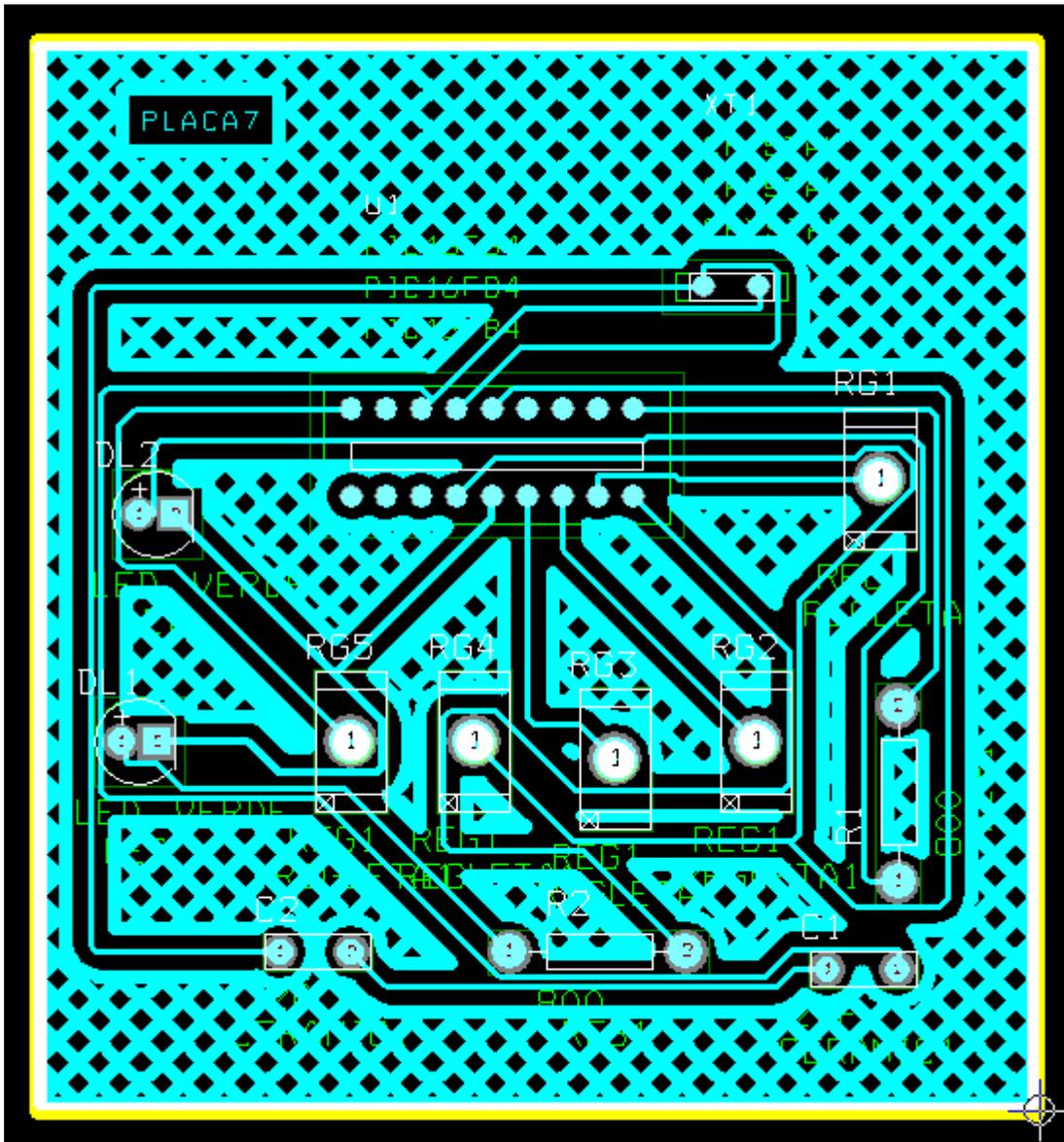
13.8 PRESUPUESTO TOTAL

BLOQUE	PRECIO
Bloque 1	47.459 euros
Bloque 2	12.67 euros
Bloque 3	138.61 euros
Bloque 4	6.229 euros
Bloque 5	49.788 euros
Bloque 6	11.37 euros
Bloque 7	29.178 euros
PRECIO TOTAL	295.304 euros

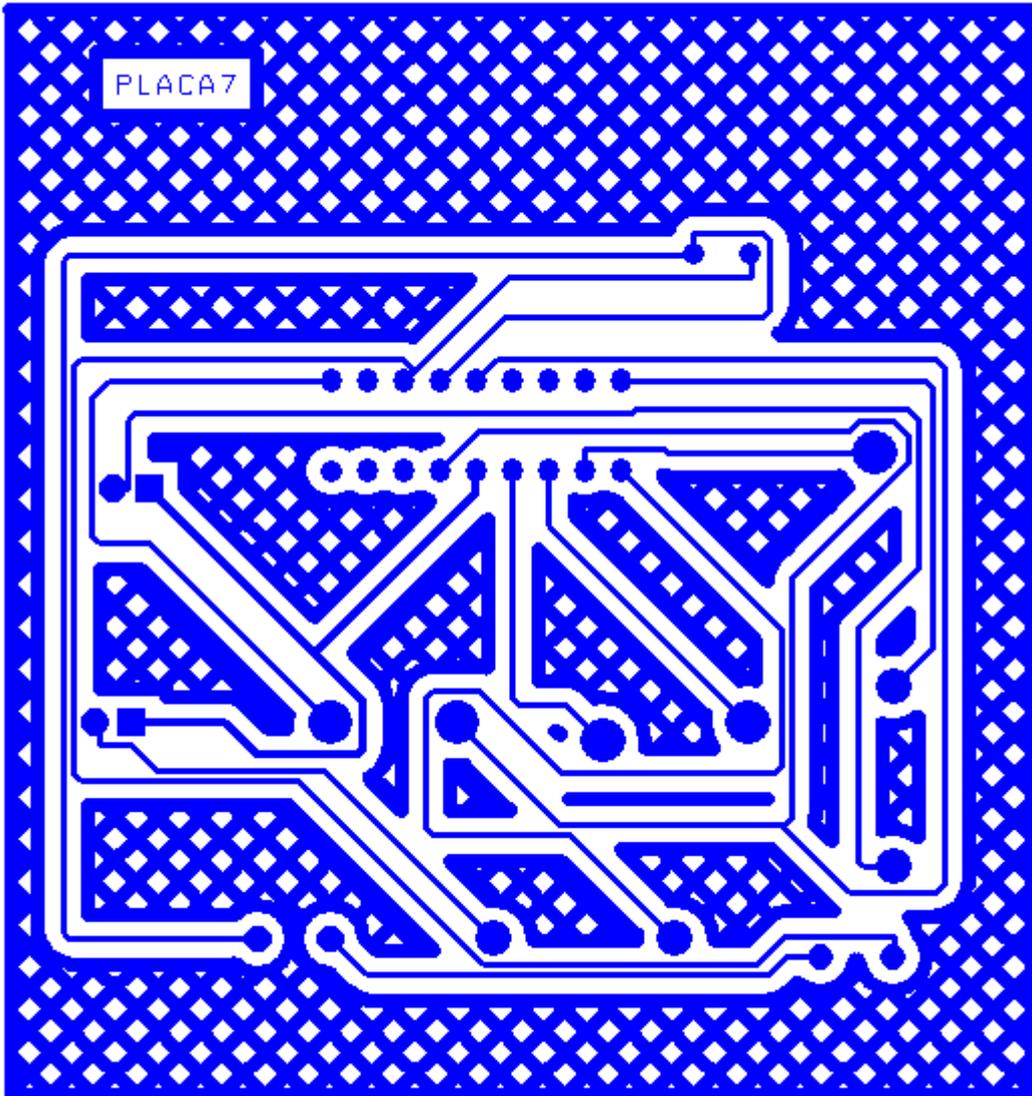
PLANOS



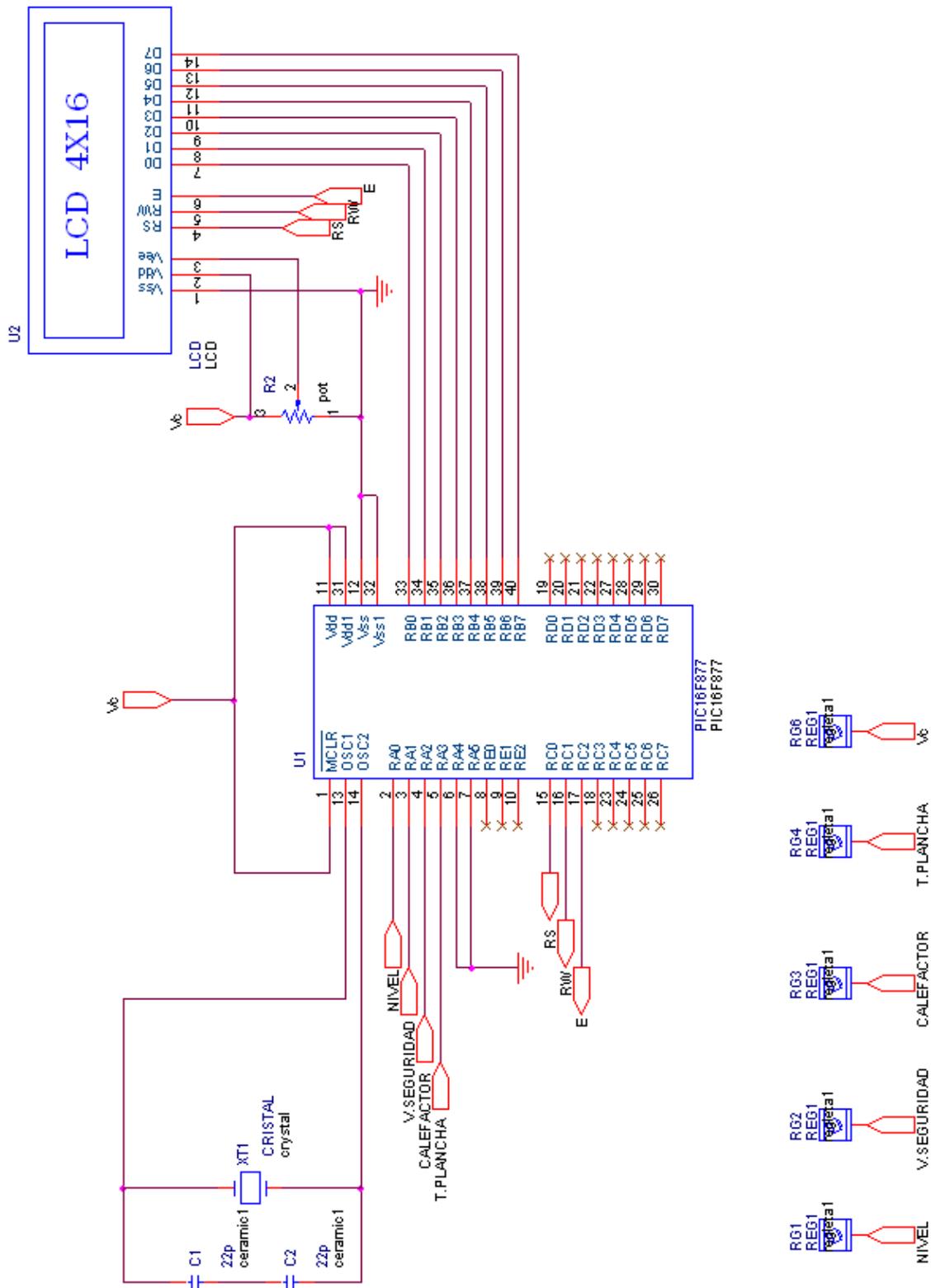
Activación del Sistema: Esquema



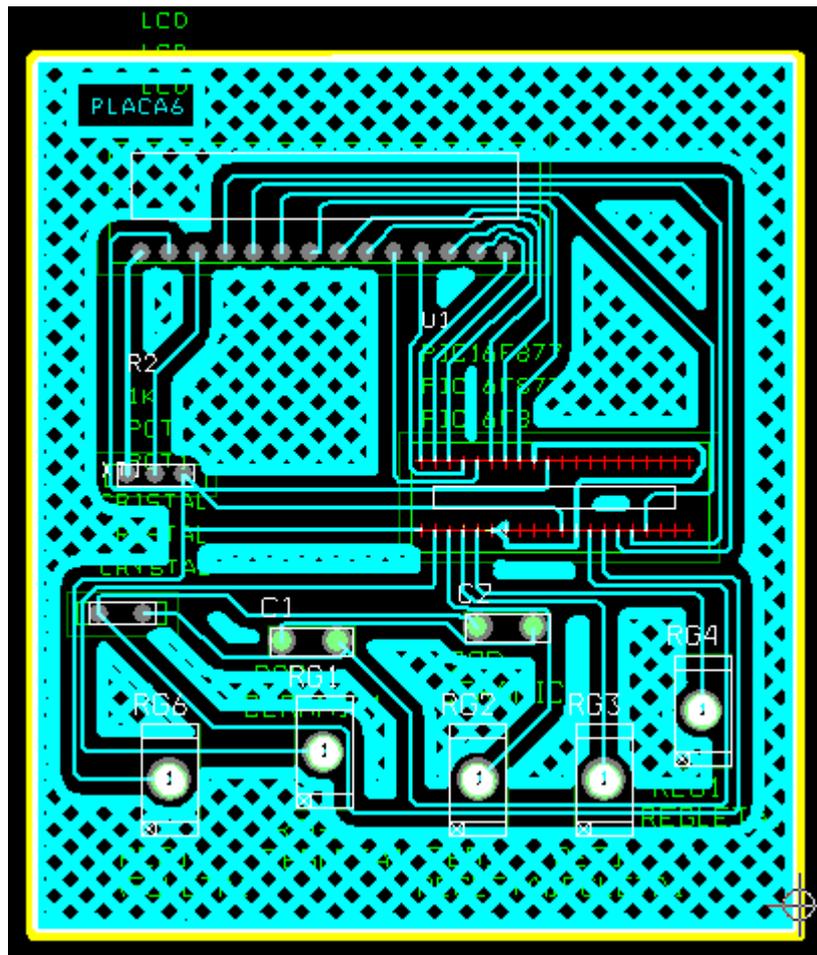
Activación del Sistema: Placa



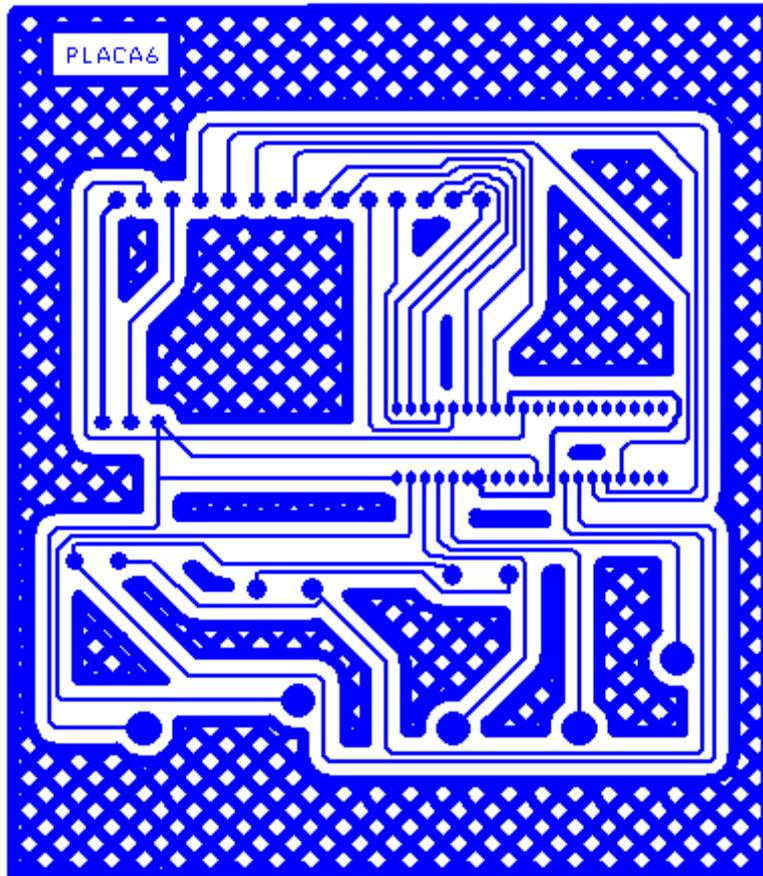
Activación el Sistema: Capa TOP



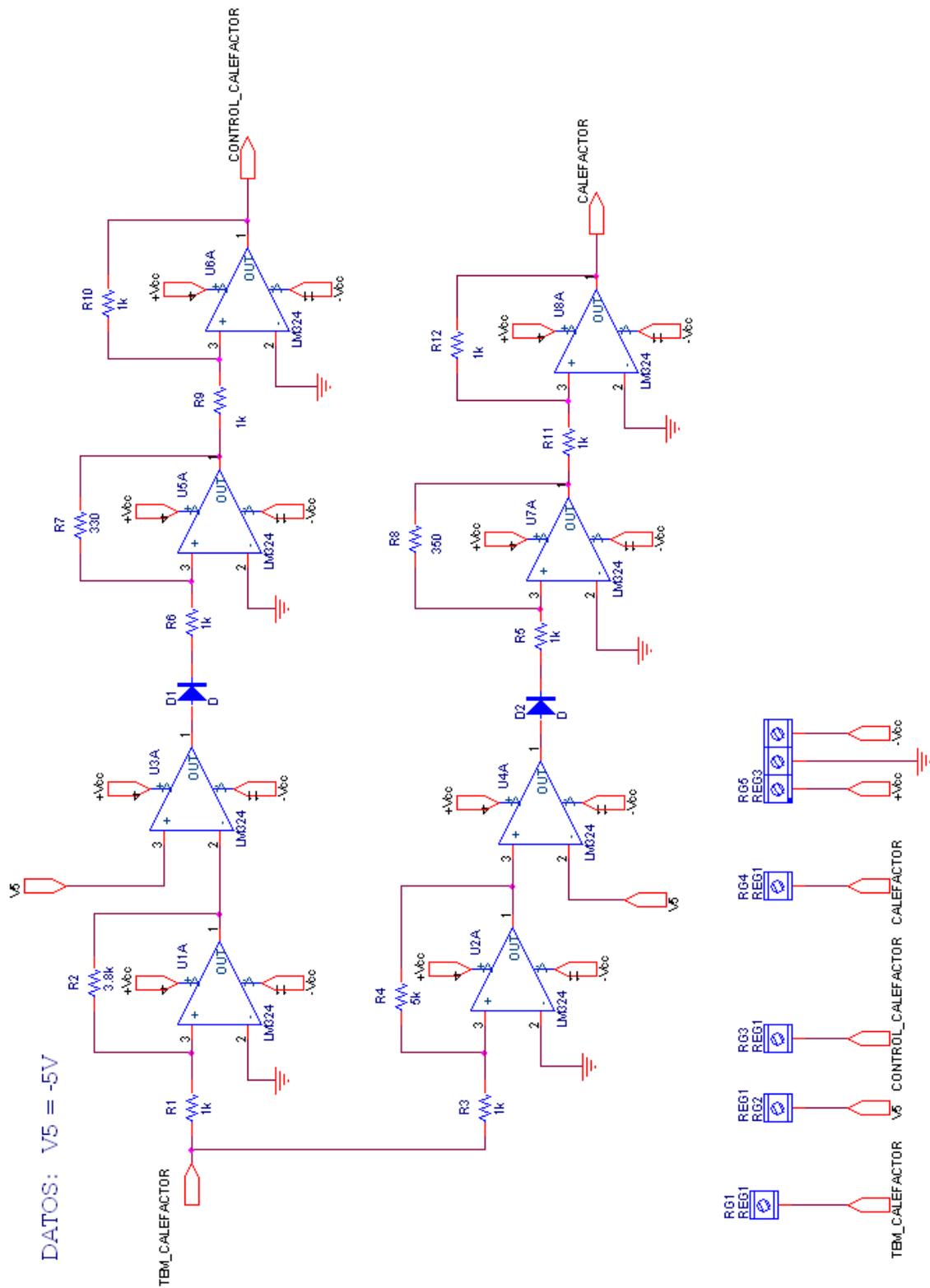
Control de la pantalla LCD: Esquema



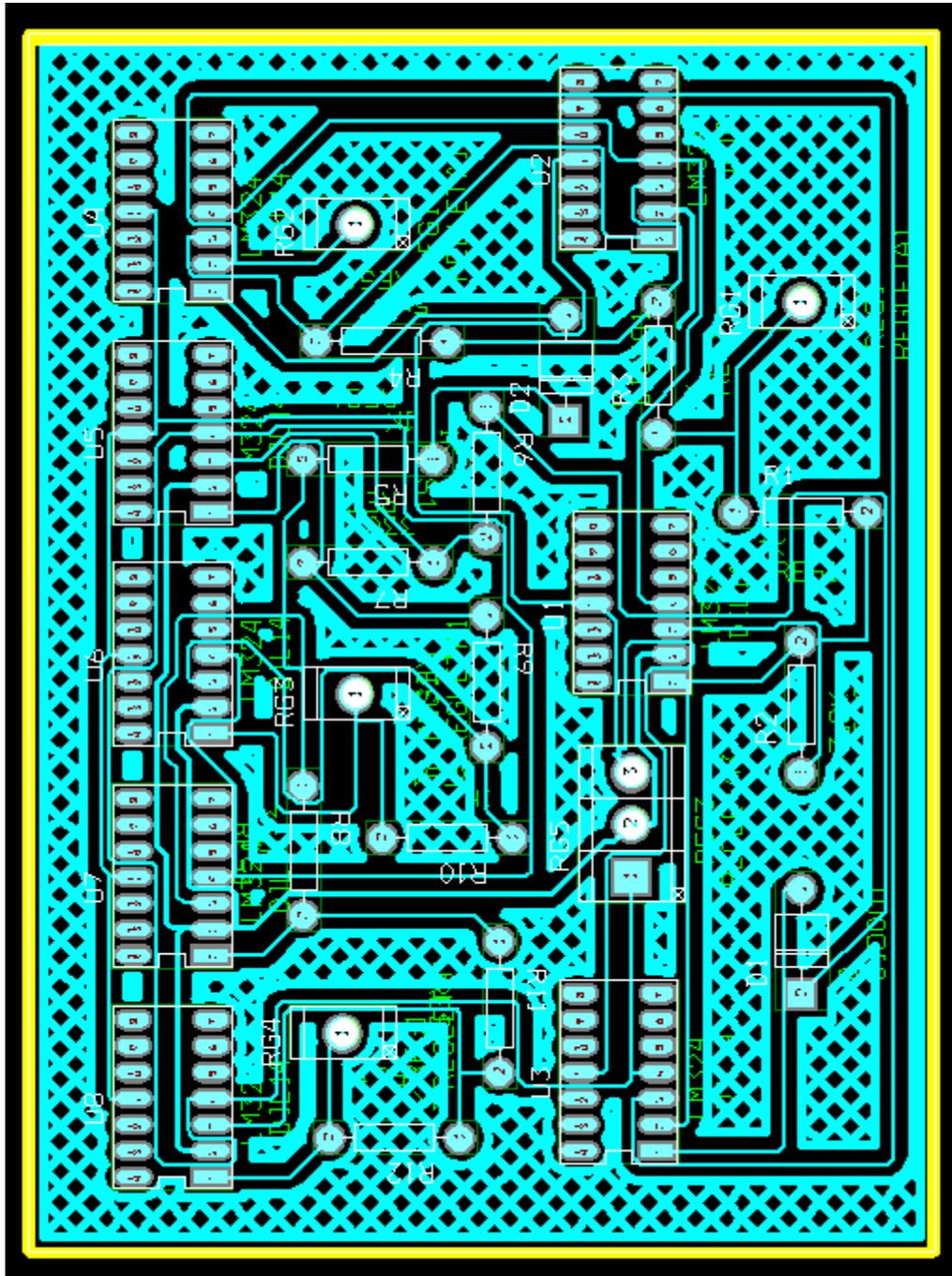
Control de la pantalla LCD: PLACA



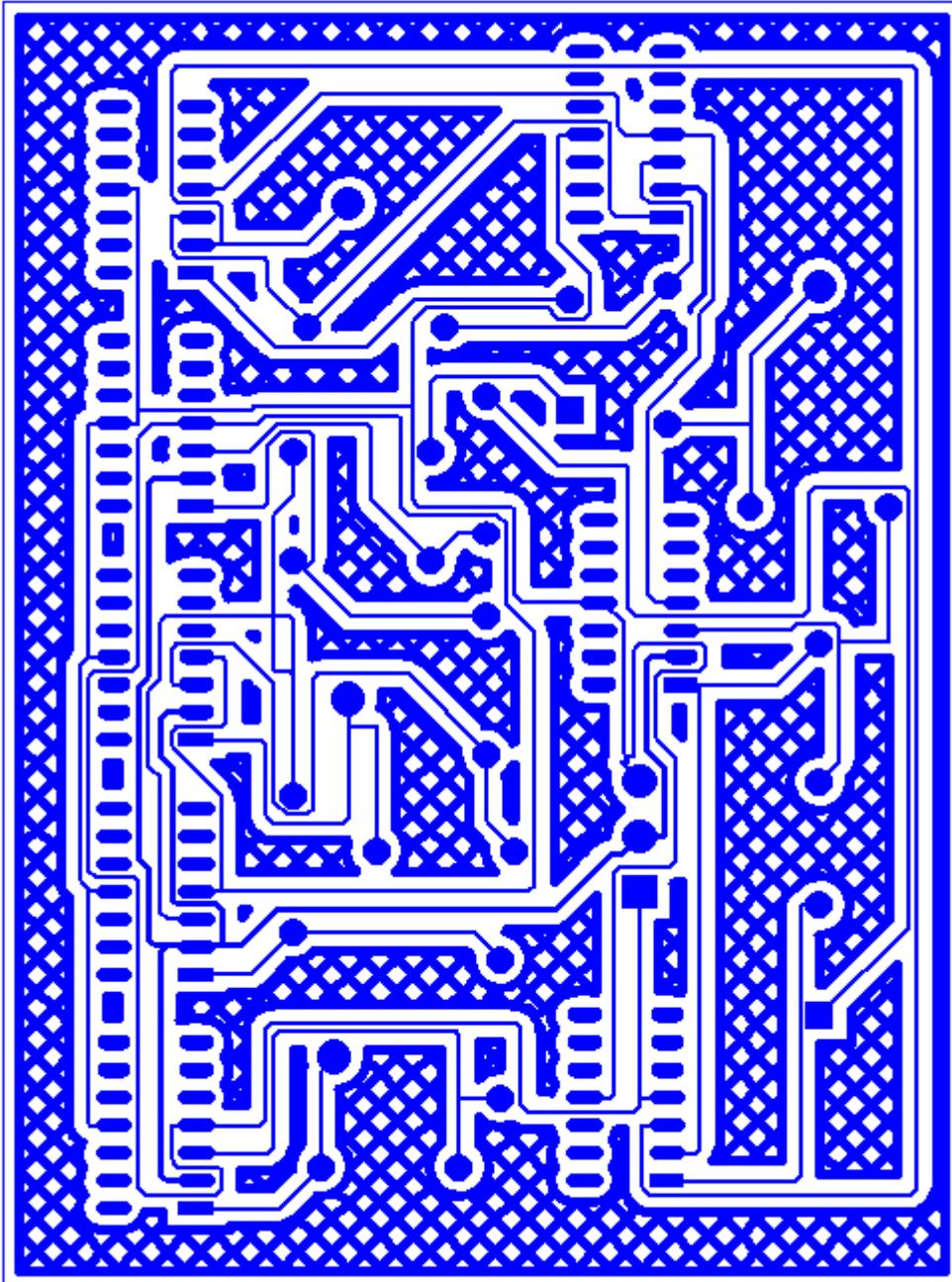
Control de la pantalla LCD: Capa TOP



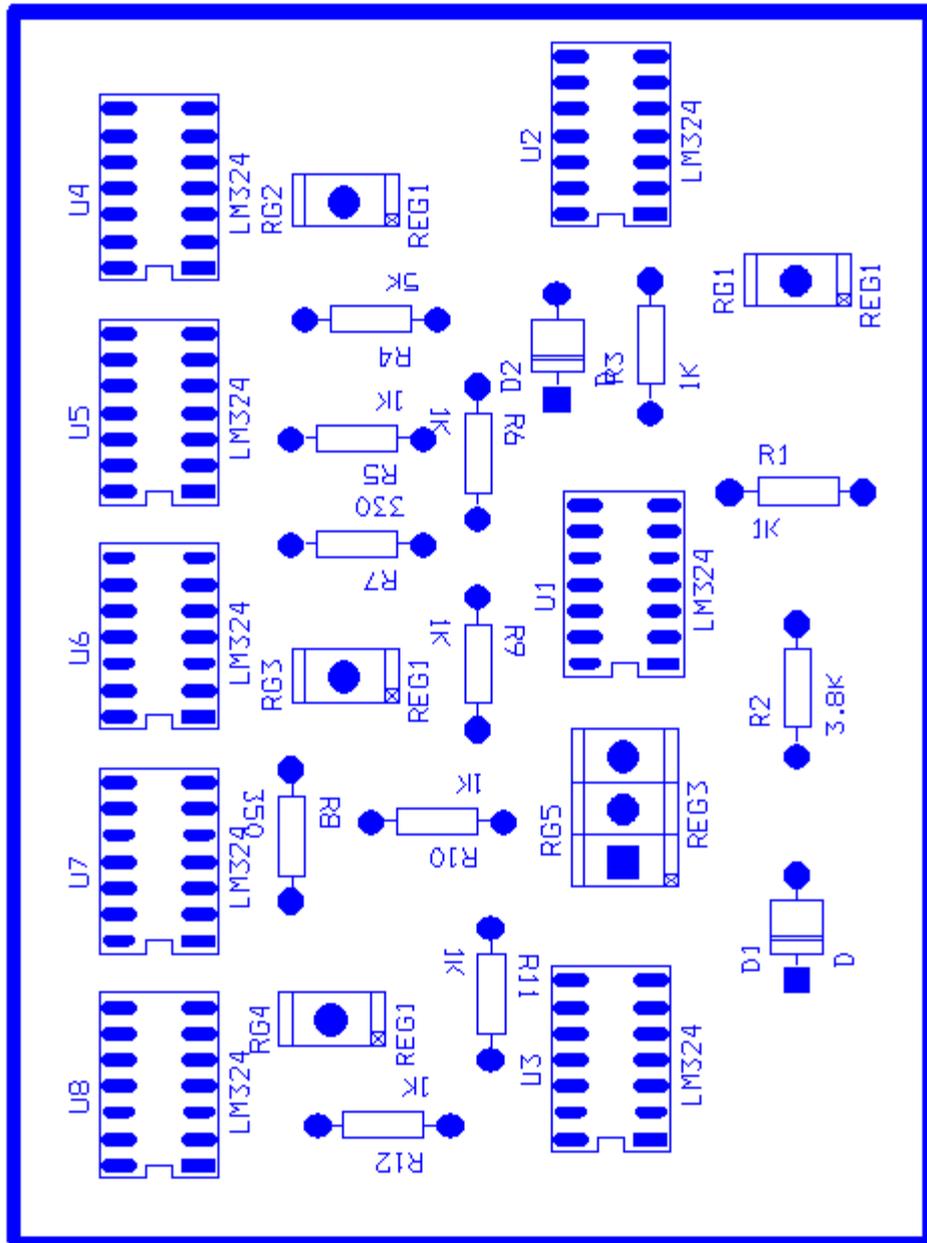
Control del calefactor (Depósito): Esquema



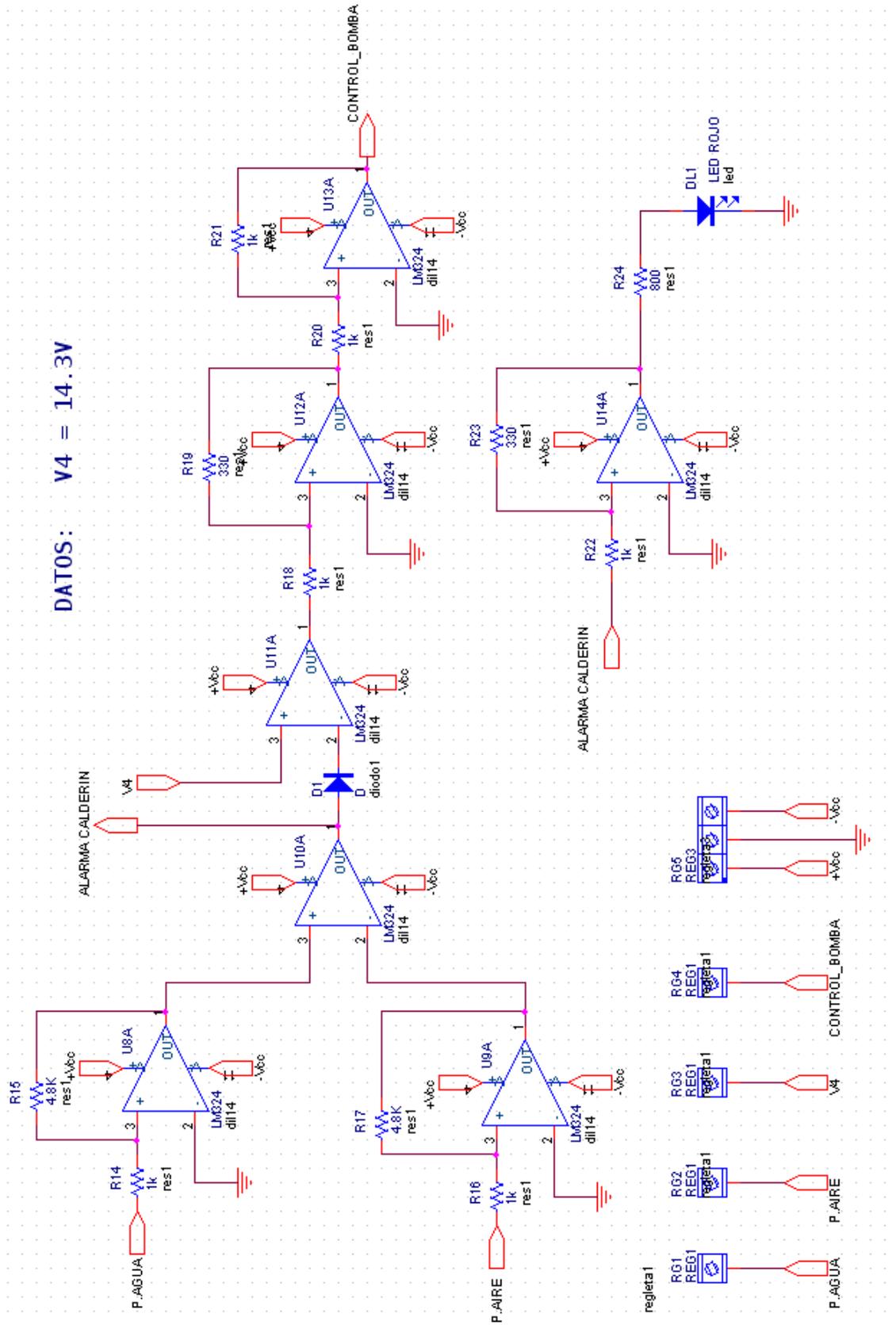
Control de la resistencia calefactora (Depósito): PLACA



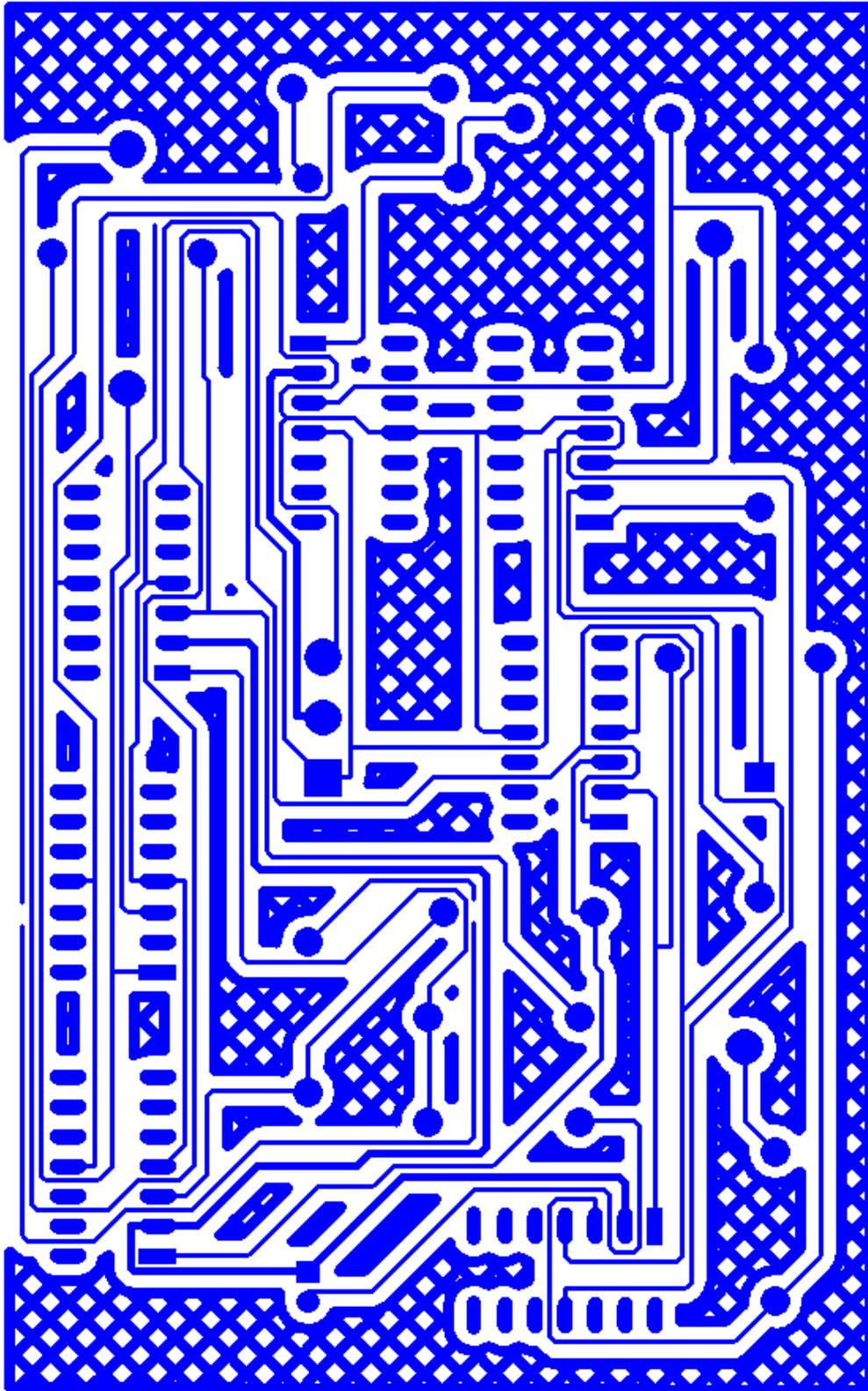
Control de la resistencia calefactora (Depósito): Capa TOP



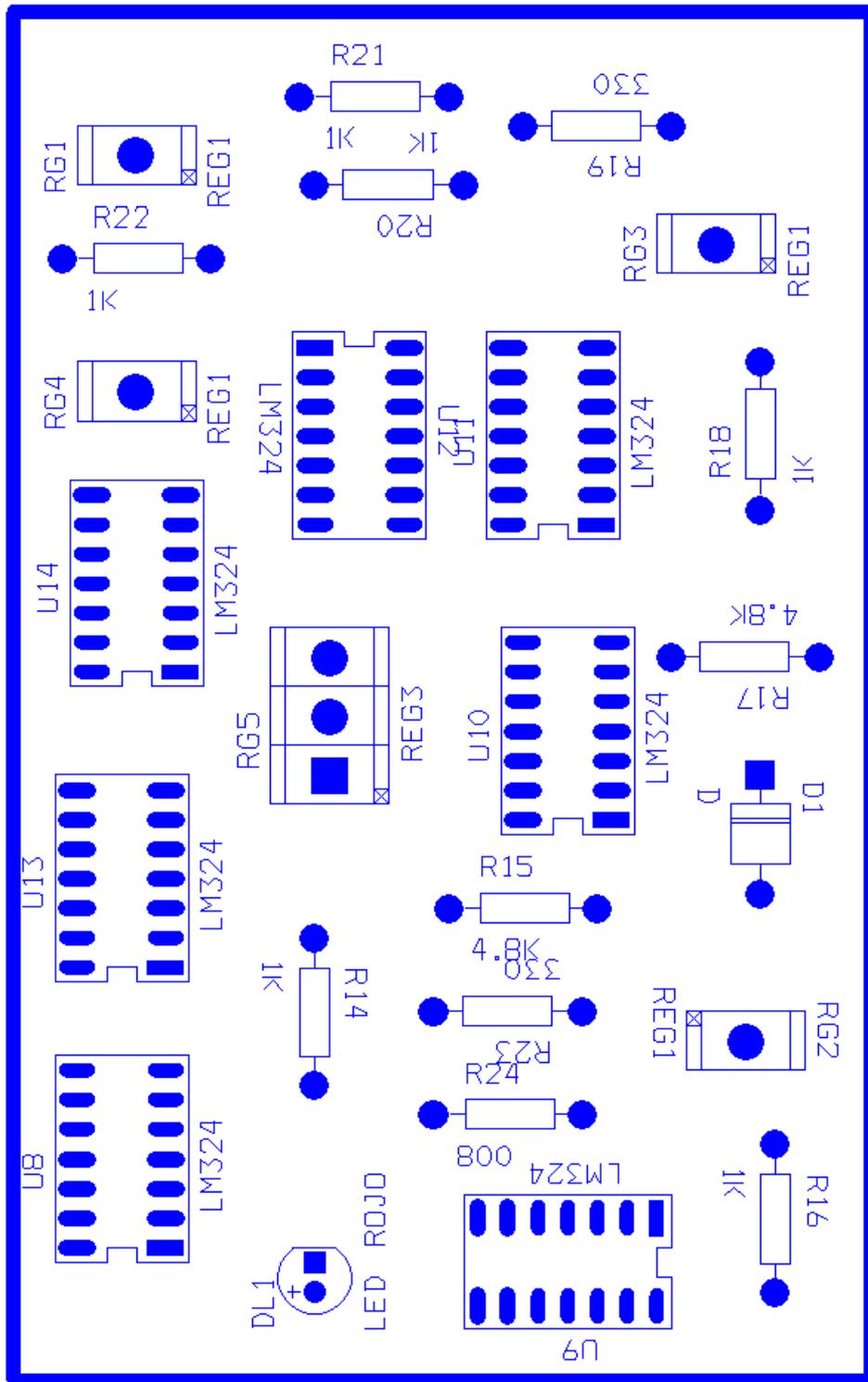
Control de la resistencia calefactora: Componentes



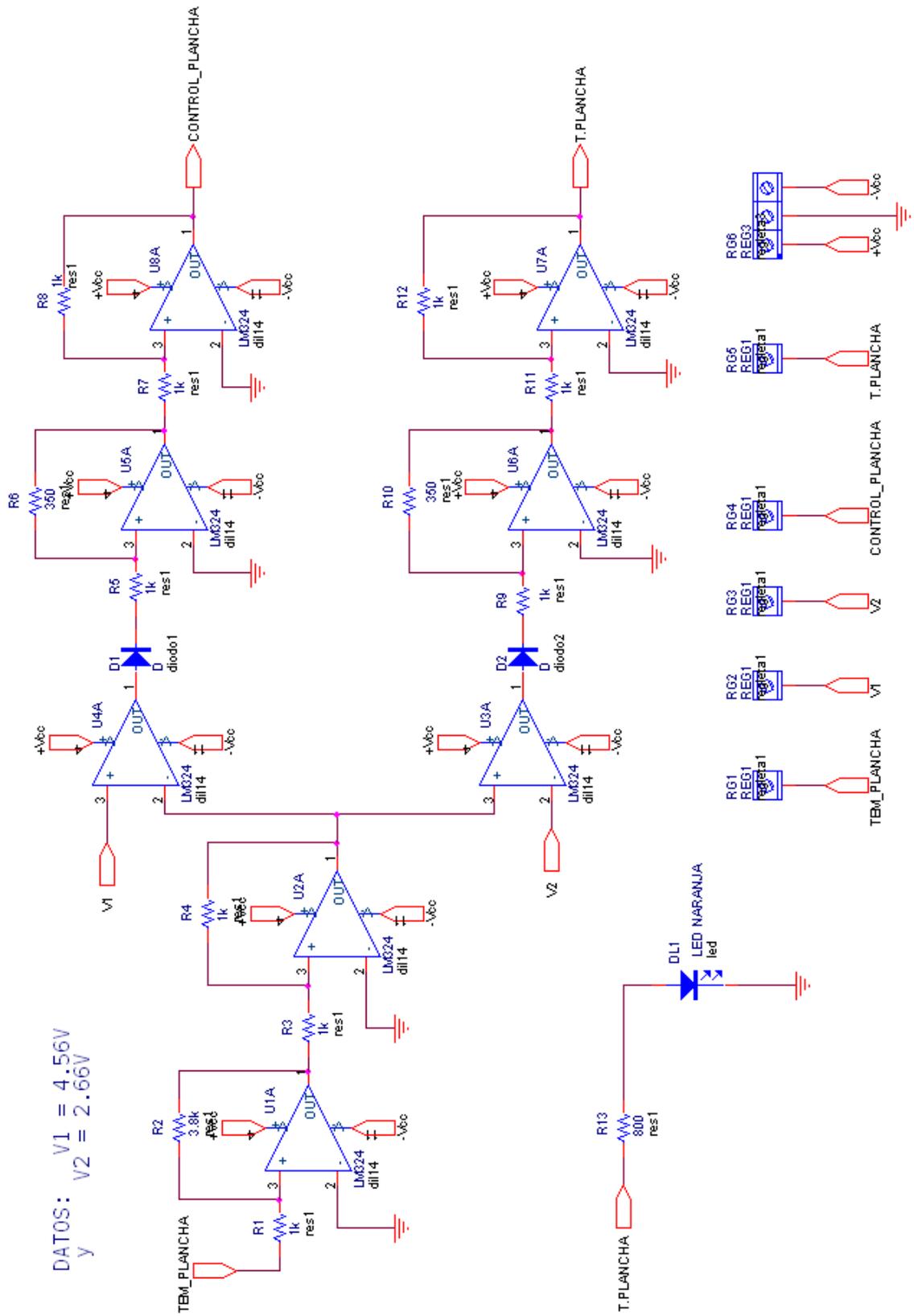
Control de la Bomba: Esquema



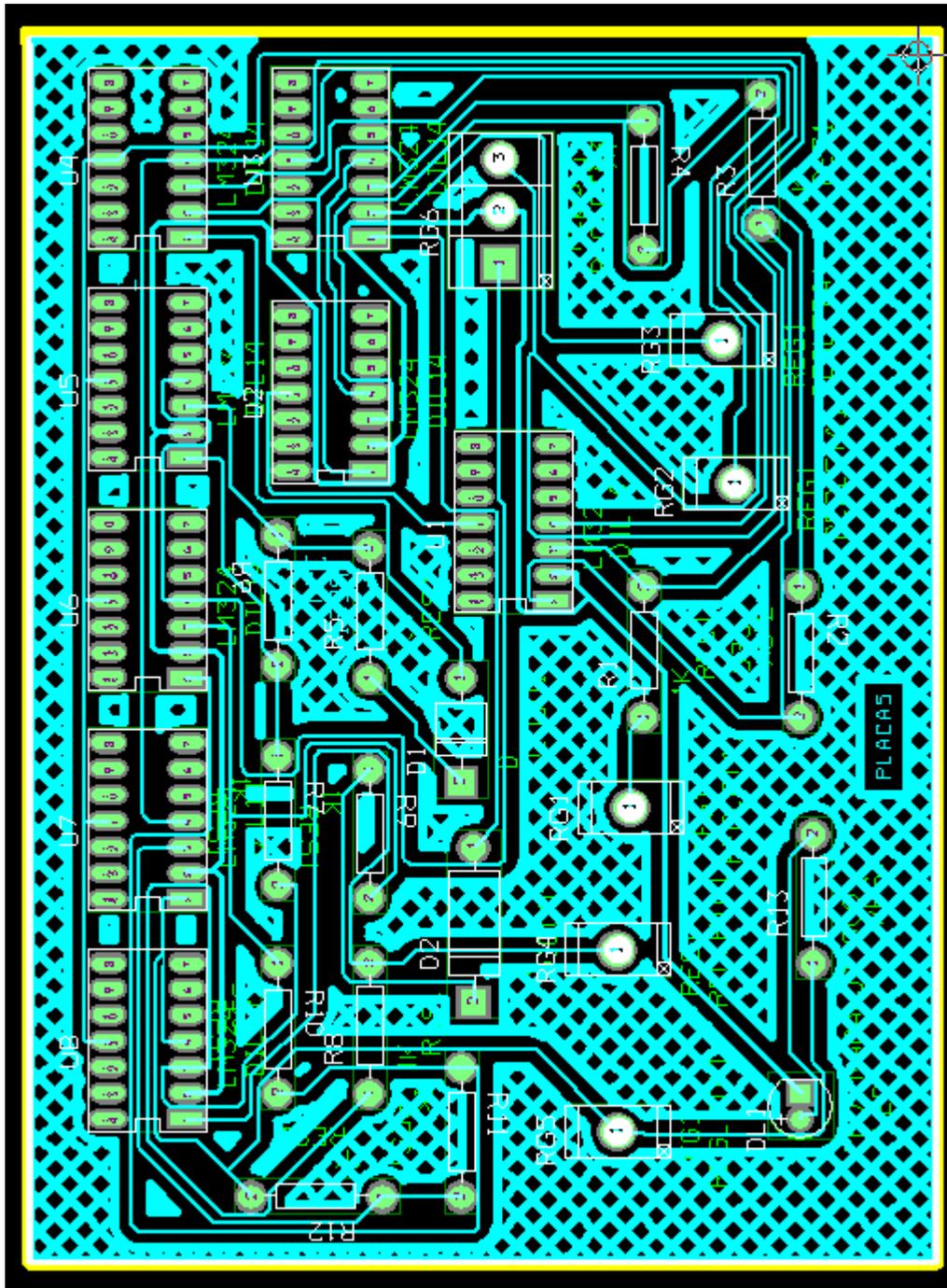
Control de la Bomba: Capa TOP



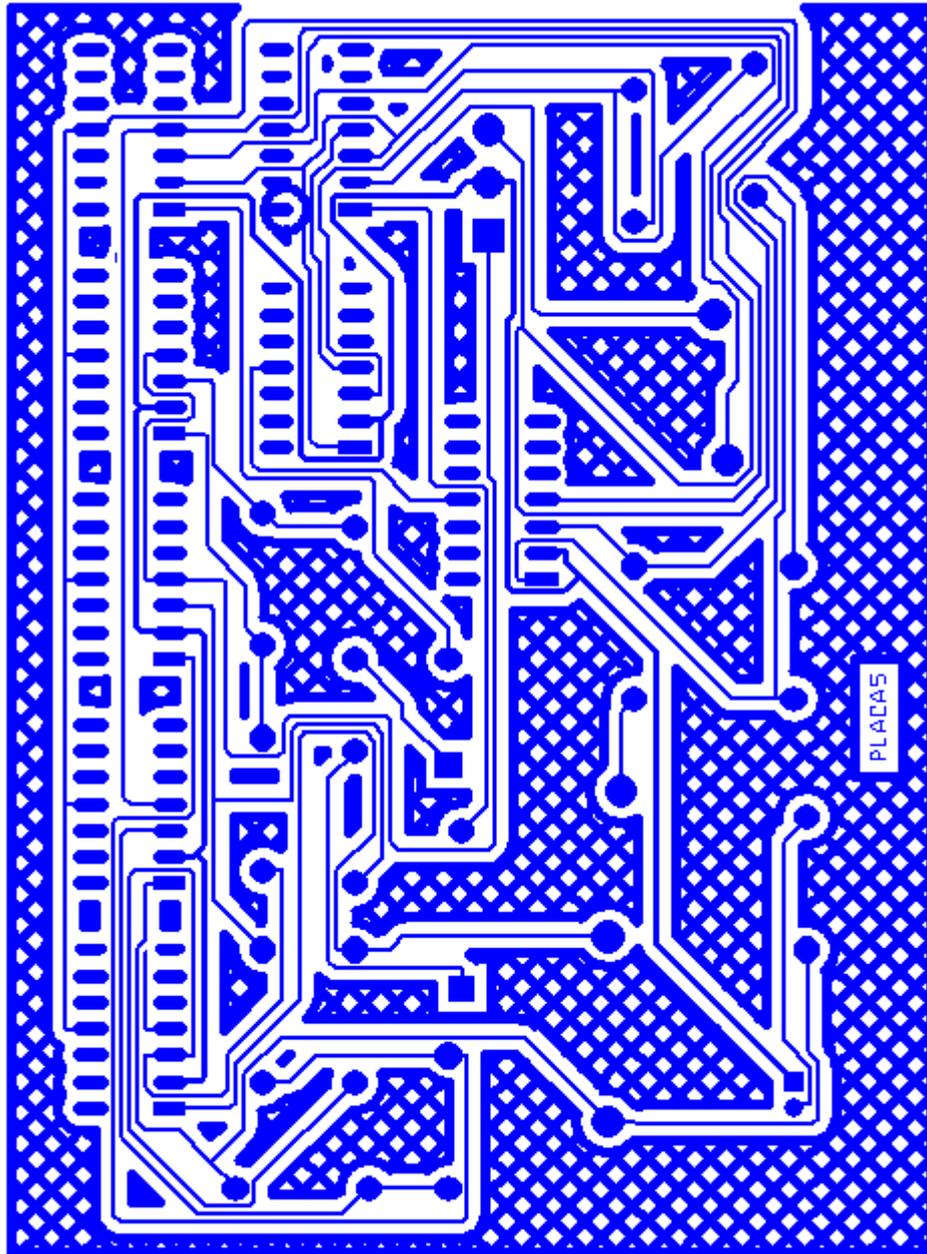
Control de la Bomba: Componentes



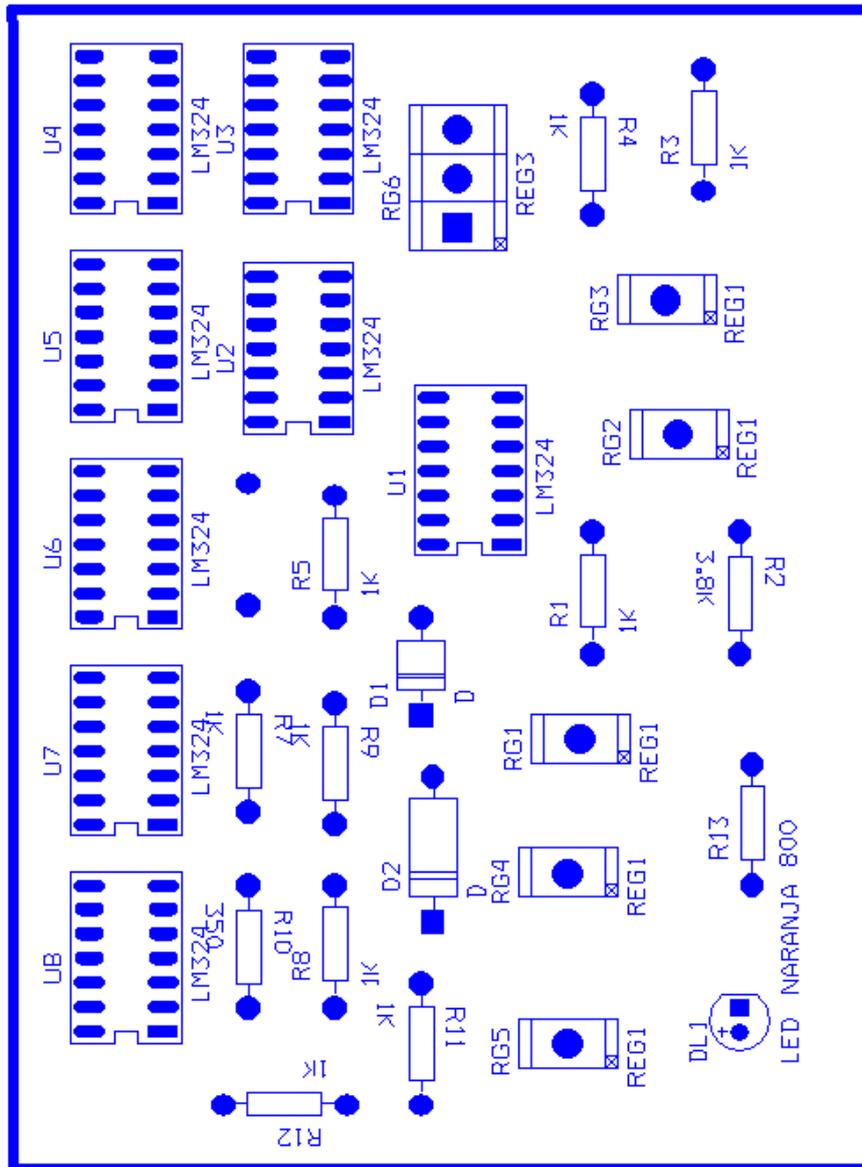
Control de la resistencia calefactora (plancha): Esquema



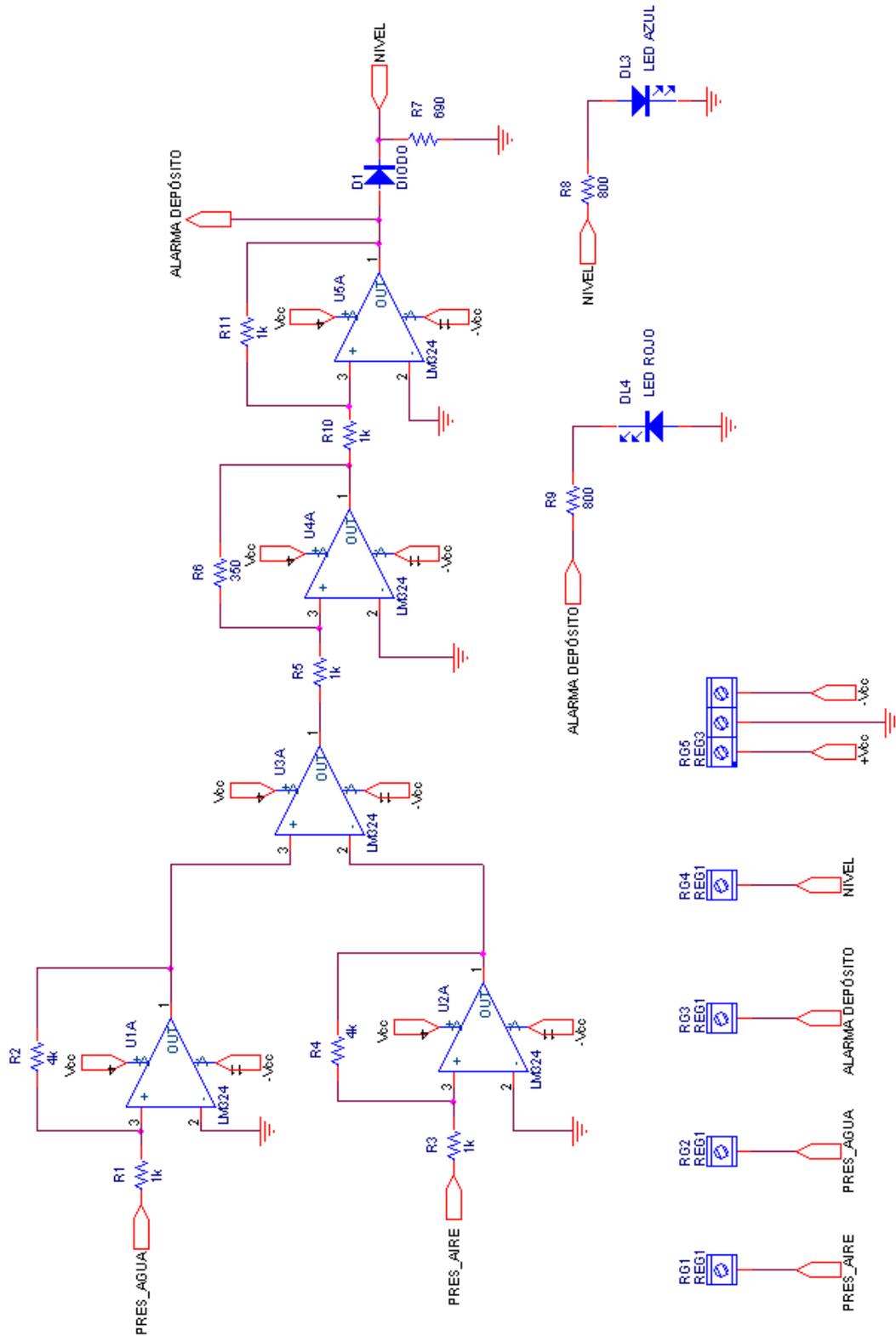
Control de la resistencia calefactora (plancha): PLACA



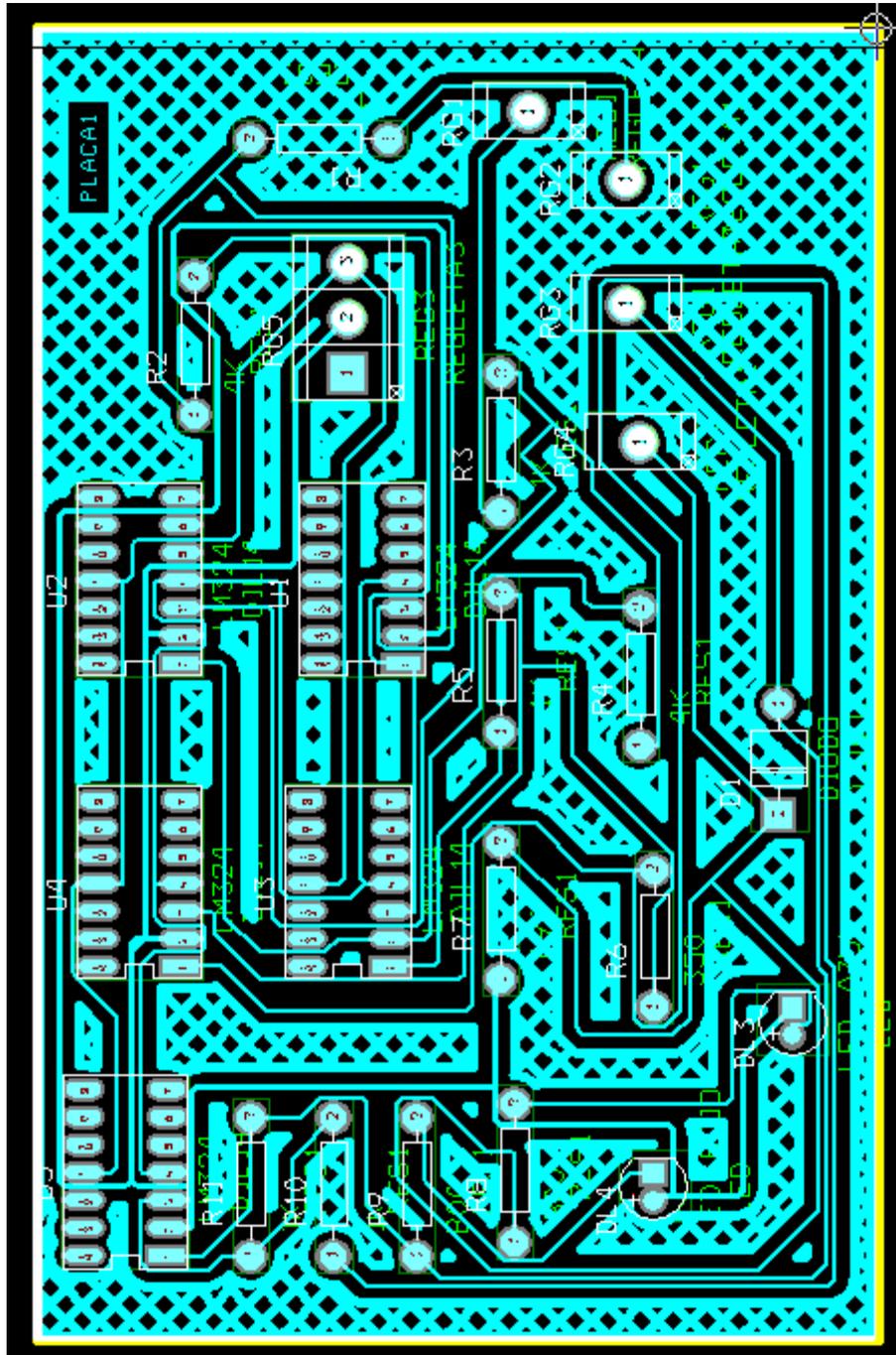
Control de la resistencia calefactora (plancha): CAPA TOP



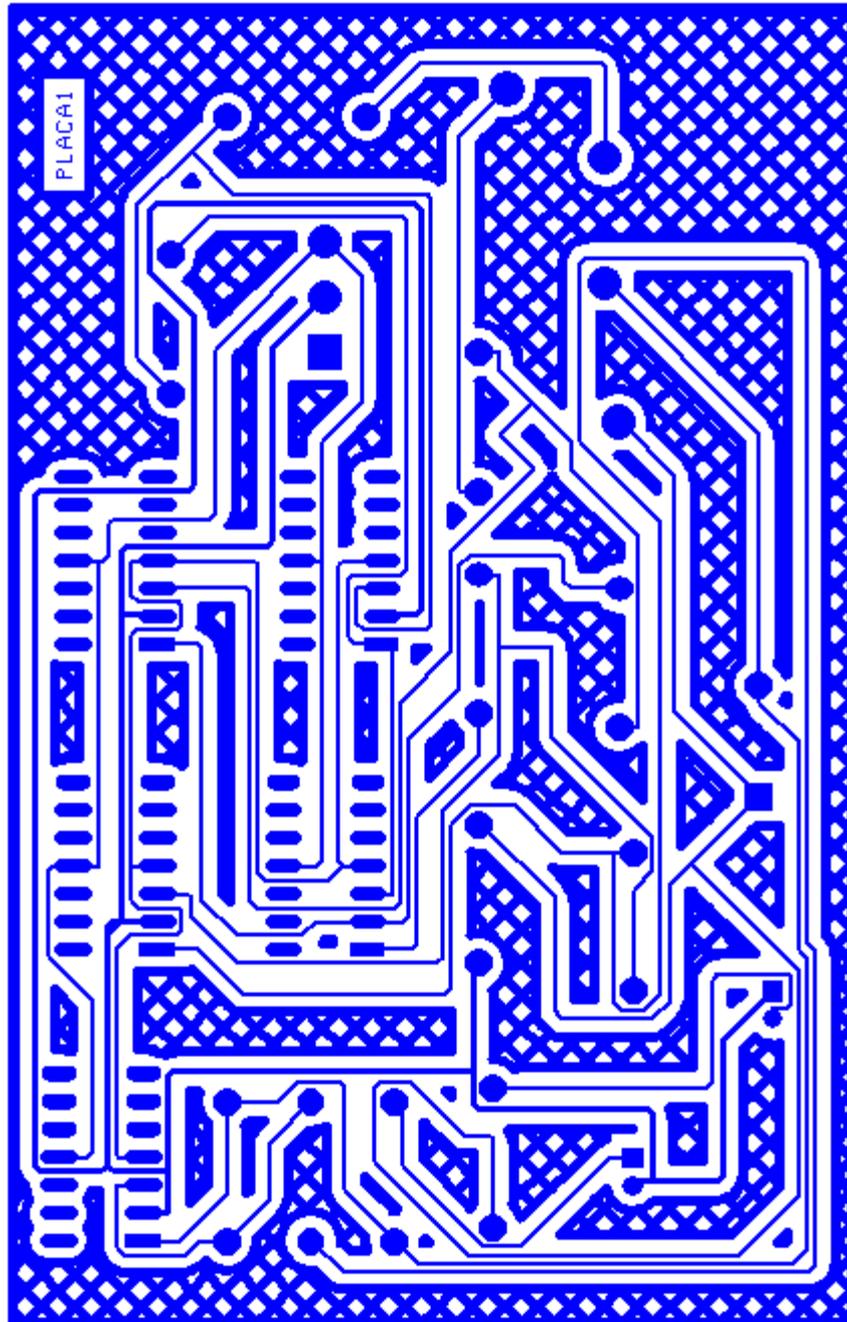
Control de la resistencia calefactora (plancha): COMPONENTES



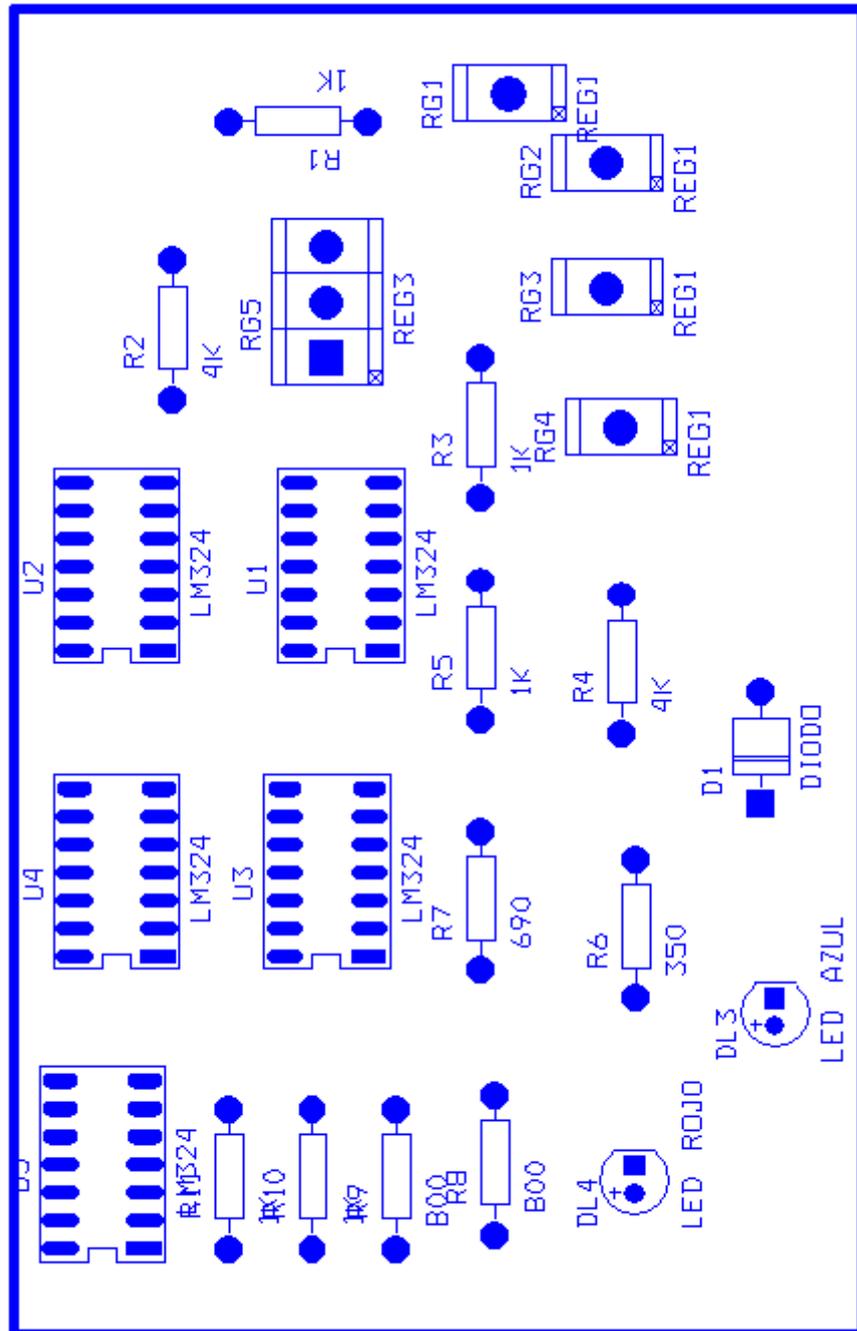
Control nivel depósito. ESQUEMA



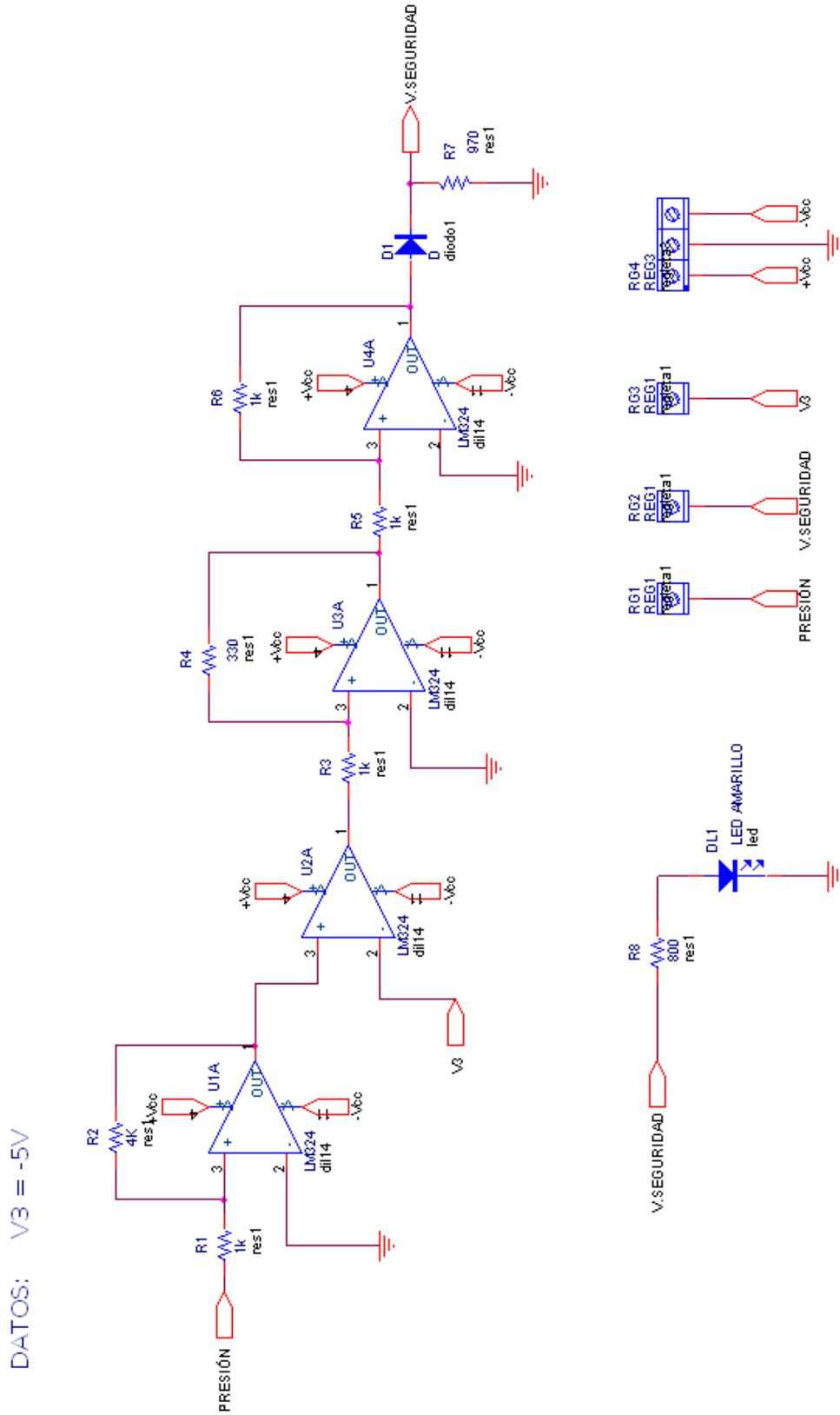
Control nivel depósito. PLACA



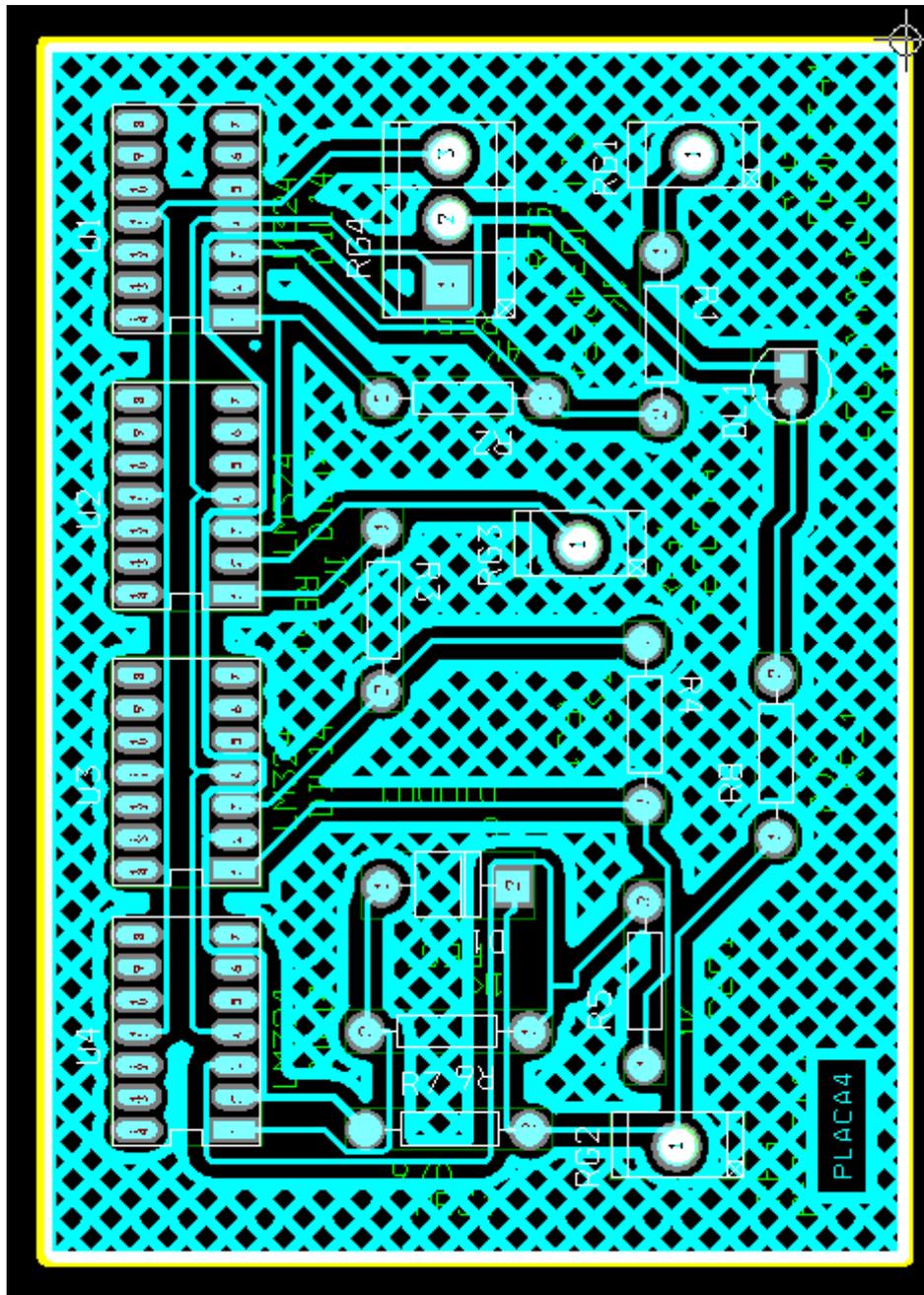
Control nivel depósito: CAPA TOP



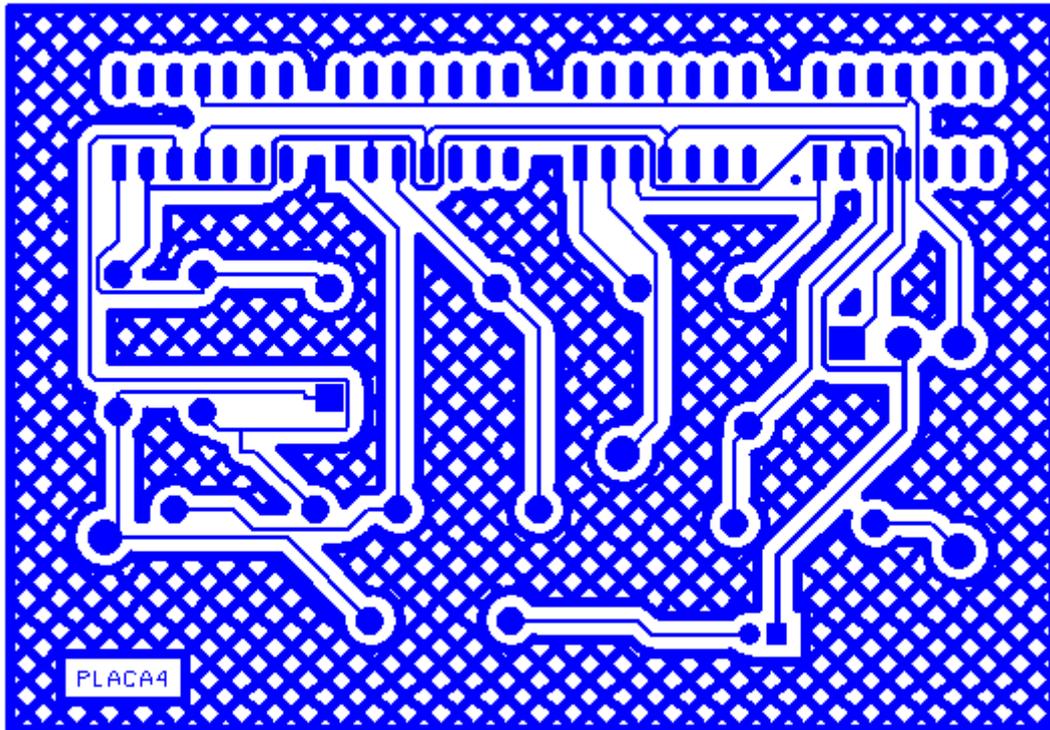
Control nivel depósito. COMPONENTES



Control presión calderín. ESQUEMA



Control presión calderín. PLACA



BIBLIOGRAFÍA

- Rashid M. H, Electrónica de Potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones. Editorial Prentice Hall, 1993
- Daniel W. Hart, Electrónica de Potencia. Editorial PrenticeHall, 2005.
- Norbert R. Malik, Circuitos Electrónicos (Análisis, simulación y diseño). Editorial Prentice Hall, 1996.
- Ramón Pallás Areny. Sensores y Acondicionadores de Señal. Editorial Marcombo, 1998

Páginas web:

- www.uca.es → Trabajos y proyectos de la Universidad de Cádiz.
- www.uc3m.es/ → Trabajos y proyectos de la Universidad Carlos III (Madrid).
- www.forosdeelectronica.com → Tutoriales e información de programación de PICs

Programas utilizados

- MPLAB IDE V8.3 → Programa para compilar código ensamblador.
- PROTEUS → Simulador de sistemas y circuitos.
- ORCAD → Montaje y simulación de circuitos.
- LAYAUT → Programa para diseñar PCB's