

Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

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

Titulación: I.T.I Electrónica Industrial

Alumna: Aurora Inglés Conesa

Director: Pedro Díaz Hernandez.

Cartagena, 27 de Septiembre de 2012

ÍNDICE.

1. Pliego de condiciones.....	1 a 4
2. Memoria.....	5 a 10
3. Características de los depósitos.....	11 a 17
4. Nivel en el depósito.....	18 a 24
5. Control de la presión del calderín.....	25 a 29
6. Control de la bomba.....	30 a 35
7. Control del elemento calefactor.....	36 a 41
8. Elemento de planchado.....	42 a 49
9. Control de la pantalla LCD.....	50 a 63
10. Tratamiento del agua.....	64 a 70
11. Control del accionamiento del sistema.....	71 a 75
12. Distribución de los componentes.....	76
13. Presupuesto del proyecto.....	77 a 81
14. Planos.....	82 a 103
15. Bibliografía.....	104

1. PLIEGO DE CONDICIONES

1.1 SISTEMA DE PLANCHADO.

Este proyecto fin de carrera está basado 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 y si encontrase cualquier anomalía lo avisaría mediante un led.

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.
- 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 331. 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 331. 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

ninguna calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de $\pm 1.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a temperatura ambiente y $\pm 3.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ a lo largo de su rango de temperatura (de -55 a $150\text{ }^{\circ}\text{C}$). El dispositivo se ajusta y calibra durante el proceso de producción. La baja impedancia de salida, la salida lineal y la precisa calibración inherente, permiten la creación de circuitos de lectura o control especialmente sencillos. El LM35 puede funcionar con alimentación simple o alimentación doble (+ y -). Tiene un factor de escala lineal de $+10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.

El sensor de temperatura tiene dos funciones en nuestro sistema:

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



Sensor Temperatura LM35

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:

- FALTA AGUA: 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.
- FALLA CALEF.: 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.
- CALEF.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.

Su función 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 su función será detectar una presión superior a la establecida por el límite y expulsarla para que el sistema no se rompa. En este proyecto elegiremos la válvula de seguridad comercial con referencia 309400_VALV. SEG. TEMPERTURA Y PRESION- 1/2" 10BAR



Válvula seguridad 309400

Electroválvula

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



Electrovalvula Jefferson, serie 1327

Bomba

La bomba impulsará y transportará 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 minuciosamente, tanto su composición como su espesor. Lo ideal para obtener una máxima resistencia a la transmisión de calor es un gran espesor, aunque esto influye negativamente sobre el costo de la caldera aumentándolo consideradamente de manera innecesaria. Para evitarnos esos costos, procedemos a calcular el espesor óptimo del aislante para que cumpla nuestros requisitos.

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.

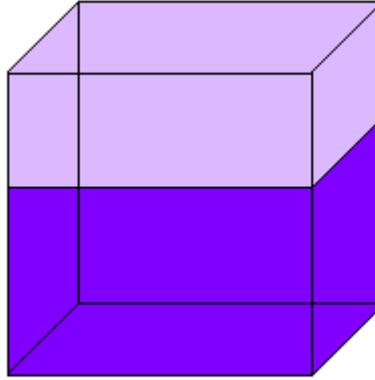
A la hora de elegir el espesor óptimo del aislante, los fabricantes disponen de programas informáticos capaces de calcularles el espesor adecuado a sus necesidades. En nuestro caso, no disponemos de software alguno que realice los cálculos, así que supondremos un espesor de 50mm del material aislante nombrado anteriormente.

Características del aislamiento elegido

- Descripción. Manta de lana de vidrio sin aglomerar y con soporte de malla de acero galvanizado.
- Aplicaciones: Aislamiento de equipos, calderas, tanques, grandes conductos de aire caliente, tuberías de gran tamaño y accesorios en general.
- La ausencia de aglomerantes evita la aparición de olores en la primera puesta en marcha de los equipos.
- Reacción al fuego: Clasificación MO (no combustible). Según UNE-23727.
- Comportamiento al agua: No hidrófilo.
- Dilatación y contracción: Materialmente totalmente estable.
- Densidad aproximada: 50Kg/m³
- Temperatura máxima de utilización : 500°C

3.1.2 Dimensiones 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 dm³.



Calderín

3.2 TUBERÍAS

Todas las tuberías utilizadas en sistemas 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 el sistema puede ser sometido 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 han elegido las tuberías de polietileno por las siguientes ventajas:

- Son inodoras, insípidas y atóxicas.
- Son extremadamente ligeras, por lo que son fáciles de transportar y manipular.
- Son resistentes a la corrosión.
- Debido a su inercia química son resistentes a los ácidos inorgánicos, álcalis, detergentes, productos de fermentación, rebajadores de tensión y aceites minerales.
- Es un excelente aislante eléctrico.
- Son flexibles y admiten ser curvados en frío, lo cual acelera y abarata su

instalación.

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

La única precaución que hay que tener, es que debido a su nobleza, las tuberías de PE admiten ser maltratadas, por lo que se debe seguir escrupulosamente los códigos de manipulación y montaje si queremos conseguir una instalación fiable y duradera.

Material	MRS (Mpa)	Denominación según UNE-EN 12201	Tensión de diseño (Mpa)	Coef. Seguridad C	Norma UNE-EN	Color
PE40	4	PE40	3.2	1.25	12201	Negro con banda azul
PE63	6.3	PE63	5	1.25	12201	
PE80	8	PE80	6.3	1.25	12201	
PE100	10	PE100	10	1.25	12201	

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:

$$e = \frac{(PN \cdot D)}{2\sigma_s + PN}$$

Donde:

PN = presión nominal, MPa

D = diámetro externo de la tubería, mm.

σ_s = tensión de diseño, MPa \rightarrow (1 MPa = 10 bar \approx 10 Kg/cm²)

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:

$$e = \frac{(PN \cdot 100)}{(2 \cdot 80 + PN)}$$

El valor de la presión nominal debemos calcularlo en función al caudal que es capaz de introducir la bomba. Sabemos por el apartado 5 del Artículo 15 de la I.T.C MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión, que la bomba debe ser capaz de introducir el

caudal a una presión superior a un 3%, como mínimo, de la presión de tarado más elevada de la válvula de seguridad. Por tanto, como la presión de tarado es de 5 bares, la presión nominal suponemos que es de 5,2 bares.

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

$$e = 3.14 \text{ mm}$$

Por lo tanto, para la comunicación entre el calderín y el depósito de agua, utilizaremos tuberías de polietileno de 100 mm de diámetro y de espesor 3.14 mm.

3.2.2 Tuberías del calderín a la plancha

Como hemos indicado anteriormente, las tuberías de polietileno no soportan altas temperaturas, por lo que no nos servirán para comunicar el vapor que suministra el calderín a la plancha. Debemos buscar un material que soporte altas temperaturas.

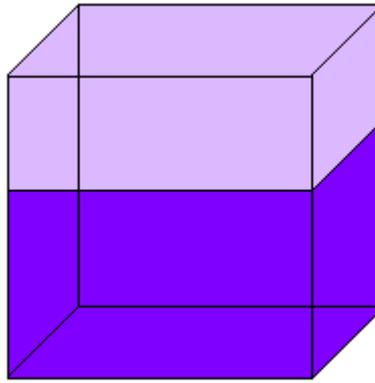
En este caso utilizaremos tuberías de polipropileno (PP). Éste material presenta diversas características:

- Tiene una alta resistencia a altas temperaturas y al impacto, por lo que podemos calificarlo como un material de larga vida.
- Las tuberías fabricadas de este material son inalterables ante la corrosión y los productos químicos.
- Es un buen aislante térmico.
- Son tuberías de fácil colocación, flexibles.
- La unión de este tipo de tuberías se produce mediante soldadura por fusión, lo que hace que la tubería presente una superficie uniforme, de una única pieza.

Para la comunicación entre el calderín y la plancha elegiremos una tubería de polipropileno de diámetro 100 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



Depósito de agua.

El depósito del agua estará hecho de acero inoxidable debido a su alta resistencia a la corrosión. El depósito se pintará en el exterior con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica.

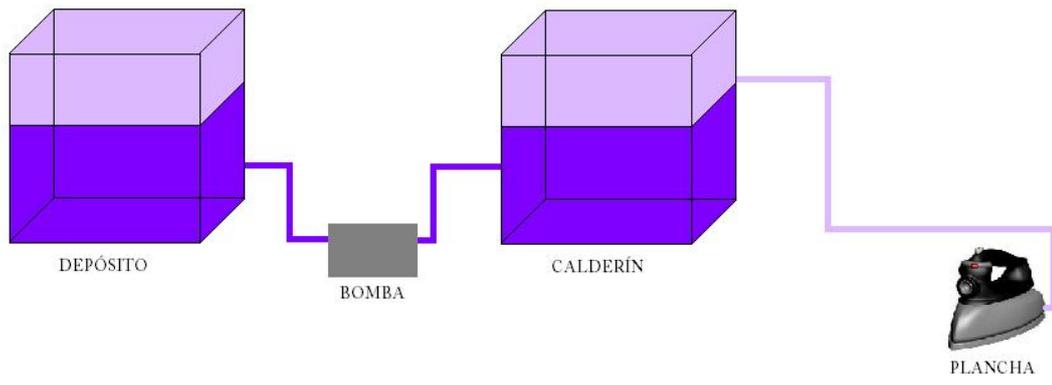
3.3.1 Aislamiento térmico

El agua del depósito tendrá una temperatura alta 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.

El esquema final es el que aparece a continuación, cabe destacar que las líneas de color lila oscuro corresponden al agua y las de color lila claro corresponden al vapor de agua.



4. NIVEL EN EL DEPÓSITO

4.1 SENSOR DE NIVEL

El sensor de nivel será el encargado de controlar el nivel de agua en el depósito.

Existe gran variedad de sensores de nivel de tipo comercial, pero para este proyecto se utilizará un sensor de nivel mediante sensores de presión. Ya 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 se situará el nivel mínimo a 70 milímetros de la base del calderín.

Por lo tanto, para controlar el nivel de agua, utilizaremos dos sensores de presión, uno situado fuera del agua y otro situado a 70 milímetros de la base del calderín, tal y como indica la I.T.C. El funcionamiento de los sensores lo explicamos a continuación.

4.1.1 Sensor de presión en aire

Llamamos “Sensor de Presión en Aire” (SPA) al sensor que está situado fuera del agua. Este sensor de presión tomará la presión del aire dentro del depósito. Para que 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):

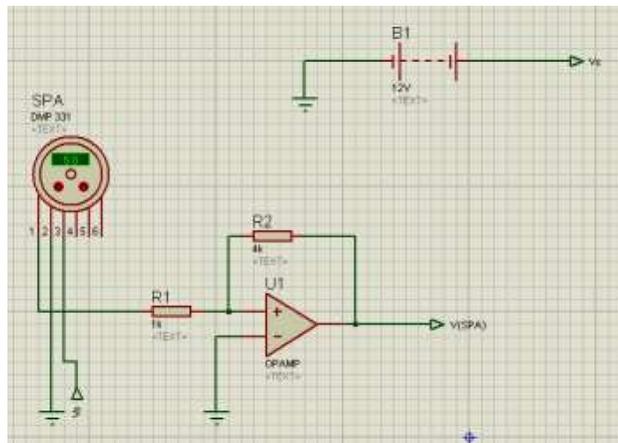


Ilustración 4: Sensor Presión Aire

FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO “SPA”

Se ha utilizado un sensor de presión para medir la presión del aire en el interior del calderín. Igual que anteriormente el sensor elegido es el DMP 331, que nos devolverá una salida proporcional a la presión medida. Este sensor tiene un rango de medición entre 0 y 40 Bares, y un rango de salida de 0-10V. Su alimentación será de 12 V tal como aparece indicado 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 valores más cómodos, llevaremos la salida del sensor de presión a un amplificador operacional (U1). Los datos de este amplificador son:

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

Donde $V_{IN,U1}$ es la salida del sensor SPA. Como queremos obtener a la salida 5V con 5 bares de presión, vamos a calcular el valor de R_2 suponiendo una R_1 igual a $1K\Omega$:

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

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

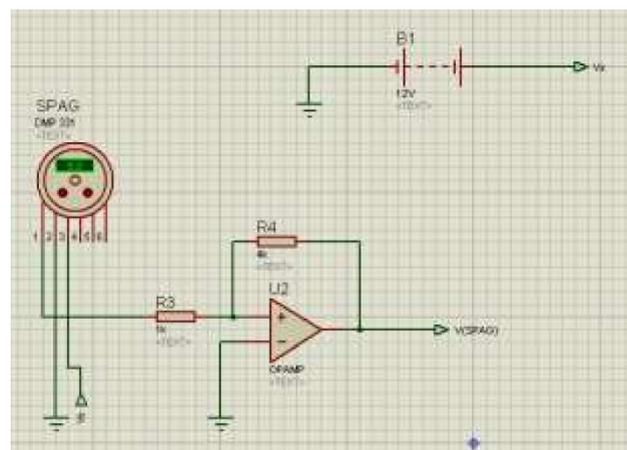
4.1.2 Sensor de presión en agua

Denominamos “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):



Sensor Presión Agua

FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO “SPAG”

Al igual que para el sensor de presión en aire (SPA), utilizaremos el sensor de presión DMP 331, el cual nos devolverá una salida proporcional a la presión captada. Como hemos dicho con anterioridad, éste tiene un rango de medición de 0 a 40 bares y un rango de salida de 0 a 10 V, por lo tanto, calculando con una simple regla de tres, 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:

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

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 una R_3 igual a $1K\Omega$:

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

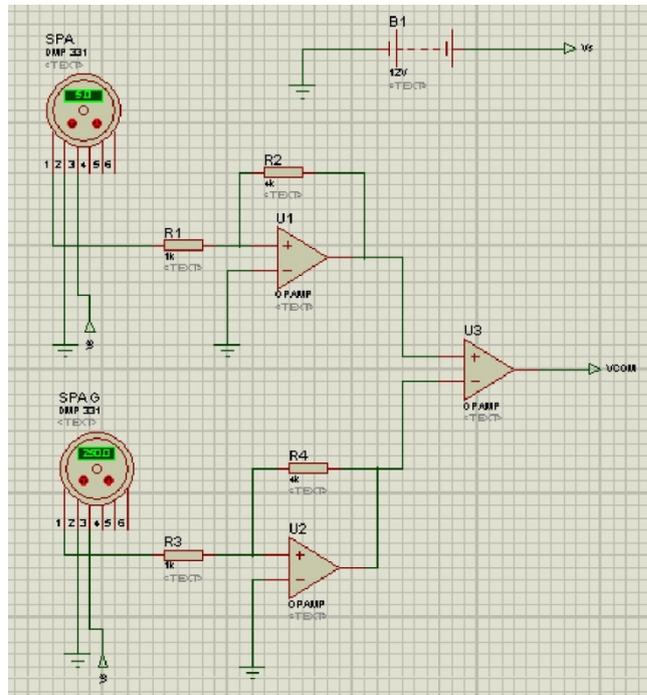
Finalmente obtendremos V_{SPAG} , la cual será comparada con la tensión V_{SPA} , y obtendremos una salida proporcional al valor obtenido de la comparación de ambas tensiones.

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 está en el interior del agua y la otra fuera de ella, y que 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.



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:

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

Donde sabemos que 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) y rectificaría los valores negativos. Por lo tanto, a la salida del amplificador ($V_{OUT,U5}$) obtendríamos:

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

Como queremos obtener esta salida, debemos calcular el valor de R_6 para que la condición se cumpla:

$$R_6 = (5.7 \times 1000)/15 \rightarrow R_6 = 380\Omega$$

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

- +5V: La comparación de la salida es positiva, lo que quiere decir que las salidas son distintas y que hay un nivel de agua correcto.
- 0V: Las salidas de los sensores son iguales y, por lo tanto, el nivel de agua está por debajo de 70mm.

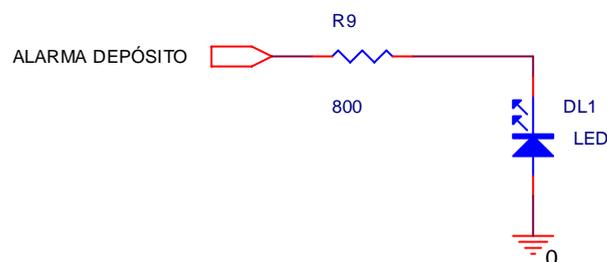
4.1.4 Alarma del circuito detector de nivel

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: $1.29 \rho (kg/m^3)$

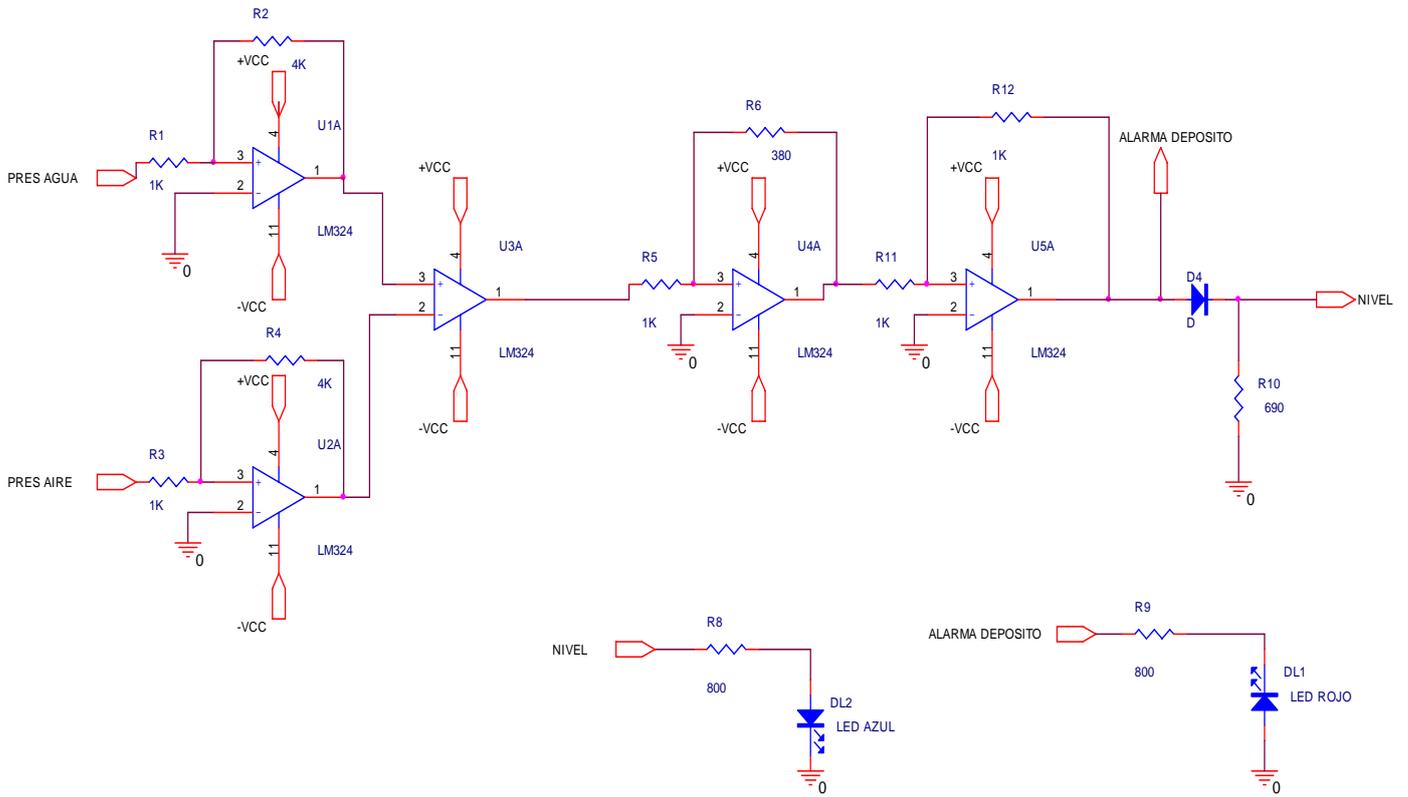
El valor de estas densidades es su valor a temperatura ambiente, debemos tener en cuenta que en el interior del agua del depósito siempre deberá ser mayor la presión que fuera del agua.

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), indicando que el sistema presenta una anomalía.



4.2 CIRCUITO DEL DETECTOR DE NIVEL

A continuación se muestra el circuito final obtenido:



5. CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN

5.1 PRESOSTATO

El presostato es también conocido como un interruptor de presión. Es un aparato que cierra o abre un circuito en función de la presión obtenida.

Su funcionamiento está basado en que el fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan.

Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado.

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. Puede haber varios tipos de presostatos:

- Presostato diferencial: Funciona según un rango de presiones, alta-baja, normalmente ajustable, que hace abrir-cerrar un circuito eléctrico que forma parte del circuito de mando de un elemento de accionamiento eléctrico, comúnmente motores.
- Alta diferencial: Cuando se supera la presión estipulada para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.
- Baja diferencial: Cuando la presión baja más de lo estipulado para el compresor, el rearme puede ser manual o automático.

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

5.1.1 Sensor de presión

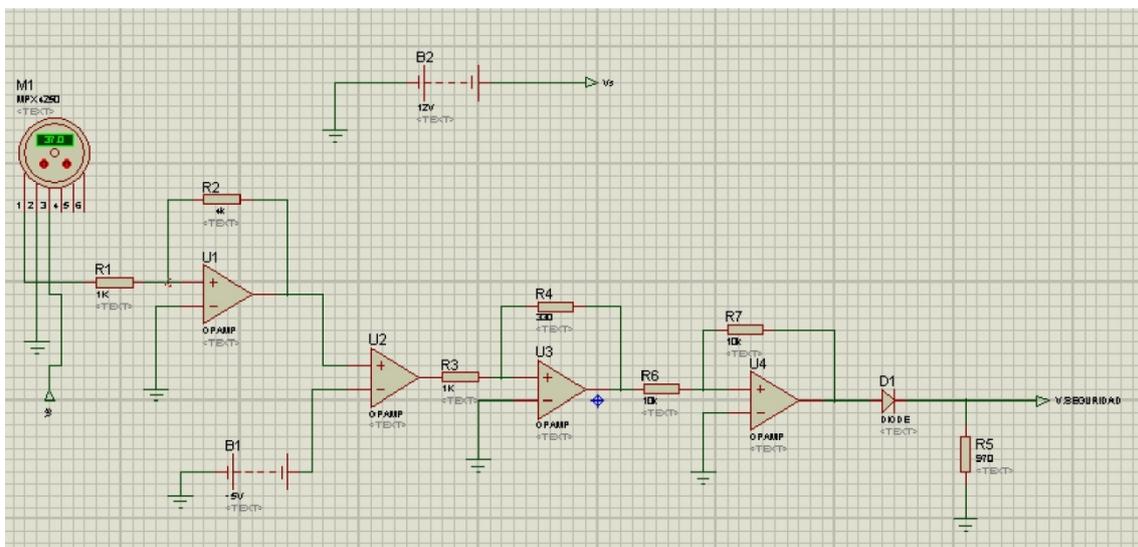
El sensor DMP 331 nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Tiene un rango de medición de 0 a 40 bares y un rango de salida de 0 a 10V, por lo tanto, a 5 bares obtendremos una tensión a la salida de 1.25V aproximadamente, ya que la salida de este sensor es lineal.

5.1.2 Válvula de seguridad

La presión nominal de la válvula de seguridad debe ser superior al 110% de la presión máxima de servicio puesto que es la que se alcanzará en el interior del equipo. Aunque este valor es aceptable, es conveniente de manera preventiva, que fuera, como mínimo, dos veces la presión máxima de servicio, es de decir que soporte en vez de 5,5 bares (110% de presión máxima) 10 bares como mínimo.

La válvula de seguridad que usaremos en este proyecto será la válvula de seguridad comercial con referencia 309400_VALV. SEG. TEMPERTURA Y PRESION- 1/2" 10BAR. Su alimentación es de 0 a 10V. Y es la válvula que mencionábamos en la hoja de características.

CIRCUITO



5.2 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO

El sensor de presión requiere una alimentación de 12V tal y como viene indicado en su hoja de características. Como ya sabemos, este sensor devuelve una tensión de salida proporcional a la entrada. Así pues, a una presión de 5 bares, el sensor nos devolverá una salida de 1.25V aproximadamente.

En nuestro caso en concreto, lo que queremos es que para la presión de 5 bares se active la válvula de seguridad, liberando así la presión en el interior del calderín. Para poder realizar esta tarea, compararemos la salida del sensor con una tensión correspondiente a los 5 bares necesarios.

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 de presión. Como queremos que a 5 bares de presión la salida sean 5V, le asignamos a R_1 el valor de 1K y procedemos a calcular el valor de R_2 :

$$R_2 = \frac{5 \times 1000}{1.25} \rightarrow R_2 = 4K\Omega$$

Ahora comparamos la salida del amplificador U1 con una tensión constante de 5V. Debemos tener en cuenta que la salida de U1 es negativa, por tanto, la tensión de comparación también debe ser negativa. La función del comparador es la siguiente :

- Si la presión es mayor de 5 bares, la tensión de salida de U1 será mayor que 5V y el comparador devolverá +15V.
- Si la presión es igual a 5 bares, ambas tensiones serán iguales y por tanto el comparador devolverá 0V.
- Si la presión es menor de 5 bares, la tensión de salida de U1 será menor que 5V y el comparador devolverá -15V.

Una vez que hemos obtenido la salida del comparador, la llevaremos a la entrada de otro amplificador operacional (U2) cuya función será la de adaptar la salida a 5V para poder alimentar la válvula de seguridad.

Los datos de este amplificador son:

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

Donde VIN,U2 es la salida del comparador, suponemos ahora que R3 vale 1K, por tanto,el valor de R4 es:

$$R_4 = \frac{5 \times 1000}{15} \rightarrow R_4 = 330\Omega$$

A la salida del amplificador U2 añadimos un amplificador operacional con ganancia unitaria para que cambie de signo la salida negativa cuando la presión sea mayor que 5 bares.

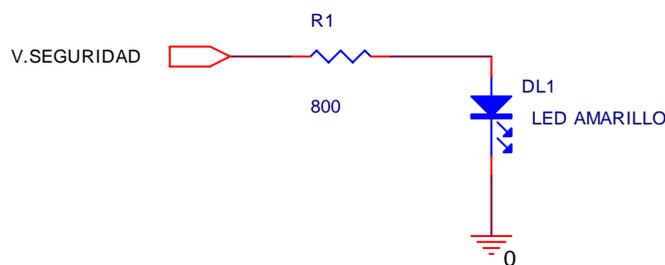
Seguidamente añadimos al circuito un diodo para rectificar cualquier valor negativo que pueda aparecer en la señal del circuito.

Para terminar este apartado, la salida del circuito alimentará la válvula de seguridad, la cual puede estar alimentada entre 0 y 10 V. Esta salida también se llevará a una pata del pic 16F877 para indicar si la presión del calderín es la adecuada o se ha activado la válvula de seguridad.

5.3 INDICADOR DE PRESIÓN.

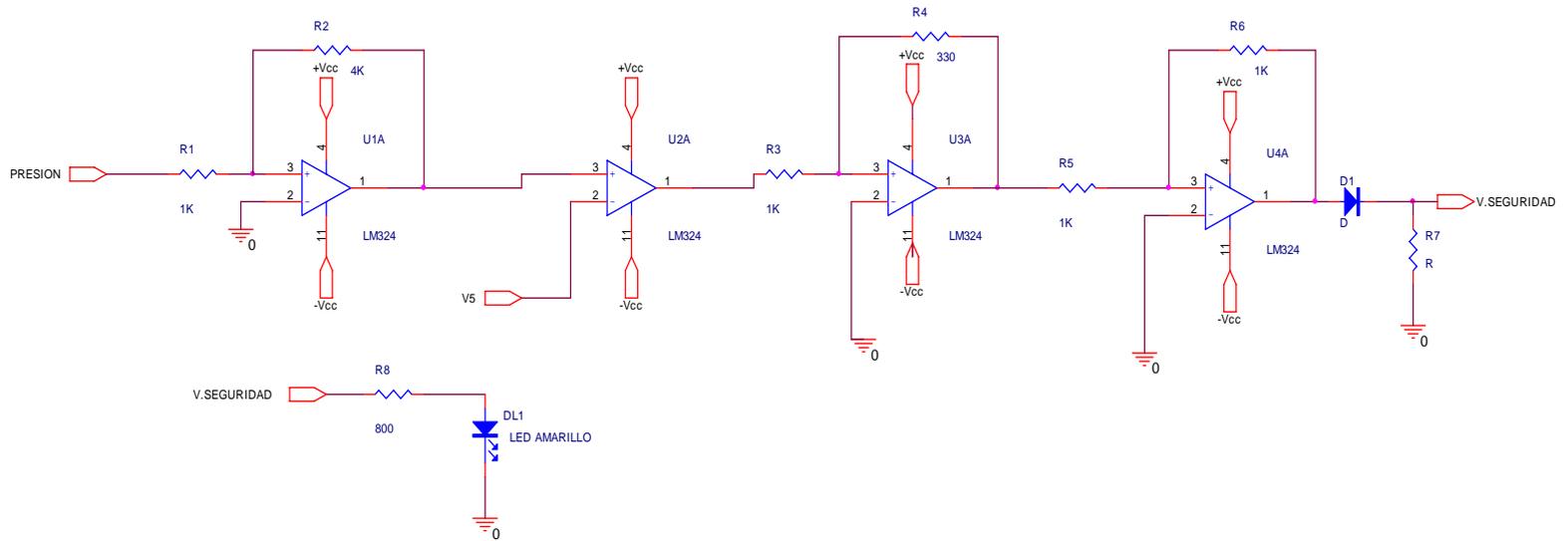
El circuito contiene un diodo LED de color amarillo que nos informará sobre la presión en el interior del calderín y la activación de la válvula de seguridad. Cuando el LED esté encendido querrá decir que la válvula de seguridad está activada.

El circuito es el siguiente:



Circuito activación válvula de seguridad.

5.4 CIRCUITO DE CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN.



Donde V5 = -5V

6. CONTROL DE LA BOMBA

6.1 CONTROL DE LA BOMBA

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

Según la salida del detector del nivel que hay en el calderín, la bomba funcionará de una manera u otra. Será el sensor el que actúe sobre la bomba, parándola o poniéndola de nuevo en servicio, según las necesidades, mediante el control de un relé solido normalmente abierto.

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

Atendiendo a 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.

6.2 DETECTOR DE NIVEL

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

Aunque en el mercado existan una gran variedad de sensores de nivel de tipo comercial, en este proyecto utilizaremos un sensor que realice la función mediante sensores de presión, o lo que es lo mismo, diferencia de presiones. El sensor utilizado será el mismo que en capítulos anteriores, DMP 331, que nos devuelve una tensión a la salida proporcional a la presión en la entrada.

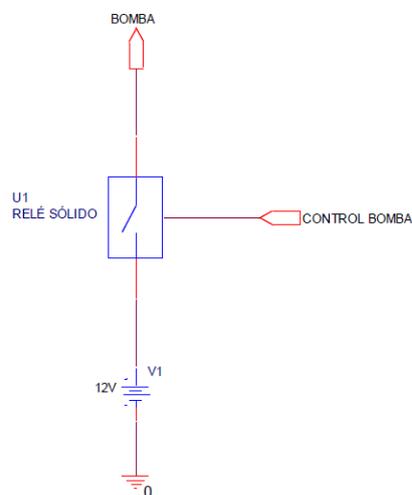
Esta parte del proyecto se ha basado en la relación entre la presión y densidad, ya que el agua, al tener más densidad que el aire, ejercerá más presión sobre las paredes del calderín.

- 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. El primer sensor lo situaremos fuera del agua, en la parte más alta del calderín para evitar contacto alguno con ella, y el otro, lo situaremos a 70 mm de la base del calderín, cumpliendo así con el Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1

En la siguiente ilustración representamos el esquema del 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.

6.2.1 Sensor de presión fuera del agua

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

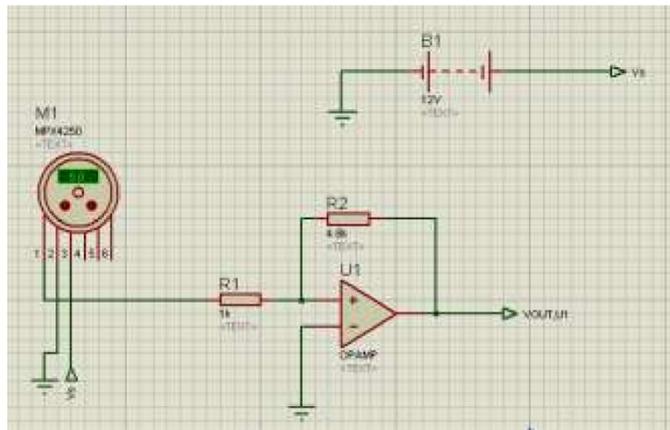
La salida del sensor se llevará a un amplificador operacional. Los datos de este amplificador (U1) son los siguientes:

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

Donde $V_{IN,U1}$ es la salida del sensor. Como queremos que a 5 bares de presión la salida sean 6v, suponemos una R_1 igual a 1K y calculamos el valor de R_2 necesario para obtener los valores deseados.

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

La salida del amplificador U1 la compararemos con la salida del sensor de presión que se encuentre situado dentro del agua.



6.2.2 Sensor de presión en contacto con el agua

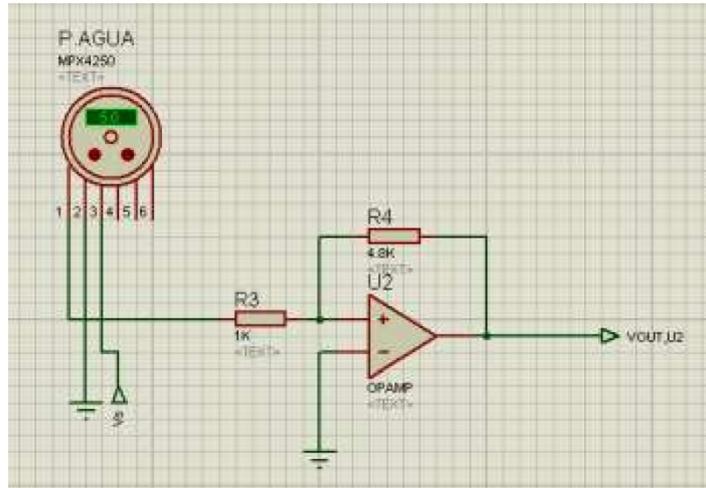
Dispondremos de otro sensor DMP 331 con las mismas características que el anterior, por lo tanto obtendremos una salida de 1.25 V cuando se alcancen 5 bares de presión. Este sensor detectará siempre más presión que el situado fuera del agua, debido a la relación entre la densidad y la presión comentada.

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

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

Donde $V_{OUT,U2}$ es la salida del sensor. Queremos que a 5 bares de presión la salida sea 6V, por lo tanto, suponiendo una R_3 igual a 1k :

$$R_4 = (6 \times 1000)/1.25 \rightarrow R_4 = 4.8 \text{ K}\Omega$$



6.2.3 Comparador

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

- +15V y -15V: La tensión que se obtiene del sensor que está dentro del agua es diferente a la tensión obtenida por el sensor situado fuera de ella.
- 0V: Los dos sensores devuelven al comparador la misma presión y por tanto se ha alcanzado el nivel mínimo de agua dentro del calderín.

Como sabemos, la salida del comparador -15V no será válida, ya que la presión dentro del agua siempre debe ser mayor que la presión fuera de ella. Si se diera el caso de que el comparador devolviese esta salida, se encenderá un LED rojo para avisar de la existencia de una anomalía en el calderín.

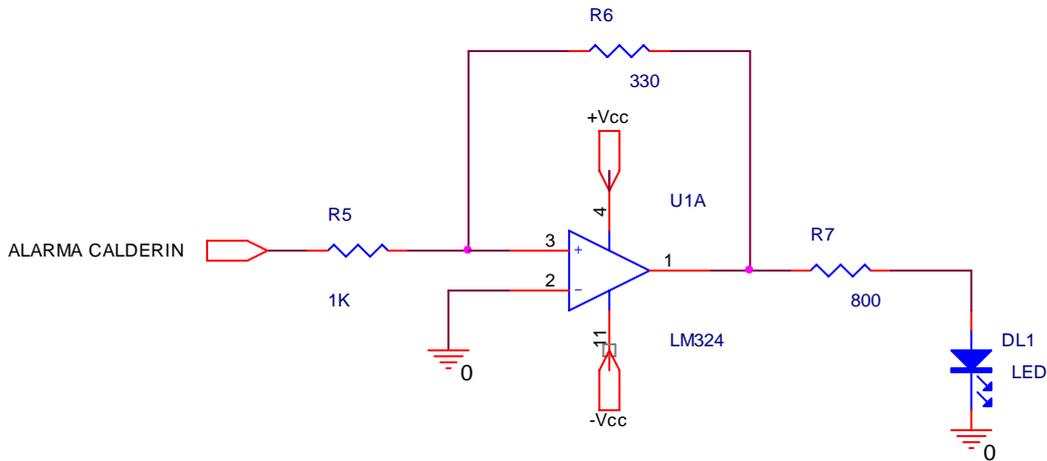
Para poder activar el led de alarma que irá conectado a un relé, añadiremos un amplificador operacional con los datos que facilitamos a continuación:

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

Sabemos que $R_5 = 1\text{K}\Omega$, por tanto :

$$R_6 = (5 \times 1000)/15 \rightarrow R_6 = 333.3 \Omega \rightarrow R_6 = 330 \Omega$$

Y el circuito que obtenemos es el siguiente:



6.3 ACTIVACIÓN DE LA BOMBA

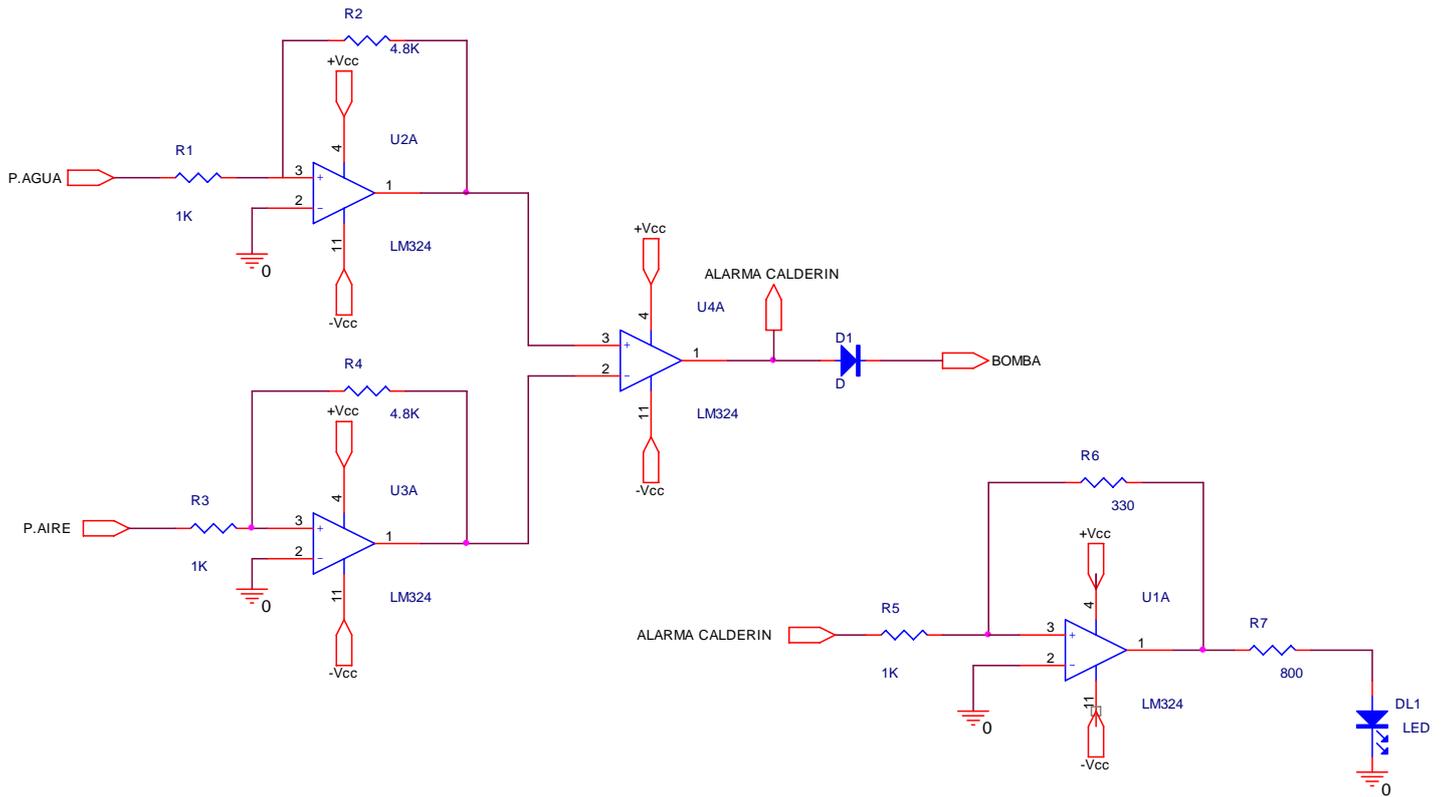
Como se ha comentado anteriormente, al comparar las dos señales del sensor obtenemos 2 posibles salidas: +15V, 0V. Sin embargo, la activación del relé sólido se produce a los 5V.

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

- +15V: La salida del sensor de presión situado dentro del agua es mayor que la del situado fuera de ella. Por tanto, no se ha alcanzado el mínimo de agua en el calderín.
- 0V: La salida de ambos 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:

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



7. CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR

7.1 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.

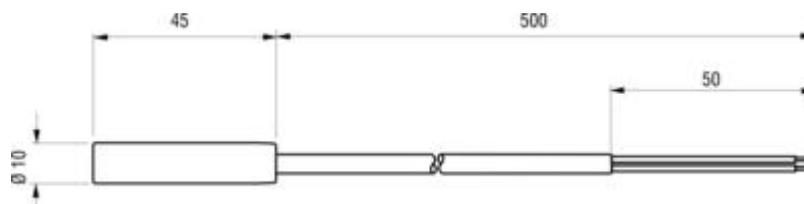
Para este proyecto hemos elegido una resistencia calefactora de tamaño pequeño, modelo 016 de la Serie RCE



Resistencia calefactora RCE 016

Ateniéndonos a su hoja de características la resistencia tiene que alimentarse con una tensión alterna entre 120V y 240V, aunque nosotros utilizaremos 140V. Y la temperatura máxima que podrá alcanzar será de 175°C.

Este elemento calefactor tiene unas dimensiones adecuadas para introducirlo en el interior del calderín:



Elegimos este componente debido a sus ventajas:

- Auto-limitada en temperatura
- Autorregulador (PTC)
- Calefacción dinámica
- Bajo consumo de energía

- Compacta

7.1.1 Salida del sensor de temperatura

El sensor de temperatura utilizado es el LM35, como ya mencionamos en la memoria del proyecto, el cual proporciona 10 mV a la salida por cada grado a la entrada.

Con este sensor lo que queremos es comprobar el funcionamiento de la resistencia calefactora. Podremos decir que funciona cuando el elemento calefactor alcance una temperatura mayor de 100°C, y para esta temperatura el sensor devolverá una salida de 1V.

Como queremos trabajar con valores más cómodos añadiremos al circuito un amplificador operacional a la salida del sensor. Los datos de este amplificador son:

$$V_O = -(R_2/R_1) \cdot V_{IN,1}$$

Si suponemos que R1 tiene un valor igual a 1K, calculamos el valor de R2:

$$R_2 = \frac{5 \times 1000}{1} \rightarrow R_2 = 5K\Omega$$

Para comprobar si la temperatura captada por el sensor es correcta introduciremos un comparador que nos devolverá, en función de lo obtenido, las siguientes salidas:

- +15V cuando la temperatura sea mayor de 100°C.
- 0V cuando la temperatura sea igual a 100°C.
- -15V cuando la temperatura sea menor a 100°C.

Añadiremos a la salida del comparador un diodo que nos servirá para rectificar la salida del comparador, cuya caída de tensión será 0.7 V obteniendo así las siguientes salidas.

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

Teniendo en cuenta la caída de tensión del diodo, la nueva tensión de entrada será:

$$V_{IN,2} = 15V - 0.7V \rightarrow V_{IN,2} = 14.3V$$

Necesitamos a la salida del circuito una tensión de 5V, ya que es una de las entradas, así que añadiremos un amplificador operacional a la salida para adaptarlo a nuestras necesidades. Los datos del amplificador son:

$$V_{calefactor} = -\left(\frac{R_4}{R_3}\right) \cdot V_{IN,2}$$

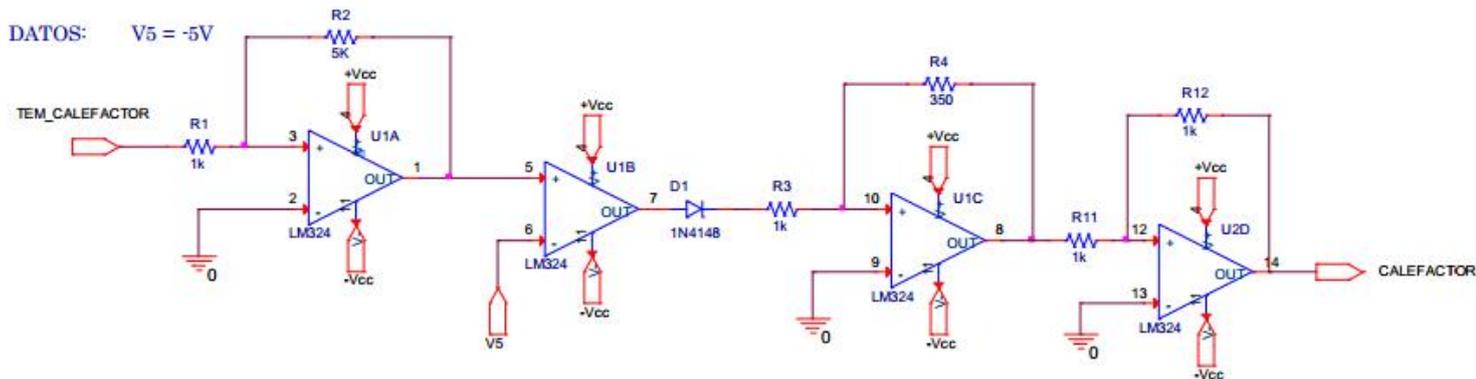
Como sabemos el valor de R_3 , el valor de la entrada y el de la salida, procedemos a calcular la resistencia R_4 necesaria para el correcto funcionamiento del circuito.

$$R_4 = \frac{5 \times 1000}{14.3} \rightarrow R_4 = 350\Omega$$

El circuito obtenido cumplirá lo siguiente:

- Cuando la temperatura sea mayor de 100°C , a la salida del comparador aparecerán 5V y esto indicará que el elemento calefactor funciona correctamente.
- Cuando la temperatura sea menor o igual a 100°C a la salida aparecerán 0V y por lo tanto el elemento calefactor no funcionará correctamente.

El circuito resultante será el siguiente:

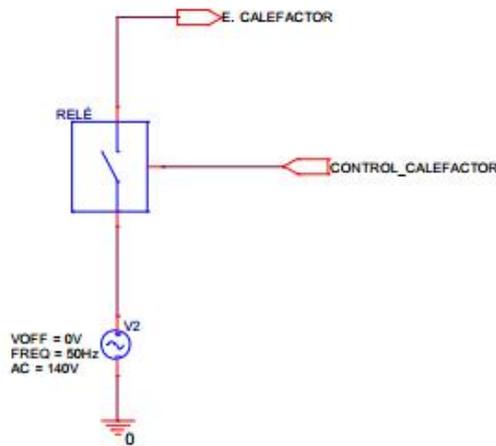


Este circuito será el encargado de controlar si la temperatura del calefactor es correcta, superior a 100°C , o no.

7.2 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.



Circuito de control del calefactor

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

7.3 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:

$$V_{OUT} = -(R_6/R_5) \cdot V_{IN3}$$

Supondremos que el valor de R5 es 1K y por tanto, calculamos el valor de R6:

$$R_6 = \frac{5 \times 1000}{1.3} \rightarrow R_6 = 3.8 \text{ K}\Omega$$

Añadiremos a la salida del amplificador un comparador que comparará las salidas y devolverá a su salida las siguientes opciones:

- El comparador devolverá -15V cuando la temperatura sea mayor a 130°C.
- El comparador devolverá 0V cuando la temperatura sea igual a 130 °C.

- El comparador devolverá +15E cuando la temperatura sea menor de 130 °C.

A la salida del comparador añadimos un diodo para rectificar la señal de salida y por tanto obtendremos:

- 0V cuando la temperatura sea mayor o igual a 130 °C.
- +15V cuando la temperatura sea menor a 130 °C.

Como la señal del relé solido debe alimentarse con 5V debemos añadir otro amplificador operacional a la salida del comparador. Los valores necesarios son :

$$V_{CONTROL_CALEFACTOR} = -(R_8/R_7) \cdot V_{IN2}$$

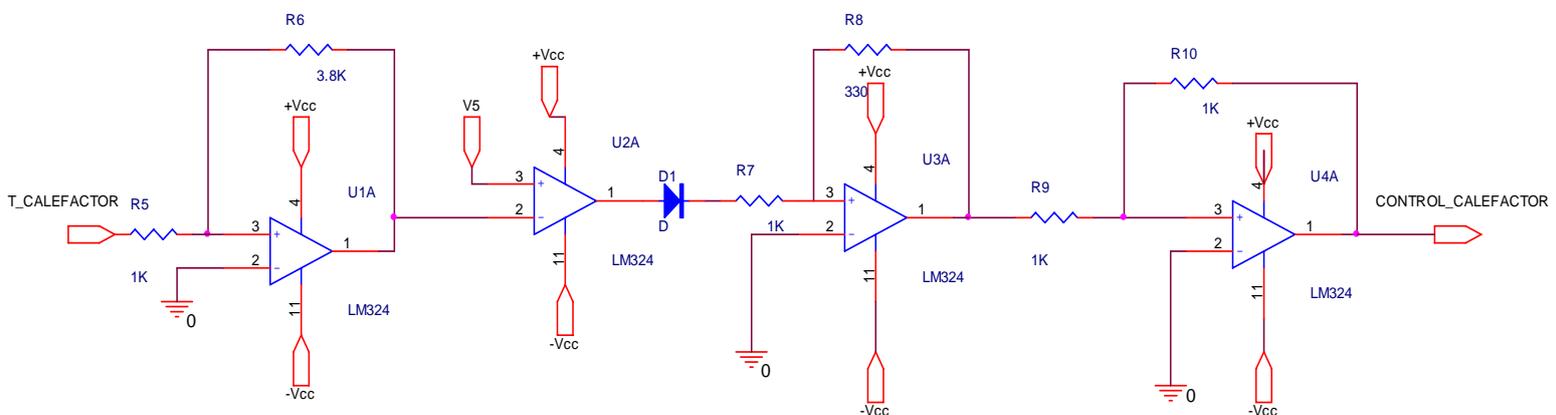
Suponiendo que R7 tenga un valor de 1KΩ, R8 vale:

$$R_8 = \frac{5 \times 1000}{15} \rightarrow R_8 = 333.3\Omega \rightarrow R_8 = 330\Omega$$

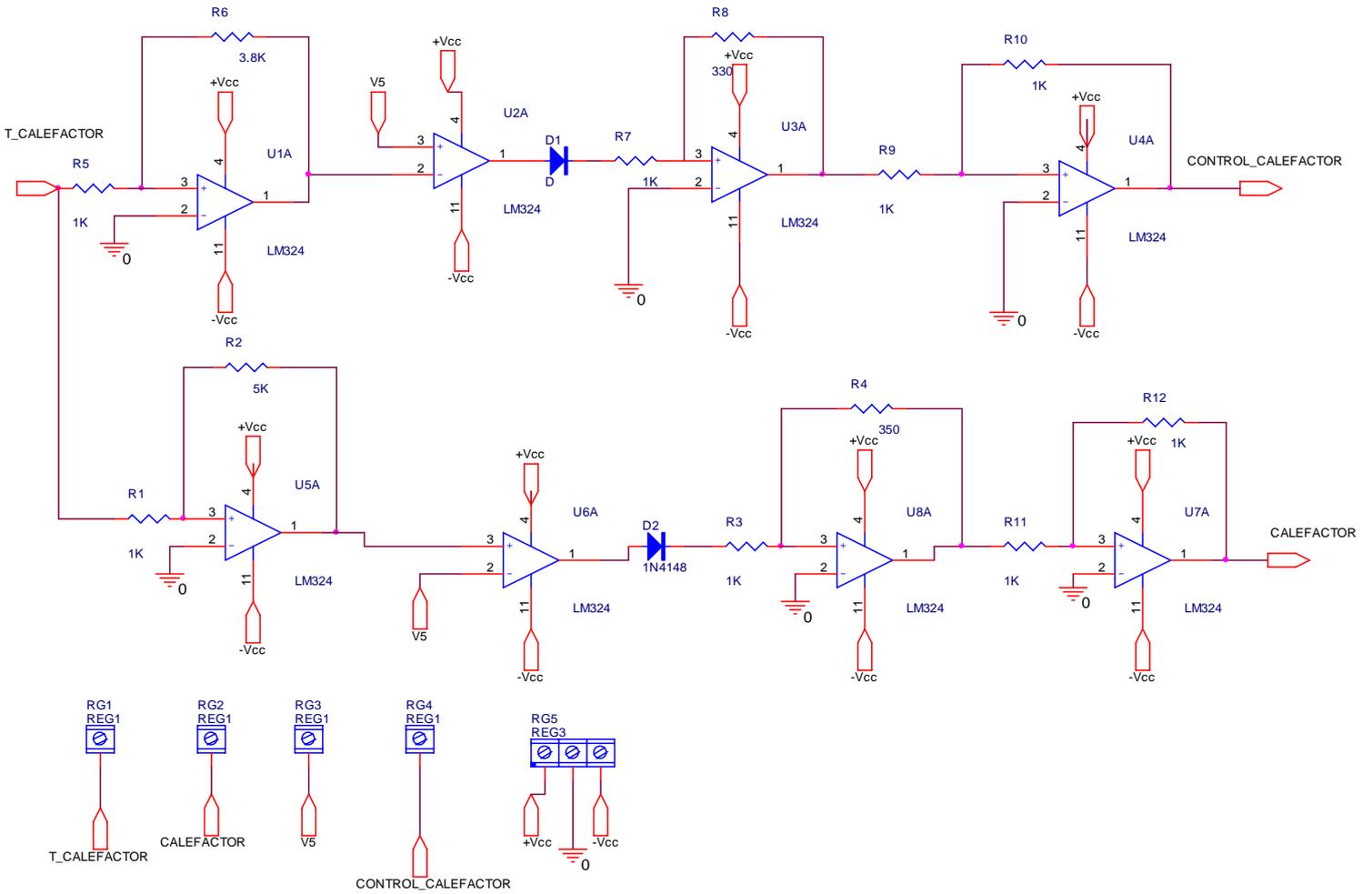
Finalmente, la salida del circuito quedará de la siguiente manera:

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

7.3.1 Circuito de control del termostato



7.4 CIRCUITO FINAL.



8. ELEMENTO DE PLANCHADO.

8.1 INTRODUCCIÓN.

El elemento de planchado estará formado por :

- El depósito. Donde se almacena de manera temporal el vapor procedente del calderín.
- Pie de la plancha: base de la plancha, cuyo material es el acero inoxidable, y que estará en contacto con el tejido.
- Sensor de temperatura: Este sensor detectará si la temperatura en la plancha es la adecuada.

8.1.1 Pie de plancha.

Como hemos comentado en la introducción, el pie de la plancha es la parte del sistema que entra en contacto directo con el tejido. Ésta estará fabricada con acero inoxidable, que es resistente a la corrosión, y así hará que los tejidos no se manchen ya que la base no se deteriorará.

En la base encontraremos varios orificios para que el vapor de agua procedente de la caldera circule por ellos.

Tal y como indicábamos anteriormente, la resistencia calefactora deberá estar en contacto con la base de la plancha para así facilitar la conducción de la temperatura.

8.1.2 Sensor de temperatura.

A la hora de escoger un sensor de temperatura para nuestro sistema, debemos tener en cuenta el proceso que estamos controlando, los niveles de temperatura que tenemos que medir y la sensibilidad requerida.

Anteriormente ya hemos elegido el sensor LM35 para otros circuitos, así que continuaremos con él. Este sensor nos dará a la salida una tensión proporcional a la entrada obtenida. Su rango de temperaturas va desde los 2°C hasta los 150°C, y cada grado corresponde a 10mV en la salida, con lo que obtendremos un rango de tensiones a la salida entre 0.02V y 1.3V.

El sensor estará alimentado con 12V, tal como viene indicado en su hoja de características.

❖ **Circuito.**

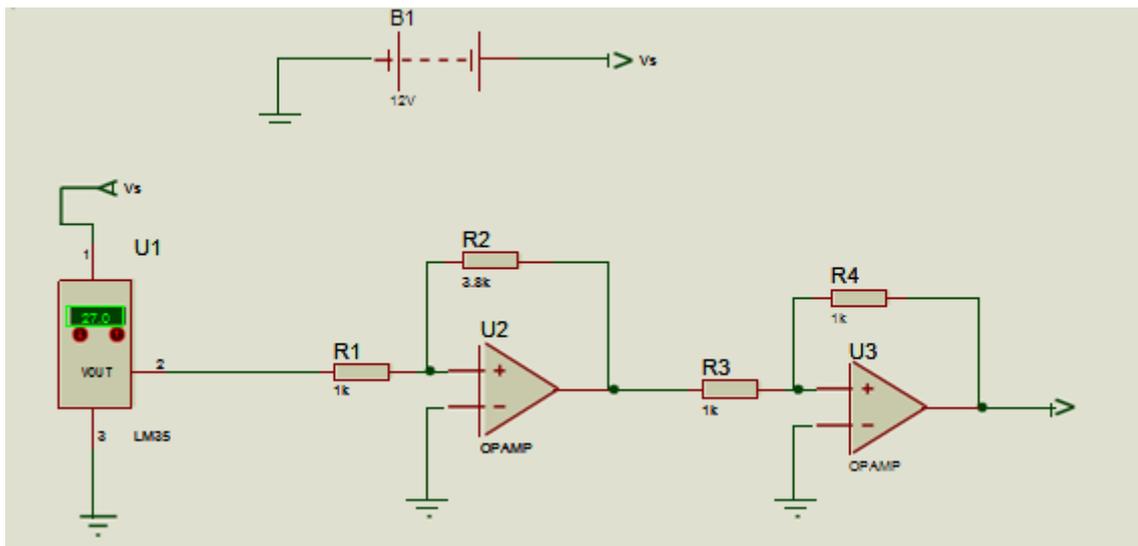
Para trabajar con valores más cómodos, a la salida del sensor añadiremos un amplificador operacional que nos permita trabajar en un rango de valores entre 0 y 5 V. Los datos del amplificador son:

$$V_{OUT,U2} = -(R_2/R_1) \cdot V_{IN,U2}$$

Donde $R_1 = 1K\Omega$, así que:

$$R_2 = \frac{5 \times 1000}{1.3} \rightarrow R_2 = 3.8K\Omega$$

Como la salida del amplificador operacional es negativa, añadimos otro amplificador con ganancia unitaria para cambiarla de signo:



La función del circuito es comprobar si la temperatura de la plancha es la idónea o no. Según la norma EN 60311, la temperatura mínima de planchado es de 70°C, por tanto, compararemos si la temperatura obtenida por el sensor es igual o superior a 70°C.

Para que la comparación tenga un mínimo de fiabilidad, debemos tener en cuenta que 130°C corresponden a 5V, así pues, 70°C equivaldrán a 2.66V. Colocaremos un diodo a la salida del comparador para rectificar las señales negativas que puedan aparecer en el circuito.

El comparador deberá devolver alguna de estas opciones:

- El comparador devolverá 0V cuando la tensión sea menor o igual a 2.66V (temperatura no adecuada para planchar).
- El comparador devolverá +15V cuando la tensión sea mayor que 2.66V (se habrán alcanzado los 70°C y por tanto podremos proceder a planchar).

Como ésta salida hay que trasladarla al PIC 16F877, tenemos que añadir otro comparador que adapte la salida para poder utilizarla en el PIC. El nuevo comparador debe hacer la siguiente función:

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

En este amplificador tendremos que tener en cuenta la caída de tensión del diodo que rectifica, 0.7V, por tanto los valores del amplificador son:

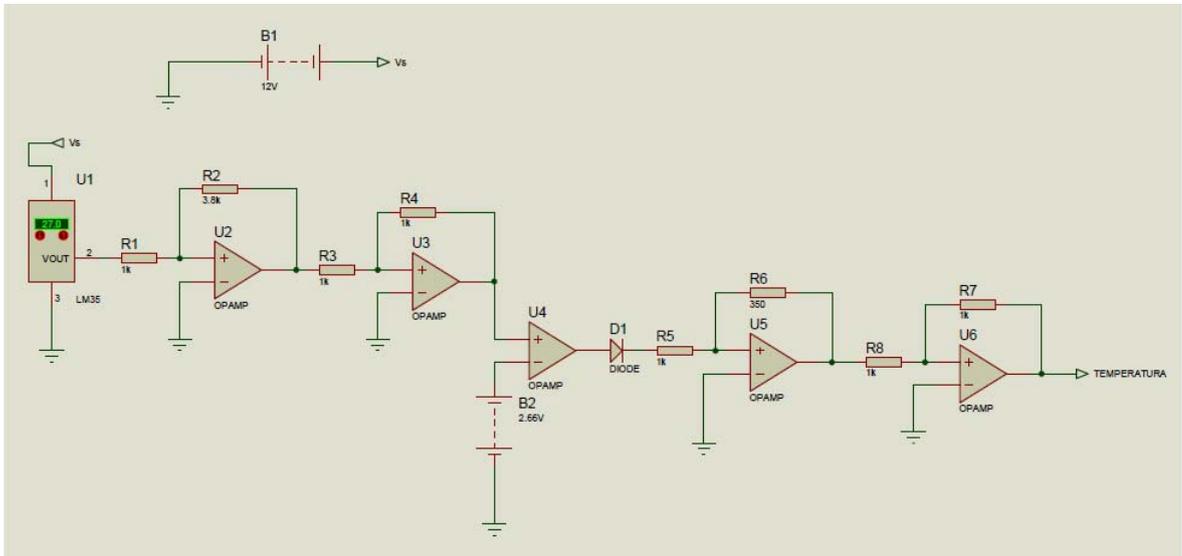
$$V_{TEM} = -(R_2/R_1) \cdot V_{IN5}$$

Si $R_1 = 1K\Omega$;

$$R_2 = \frac{5 \times 1000}{14.3} \rightarrow R_2 = 350\Omega$$

En este circuito también añadiremos un amplificador de ganancia unitaria para que la salida tenga signo positivo.

De esta forma, y con todo lo mencionado anteriormente, el circuito quedaría como:

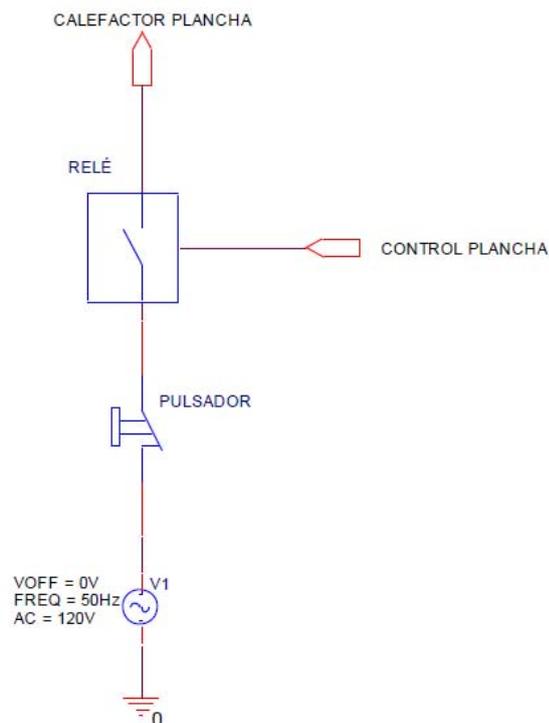


La salida TEMPERATURA estará conectada a la parrilla del PIC 16F877 para que indique en la LCD si la temperatura es la correcta o no para el planchado.

8.2 ELEMENTO CALEFACTOR.

Para que la temperatura aportada al pie de la plancha sea la correcta vamos a utilizar un elemento calefactor de mica aislada, que se encontrará en contacto con la plancha para facilitar la transmisión del calor. Alimentaremos este dispositivo mediante 120V en alterna, según su hoja de características.

El esquema básico de la alimentación del elemento calefactor es el siguiente:



Como observamos, el circuito dispondrá de un pulsador manual que podrá interrumpir la alimentación de la plancha en caso de emergencia.

8.2.1 Termostato.

Un termostato es el componente de un sistema de control simple que abre o cierra un circuito eléctrico en función de la temperatura.

El termostato de nuestro circuito activará o desactivará el elemento calefactor por medio de una señal de control. Para que esto suceda limitaremos la temperatura máxima a 120°C.

En el diseño del termostato incluiremos un relé sólido (SSR), que se abrirá o se cerrará dependiendo de la señal de control obtenida. Su tensión de activación es de 5V tal como indica su hoja de características.

Para que el circuito tenga un correcto funcionamiento y la temperatura esté limitada a 120°C, utilizaremos la tensión del sensor LM35 que usamos anteriormente y la conectaremos a la entrada positiva de un comparador.

Para que la comparación realizada sea fiable debemos tener en cuenta las equivalencias entre temperatura y tensión: 130°C equivalen a 5V, por tanto 120°C equivaldrán a 4.56V (tensión que situaremos 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 que el margen de valores a la salida esté comprendido entre 0 y 5V. Los datos necesarios son:

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

Sabiendo que $R_9 = 1K$, y considerando la caída de tensión del diodo (0.7V):

$$R_{10} = \frac{5 \times 1000}{14.3} \rightarrow R_{10} = 350\Omega$$

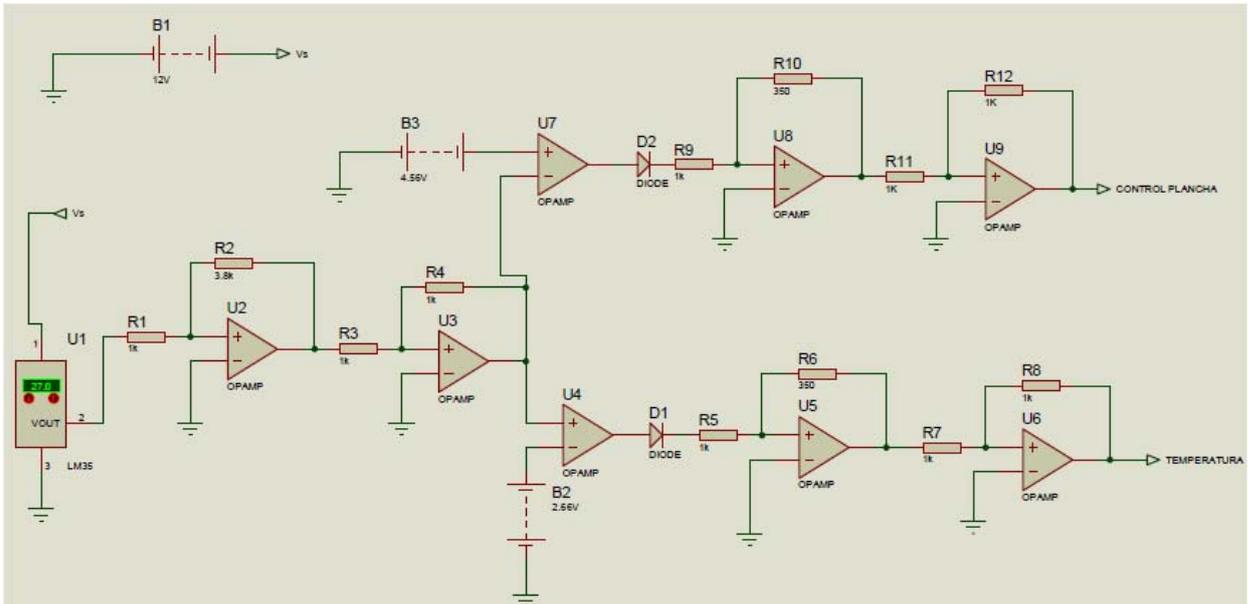
Como la salida de este amplificador es negativa, añadiremos un amplificador a la salida de ganancia unidad para que el signo sea positivo.

El circuito podrá devolver las siguientes salidas en función de las entradas:

- Cuando la temperatura sea menor de 130°C, la salida CONTROL PLANCHA devolverá 5V (se activará el relé).

- Cuando la temperatura sea igual o mayor de 130°C, la salida CONTROL PLANCHA devolverá 0V (se desactivará el relé).

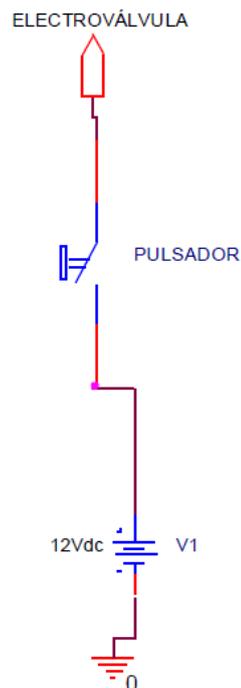
El circuito final es el siguiente:



8.3 VAPOR DE PLANCHA.

El vapor de la plancha estará regulado por una electroválvula que se controla de forma manual. En este caso hemos elegido una electroválvula normalmente cerrada de la marca Jefferson, serie 1327. Su alimentación será de 12V en continua según indica su hoja de características.

Su esquema básico de funcionamiento es:



El circuito funcionará de la siguiente manera:

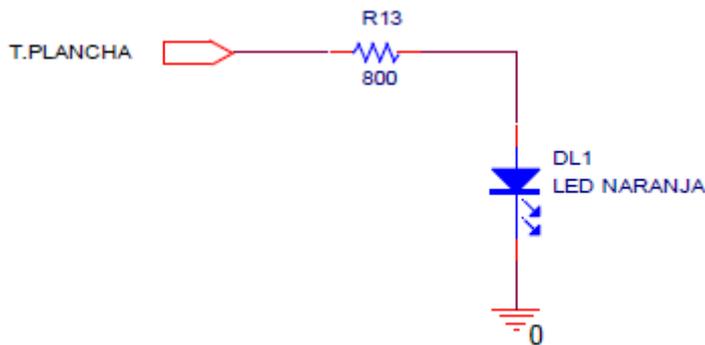
- Si el pulsador no está accionado, la electroválvula estará cerrada y por consiguiente el flujo de vapor no circulará hasta la plancha.
- Si el pulsador está accionado, la electroválvula estará abierta, y esto hará que el flujo de vapor circule hasta la plancha.

8.4 INDICADOR LUMINOSO EN LA PLANCHA.

En la plancha incluiremos un indicador luminoso tipo LED de color NARANJA, cuya función es indicar si la temperatura que ha alcanzado es la correcta o no.

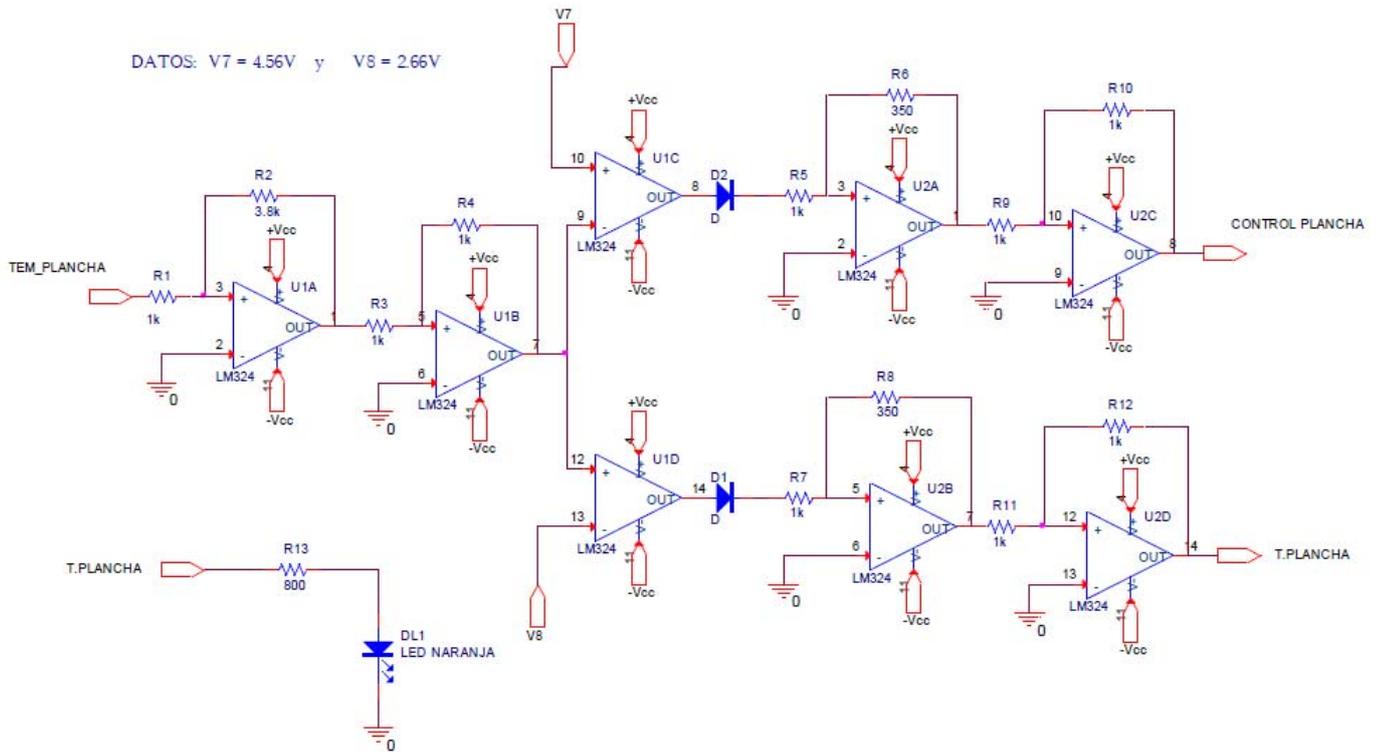
Si el LED se encuentra encendido, indicará que la plancha está a una temperatura mayor de 70°C que, como hemos dicho anteriormente, será la temperatura mínima requerida para el planchado.

El circuito de activación del LED es:



8.5 CIRCUITO FINAL: CONTROL DEL ELEMENTO DE PLANCHADO

El circuito que controla la resistencia calefactora de la plancha es:



9. CONTROL DE LA PANTALLA LCD

9.1 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.

La pantalla consta de una matriz de caracteres (normalmente de 5x7 o 5x8 puntos) distribuidos en una, dos, tres o cuatro líneas de 16 hasta 40 caracteres cada línea.

En nuestro proyecto usaremos una pantalla LCD de 4x16. Esta pantalla está formada por un modulo microcontrolado que es capaz de representar 4 líneas de 16 caracteres cada una.

Enviamos a la pantalla el código ASCII que queremos representar y podremos también enviarle determinados códigos de control. Así, podremos controlar de una manera fácil y sencilla el funcionamiento del sistema.

9.2 PATILLAJE

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

9.3 DDRAM

El módulo LCD posee una zona de memoria RAM llamada DDRAM (DataDisplay RAM) donde se almacenan los caracteres que se van a mostrar en la pantalla.

Tiene una capacidad de 160 bytes, 40 por cada línea, de los cuales sólo 32 se pueden visualizar a la vez (16 bytes por línea).

9.4 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. Para visualizar un carácter debe recibir por el bus de datos el código correspondiente.

Por ejemplo:

“A” → b'01000001'

Lower 4 Bits	Upper 4 Bits	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000	1001	1010	1011	1100	1101	1110	1111	
xxxx0000	CG RAM (1)			0	@	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	∞
xxxx0100	(5)		\$	4	D	T	d	t					、	エ	ト	フ	μ	Ω
xxxx0101	(6)		%	5	E	U	e	u					・	オ	ナ	1	0	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					イ	ク	ネ	リ	フ	×
xxxx1001	(2)		>	9	I	Y	i	y					ウ	ケ	ル	リ	フ	γ
xxxx1010	(3)		*	:	J	Z	j	z					エ	コ	ン	レ	フ	〒
xxxx1011	(4)		+	;	K	C	k	c					オ	サ	ヒ	ロ	*	斤
xxxx1100	(5)		,	<	L	¥	l	l					ハ	シ	フ	ワ	φ	円
xxxx1101	(6)		-	=	M	J	m	j					ユ	ズ	ン	モ	÷	
xxxx1110	(7)		.	>	N	^	n	→					ヨ	セ	ホ	ン	ン	
xxxx1111	(8)		/	?	O	_	o	←					ッ	ソ	マ	°	ö	■

También permite definir 8 nuevos caracteres de usuario que se guardan en una zona de RAM denominada CGRAM (Character Generator RAM).

9.5 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 0.2 V hasta los 4.5V mínimos necesario sea entre 0.1 ms y 10 ms.

Igualmente el tiempo de desconexión debe ser como mínimo de 1 ms antes de volver a conectar.

La secuencia de inicio ejecutada es la siguiente:

1. CLEAR DISPLAY	El flag busy se mantiene a "1" (ocupado) durante 15ms hasta que finaliza la inicialización.
2. FUNCTION SET	Se elige por defecto el tamaño de bus de datos a 8 bits (DL=1) y el número de renglones del display en 1 (N=0)
3. DISPLAY ON/OFF CONTROL	Se elige por defecto display en OFF (D=0), cursor en OFF (C=0) y parpadeo del cursor en OFF (B=0)
4. ENTRY MODE SET	Se elige por defecto incremento del cursor 1 (I/D=1) y modo normal, no desplazamiento, del display (S=0)
5. Se selecciona la primera posición de la DD RAM	

Si no se satisfacen las condiciones de alimentación, la secuencia de inicialización habría que realizarla por software, donde las instrucciones que aplica el usuario podrían ser las expuestas anteriormente o cualquier otra según sus propias necesidades.

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.

9.6 INSTRUCCIONES DE LA PANTALLA.

La pantalla la utilizaremos como medio de comunicación entre el sistema y el operario. Para ello vamos a definir las indicaciones que podrán aparecer en nuestra pantalla.

- FALTA AGUA: 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.
- FALLA CALEF.: 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.
- CALEF. 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, lo ideal es que no se inicie el planchado hasta que la presión del calderín no sea la adecuada.

9.7 PROGRAMACIÓN DE LA PLANTALLA.

	LIST	P=16F877	
	RADIX	HEX	
TMRO	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
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'00000110'

```

	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'	

```

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

```

```

MOV LW    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

MOV LW    B'11010000' ; vamos a la dirección80 de la DDRAM
CALL     LCD_1      ; (tercera fila)
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	MOVLW	RETARD_1
	MOVWF	CONT_1
	RETURN	
TIME_2	MOVLW	RETARD_2
	MOVWF	CONT_2
	RETURN	
LCD_1	BCF	PORTC,LCD_RS
	BCF	PORTC,LCD_RW
	BSF	PORTC,LCD_E
	MOVWF	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'10000101' ; 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
CALL      LCD_1      ; (segunda línea)
MOVLW    B'01001111'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01001011'
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
CALL		LCD_1 ; DDRAM (cuarta fila)
MOVLW		B'01001111'
CALL		LCD_C
MOVLW		B'01001011'
CALL		LCD_C
NO_TEMP	GOTO	PRESION
	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'

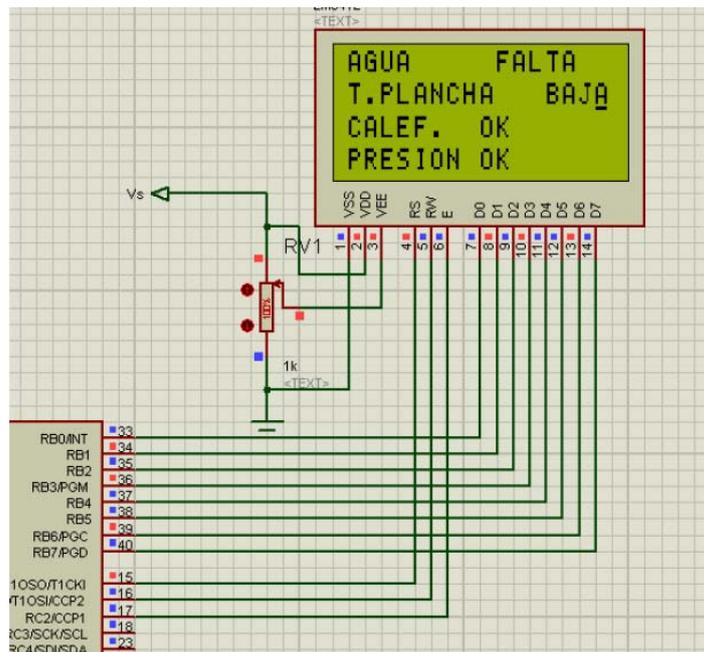
	CALL	LCD_C	
	MOVLW	B'01001010'	
	CALL	LCD_C	
	MOVLW	B'01000001'	
	CALL	LCD_C	
	GOTO	PRESION	
PRESION_OK	MOVLW	B'11011000'	; vamos a la dirección 88 de la
	CALL	LCD_1	; DDRAM (tercera fila)
	MOVLW	B'01001111'	
	CALL	LCD_C	
	MOVLW	B'01001011'	
	CALL	LCD_C	
	GOTO	INICIO	
NO_PRESION	MOVLW	B'11011100'	; vamos 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		

9.8 CIRCUITO DE CONTROL.

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

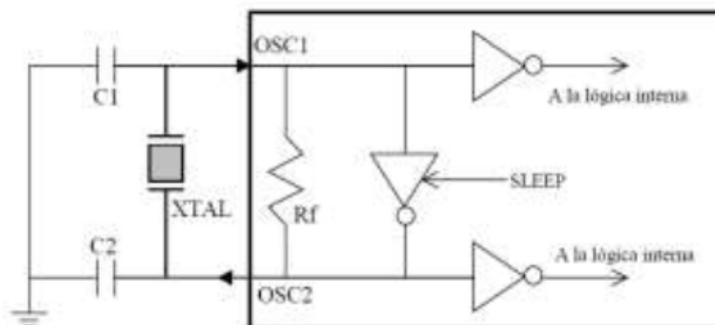
Gracias a la programación y a la configuración de la pantalla podremos visualizar en ella las instrucciones y avisos deseados.

Vamos a mostrar un ejemplo en la pantalla LCD. Vamos a observar las alarmas de “FALTA AGUA” y “TEMPERATURA DE PLANCHA BAJA”, por el contrario, la resistencia calefactora y la presión son correctas.



9.8.1 Cristal externo.

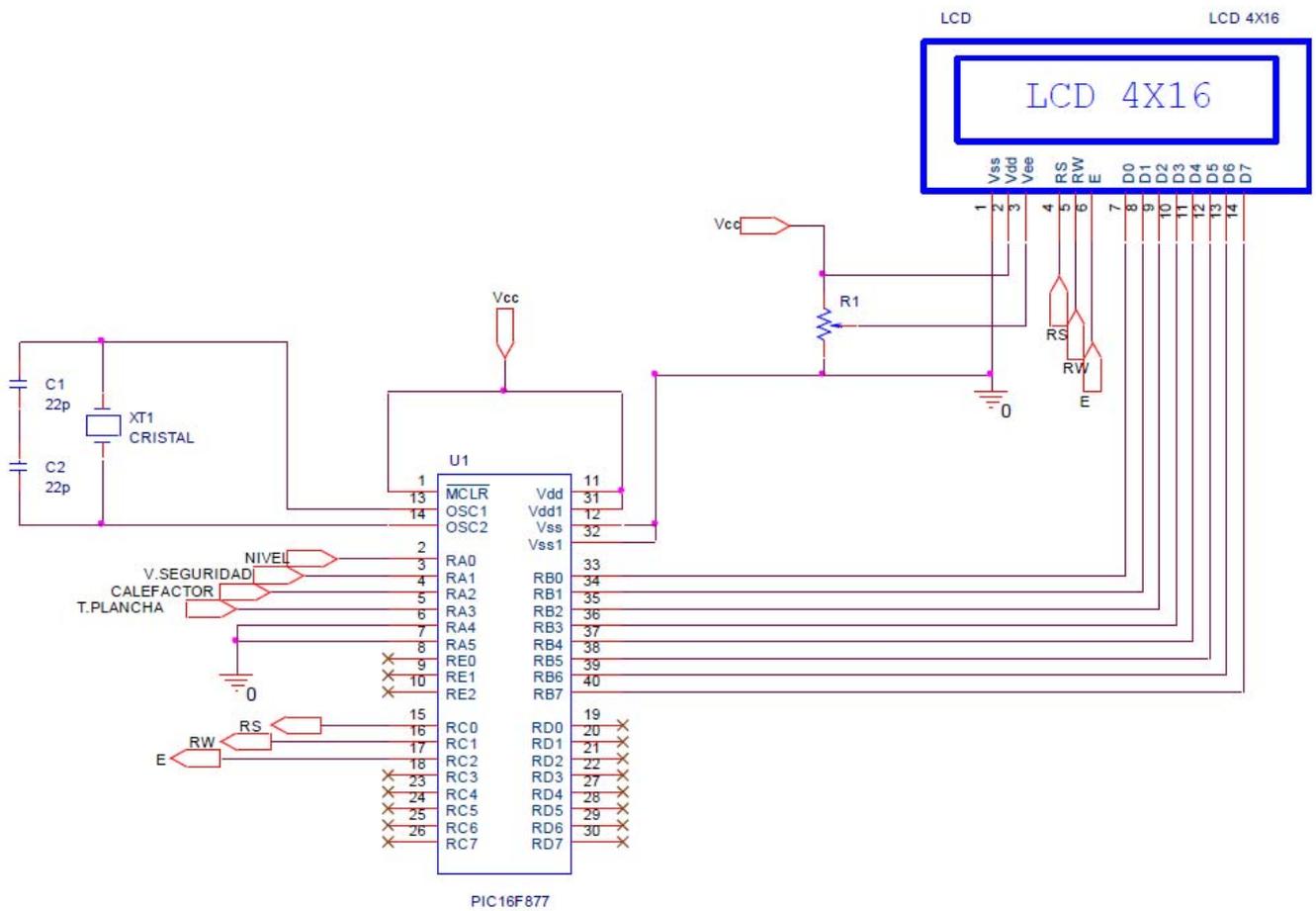
Para producir la oscilación del PIC 16F877, añadimos en las patillas OSC1 Y OSC2 un cristal externo.



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

OSCILADOR	Frecuencia típica	C1	C2
XT	100 KHz	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

9.9 CIRCUITO FINAL DE CONTROL DE PANTALLA.



10. 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.

10.1 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.

10.2. PROBLEMAS MÁS FRECUENTES

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

10.2.1 Corrosión.

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

A continuación se describe en qué consiste cada uno de estos tipos de corrosión, cuáles son los factores que la favorecen, que aspecto tiene y de qué manera pueden ser prevenidas.

Corrosión por Oxígeno o “Pitting”.

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.

Los resultados de este tipo de corrosión son tubérculos de color negro, los que se forman sobre la zona de corrosión, tal como lo muestra la figura.



Corrosión por Pitting

Dado que la corrosión por oxígeno se produce por la acción del oxígeno disuelto en el agua, esta puede producirse también cuando la caldera se encuentra fuera de servicio e ingresa aire (oxígeno).

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.

Corrosión Cáustica.

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.

Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de cavidades profundas, semejantes al “pitting” por oxígeno, rellenas de óxidos de color negro, presentes solamente en las zonas de elevada liberación térmica (fogón, placa trasera y cámara trasera) de una caldera.

La corrosión cáustica puede ser prevenida manteniendo la alcalinidad, OH libre y pH del agua de la caldera dentro de los límites recomendados.



Corrosión cáustica

Corrosión Líneas Retorno Condensado

Las líneas de retorno de condensado, lógicamente no forman parte de una caldera, sin embargo, su corrosión tiene efectos sobre las calderas y puede ser prevenida con el tratamiento de agua.

La corrosión de las líneas de retorno de condensado tiene efectos sobre una caldera, ya que, los óxidos (hematita) producidos son arrastrados a la caldera con el agua de alimentación. Toda caldera cuyo lado agua tiene un color rojizo presenta problemas de corrosión en las líneas de retorno de condensado.

La corrosión en las líneas de retorno de condensado se produce por la acción del ácido carbónico que en éstas se forma.

La prevención de la corrosión en las líneas de retorno de condensado, puede ser conseguida mediante aminas neutralizantes que neutralizan la acción del ácido carbónica y aminas fílmicas que protegen las líneas.

Estas aminas son volátiles por lo que al ser dosificadas a las líneas de alimentación de agua, son arrastradas por el vapor producido en la caldera.

10.3 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.

En la figura es posible observar la corrida superior de los tubos de humo de una caldera con incrustaciones de espesores superiores a los 8 mm.

La acción de dispersantes, lavados químicos o las dilataciones y contracciones de una caldera pueden soltar las incrustaciones, por lo que deben ser eliminadas de una caldera muy incrustada para prevenir su acumulación en el fondo del cuerpo de presión, tal como lo muestra la figura.

En el caso de que estas incrustaciones no sean removidas, se corre el riesgo de embancar la caldera y obstruir las líneas de purga de fondo, con lo que el problema puede tornarse aun más grave.



Incrustaciones

La presencia de incrustaciones en una caldera es especialmente grave debido a su baja conductividad térmica actúa como aislante térmico, provocando problemas de refrigeración de las superficies metálicas y puede llegar a causar daños por sobrecalentamiento.

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

10.4 ARRASTRE DE CONDENSADO

El arrastre de condensado en una caldera tiene relación con el suministro de vapor húmedo (con gotas de agua). El suministro de vapor húmedo puede tener relación con deficiencias mecánicas y químicas.

Las deficiencias mecánicas tienen relación con la operación con elevados niveles de agua, deficiencias de los separadores de gota, sobrecargas térmicas, variaciones bruscas en los consumos, etc.

Por otro lado las deficiencias químicas tienen relación con el tratamiento de agua de la caldera, específicamente con excesivos contenidos de alcalinidad, sólidos totales (disueltos y en suspensión) y sílice, que favorecen la formación de espuma.

Para prevenir el arrastre debido a deficiencias en el tratamiento de agua, se recomienda mantener los siguientes límites de los contenidos de alcalinidad, sólidos totales y sílice:

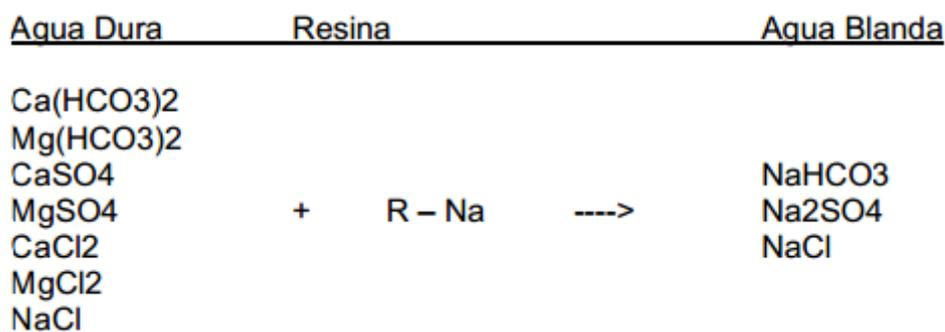
- Alcalinidad total (CaCO₃) < 700 ppm
- Contenido de sílice (SiO₂) < 150 ppm
- Sólidos disueltos < 3500 ppm

10.5 EQUIPOS DE TRATAMIENTO DEL AGUA

10.5.1 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) para obtener agua para ser utilizada en calderas.

Los ablandadores están compuestos por resinas, que poseen una capacidad de intercambio de iones de calcio y magnesio por sodio.



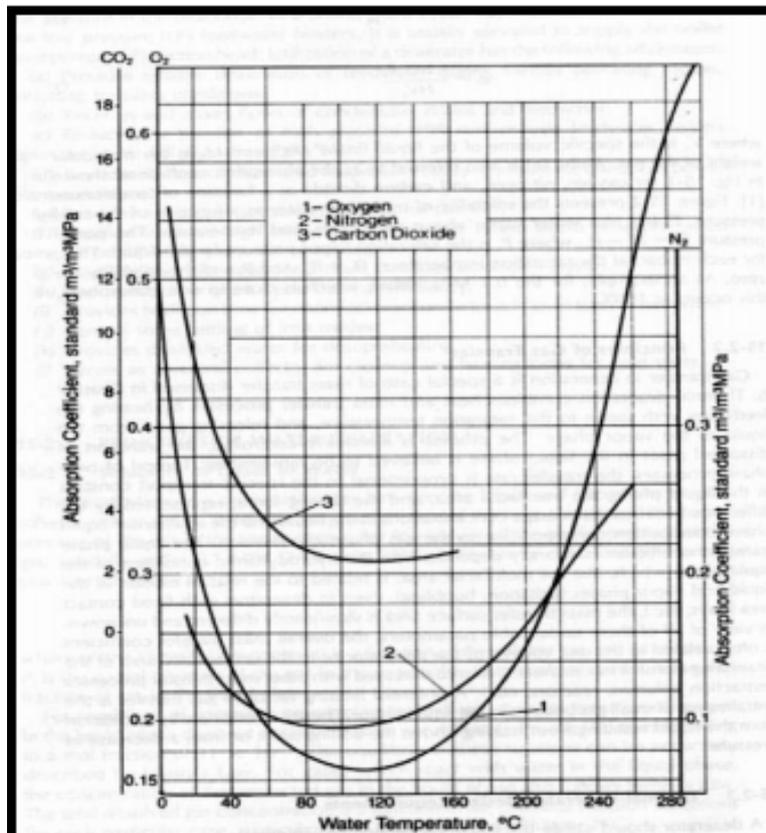
En el caso de que la capacidad de entrega de agua blanda de estos equipos se vea disminuida (agua entregada con dureza mayor a 6 ppm expresada como CaCO₃), es necesario llevar a cabo una regeneración para recuperar la capacidad de intercambio de las resinas.

La regeneración es realizada con sal sódica (NaCl) de calidad técnica con una concentración de 150 a 250 gr/l de resina.

10.5.2 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 (O_2 y CO_2) disminuye cuando el agua está en el punto de ebullición ($100\text{ }^\circ\text{C}$ a presión atmosférica), tal como lo muestra la figura siguiente.



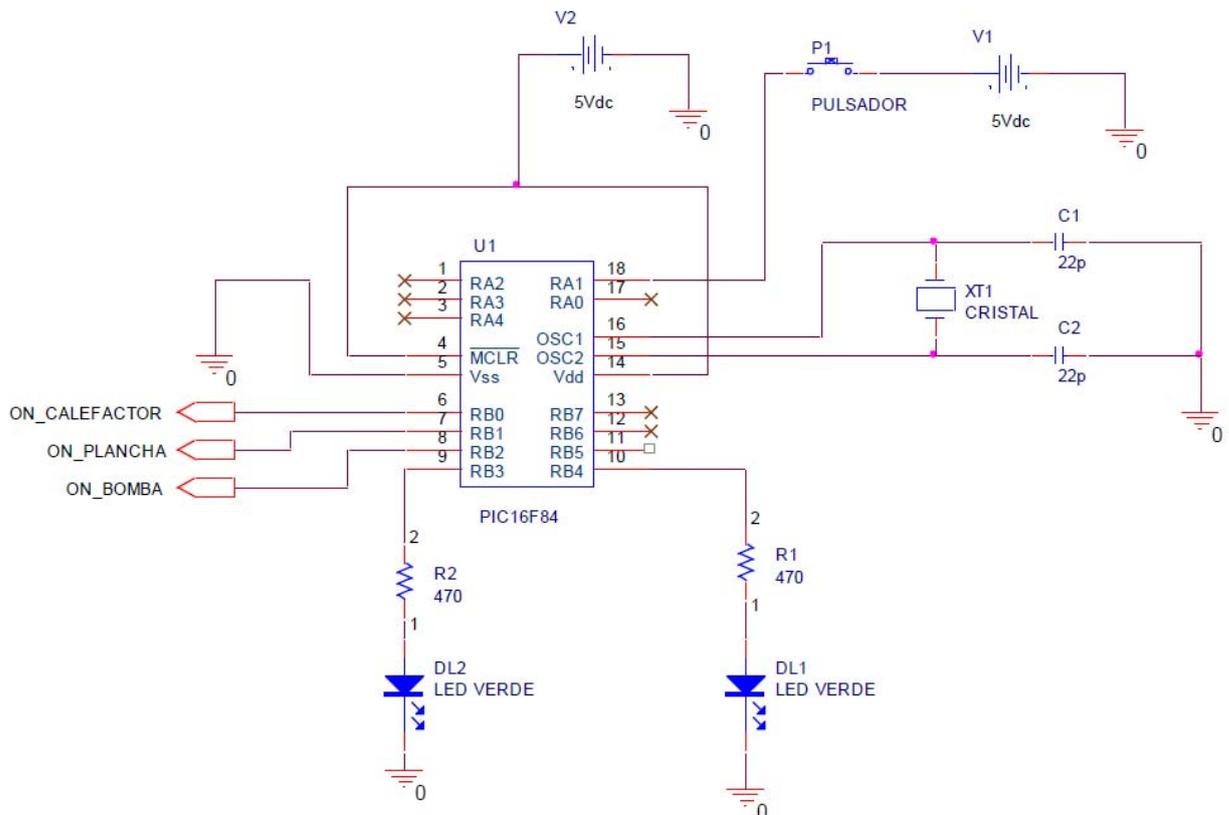
Solubilidad del oxígeno

11. CONTROL DEL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

11.1 INTRODUCCIÓN.

Para acceder al accionamiento del sistema, solamente tendremos que activar el pulsador P1. Este pulsador, que está abierto inicialmente, hace que circule la corriente hasta RA1, que está activada a nivel alto. La función del circuito es:

- Si el pulsador está activado la tensión de la patilla RA1 devolverá 5V, de este modo se accionará el calefactor, la plancha y la bomba. Cuando RA1 esté a 5V se encenderán también los LED'S L1 y L2, que son los encargados de indicar la activación del sistema.
- Si el pulsador se encuentra desactivado, la tensión de RA1 devolverá 0V, y apagará el calefactor, la plancha y la bomba. Cuando se encuentre en este nivel (0V) se apagarán los LED'S L1 y L2.



Circuito de control

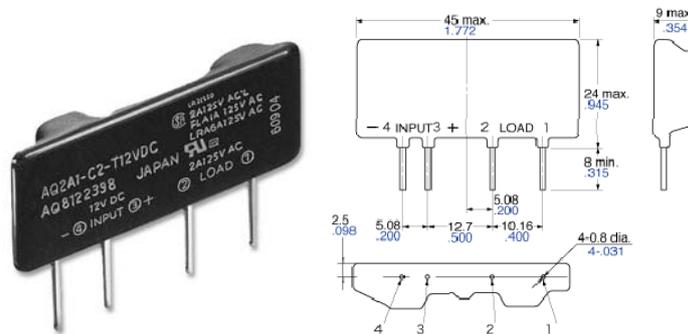
Cuando queramos apagar el sistema por motivos de seguridad, lo único que tendremos que hacer será desactivar el pulsador.

De la figura del circuito de control anterior, como podemos observar, se obtendrán tres salidas:

- ON_CALEFACTOR.
- ON_PLANCHA.
- ON_BOMBA.

Necesitaremos 3 relés de tipo solido para poder controlar el accionamiento de los tres elementos que queremos activar, ya que se alimentan con tensiones altas.

El relé solido elegido es el AQ8 de Panasonic.



11.2 PROGRAMA DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA

LIST	P=16F84	
RADIX	HEX	
TMRO	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	

```

        CLRFB        PUERTAA
        BSFB        STATUS,5
        CLRFB        PUERTAB
        BCFB        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

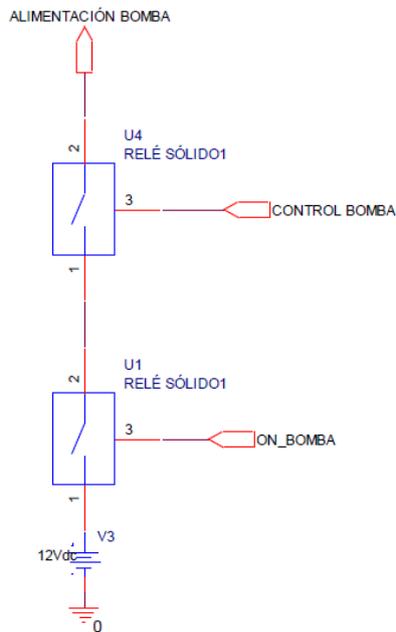
```

11.3 ALIMENTACION DE LA BOMBA.

La bomba se activará cuando el pulsador esté accionado. Esto se lleva a cabo mediante el control de un relé tipo solido (SSR).

La bomba también se encuentra regulada mediante el nivel del depósito, por tanto, solo se activará si el pulsador se encuentra activado (modo ON) y si el nivel del depósito es el idóneo (90mm).

El esquema para que la bomba se active es el siguiente:

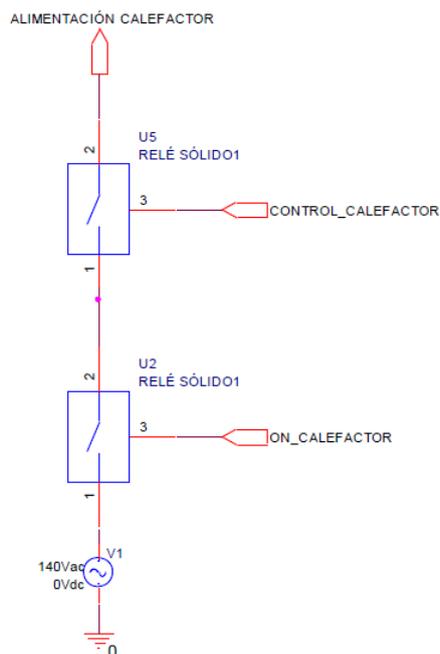


Esquema de activación de la bomba.

11.4 ALIMENTACIÓN DE LA RESISTENCIA CALEFACTORA.

La resistencia calefactora se encenderá cuando el pulsador se encuentre accionado, esto conllevará al calentamiento del agua que se encuentra en el interior del calderín. Cuando el elemento calefactor alcance la temperatura máxima de 130°C, el termostato se accionará y apagará la resistencia. Así pues, la resistencia calefactora solamente se activará si el pulsador P1 se encuentra encendido, y si la temperatura es menor de 130°C.

Su esquema de alimentación es el mostrado a continuación.

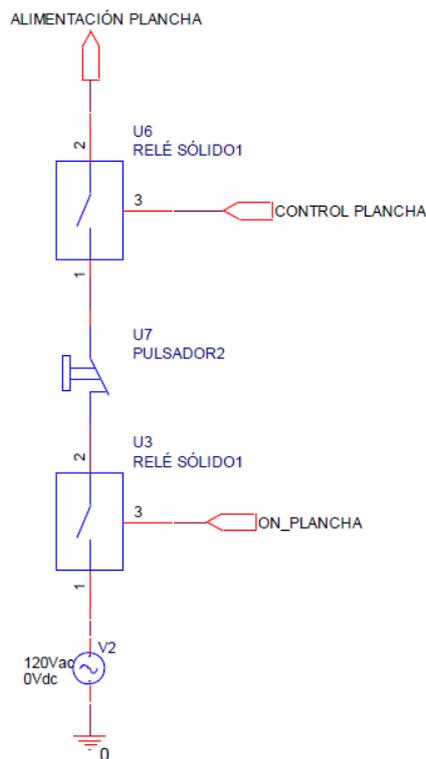


11.5 ALIMENTACIÓN DE LA PLANCHA.

En resumen, la alimentación de la plancha está basada en la activación de su elemento calefactor. Cuando el pulsador esté en modo ON, la resistencia calefactora se activará y por tanto la alimentación de la plancha se activará.

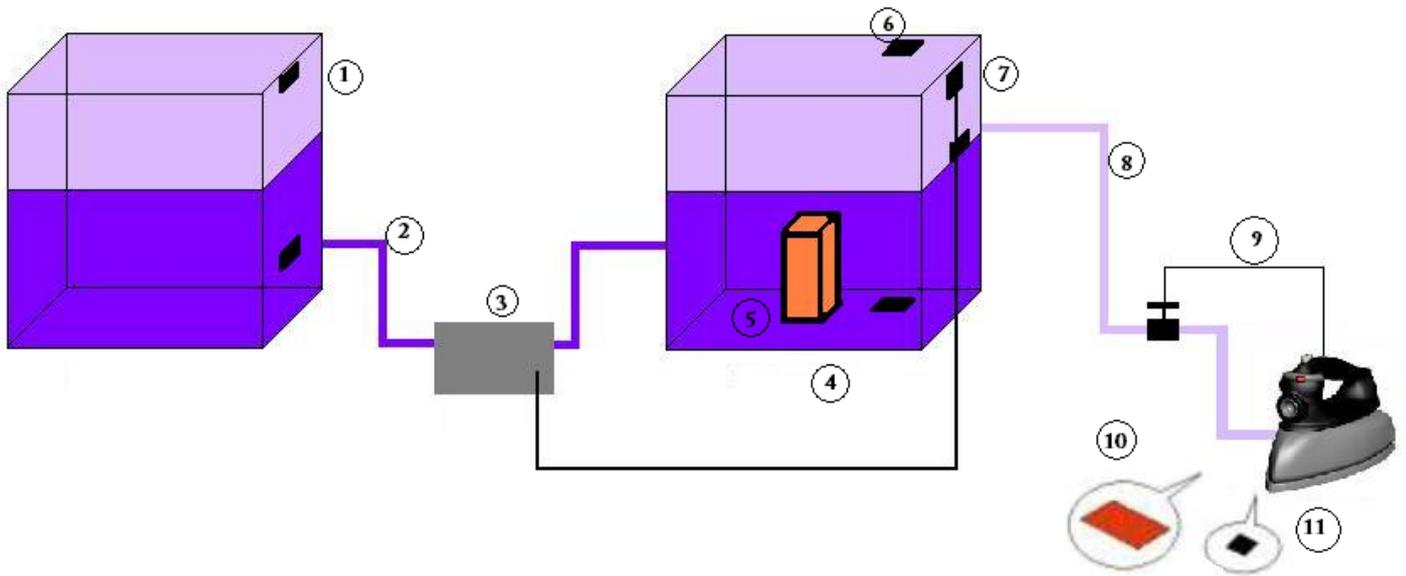
Cabe destacar que existe un termostato que controla la temperatura de la plancha, cuya temperatura máxima es de 120°C. Debido a esto, el accionamiento del elemento calefactor no depende solamente del pulsador, sino que también depende de la temperatura alcanzada.

Su esquema de alimentación es el siguiente:



Como observamos en el esquema, el pulsador nos proporciona la opción de apagar la resistencia calefactora y poder así utilizar únicamente el vapor de la plancha.

12. DISTRIBUCION DE LOS COMPONENTES.



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. Tubería de polietileno: Comunica el agua del depósito al calderín.
3. Bomba: Se encarga de conducir el agua del depósito al calderín.
4. Sensor de temperatura del calderín: Controla que la temperatura del calderín sea la adecuada para producir vapor (temperatura mayor de 100 °C).
5. Elemento calefactor del calderín: Se encuentra sumergido en el interior del agua del calderín para facilitar su calentamiento.
6. 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.
7. 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 desactivará la bomba. El nivel mínimo de agua lo situaremos a 90 mm.
8. Tubería de polipropileno: Comunica el vapor de agua, generado en el calderín, con la plancha.
9. Electroválvula: Es la encargada de suministrar el vapor a la plancha. Ésta se activa manualmente desde un pulsador de la plancha.
10. 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.
11. 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).

13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO.

Mostramos a continuación el presupuesto del sistema de planchado. Lo hemos dividido en bloques dependiendo de la función.

13.1 SENSOR DE NIVEL DE DEPÓSITO.

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
Resistencias	11	Resistencias de varios tamaños	11	0,02 €	0,21 €
Diodos	1	Diodo National semiconductor 1N4007	1	0,07 €	0,07 €
Amplificador Operacional.	1	National semiconductor LM124	1	0,54 €	0,54 €
	1	National semiconductor LM139	1	0,85 €	0,85 €
Sensor de presión	2	DMP 331	2	5,40 €	10,80 €
LED's	2	National semiconductor, ROJO Y AZUL	2	0,10 €	0,20 €
				Subtotal	12,67 €
				21,00% IVA	2,66 €
				Total	15,33 €

13.2. CONTROL DE LA BOMBA.

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
Resistencias	11	Resistencias de varios tamaños	11	0,02 €	0,21 €
Diodos	1	Diodo National semiconductor 1N4007	1	0,07 €	0,07 €
Amplificador Operacional.	2	National semiconductor LM124	2	0,54 €	1,08 €
	1	National semiconductor LM139	1	0,85 €	0,85 €
Sensor de presión	2	DMP 331	2	5,40 €	10,80 €
LED's	1	National semiconductor, ROJO Y AZUL	1	0,10 €	0,10 €
Relé Solido (SSR)	1	AQ8 Panasonic	1	6,18 €	6,18 €
Bomba	1	Flojet	1	119,00 €	119,00 €
				Subtotal	138,29 €
				21,00% IVA	29,04 €
				Total	167,33 €

13.3 ELEMENTO CALEFACTOR.

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
Resistencias	12	Resistencias de varios tamaños	12	0,02 €	0,23 €
Diodos	2	Diodo National semiconductor 1N4007	2	0,07 €	0,14 €
Amplificador Operacional.	2	National semiconductor LM124	2	0,54 €	1,08 €
	1	National semiconductor LM139	1	0,85 €	0,85 €
Sensor de temperatura	1	LM35	1	3,72 €	3,72 €
Relé Solido (SSR)	1	AQ8 Panasonic	1	6,18 €	6,18 €
Resistencia calefactora	1	Serie RCE 016 Stegotronic	1	34,95 €	34,95 €
				Subtotal	47,15 €
				21,00% IVA	9,90 €
				Total	57,05 €

13.4 DISPOSITIVO DE PLANCHADO.

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
Resistencias	13	Resistencias de varios tamaños	13	0,02 €	0,25 €
Diodos	2	Diodo National semiconductor 1N4007	2	0,07 €	0,14 €
Amplificador Operacional.	2	National semiconductor LM124	2	0,54 €	1,08 €
	1	National semiconductor LM139	1	0,85 €	0,85 €
Sensor de temperatura	1	LM35	1	3,72 €	3,72 €
Relé Solido (SSR)	1	AQ8 Panasonic	1	6,18 €	6,18 €
Elemento calefactor	1	Placa de mica aislada	1	38,69 €	38,69 €
LED'S	1		1	0,10 €	0,10 €
				Subtotal	51,01 €
				21,00% IVA	10,71 €
				Total	61,72 €

13.5 PRESIÓN EN LA CALDERA.

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
Resistencias	8	Resistencias de varios tamaños	8	0,02 €	0,15 €
Diodos	1	Diodo National semiconductor 1N4007	1	0,07 €	0,07 €
Amplificador Operacional.	1	National semiconductor LM124	1	0,54 €	0,54 €
	1	National semiconductor LM139	1	0,85 €	0,85 €
Sensor de presión	1	DMP 331 BD Sensors	1	5,40 €	5,40 €
LED'S	1		1	0,10 €	0,10 €
				Subtotal	7,11 €
				21,00% IVA	1,49 €
				Total	8,61 €

13.6 PANTALLA LCD

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
Potenciómetro	1	Resistencia de 10K nominal	1	0,10 €	0,10 €
Condensadores	2	Condensador de 22 μ F	1	0,02 €	0,04 €
PIC	1	16F877	1	6,01 €	6,01 €
Cristal de cuarzo	1	OSC4M	1	5,22 €	5,22 €
Subtotal					11,37 €
21,00% IVA					2,39 €
Total					13,76 €

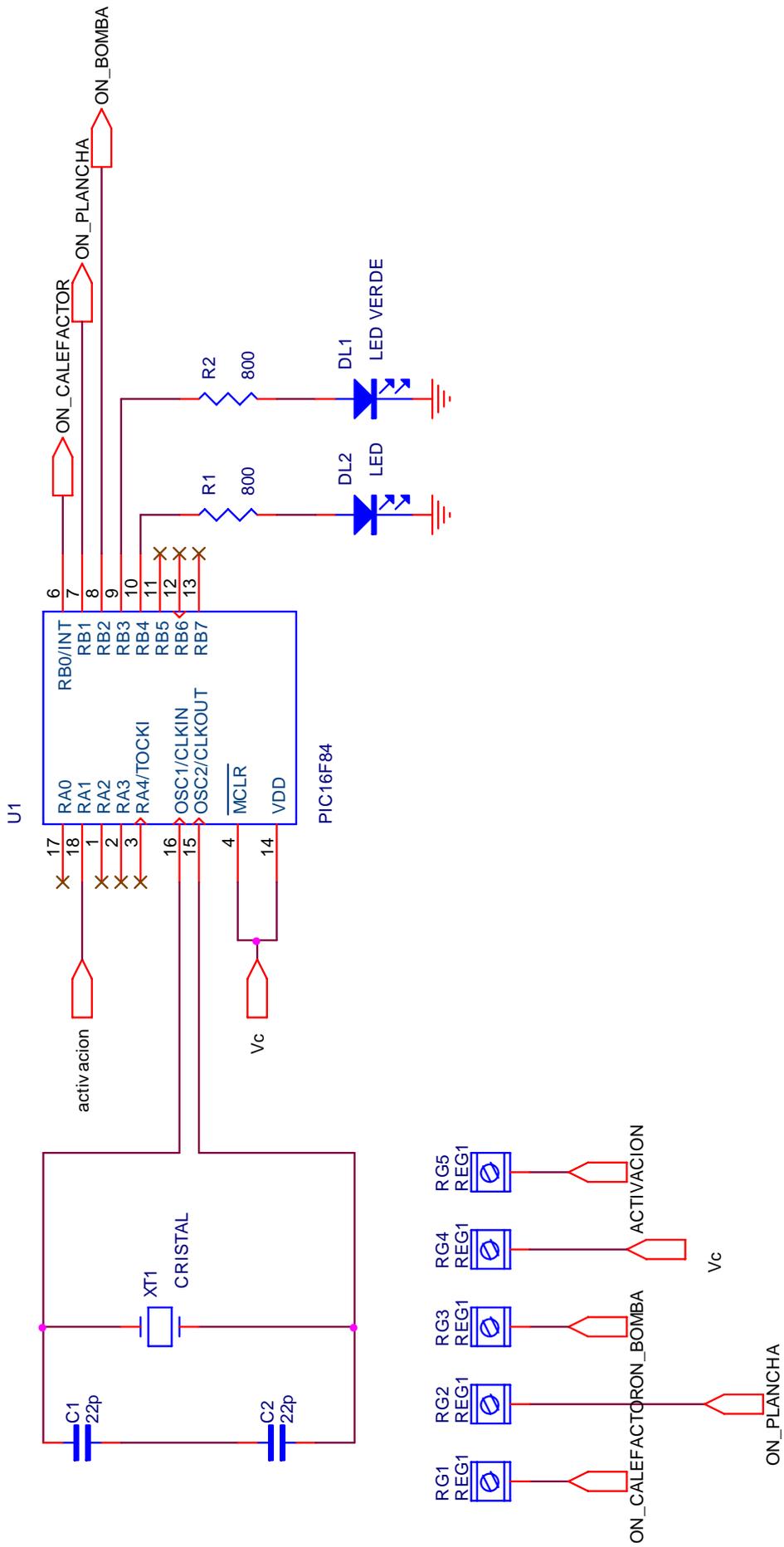
13.7 ALIMENTACION DEL SISTEMA.

Producto	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
Potenciómetro	1	Resistencia de 10K nominal	1	0,10 €	0,10 €
Condensadores	2	Condensador de 22 μ F	1	0,02 €	0,04 €
PIC	1	16F84	1	5,04 €	5,04 €
Cristal de cuarzo	1	OSC4M	1	5,22 €	5,22 €
LED'S	2	LED VERDE	1	0,10 €	0,20 €
Resistencias	2	Resistencia de 470 Ω	2	0,02 €	0,04 €
Relé Solido (SSR)	3	AQ8 Panasonic	3	6,18 €	18,54 €
Subtotal					29,18 €
21,00% IVA					6,13 €
Total					35,31 €

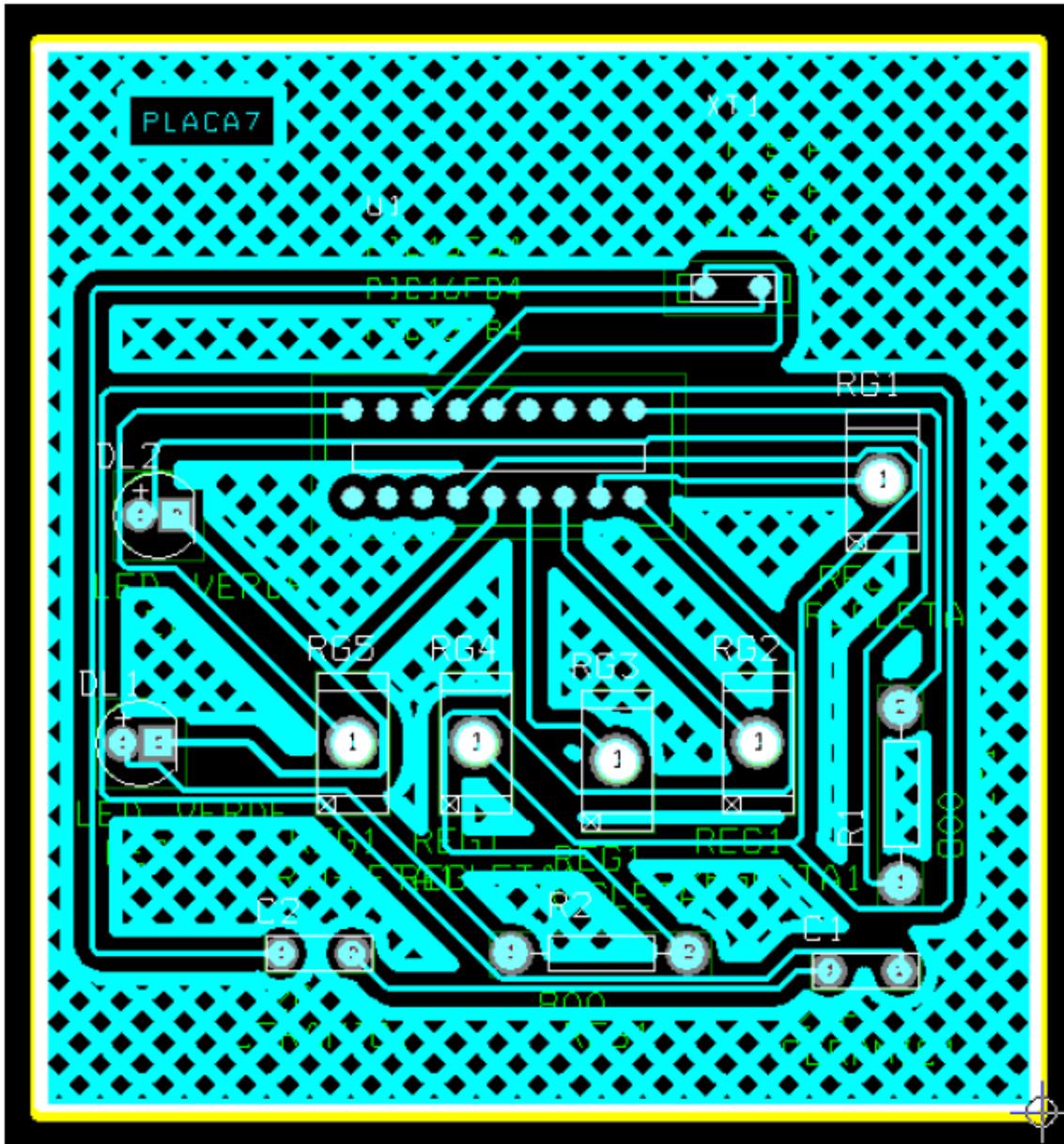
13.8 PRESUPUESTO TOTAL.

BLOQUE	Cantidad	Descripción	Unidades	Precio / unidad	Precio
BLOQUE 1	1	Sensor de nivel de depósito	1	12,67 €	12,67 €
BLOQUE 2	1	Control de la bomba	1	138,29 €	138,29 €
BLOQUE 3	1	Elemento calefactor	1	47,15 €	47,15 €
BLOQUE 4	1	Dispositivo de planchado	1	51,01 €	51,01 €
BLOQUE 5	1	Presión en la caldera	1	7,11 €	7,11 €
BLOQUE 6	1	Pantalla LCD	1	11,37 €	11,37 €
BLOQUE 7	1	Alimentación del sistema	1	29,18 €	29,18 €
Subtotal					296,78 €
21,00% IVA					62,32 €
Total					359,10 €

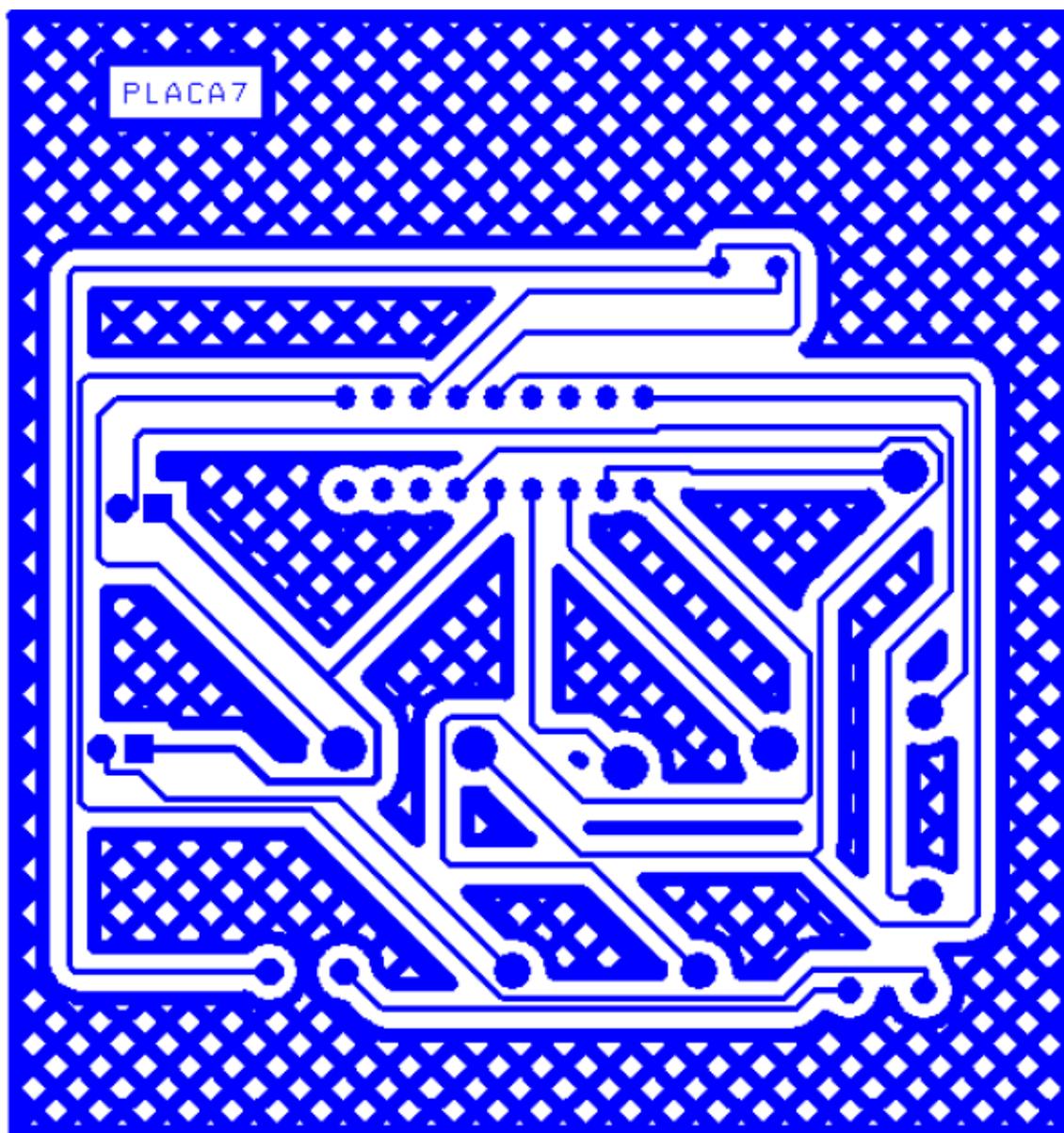
PLANOS



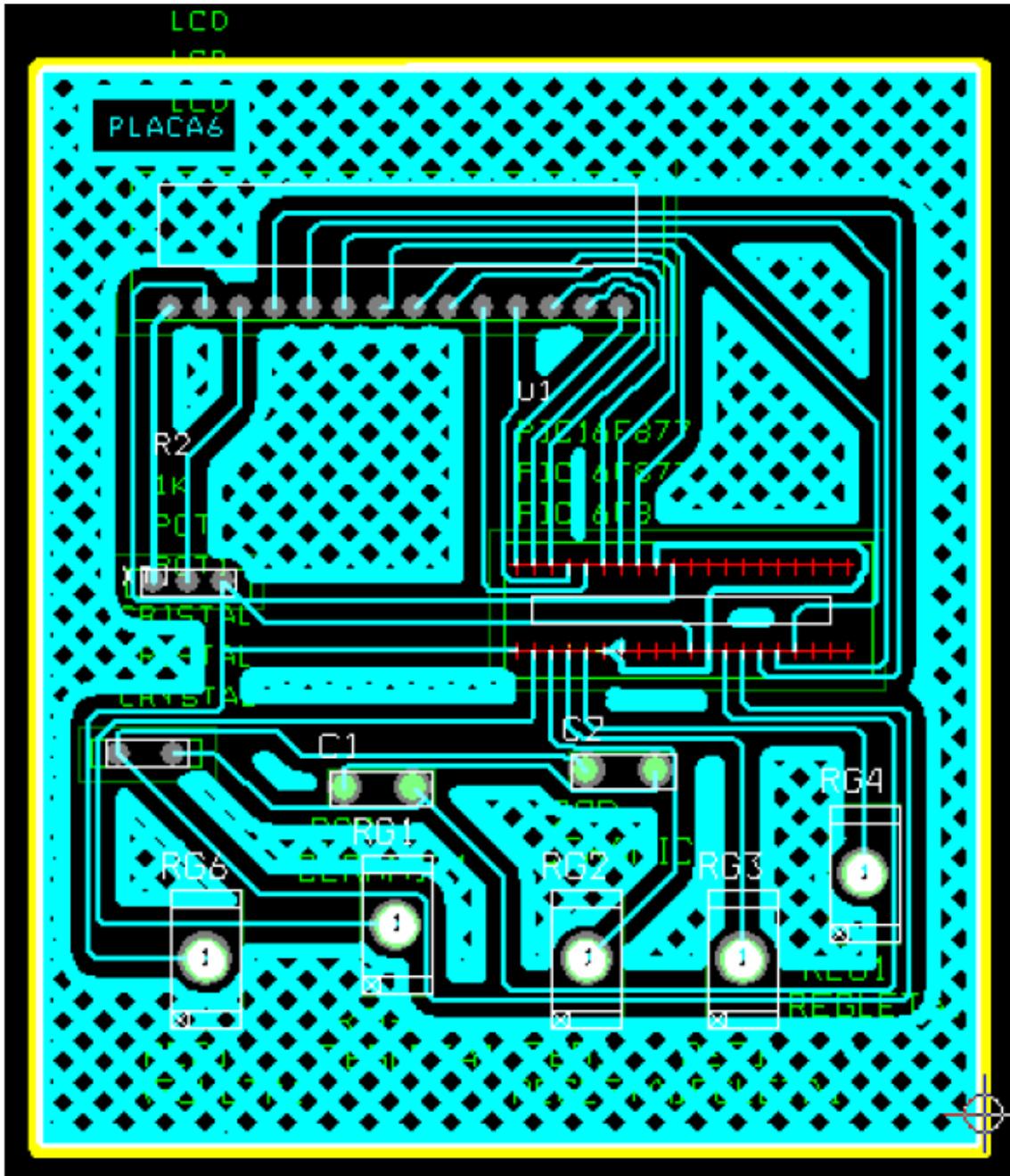
Esquema de activación del sistema.

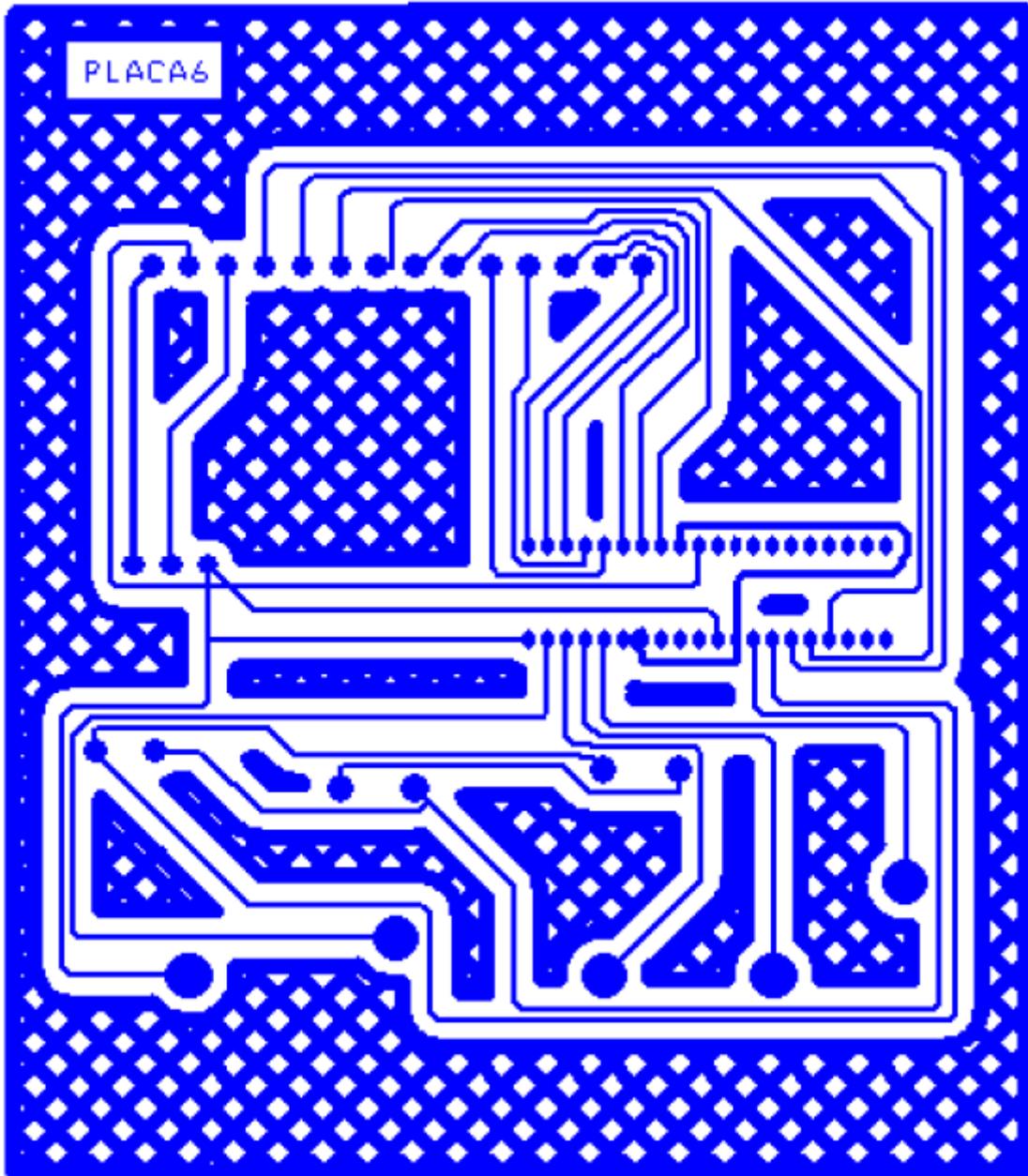


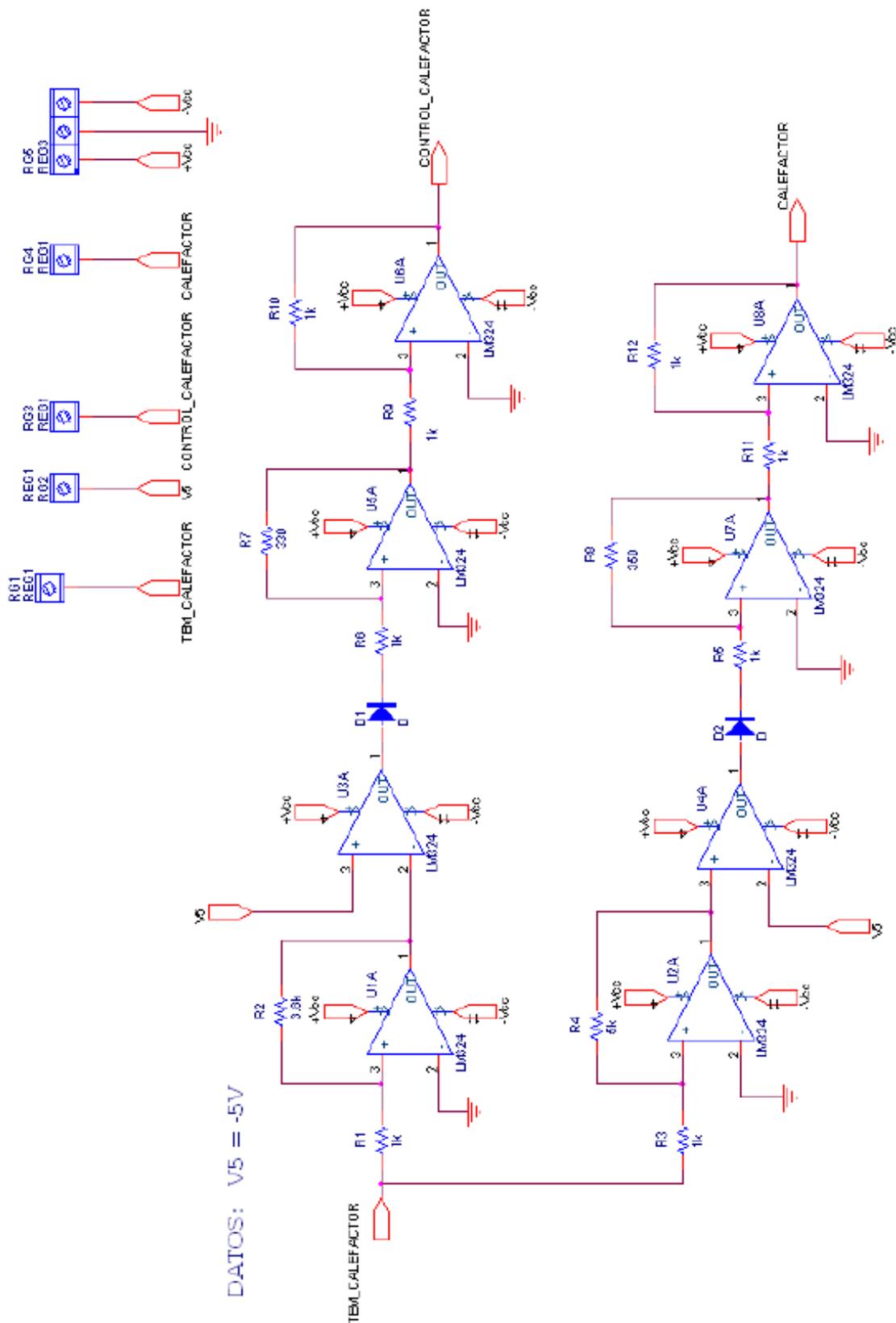
Placa.



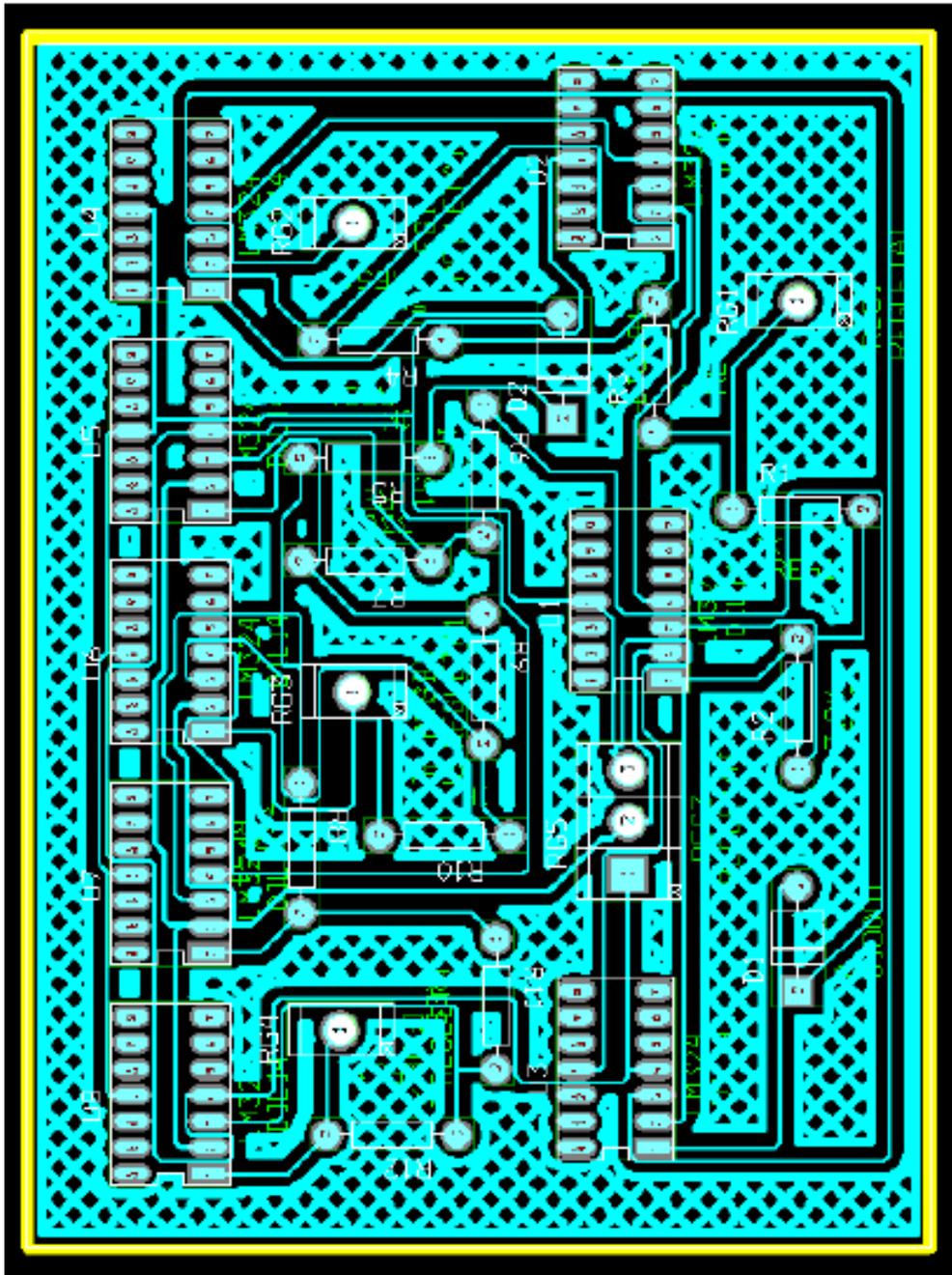
Capa TOP.

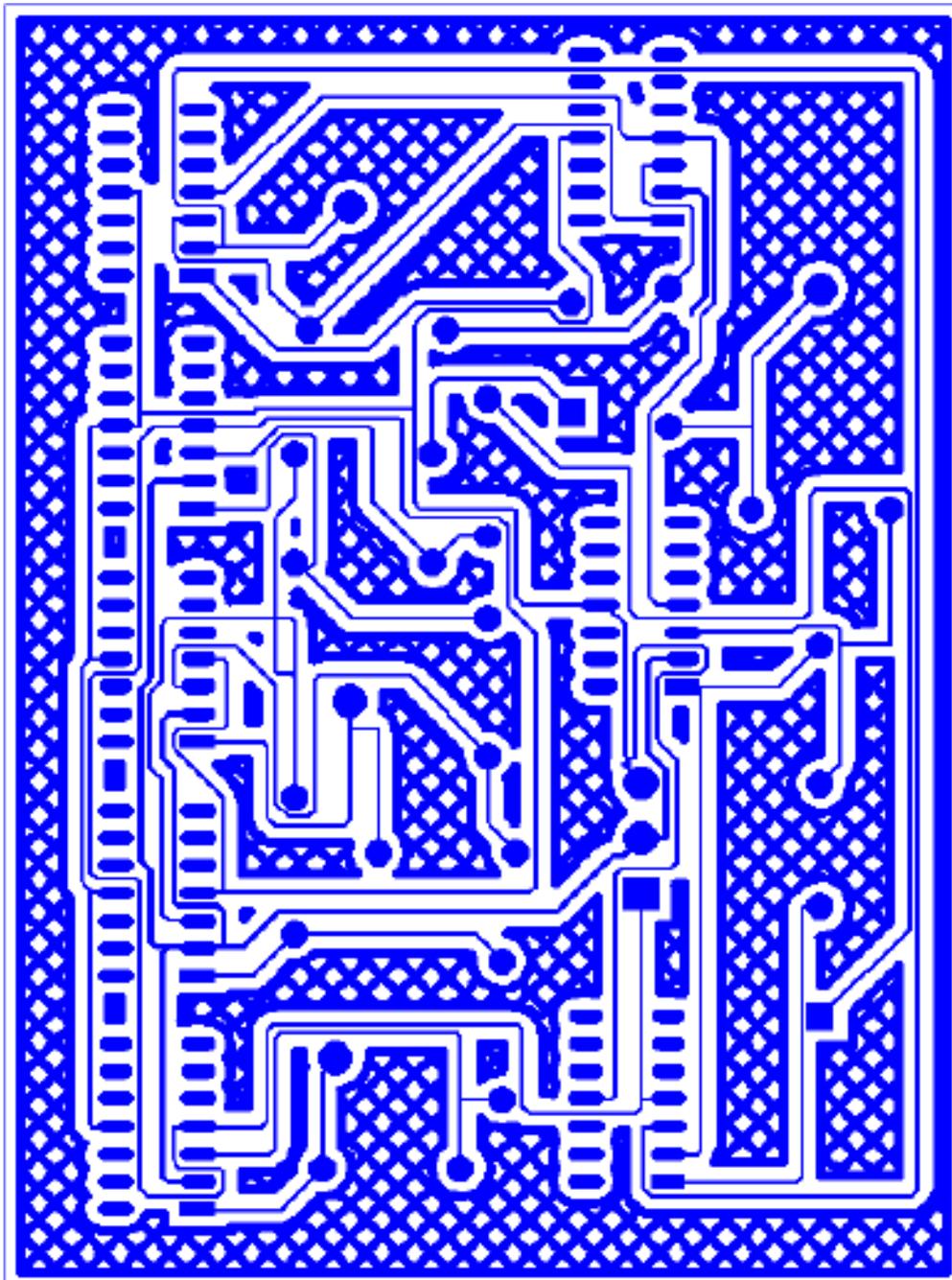


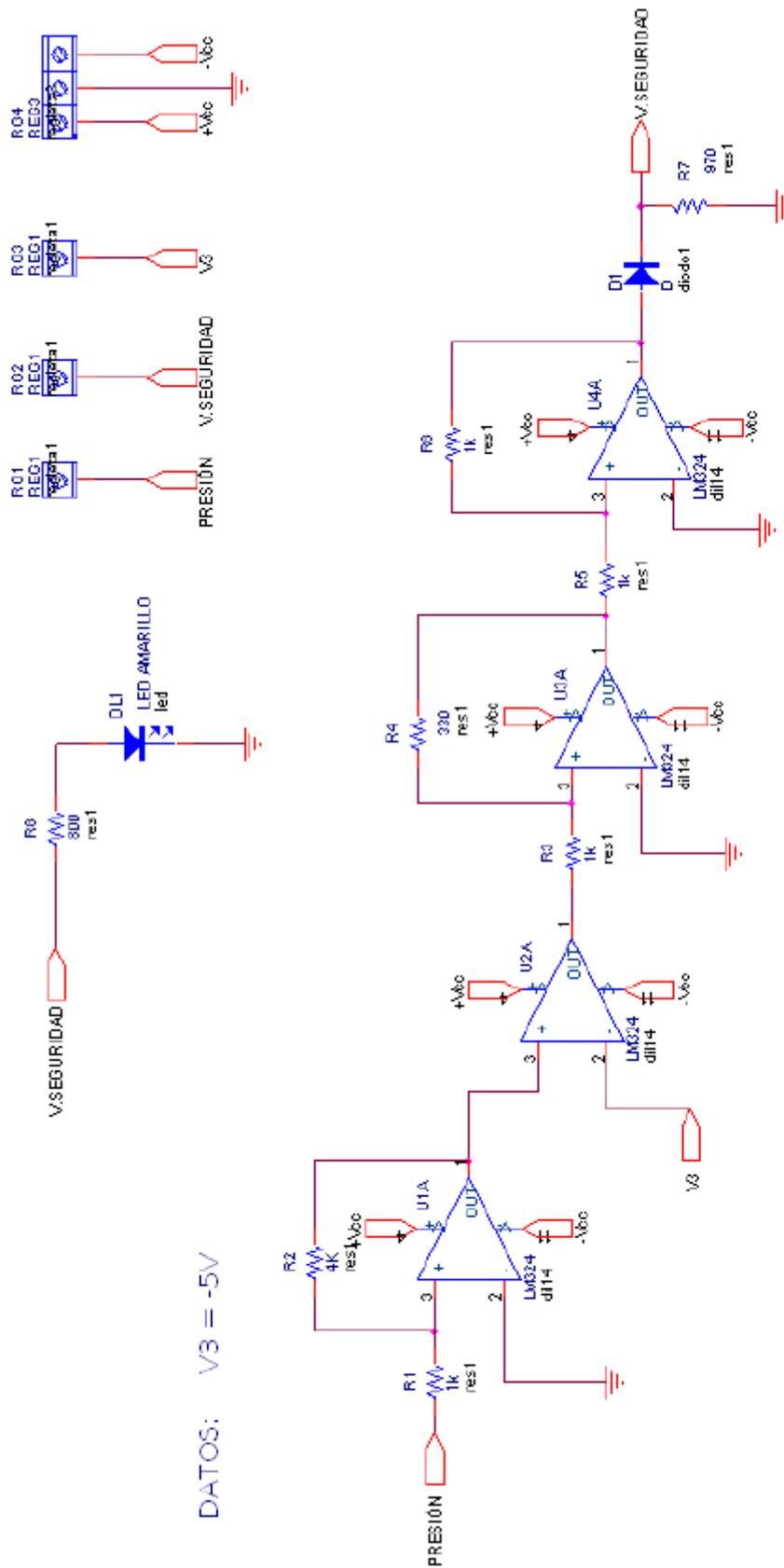




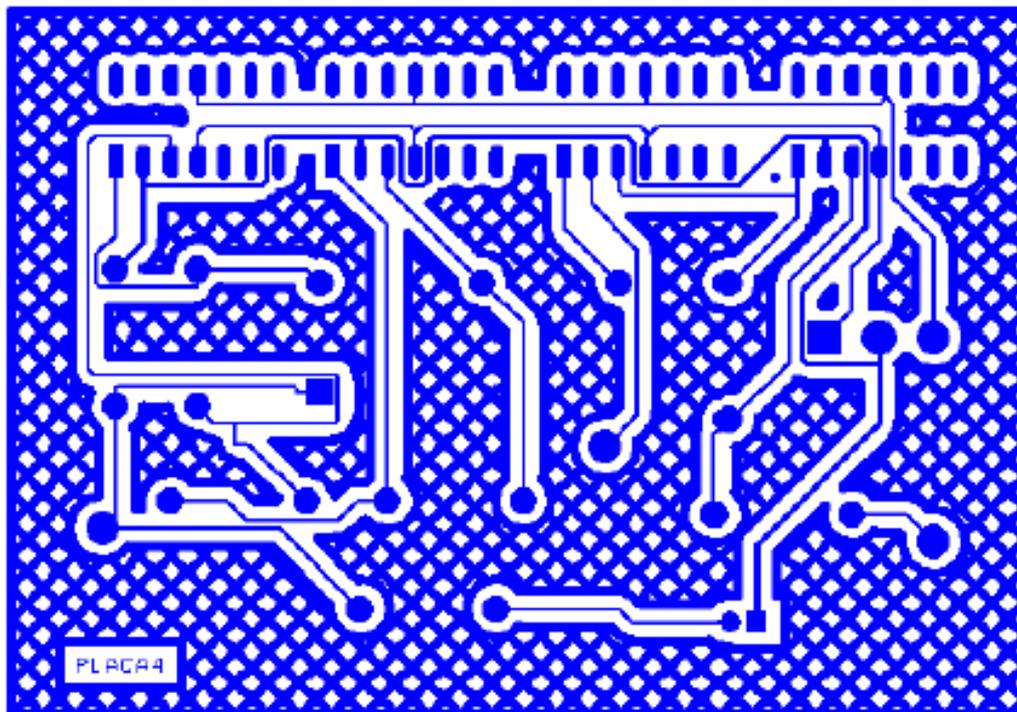
Esquema control del calefactor en el depósito.

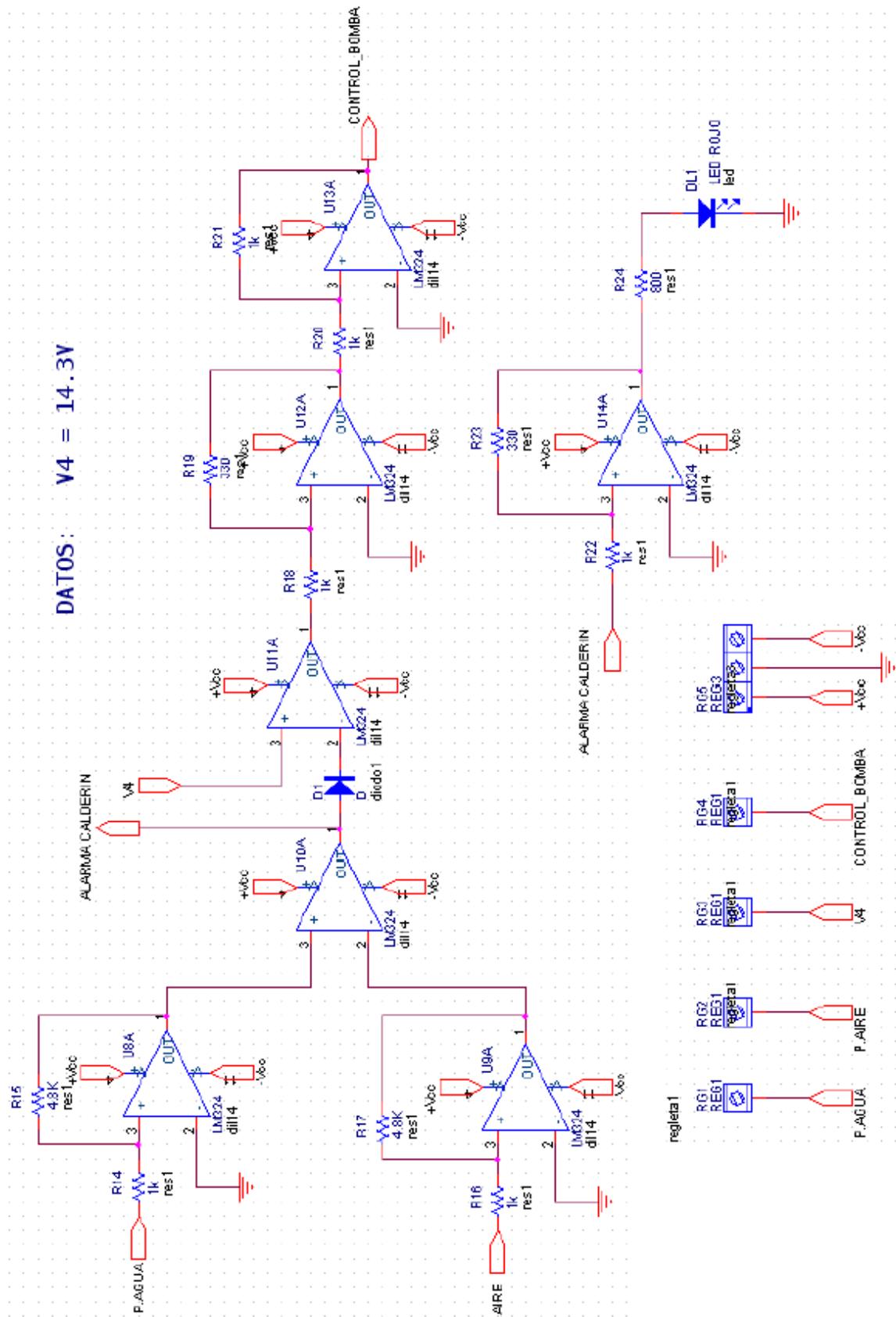




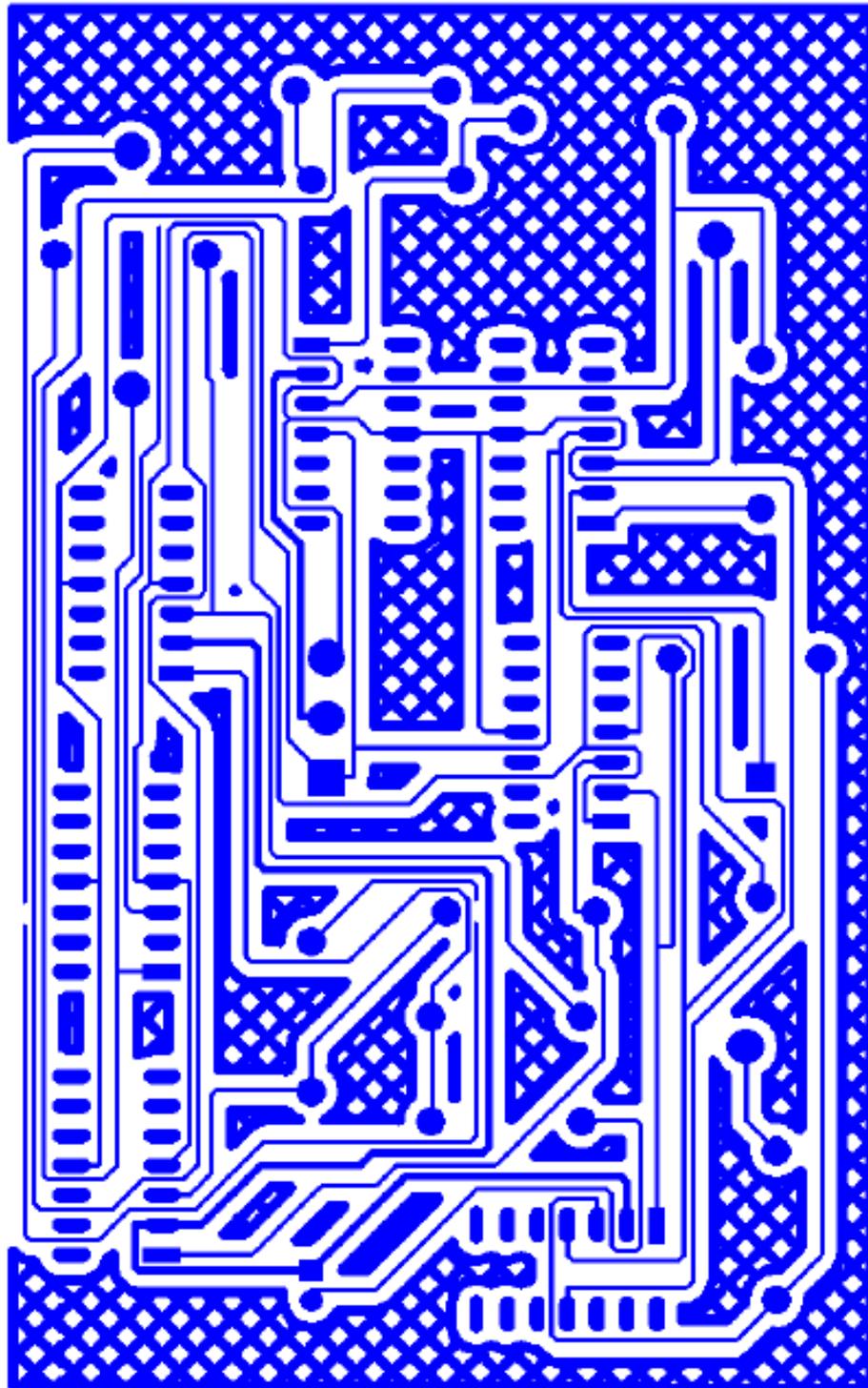


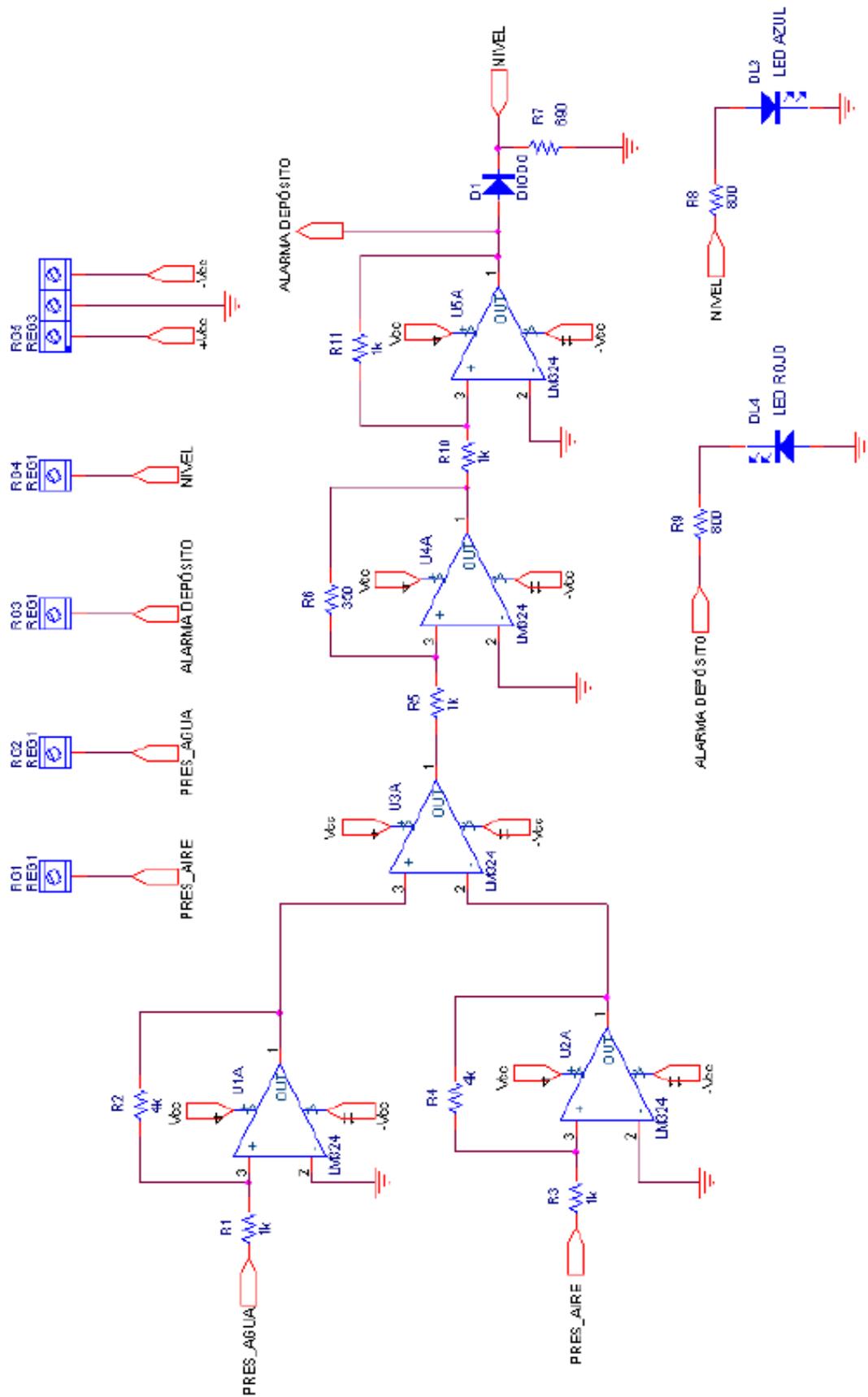
Esquema control presión calderín.



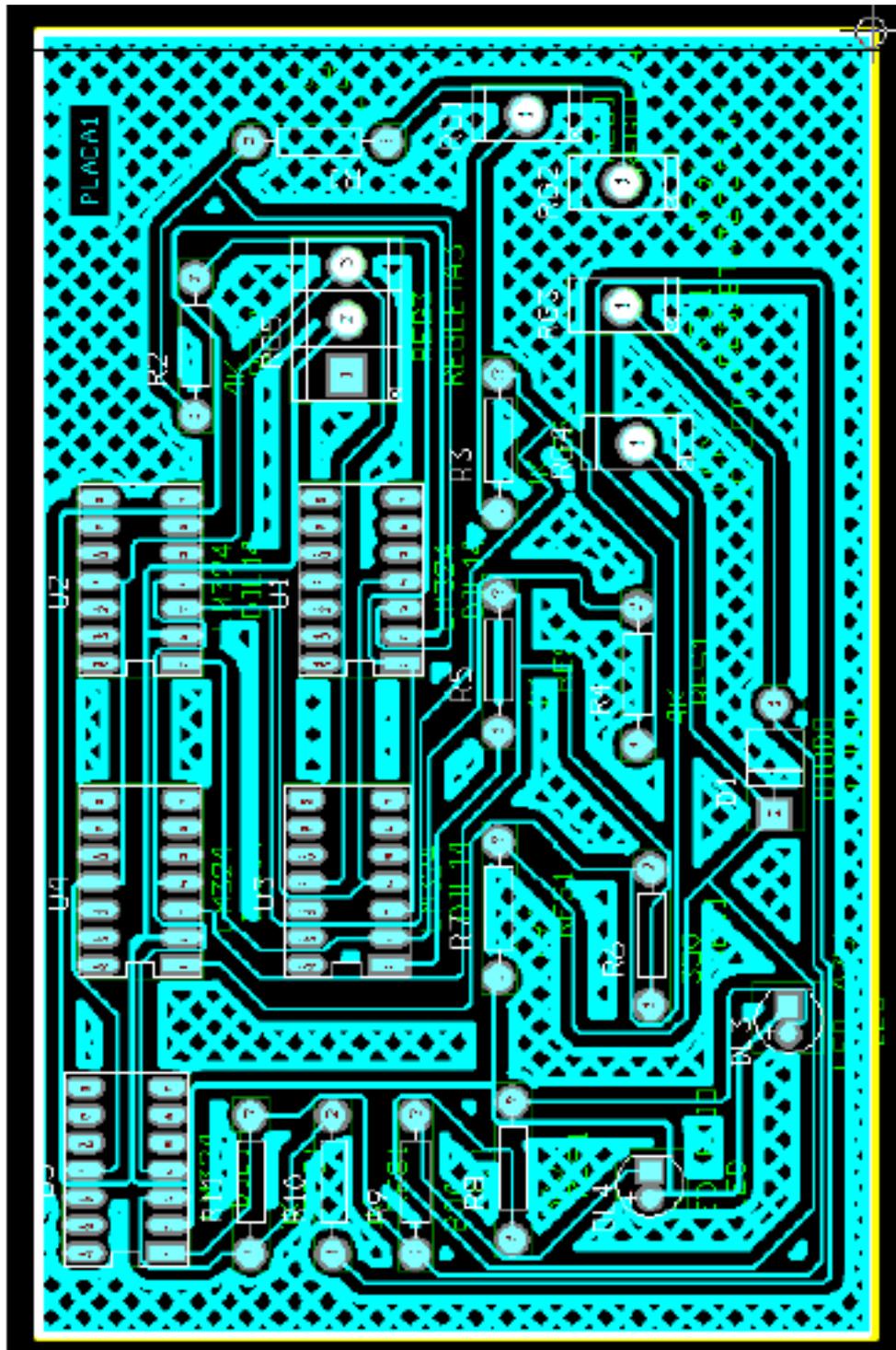


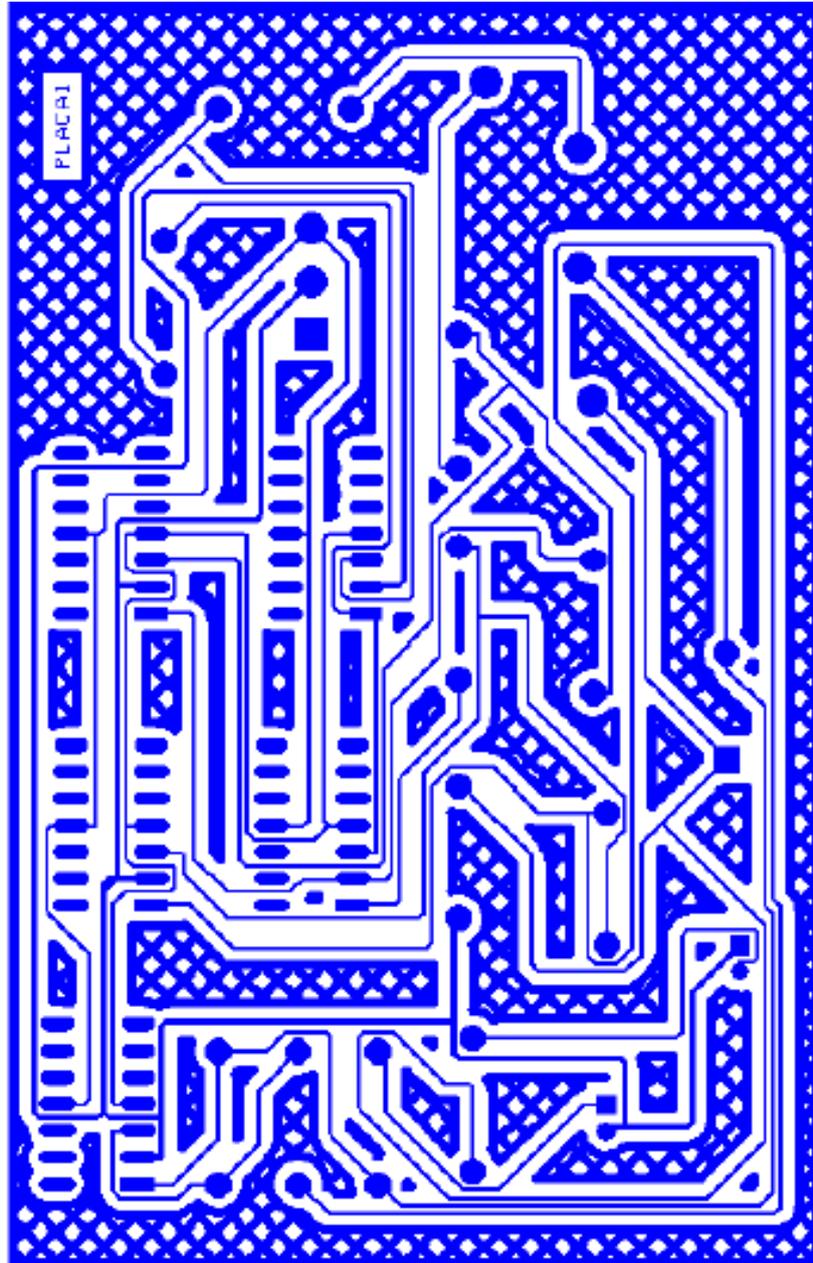
Esquema de control de la bomba.

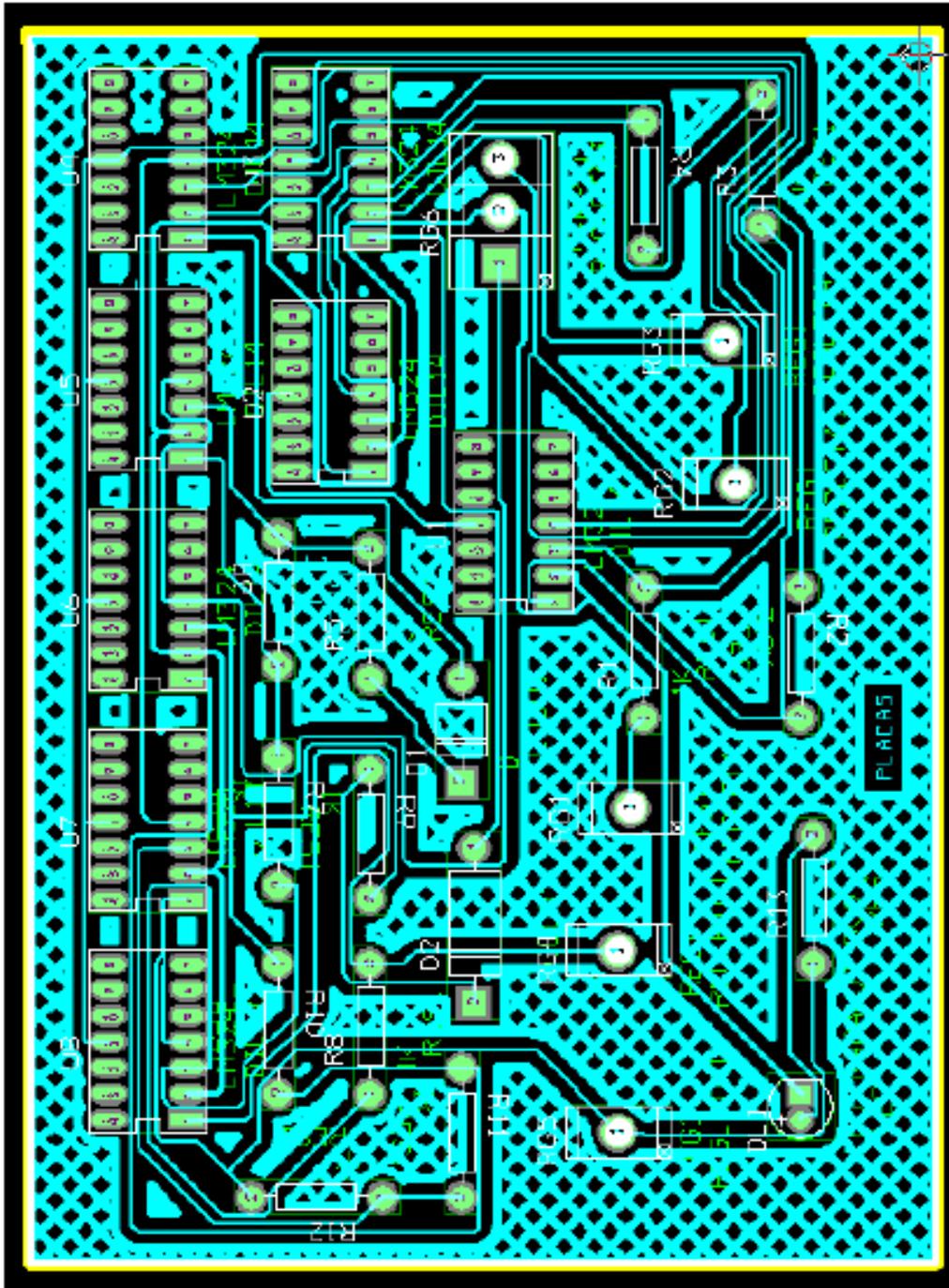


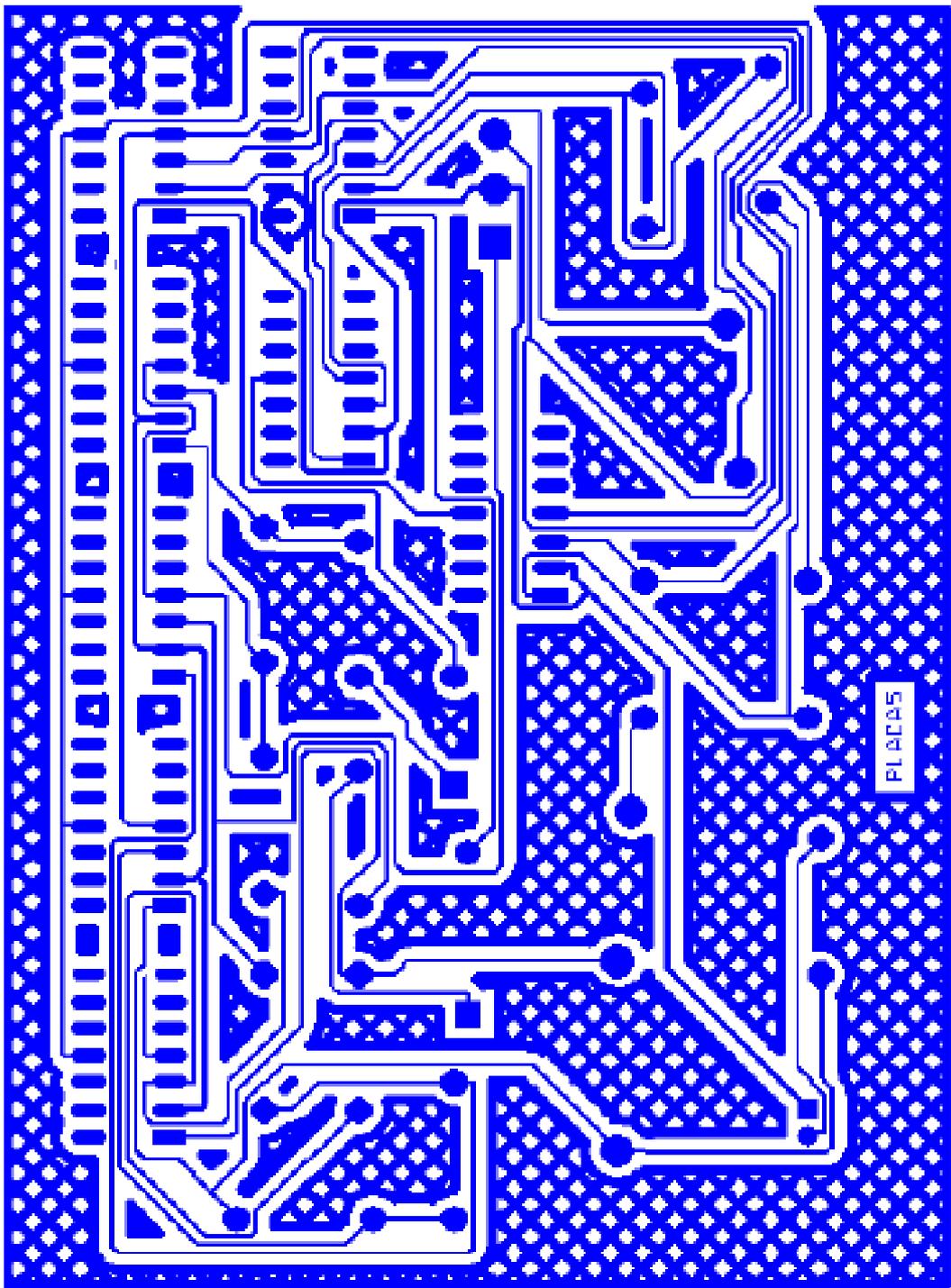


Esquema de control del nivel del deposito.









15. BIBLIOGRAFÍA.

Páginas web:

- ❖ www.umh.es —> Trabajos y prácticas en los que se relataba como programar PICs.
- ❖ Norese.com —> Publicaciones sobre el tratamiento del agua.
- ❖ Es.scribd.com —> Distintos aparatos sobre el tratamiento del agua y calderas.
- ❖ www.forosdeelectronica.com —> Librerías orcad y tutoriales.

Programas utilizados.

- ❖ ORCAD —> Montaje de esquemas y circuitos.
- ❖ LAYOUT —> Programa de diseño de PCB'S.
- ❖ MPLAB IDE 8.3 —> Programa utilizado para compilar en código ensamblador.
- ❖ PROTEUS —> Simulador de sistemas y circuitos.

Libros de referencia.

- ❖ Ramón Pallás Areny. Sensores y acondicionadores de señal. Editorial Marcombo, 1998.
- ❖ Daniel W.Hart. Electrónica de potencia. Editorial Prentice Hall, 2005.
- ❖ Norbert R.Malik. Circuitos electrónicos (Análisis, diseño y simulación). Editorial Prentice Hall, 1996