



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

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

Titulación: *I.T.I. especialidad
Electrónica
Industrial*

Alumno/a: *Jose Manuel
Ballester Basildo*

Director/a/s: *Pedro Díaz
Hernández*

Cartagena, 19 de Julio de 2013

ÍNDICE

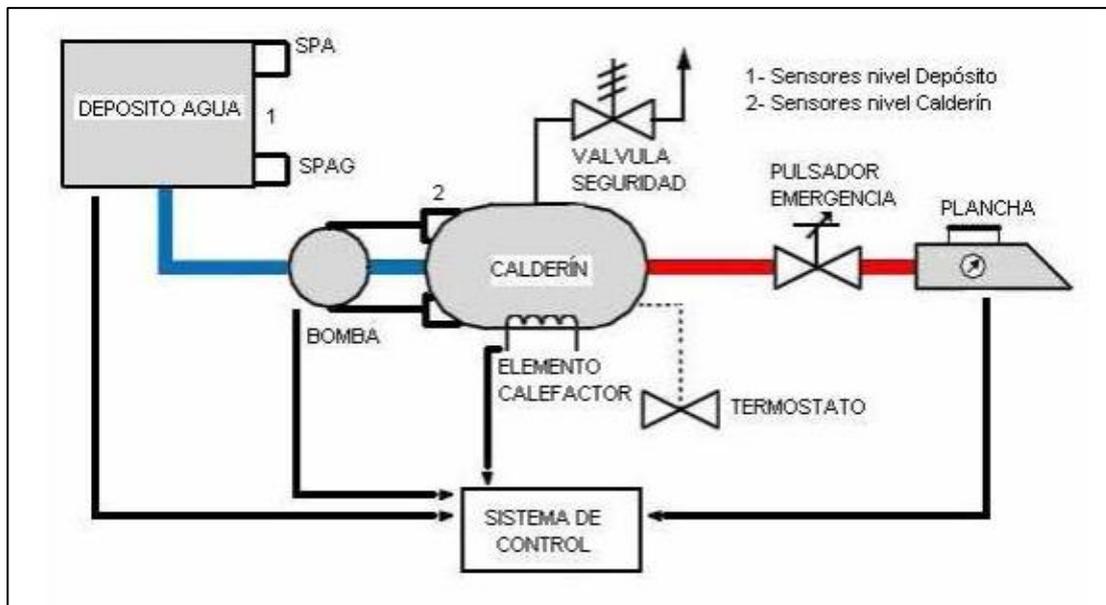
1. MEMORIA DESCRIPTIVA	1 - 9
2. PLIEGO DE CONDICIONES	10 - 12
3. CARACTERÍSTICAS DE LOS DEPÓSITOS	13 - 19
4. NIVEL DEL DEPÓSITO	20 - 26
5. CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN	27 - 33
6. CONTROL DE LA BOMBA	34 - 39
7. CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR	40 - 46
8. ELEMENTO DE PLANCHADO	47 - 54
9. CONTROL DE LA PANTALLA LCD	55 - 65
10. TRATAMIENTO DEL AGUA	66 - 72
11. CONTROL DEL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA	73 - 77
12. DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES	78 - 79
13. PRESUPUESTO DEL PROYECTO	80 - 84
14. PLANOS	85 - 99
15. BIBLIOGRAFÍA	100

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1 INTRODUCCIÓN

Este Proyecto Fin de carrera tiene como objetivo el diseño de la Tarjeta de Control de un sistema de planchado industrial. Constará de diferentes partes en las que se describirán de una manera clara las características del Sistema de Planchado, así como todos los componentes utilizados en su fabricación. Se verán reflejados tanto los circuitos como los cálculos necesarios para llevar a cabo la construcción del sistema.

Finalmente, y respetando la normativa vigente se procederá a dar una solución válida para el problema propuesto.



Esquema Funcional del Sistema

- **Depósito de Agua:** la función es de almacenar el agua.
- **Sensores de nivel del Depósito:** se encargan de medir el nivel por comparación, entre SPA y SPAG.
- **Bomba:** suministra el agua al calderín.
- **Sensores de nivel del Calderín:** se encargan de medir el nivel y si no es correcto activa la bomba.
- **Calderín:** en él se almacena el vapor para el planchado.

- **Elemento calefactor:** se encarga de calentar el agua del calderín, el cual se encuentra en el interior del calderín.

- **Termostato:** es el encargado de encender el elemento calefactor y apagarlo una vez alcanzado los 130°C.

- **Válvula de seguridad:** su función es la de aliviar la presión cuando llegue a los límites estimados.

- **Pulsador de Emergencia:** interrumpe la alimentación de la plancha en caso de emergencia.

- **Plancha:** encargada de planchar los tejidos, y está compuesta por:
 - a. Sensor Temperatura: medir la T^a de la plancha y que sea correcta.
 - b. Deposito: Almacenar el vapor.
 - c. Pie de Plancha: parte que entra en contacto con el tejido.
 - d. Elemento Calefactor: calienta el pie de plancha.

- **Sistema de Control:** Controla las partes del sistema y avisa por leds o por pantalla LCD del funcionamiento del sistema.

1.2 DISPOSITIVOS UTILIZADOS EN LA ELABORACIÓN DEL SISTEMA

1.2.1 Sensores

-Sensor de Nivel

Este sensor será el encargado del control del nivel del depósito y la caldera, controlando el momento en que se alcanza el límite preestablecido de agua. Para este proyecto vamos a utilizar un sensor de nivel cuyo funcionamiento se basa en la variación de presión del agua. Para este razonamiento nos basamos en que existe una relación entre densidad y presión.

El sensor en cuestión será un Transmisor de Presión DMP 331, ensamblado por BD Sensors, diseñado para todo tipo de aplicaciones industriales compatibles con el acero inoxidable.

Para la detección del nivel del líquido vamos a utilizar 2 sensores de presión. El primero se colocará en una zona del depósito en la que no entre en contacto con el agua, mientras que el otro se dispondrá en el nivel del depósito que se desee como cota mínima.

Mediante este método sabremos si se ha alcanzado el nivel mínimo del depósito si ambas medidas de presión son iguales.



Sensor de Presión DMP 331

-Sensor de Presión

En este caso también utilizaremos el Transmisor de presión DMP 331, que hará dos funciones en nuestro sistema:

-Se encarga de regular la presión del interior de la caldera. Por motivos de seguridad, dependerá de este sensor que la presión no supere 5 bares.

-Cómo bien se ha dicho en el apartado anterior, también se utilizará para la detección del nivel de agua del depósito.

En caso de que la caldera alcance su presión máxima, se activará una válvula de seguridad para el escape de vapor y por tanto, disminución de la presión de vapor.

Acerca del sensor DMP 331

El DMP 331 transmisor de presión de precisión es un medidor de tensión de silicio basado dispositivo de detección con alta capacidad de repetición y las bajas mediciones de histéresis de presión. El chip de silicio está aislado de los medios de presión por una membrana delgada de acero inoxidable y el llenado de aceite de silicona. La alta sensibilidad de los medidores de deformación de semiconductor de silicio facilita bajos rangos de presión de hasta tan bajo como de 0 a 100 mbar y debido a la construcción cápsula de metal que es compatible con medios húmedos. La flexibilidad de la oferta electrónica de salida junto con las opciones de linealización mejorados para una mejor precisión de la medición. El DMP331 ha sido aprobado para su uso en áreas de trabajo que pueden contener atmósferas inflamables o polvo. Su rango de utilización es de 0 a 40 bares por lo que cumple los valores máximos utilizados.

-Sensor de Temperatura

A la hora de elegir un sensor de temperatura para nuestro sistema tendremos que ver qué proceso se está controlando, los niveles de temperatura a medir y la sensibilidad necesaria.

Este caso utilizaremos el sensor LM35, un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es ligeramente proporcional a la temperatura en grados centígrados (°C).

Este sensor tiene una ventaja frente a los sensores de temperatura lineal calibrada en grados Kelvin: que el usuario no está obligado a restar una gran tensión constante para obtener grados centígrados.

El LM35 no requiere ningún tipo de calibración externa o ajuste para proporcionar una precisión típica de $\pm 1.4^{\circ}\text{C}$ a temperatura ambiente y $\pm 3.4^{\circ}\text{C}$ a lo largo de su rango de temperatura (Situado entre -55 y 150°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 tanto con alimentación simple como con doble (+ y -). Tiene un factor de escala lineal de $\pm 10\text{mV}/^{\circ}\text{C}$.

Nuestro sensor de temperatura tendrá las siguientes funciones en el sistema:

- Control de la temperatura de la caldera.
- Control de la temperatura del elemento de planchado.

En este proyecto, elegiremos una pantalla LCD de 4x16. Se trata de un módulo microcontrolador 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.



Pantalla LCD 4x16

En el panel LCD que vamos a utilizar para el Proyecto podrán aparecer en pantalla los siguientes mensajes:

- A) FALTA AGUA: Nos indica que el depósito de agua a alcanzado su nivel mínimo y que, por tanto, debemos proceder a su llenado.
- B) AGUA OK: Muestra que el nivel de agua en el depósito es el adecuado.
- C) T. PLANCHA BAJA: Advierte de que la plancha todavía no ha alcanzado la temperatura mínima para comenzar a usarla (70°C)
- D) T. PLANCHA OK: Avisa de que la temperatura de la plancha se encuentra en el rango correcto de funcionamiento (70-120°C)
- E) CALEF. FALLO: Indica que el calefactor todavía no ha alcanzado la temperatura mínima para que el agua entre en ebullición (100°C), por tanto no existe una correcta producción de vapor en el calderín.
- F) CALEF. OK: En el calderín se ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición, situada en 100°C y la producción de vapor será correcta.
- G) PRESIÓN BAJA: Avisa de que la presión en el calderín es baja.

H) PRESIÓN OK: Muestra que el calderín ha alcanzado la presión adecuada de funcionamiento.

1.2.1 Sistema de Control

El cerebro que utilizaremos para el sistema será el **microcontrolador PIC16F877A**, el cual se encargará tanto de la gestión de información mostrada en la pantalla LCD, como del control del sistema.

El microcontrolador presenta una serie de características muy interesantes:

- Memoria del Programa con 8K posiciones por 14bits.
- La memoria de datos (RAM) de 368 posiciones por 8bits.
- La memoria EEPROM 256 posiciones x 8bits.
- El procesador propiamente dicho está formado por la AL (Unidad Aritmética Lógica) y el registro de trabajo W.
- Los periféricos I/O Port A, B, C, D, E, el TMR0 (temporizador contador de eventos), TMR1 y TMR2 entre otros módulos.
- Un registro de instrucción que se carga cada vez que la ALU solicita una nueva instrucción a procesar.

Sin embargo, para el accionamiento del sistema utilizaremos el PIC 16F84, de características similares, pero más reducidas.



PIC 16F877A



PIC 16F84

1.2.4 Actuadores

Usaremos tres elementos: **Válvula de seguridad, electroválvula y bomba.**

A) Válvula de seguridad:

Es una parte importante del sistema, ya que su función será detectar si hay una presión superior al límite establecido y en caso de que eso ocurra, liberar presión para evitar roturas.

La válvula elegida es la **309400_VALV.SEG.TEMPERATURA Y PRESIÓN-1/2"10BAR.**

Cabe destacar entre sus características:
Temperatura de calibración: 90°C.
Potencia de descarga: 1/2"-3/4" x Ø15: 10kW. 3/4" x Ø22: 25kW.
Calibraciones 3, 4, 6, 7 o 10 bar, certificadas según norma EN 1490.
Calibraciones: 4, 7 o 10 bar. Medidas: 1/2" M DIAM 15 10 BAR.
Válvula de seguridad combinada de temperatura y presión.
Para instalaciones hidrosanitarias, como protección del acumulador de agua caliente.



Válvula de seguridad 309400

B) Electroválvula:

Tiene como misión el control del flujo de vapor a través del conducto que une el calderín y la plancha. Utilizaremos la electroválvula de marca Jefferson, serie 1327. El accionamiento de la misma es manual.



Electroválvula 1327

C) Bomba:

Dispondremos de una bomba de tipo centrífuga, como por ejemplo la Bomba Centrífuga de Agua CM/CMP Series, aunque hay muchas alternativas en el mercado.



Bomba Centrífuga

La bomba tiene como función el impulso y transporte de líquido del depósito al calderín. Estará controlada por el nivel de agua del calderín, ya que únicamente se activará cuando el nivel se encuentre por debajo del mínimo preestablecido.

2. PLIEGO DE CONDICIONES

2.1 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.

2.2 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.

2.3 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.

2.4 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.

2.5 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.

2.6 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.

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.

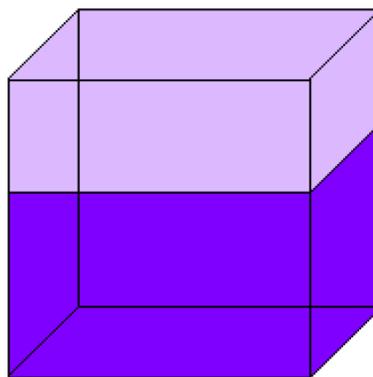
En nuestro caso, no disponemos de software alguno que realice los cálculos, así que supondremos un espesor de 50mm del material aislante nombrado anteriormente.

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 TUBERIAS

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

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 PE 100

En las tuberías a presión hay que tener en cuenta el espesor de la paredes. Este espesor se obtendrá a partir de 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 \implies (1 MPa = 10 bar \approx 10 Kgf/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 3.14mm.

3.2.2 *Tubería desde el 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.

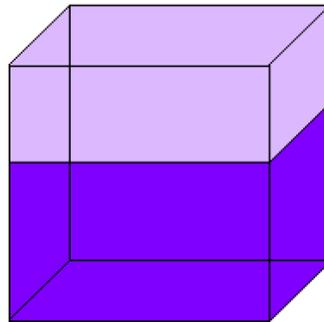
En este caso utilizaremos tuberías de polipropileno (PP). Éste material presenta diversas características:

- 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 dm³.



Depósito de agua

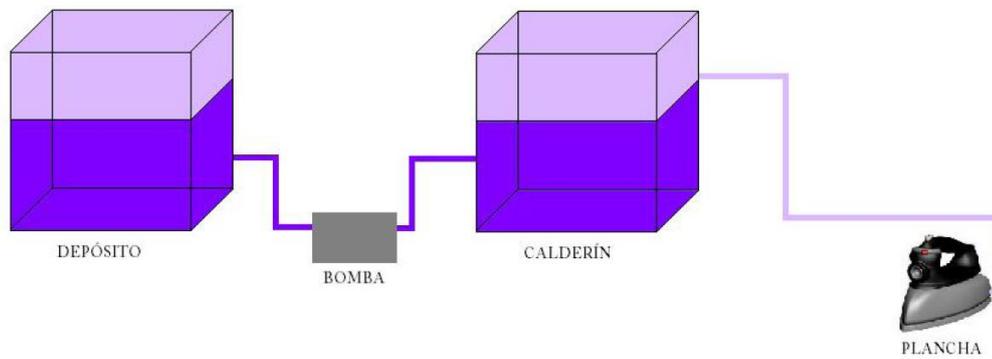
El depósito del agua estará hecho de acero inoxidable debido a su alta resistencia a la corrosión. El depósito se pintará en el exterior con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica.

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 DEL 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.

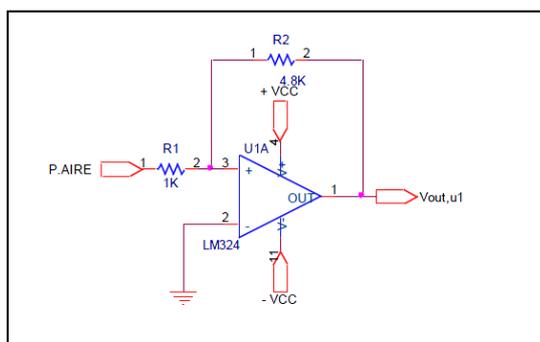
Por lo tanto, para controlar el nivel de agua, utilizaremos dos sensores de presión, uno situado fuera del agua y otro situado a 70 milímetros de la base del calderín, tal y como indica la I.T.C. El funcionamiento de los sensores lo explicamos a continuación.

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):



Circuito "SPA"

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*

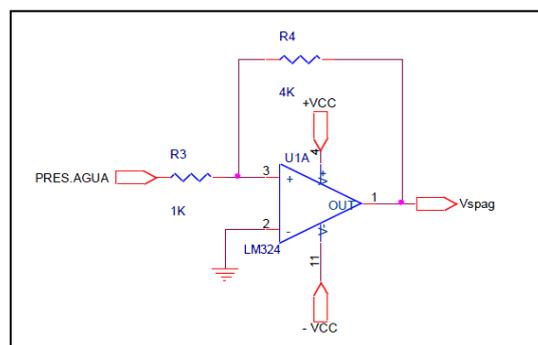
Denominamos “Sensor de Presión en Agua” (SPAG) al sensor que se encuentra en contacto con el agua. Este sensor de presión captará la presión del agua que hay dentro del depósito.

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):



Circuito "SPAG"

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 $1K\Omega$:

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

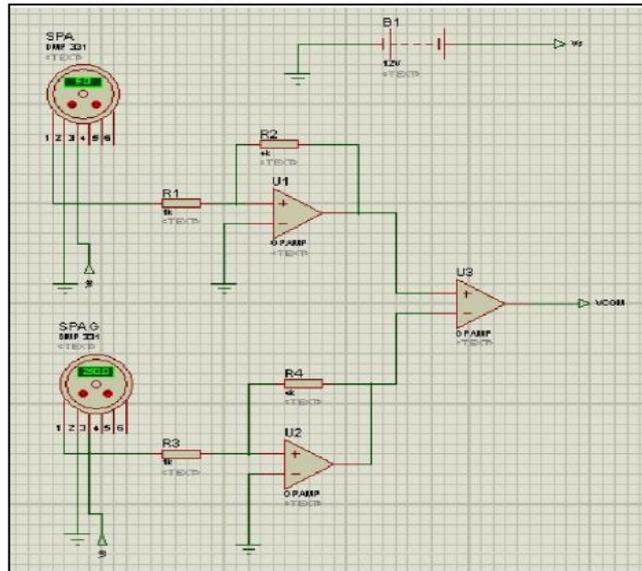
Finalmente obtendremos V_{SPAG} , la cual será comparada con la tensión V_{SPA} , y obtendremos una salida proporcional al valor obtenido de la comparación de ambas tensiones.

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 (VCOM), 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 (VOUT,U5) obtendríamos:

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

Como queremos obtener esta salida, debemos calcular el valor de R6 para que la condición se cumpla:

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

Finalmente, podemos obtener dos salidas (VAGUA) 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 Comparación entre "SPA" y SPAG"

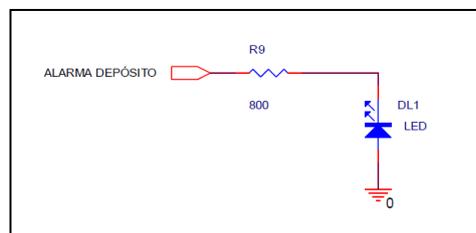
Esta parte del proyecto se ha basado en la relación entre la presión y densidad del aire y del agua. Sabemos que el agua, al tener más densidad que el aire, ejercerá más presión sobre las paredes del calderín.

- 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.

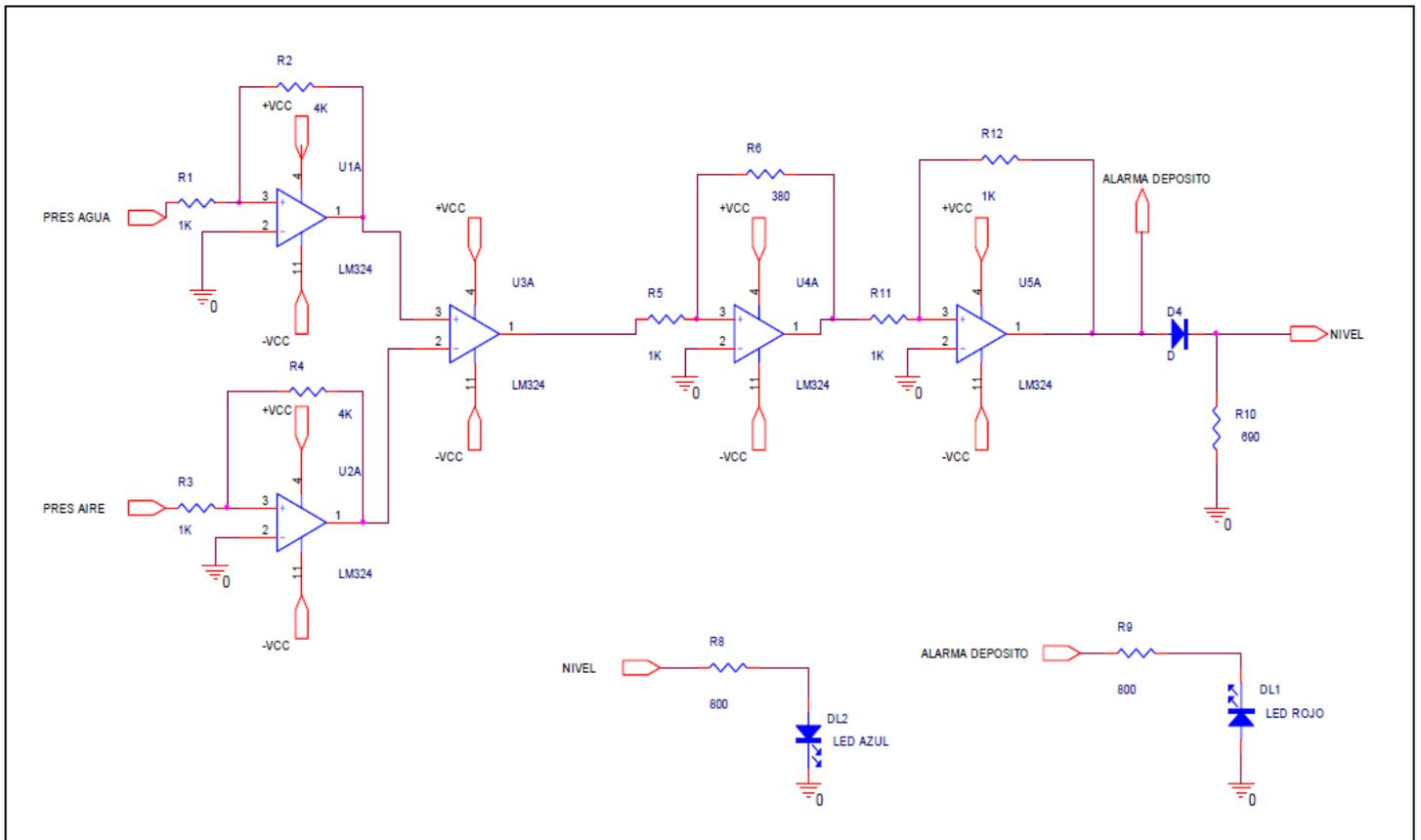
En el caso de que en este sistema, el sensor de presión del agua detectara menos presión que el que se encuentra fuera de ella saltaría una alarma luminosa (LED ROJO), indicando que el sistema presenta una anomalía.



Alarma del depósito

4.2 CIRCUITO DETECTOR DE NIVEL

A continuación se muestra el circuito final obtenido:



Circuito del detector de nivel

5. CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN

5.1 PREOSTATO

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 Transmisor de Tensión DMP 331.

5.1.1 *Sensor de presión*

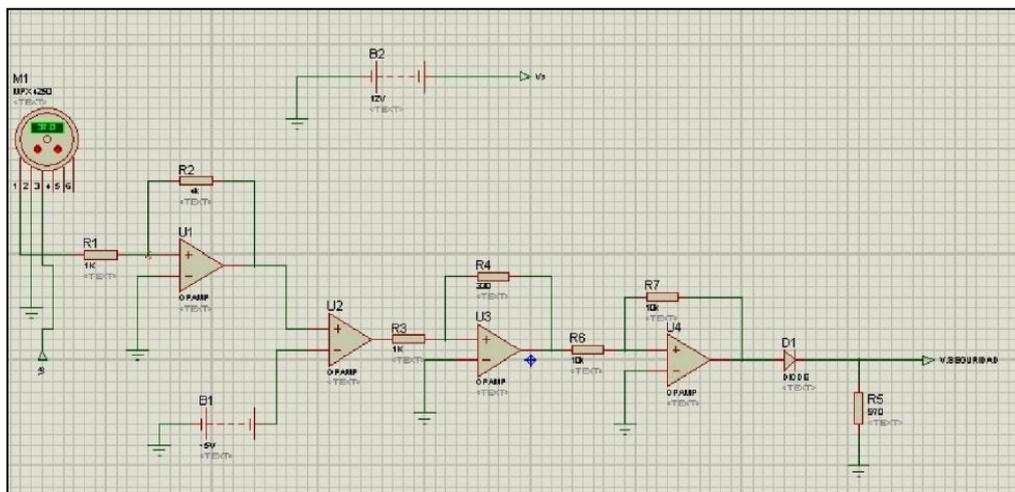
El sensor DMP 331 nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Tiene un rango de medición de 0 a 40 bares y un rango de salida de 0 a 10V, por lo tanto, a 5 bares obtendremos una tensión a la salida de 1.25V aproximadamente, ya que la salida de este sensor es lineal.

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 $V_{IN,U2}$ es la salida del comparador, suponemos ahora que R_3 vale 1K, por tanto, el valor de R_4 es:

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

A la salida del amplificador U_2 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.

5.2 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 (U_1). Los datos del amplificador U_1 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 $V_{IN,U2}$ 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.

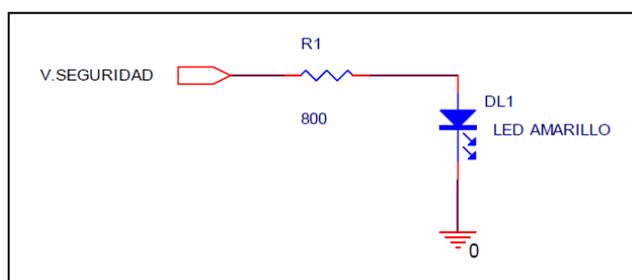
Seguidamente añadimos al circuito un diodo para rectificar cualquier valor negativo que pueda aparecer en la señal del circuito.

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

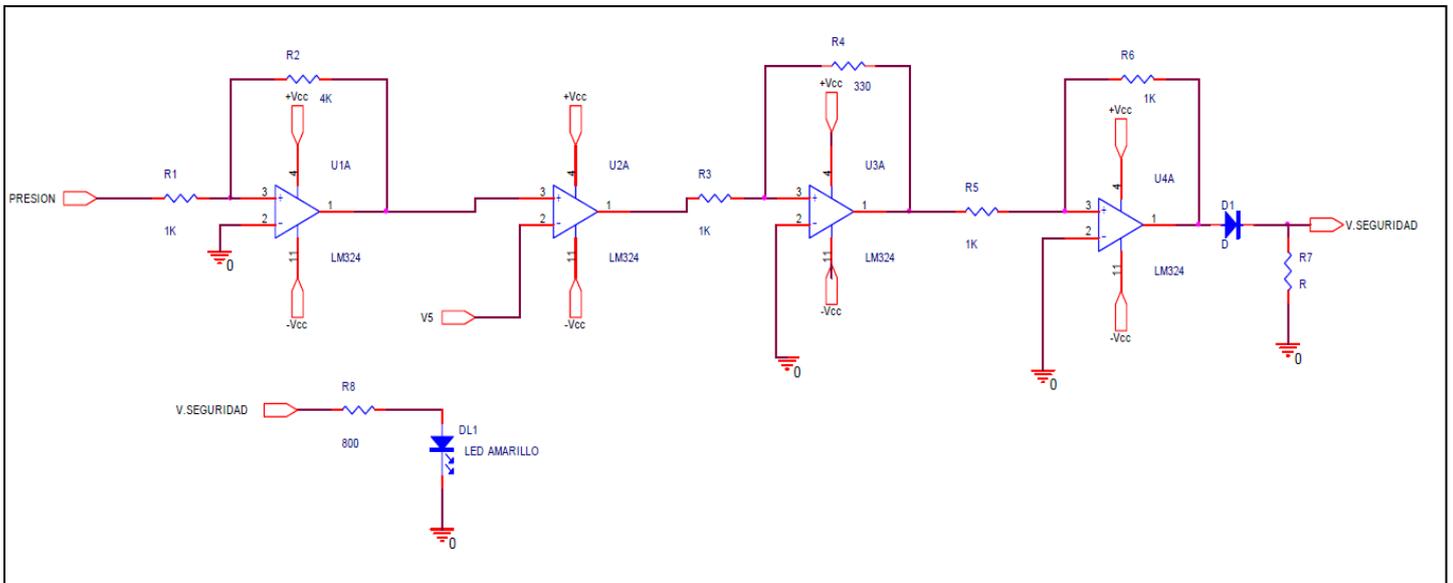
El circuito contiene un diodo LED de color amarillo que nos informará sobre la presión en el interior del calderín y la activación de la válvula de seguridad. Cuando el LED esté encendido querrá decir que la válvula de seguridad está activada.

El circuito es el siguiente:



Circuito de activación de la 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.

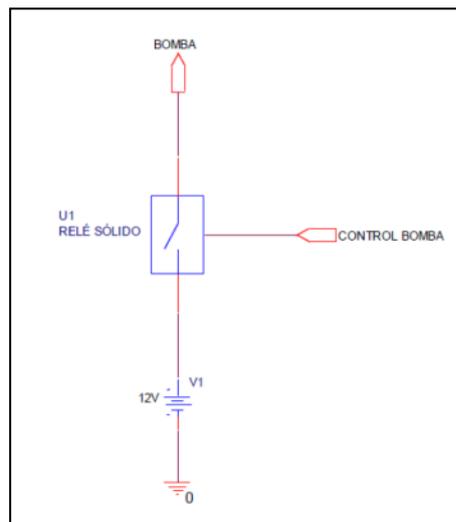
- Densidad del agua: $1 \times 10^3 \rho (kg/m^3)$

- 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.

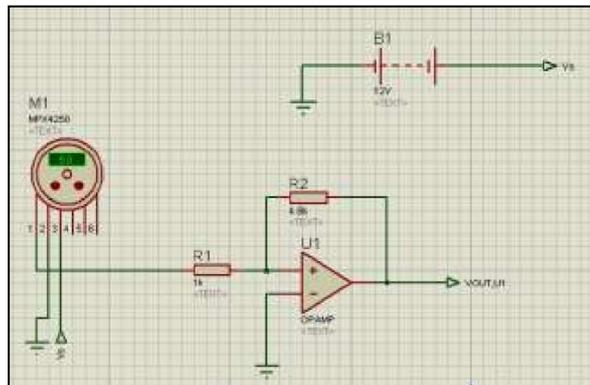
La salida del sensor se llevará a un amplificador operacional. Los datos de este amplificador (U1) son los siguientes:

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

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.

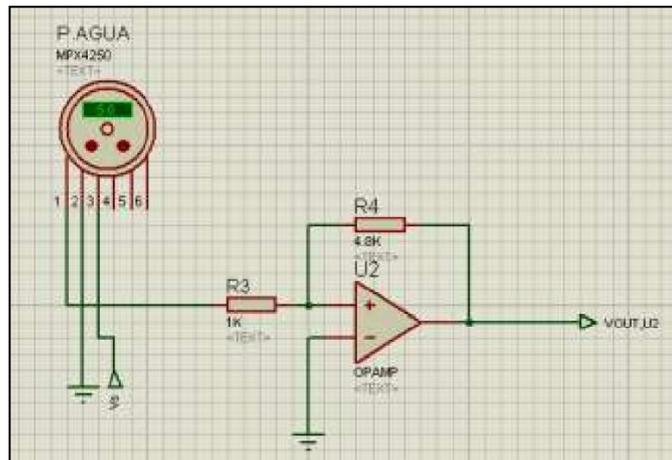
Este sensor detectará siempre más presión que el situado fuera del agua, debido a la relación entre la densidad y la presión comentada.

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 :

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



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.

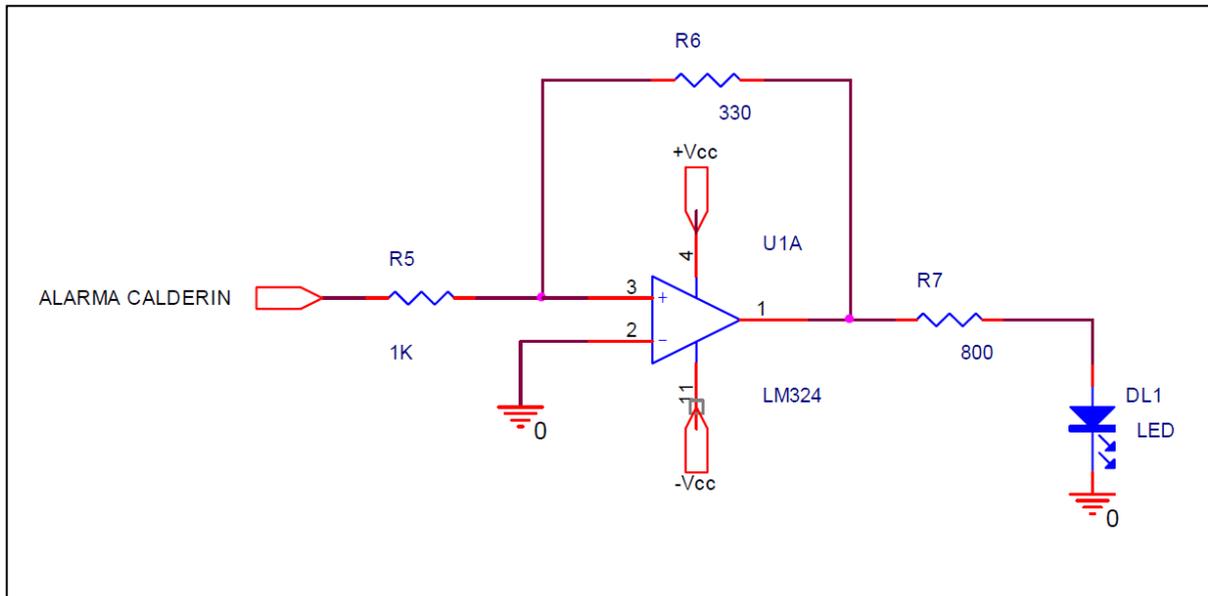
Para poder activar el led de alarma que irá conectado a un relé, añadiremos un amplificador operacional con los datos que facilitamos a continuación:

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

Sabemos que $R_5 = 1K\Omega$, 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

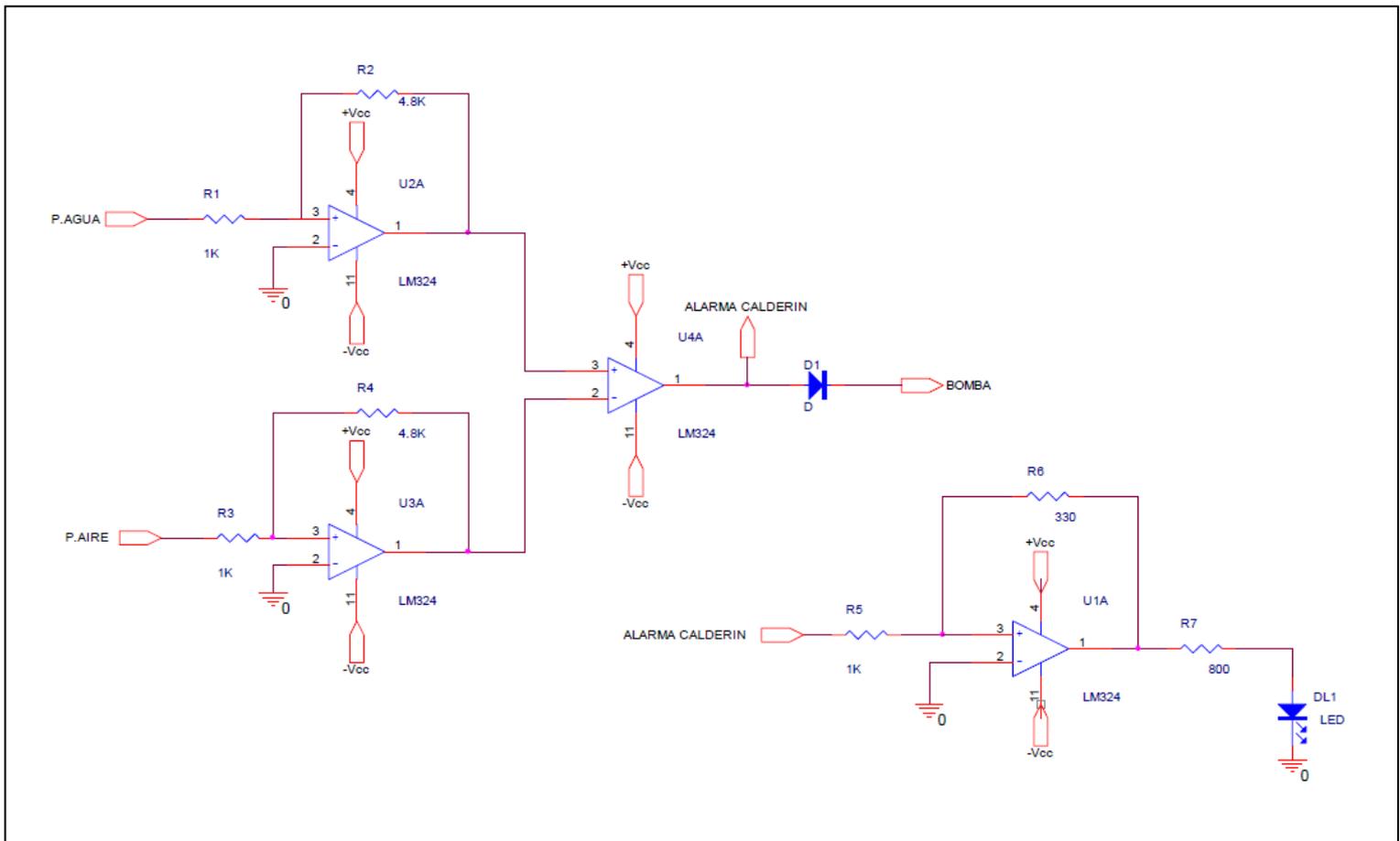
Como se ha comentado anteriormente, al comparar las dos señales del sensor obtenemos 2 posibles salidas: +15V, 0V. Sin embargo, la activación del relé sólido se produce a los 5V.

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.

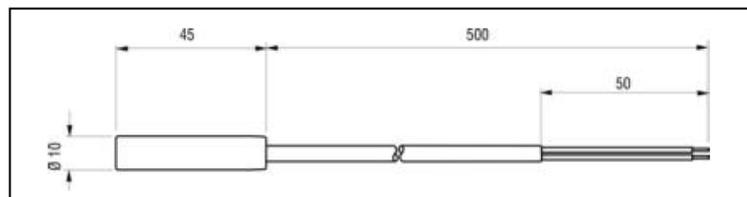
Para este proyecto hemos elegido una resistencia calefactora de tamaño pequeño, modelo 016 de la Serie RCE.



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:

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

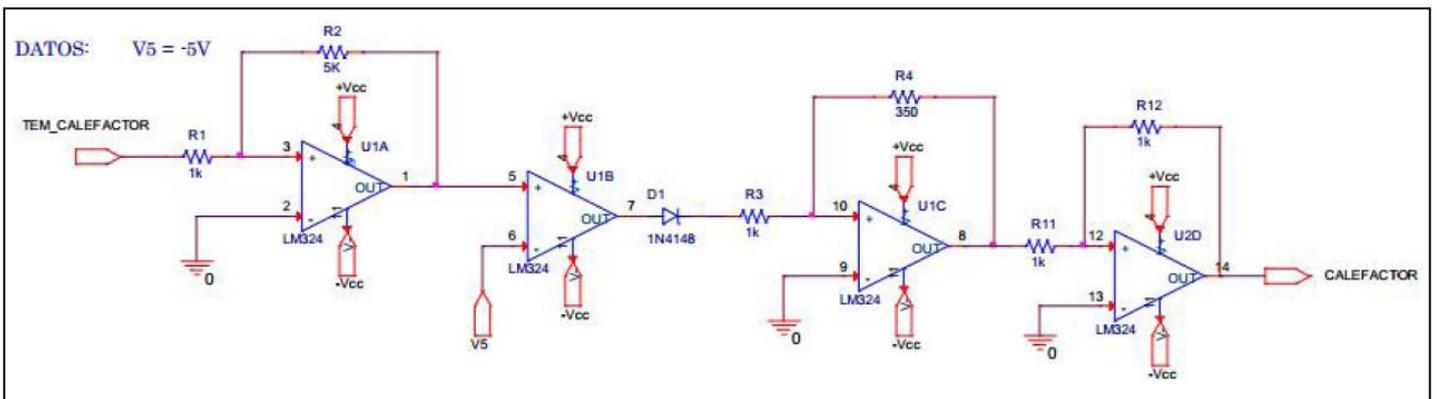
Como sabemos el valor de R3, el valor de la entrada y el de la salida, procedemos a calcular la resistencia R4 necesaria para el correcto funcionamiento del circuito.

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

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:

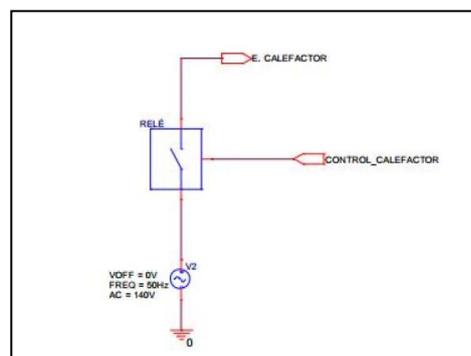


Este circuito será el encargado de controlar si la temperatura del calefactor es correcta, superior a 100°C , o no.

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:

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

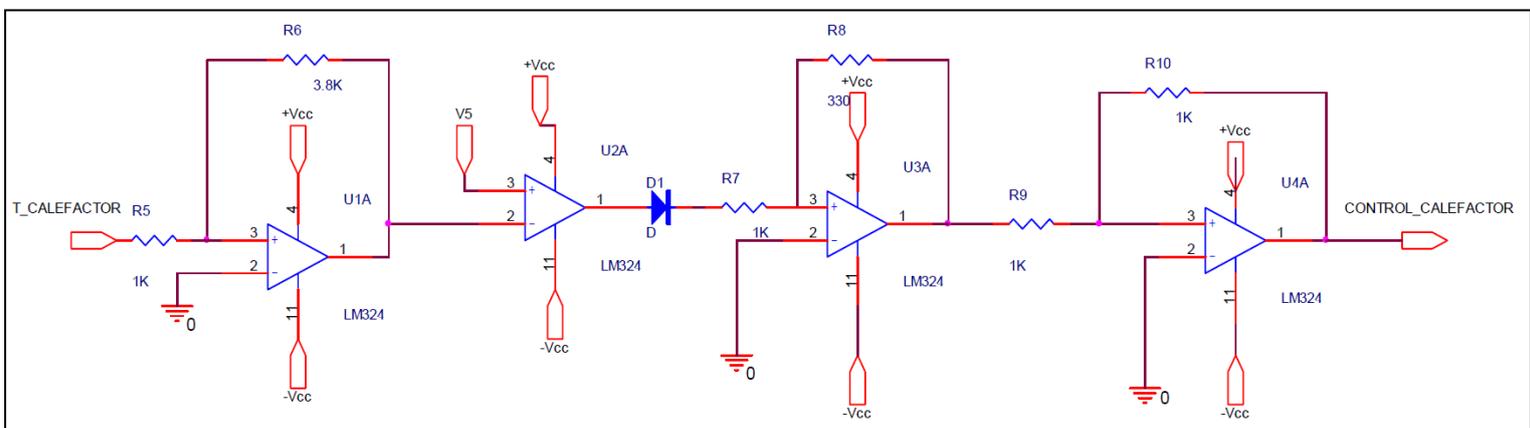
Suponiendo que R7 tenga un valor de 1KΩ, R8 vale:

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

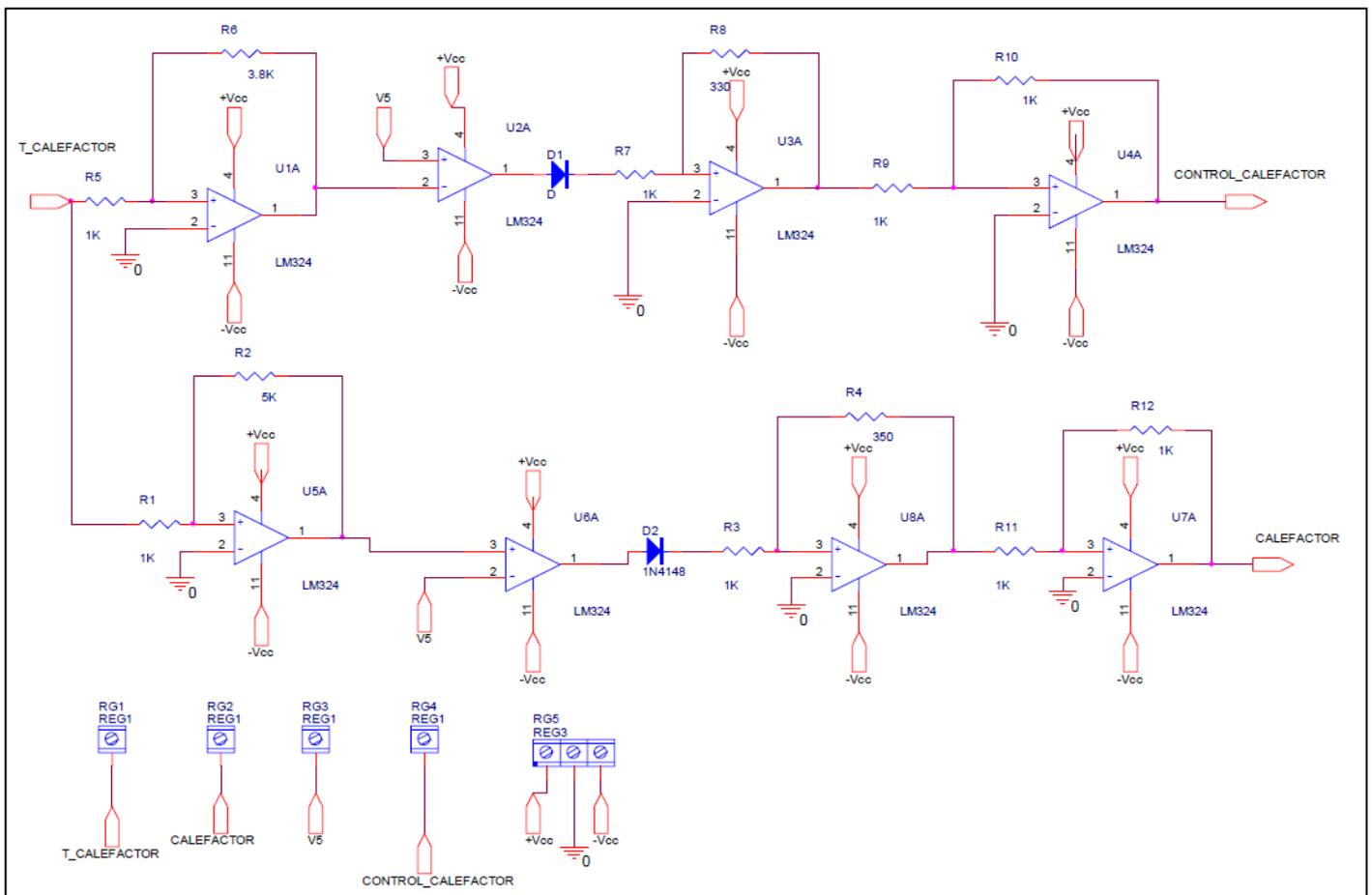
Finalmente, la salida del circuito quedará de la siguiente manera:

- 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 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 *Pie de plancha*

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*

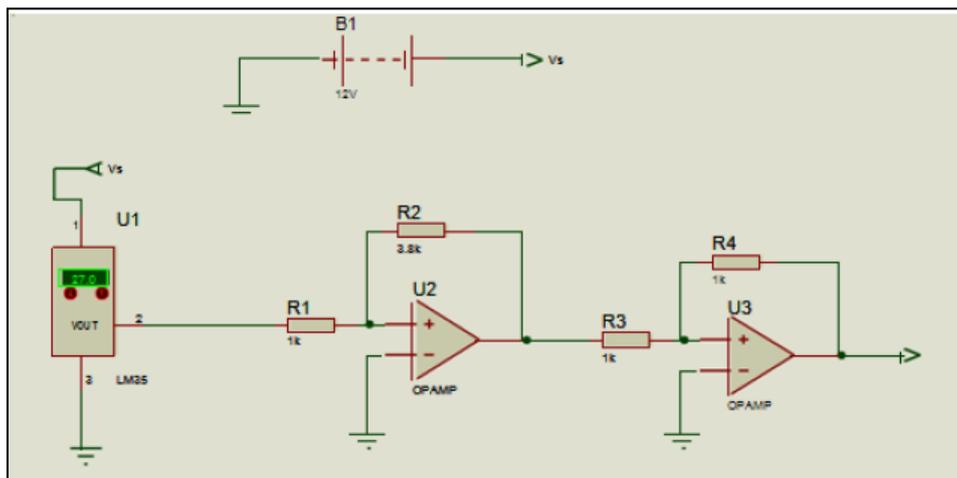
Para trabajar con valores más cómodos, a la salida del sensor añadiremos un amplificador operacional que nos permita trabajar en un rango de valores entre 0 y 5 V. Los datos del amplificador son:

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

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:

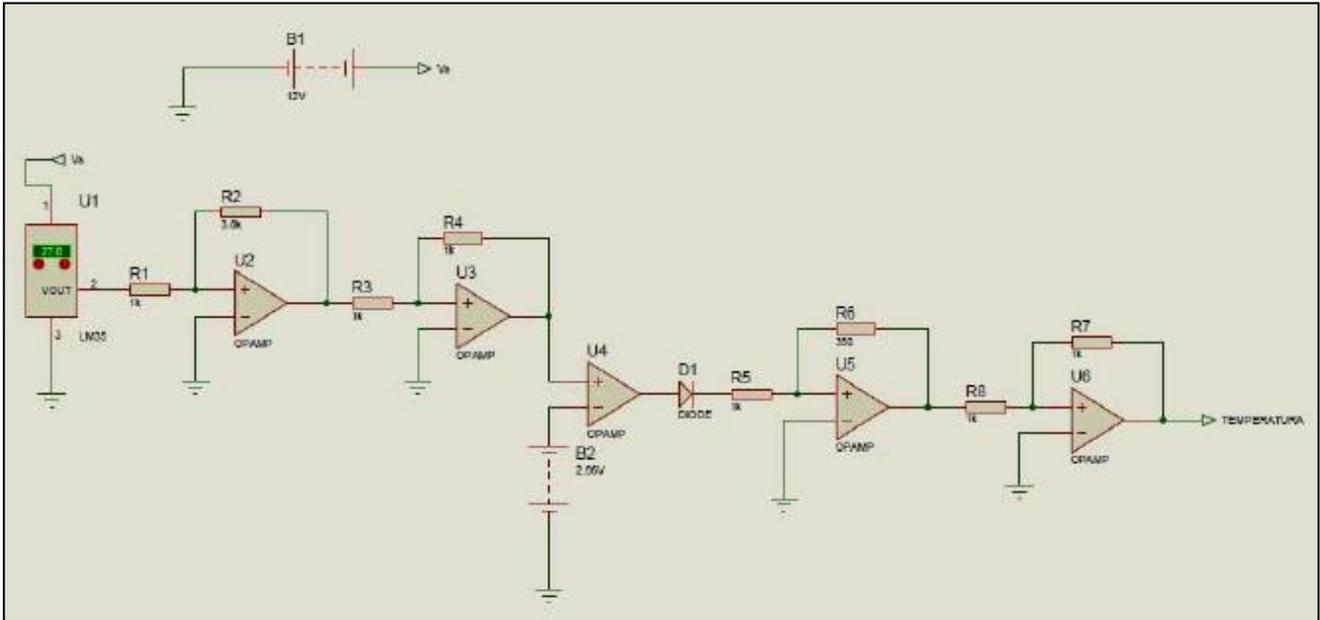
$$V_{TEM} = -(R_2/R_1) \cdot V_{IN5}$$

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:

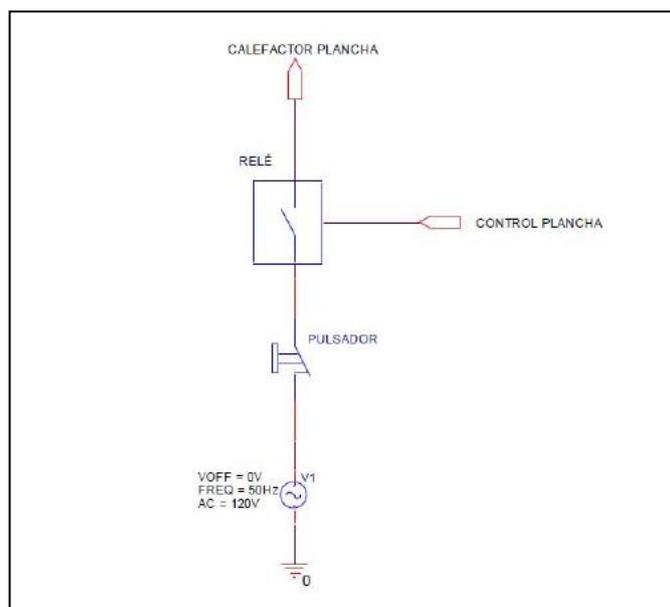


La salida TEMPERATURA estará conectada a la parrilla del PIC 16F877 para que indique en la LCD si la temperatura es la correcta o no para el planchado.

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:

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

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

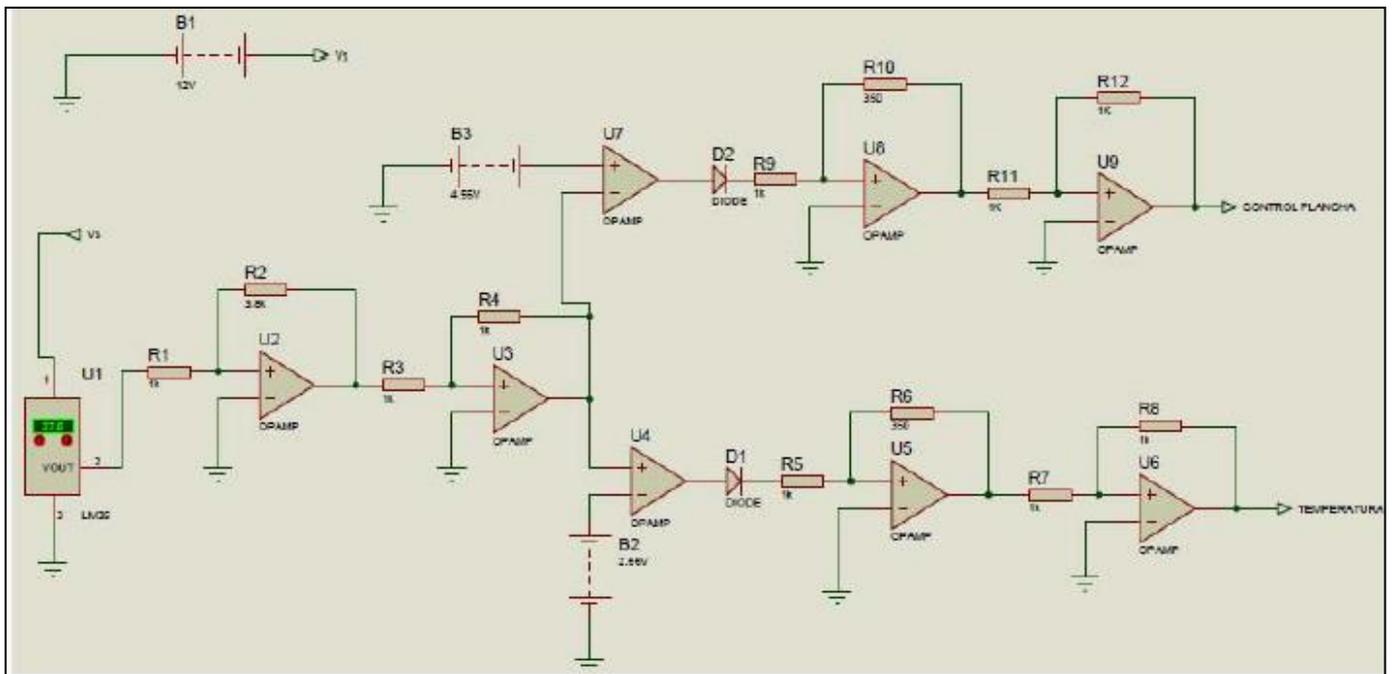
$$R_{10} = \frac{5 \times 1000}{14.3} \rightarrow R_{10} = 350\Omega$$

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)

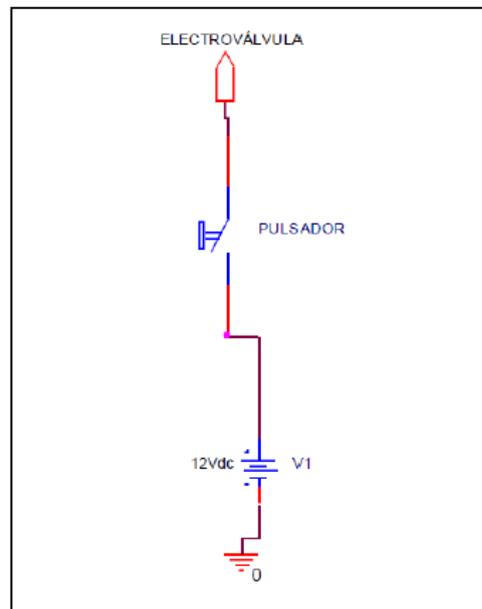
El circuito final es el siguiente:



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:

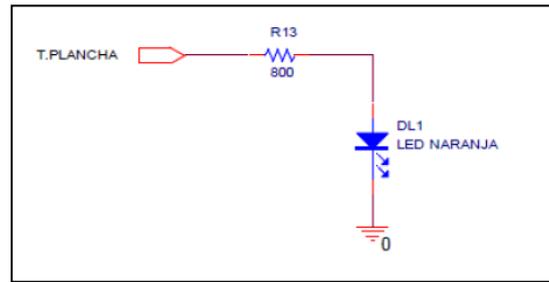
- Si el pulsador no está accionado, la electroválvula estará cerrada y por consiguiente el flujo de vapor no circulará hasta la plancha.
- Si el pulsador está accionado, la electroválvula estará abierta, y esto hará que el flujo de vapor circule hasta la plancha.

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.

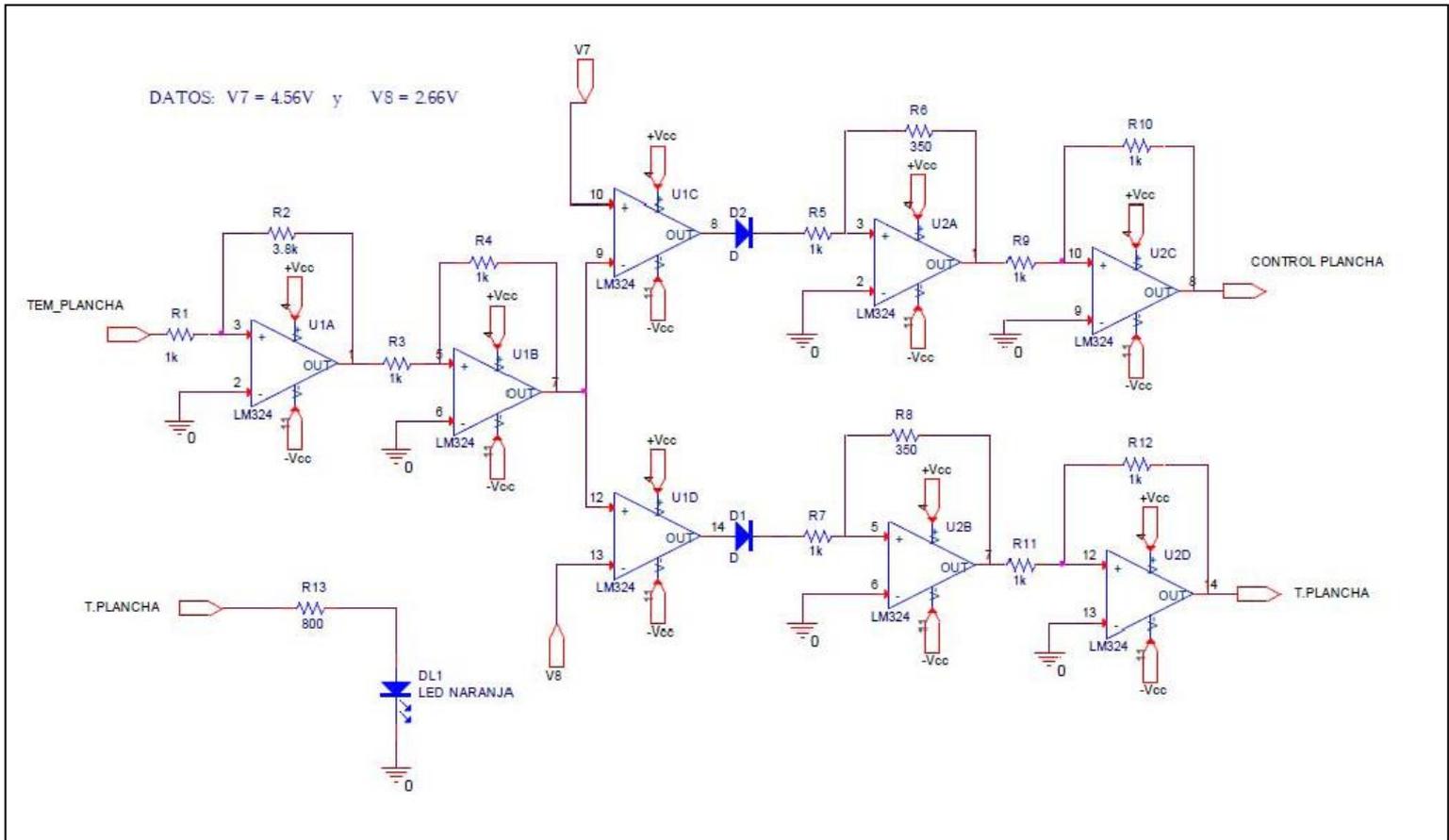
Si el LED se encuentra encendido, indicará que la plancha está a una temperatura mayor de 70°C que, como hemos dicho anteriormente, será la temperatura mínima requerida para el planchado.

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 módulo 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 Nº	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” \Rightarrow 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	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
xxxx0001	(2)			E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
xxxx0010	(3)			S	T	U	V	W	X	Y	Z	[]	^	_	~	
xxxx0011	(4)			!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	.	/
xxxx0100	(5)			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
xxxx0101	(6)			E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
xxxx0110	(7)			S	T	U	V	W	X	Y	Z	[]	^	_	~	
xxxx0111	(8)			!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	.	/
xxxx1000	(1)			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
xxxx1001	(2)			E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
xxxx1010	(3)			S	T	U	V	W	X	Y	Z	[]	^	_	~	
xxxx1011	(4)			!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	.	/
xxxx1100	(5)			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D
xxxx1101	(6)			E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
xxxx1110	(7)			S	T	U	V	W	X	Y	Z	[]	^	_	~	
xxxx1111	(8)			!	"	#	\$	%	&	'	()	*	+	,	.	/

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 PANTALLA

```

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

LCD_RS      EQU    0
LCD_RW      EQU    1
LCD_E       EQU    2

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

ORG         00    ; inicio del programa

CLRF        PORTA
CLRF        PORTB
CLRF        PORTC
CLRF        PORTD

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

MOVLW      B'00000000'

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
MOVLW    B'01000001'
CALL      LCD_C
BTFSS    PORTA,3      ; salta cuando el bit3 de PUERTA sea 0
CALL      TEMP_OK
CALL      NO_TEMP

PRESION  CALL      TIME_2
MOVLW    B'11010000'  ; vamos a la dirección80 de la DDRAM
CALL      LCD_1        ; (tercera fila)
MOVLW    B'01010000'  ; escribimos en pantalla PRESION
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01010010'

```

```

CALL LCD_C
MOVLW B'01000101'
CALL LCD_C
MOVLW B'01010011'
CALL LCD_C
MOVLW B'01001001'
CALL LCD_C
MOVLW B'01001111'
CALL LCD_C
MOVLW 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 la DDRAM
	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	B'11001010'	; vamos a la dirección 74 de la
	CALL	LCD_1	; DDRAM (cuarta fila)
	MOVLW	B'01001111'	
	CALL	LCD_C	
	MOVLW	B'01001011'	
	CALL	LCD_C	
	GOTO	PRESION	
NO_TEMP	MOVLW	B'11001100'	; vamos a la dirección 76 de la
	CALL	LCD_1	; DDRAM (cuarta fila)
	MOVLW	B'01000010'	; escribimos por pantalla BAJA
	CALL	LCD_C	
	MOVLW	B'01000001'	
	CALL	LCD_C	
	MOVLW	B'01001010'	
	CALL	LCD_C	
	MOVLW	B'01000001'	
	CALL	LCD_C	
	GOTO	PRESION	
PRESION_OK	MOVLW	B'11011000'	; vamos a la dirección 88 de la
	CALL	LCD_1	; DDRAM (tercera fila)

```

MOV LW    B'01001111'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01001011'
CALL     LCD_C

GOTO     INICIO

NO_PRESION MOV LW    B'11011100' ; vamos a la dirección 92
CALL     LCD_1 ; de la DDRAM (tercera fila)
MOV LW    B'01000001' ; escribimos por pantalla "ALTA"
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01001100'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01010100'
CALL     LCD_C
MOV LW    B'01000001'
CALL     LCD_C

GOTO     INICIO

END

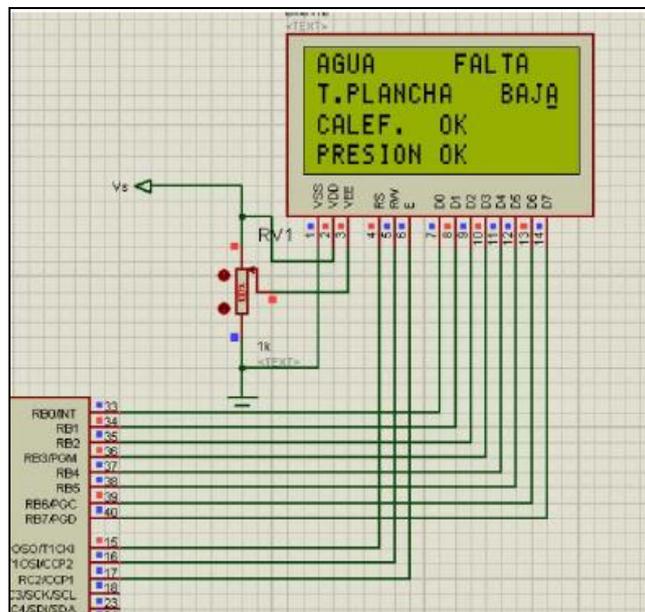
```

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).

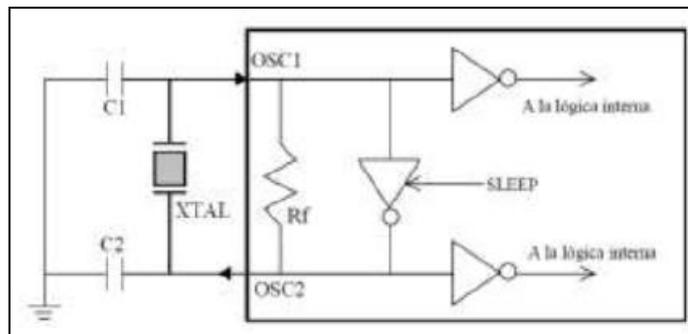
Gracias a la programación y a la configuración de la pantalla podremos visualizar en ella las instrucciones y avisos deseados.

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*

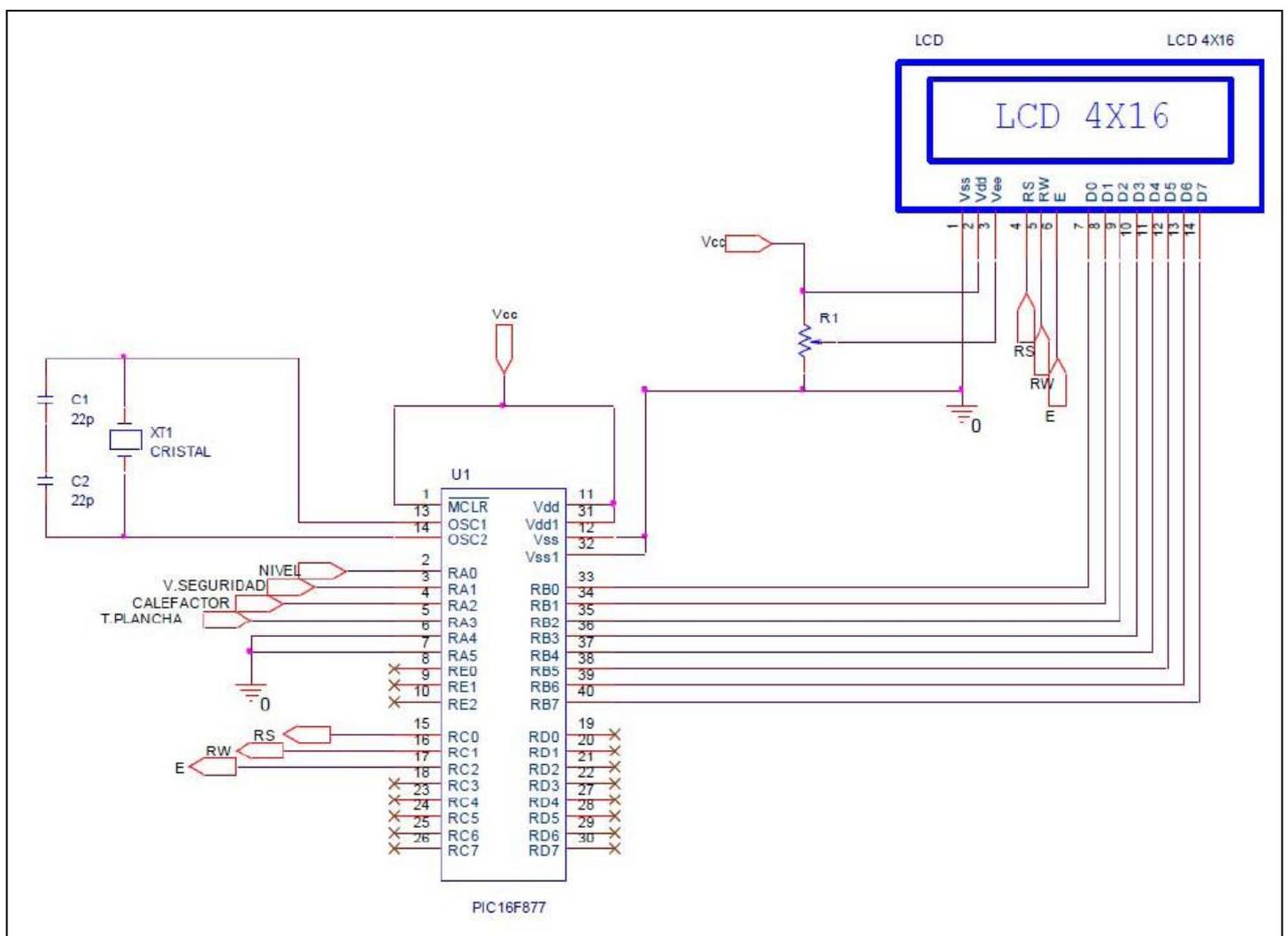
Para producir la oscilación del PIC 16F877, añadimos en las patillas OSC1 Y OSC2 un cristal externo.



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

9.8 CIRCUITO FINAL DE CONTROL DE LA 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 al 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 por Caústica

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 carbónico 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:

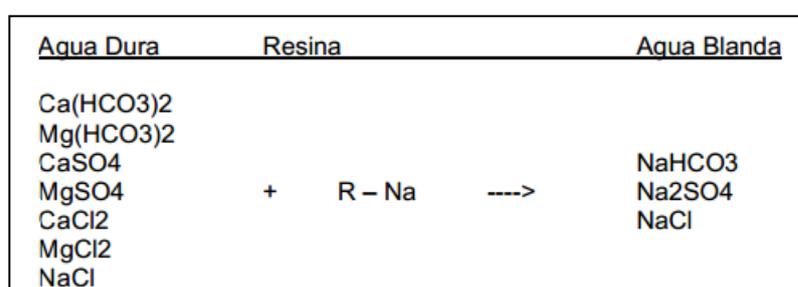
- Alcalinidad total (CaCO_3) < 700 ppm
- Contenido de sílice (SiO_2) < 150 ppm
- Sólidos disueltos < 3500 ppm

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.



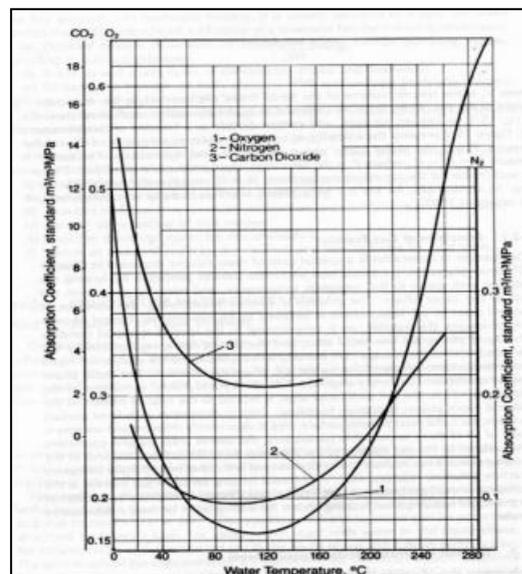
En el caso de que la capacidad de entrega de agua blanda de estos equipos se vea disminuida (agua entregada con dureza mayor a 6 ppm expresada como CaCO_3), es necesario llevar a cabo una regeneración para recuperar la capacidad de intercambio de las resinas.

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.



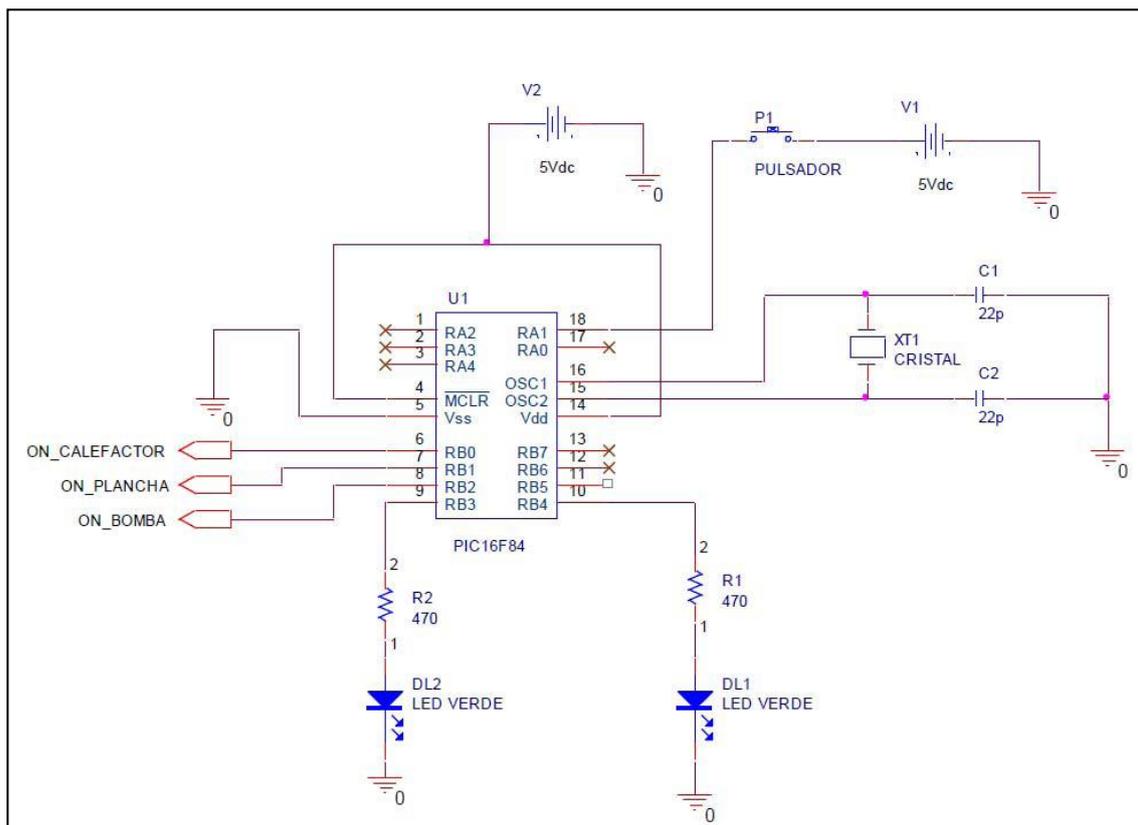
Solubilidad del oxígeno

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

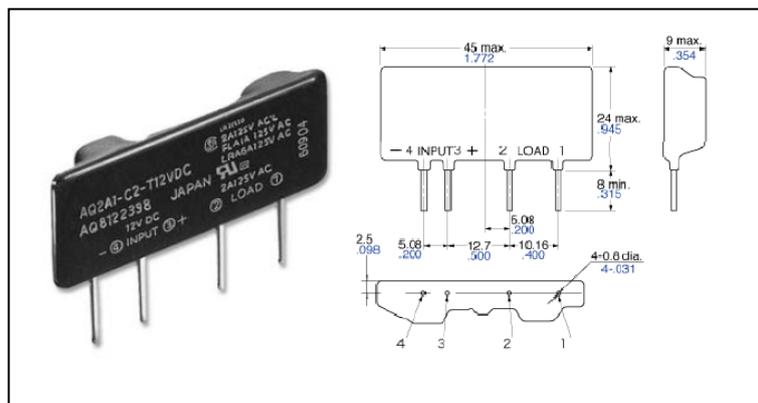
Cuando queramos apagar el sistema por motivos de seguridad, lo único que tendremos que hacer será desactivar el pulsador.

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
CLRF       PUERTAA
BSF        STATUS,5
CLRF       PUERTAB
BCF        STATUS,5

CALL        TIME1
GOTO       INICIO
    
```

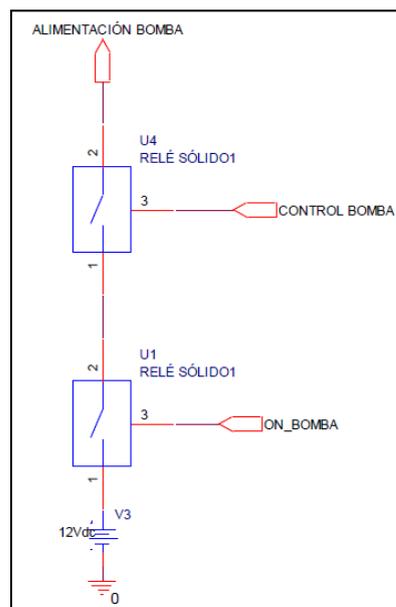
INICIO	BTFSS	PUERTAA,1
CALL	APAGA	
	CALL	ENCIENDE
TIME1	MOVLW	RETARD_1
	MOVWF	CONT_1
	RETURN	
APAGA	MOVLW	B'00000000'
	MOVWF	PUERTAB
	GOTO	INICIO
ENCIENDE	MOVLW	B'11111000'
	MOVWF	PUERTAB
	GOTO	INICIO
	END	

11.3 ALIMENTACIÓN DE LA BOMBA

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:

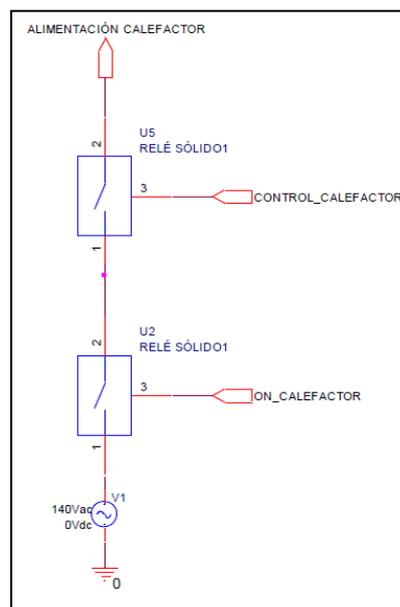


Esquema de activación de la bomba

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.

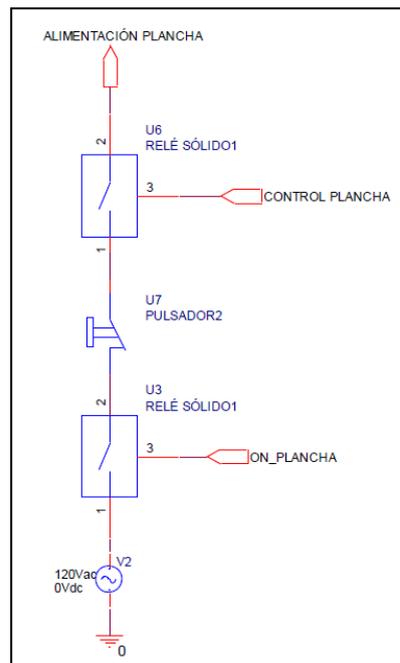


11.5 ALIMENTACIÓN DE LA PLANCHA

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.

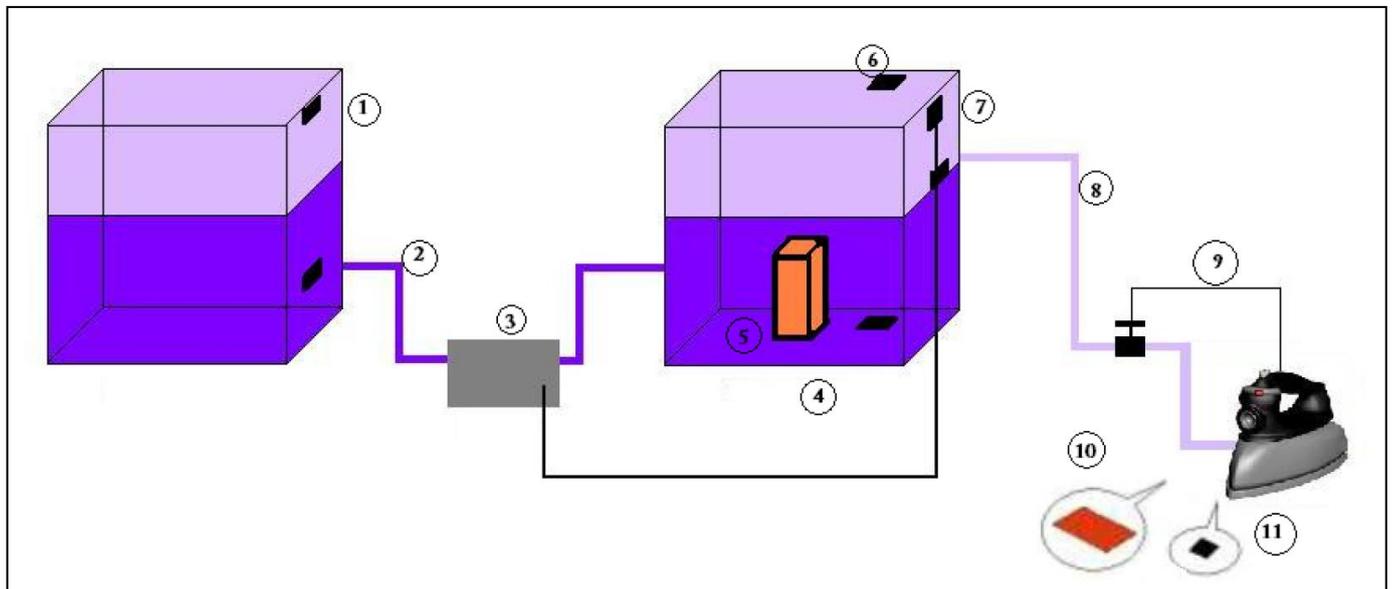
Cabe destacar que existe un termostato que controla la temperatura de la plancha, cuya temperatura máxima es de 120°C. Debido a esto, el accionamiento del elemento calefactor no depende solamente del pulsador, sino que también depende de la temperatura alcanzada.

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. DISTRIBUCIÓN 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 DEL 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 pF	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 ALIMENTACIÓN 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 pF	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 470Ω	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 €



Universidad
Politécnica
de Cartagena



industriales
etsii UPCT

14. PLANOS

Titulación: *I.T.I. especialidad
Electrónica
Industrial*

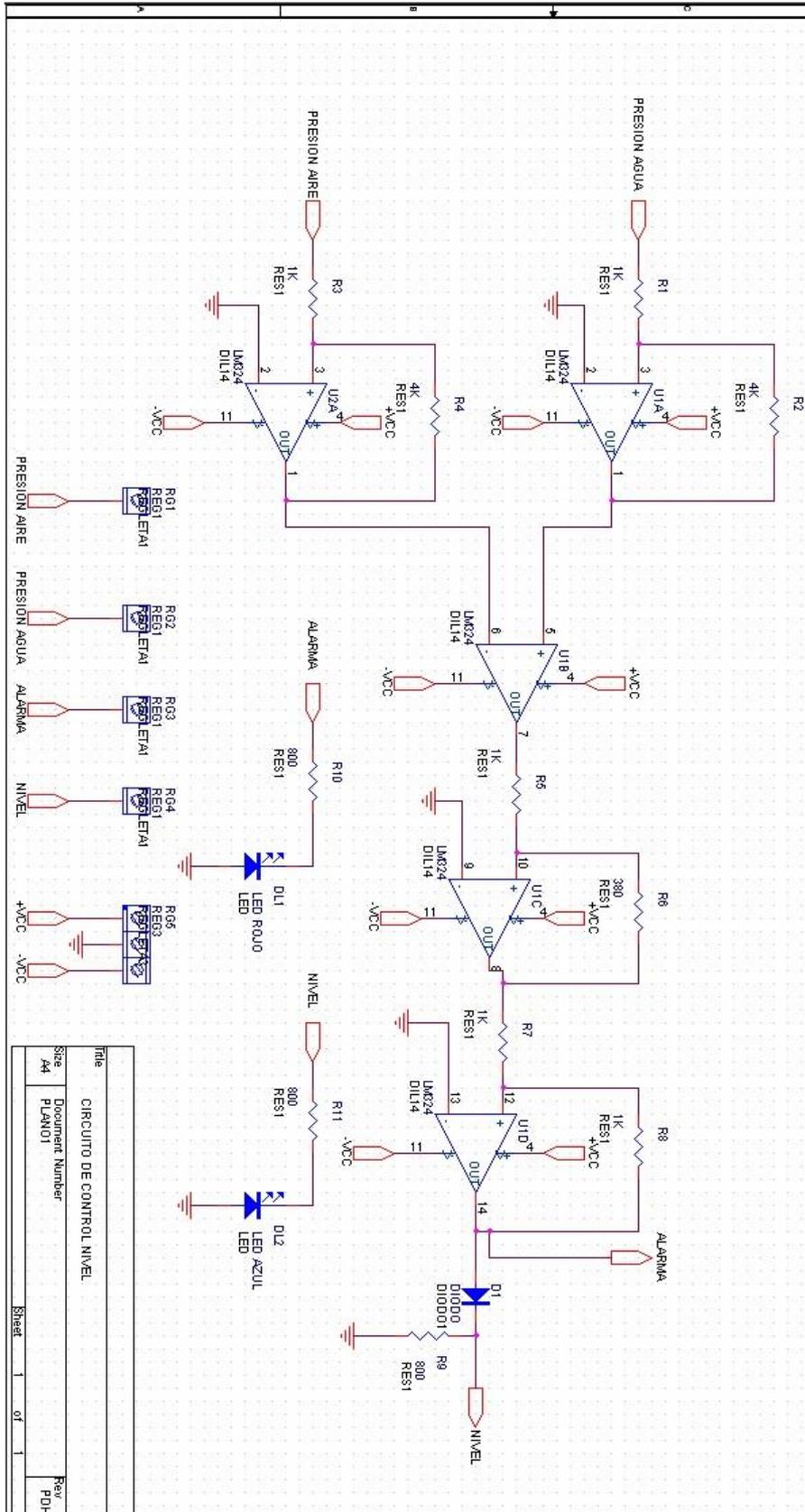
Alumno/a: *Jose Manuel
Ballester Basildo*

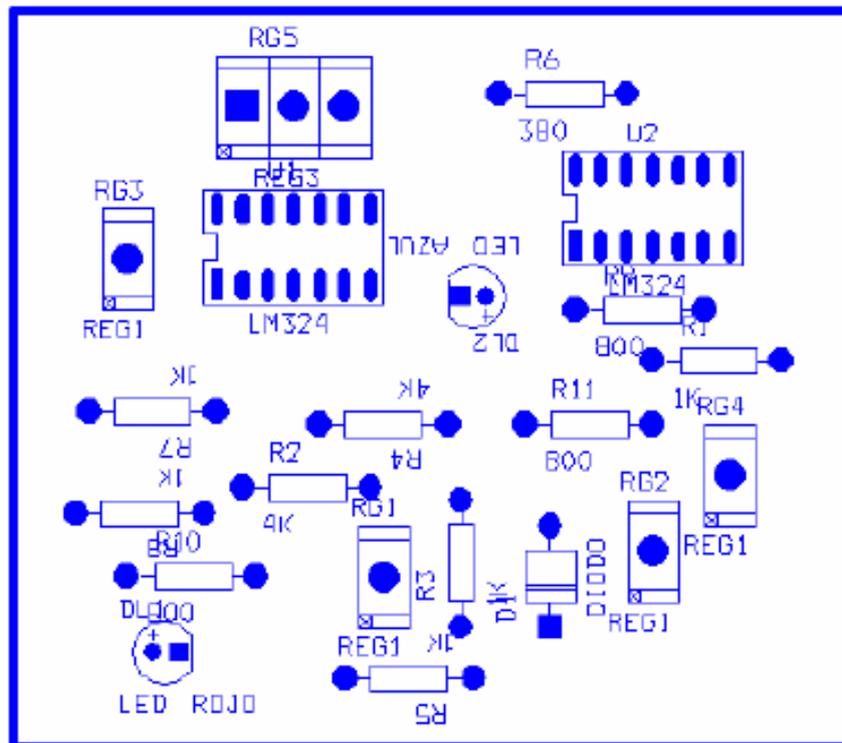
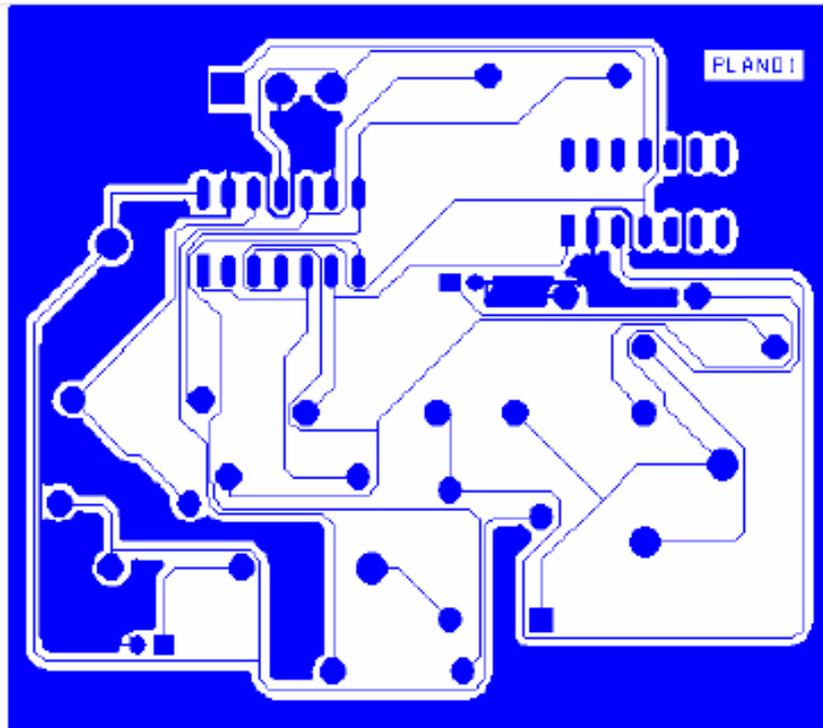
Director/a/s: *Pedro Díaz
Hernández*

Cartagena, 13 de Julio de 2013

PLACAS:

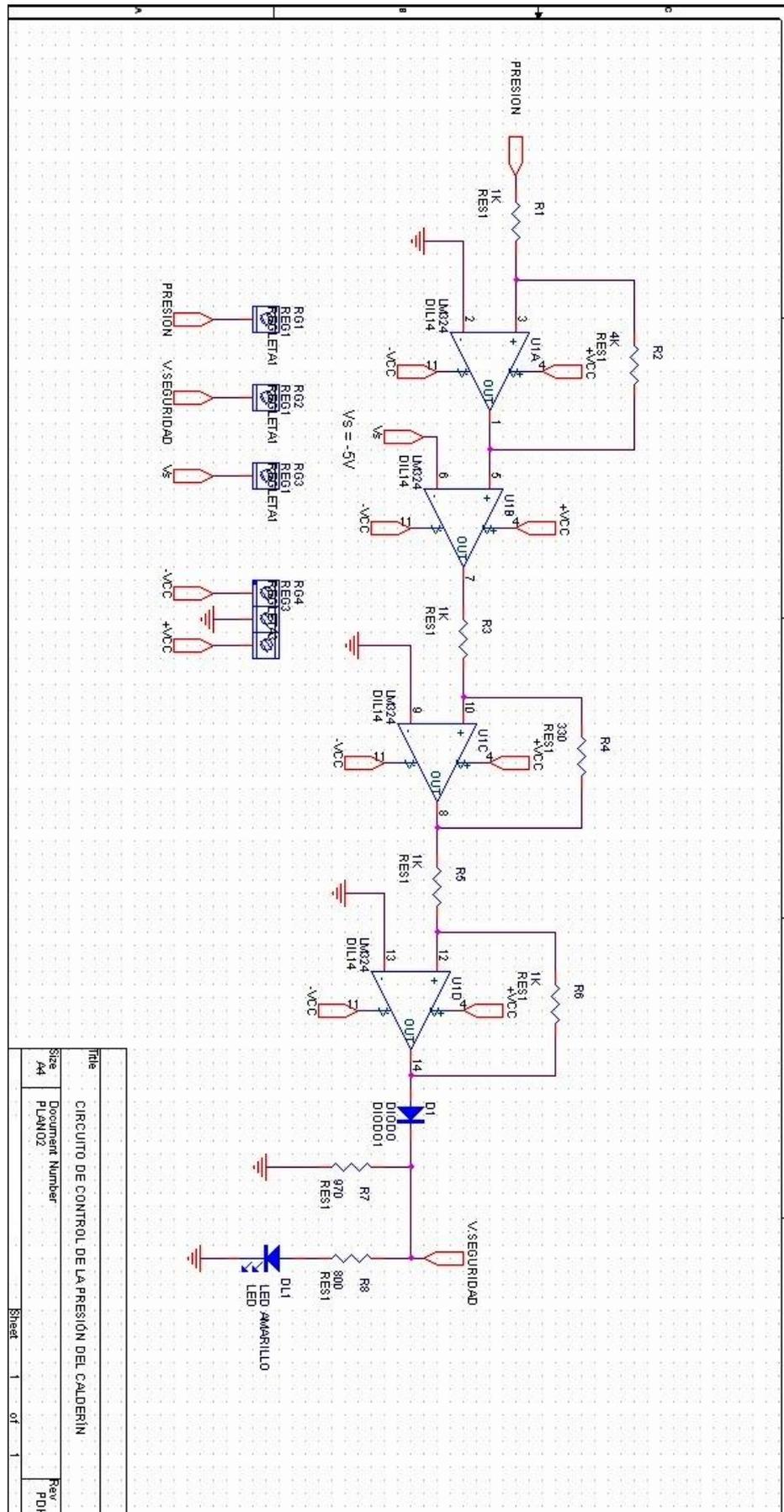
- CIRCUITO DE CONTROL DE NIVEL



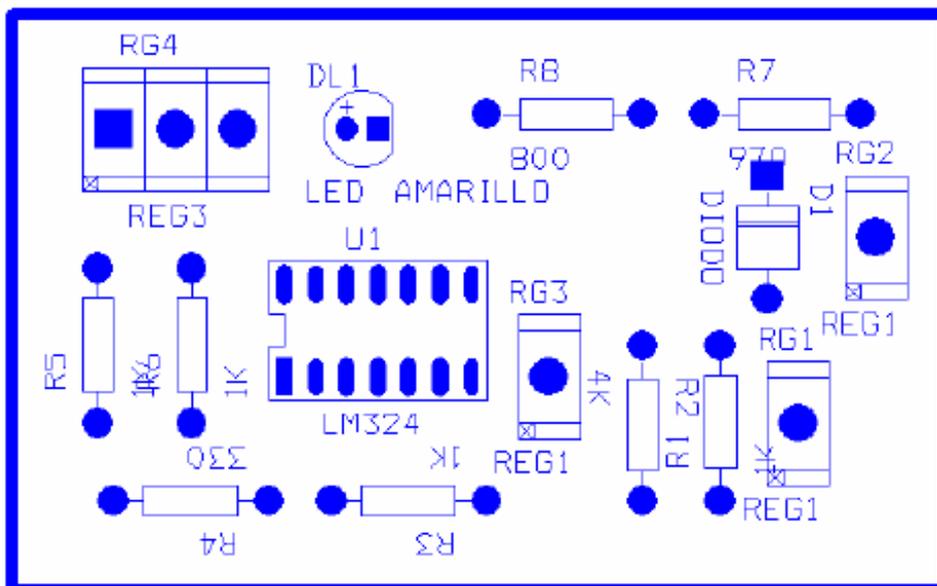
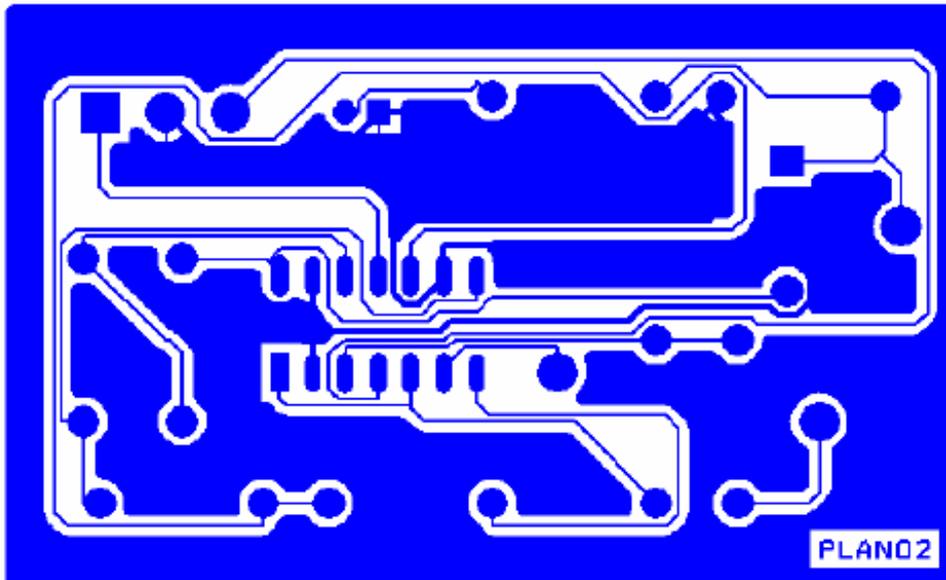


Tiene una Copper Pour en la capa Top donde Net Atachment = GND y Clearance = 0.7mm

- CIRCUITO DE CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN

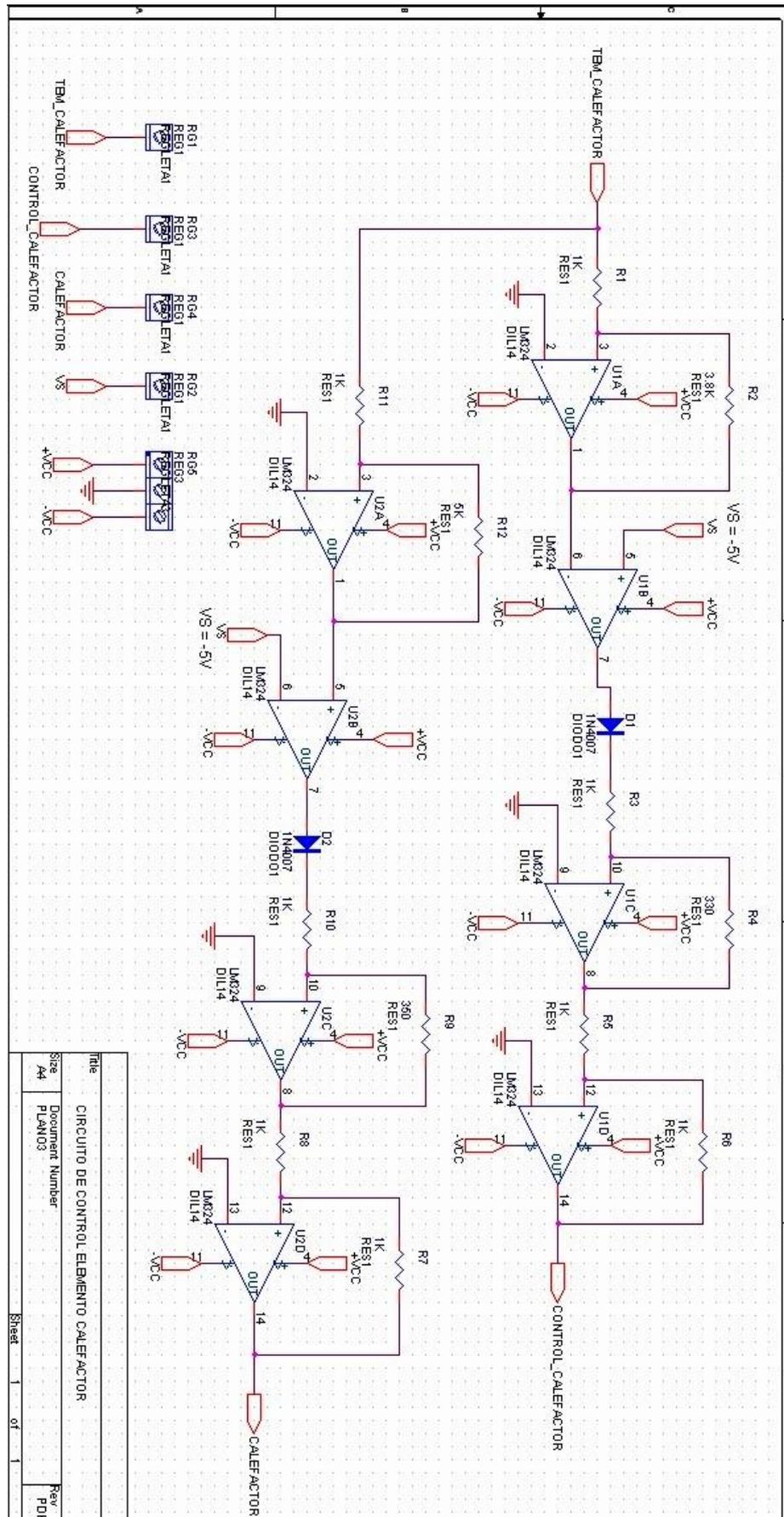


Title		CIRCUITO DE CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERIN	
Size	A4	Document Number	PLAN003
Sheet		1 of 1	
Rev		PDH	

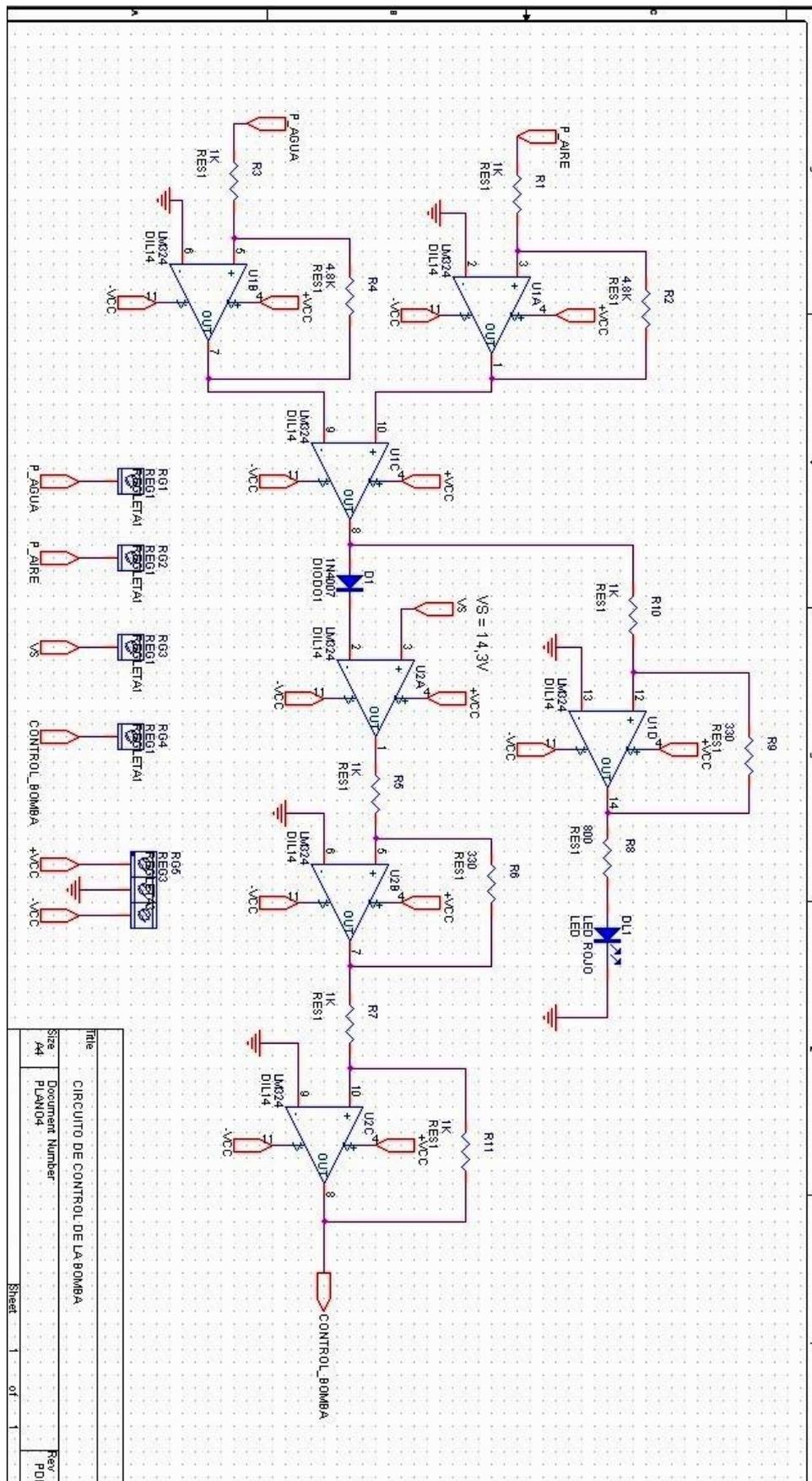


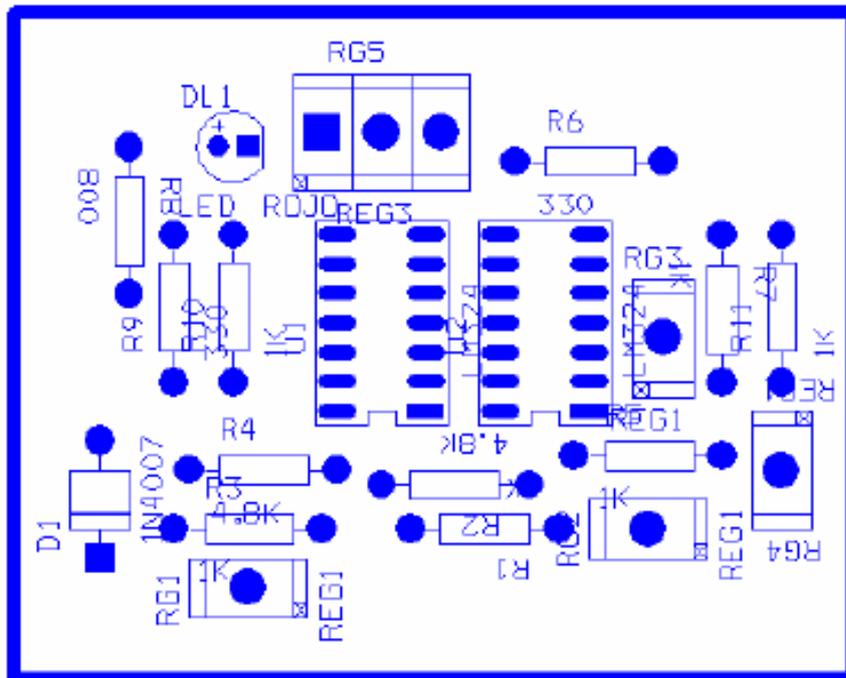
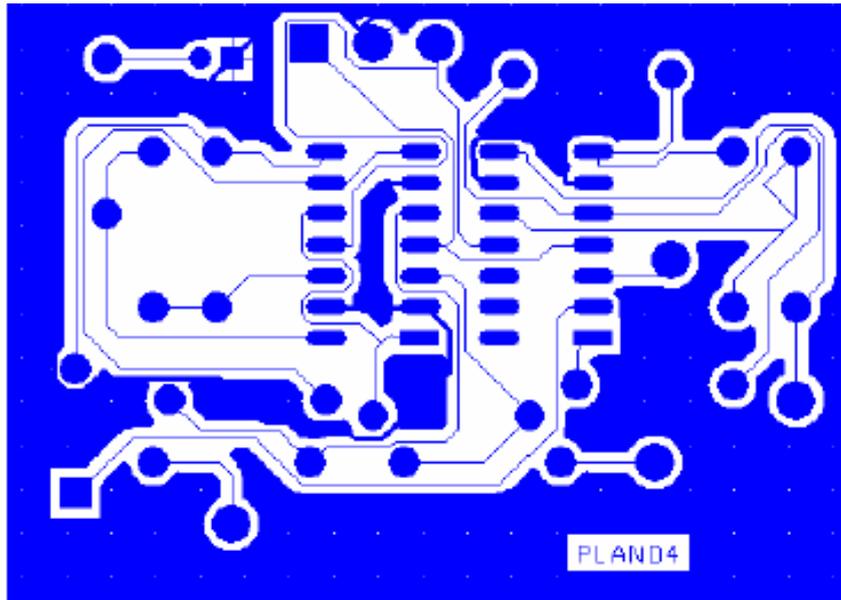
Tiene una Copper Pour en la capa Top donde Net Atachment = GND y Clearance = 0.7mm

- CIRCUITO DE CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR



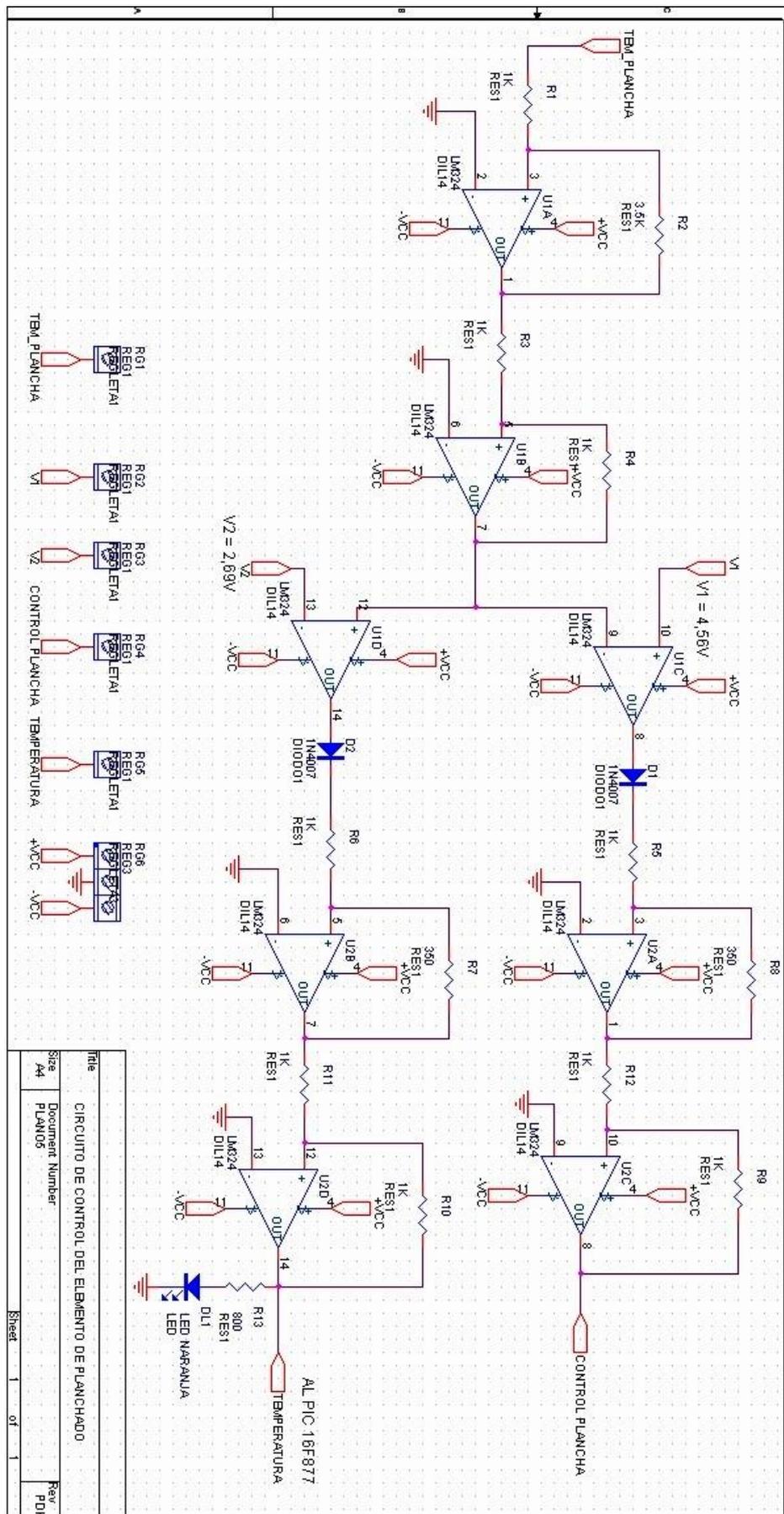
- CIRCUITO DE CONTROL DE LA BOMBA

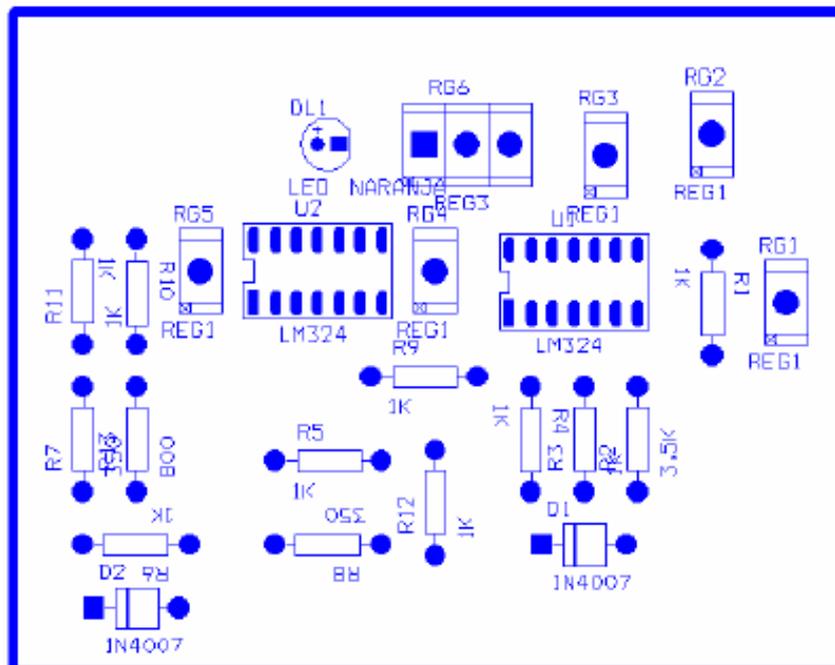
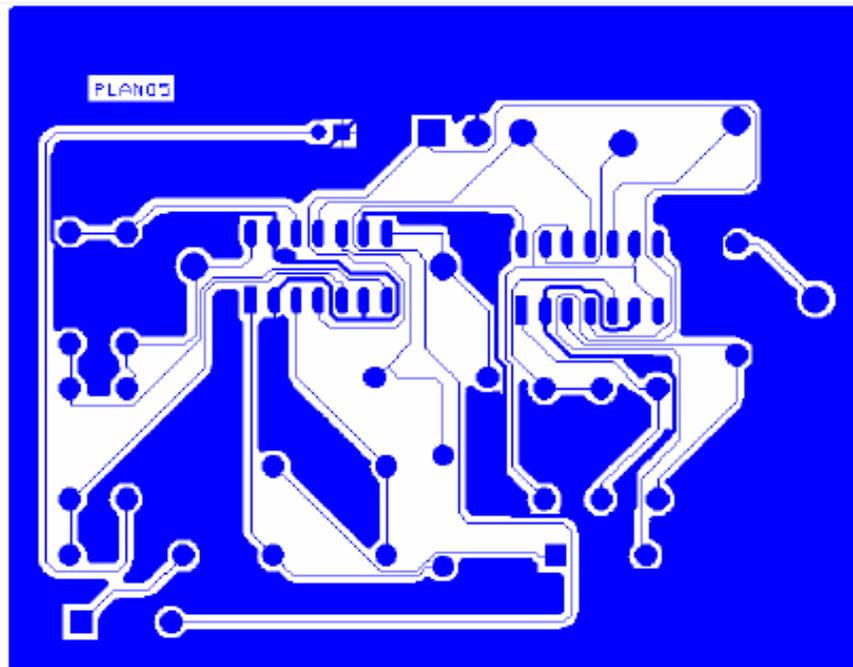




Tiene una Copper Pour en la capa Top donde Net Attachment = GND y Clearance = 0.7mm

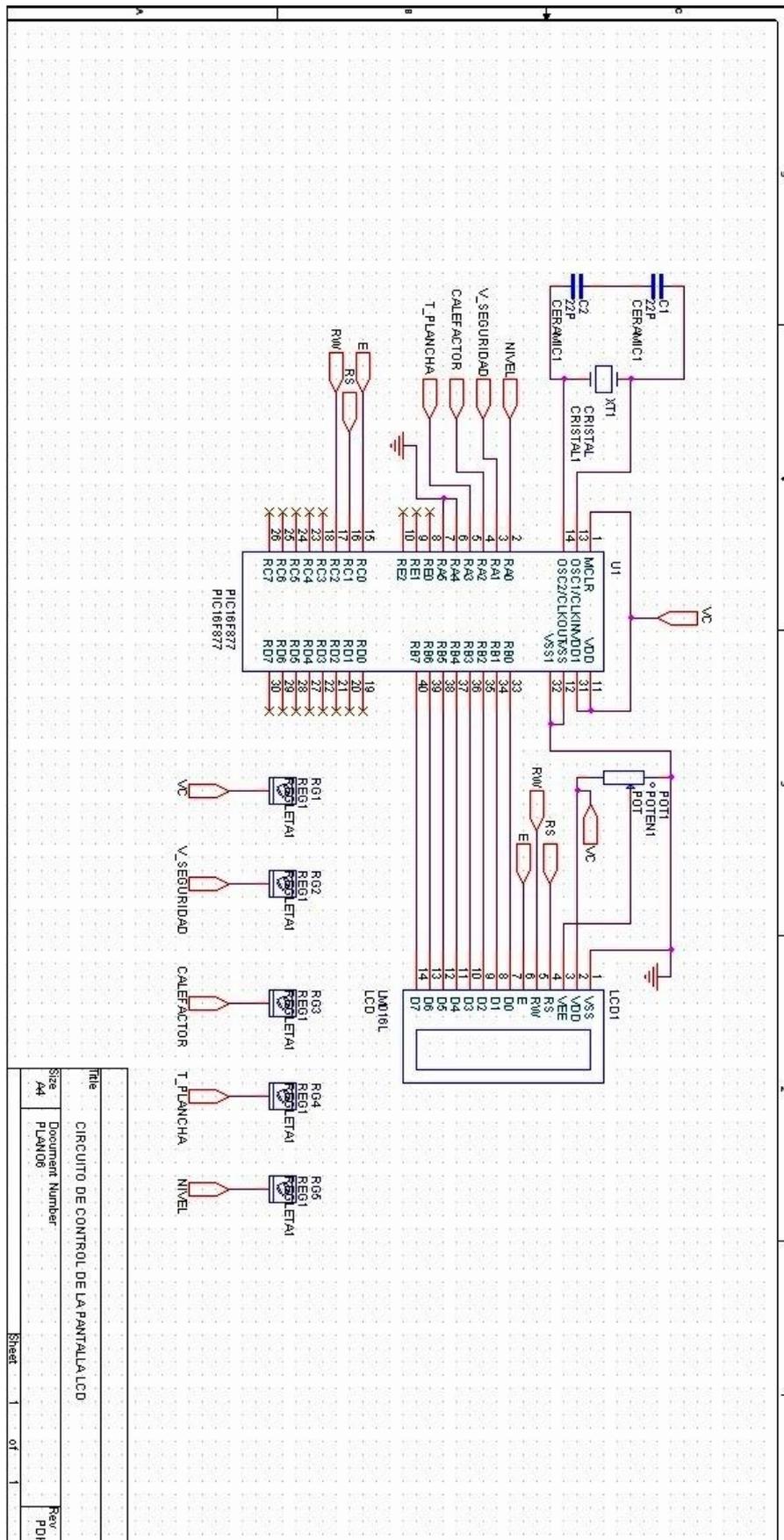
- CIRCUITO DE CONTROL DEL ELEMENTO DE PLANCHADO



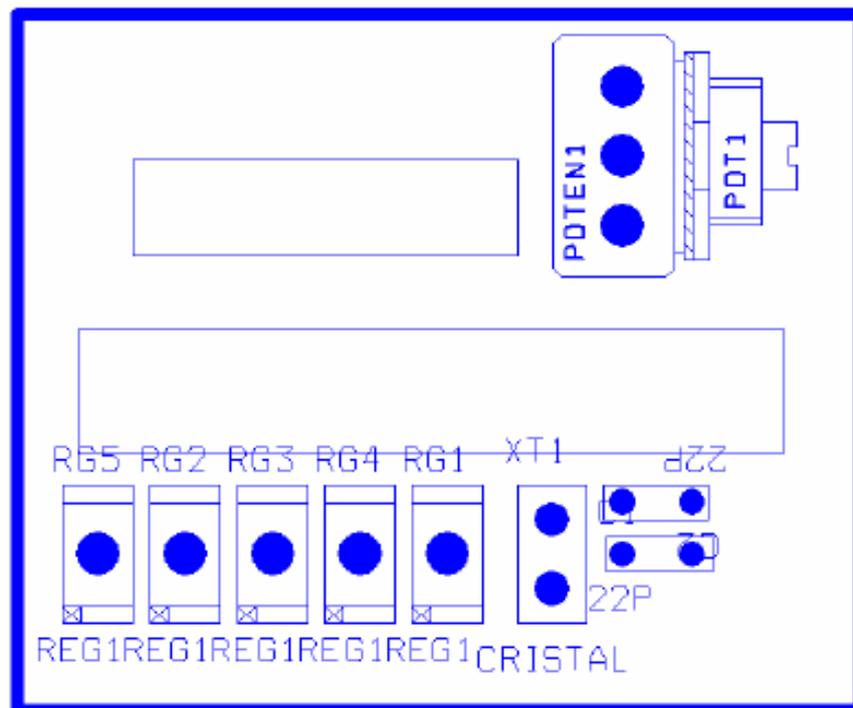
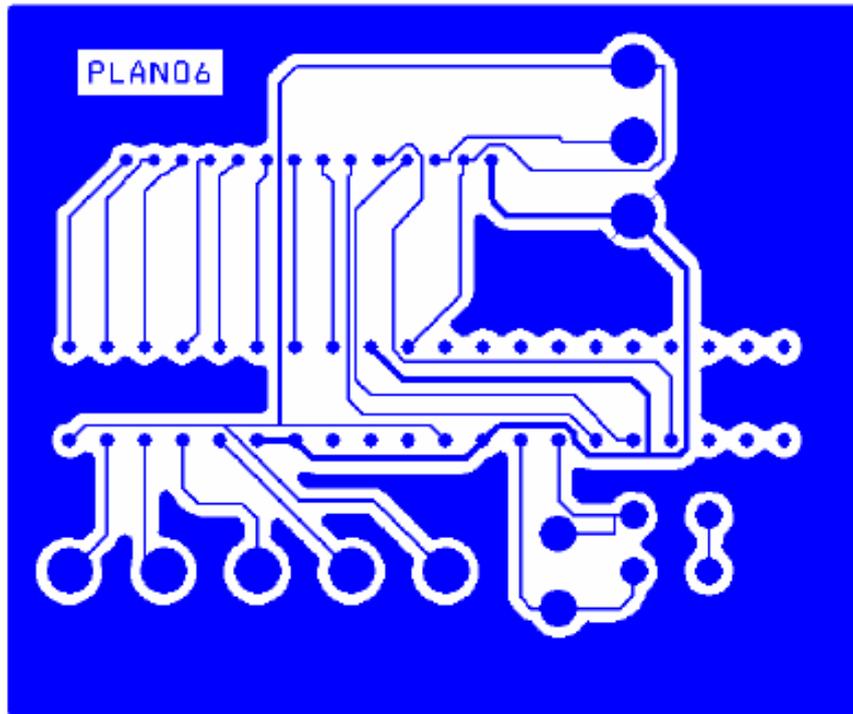


Tiene una Copper Pour en la capa Top donde Net Atachment = GND y Clearance = 0.7mm

- CIRCUITO DE CONTROL DE LA PANTALLA LCD

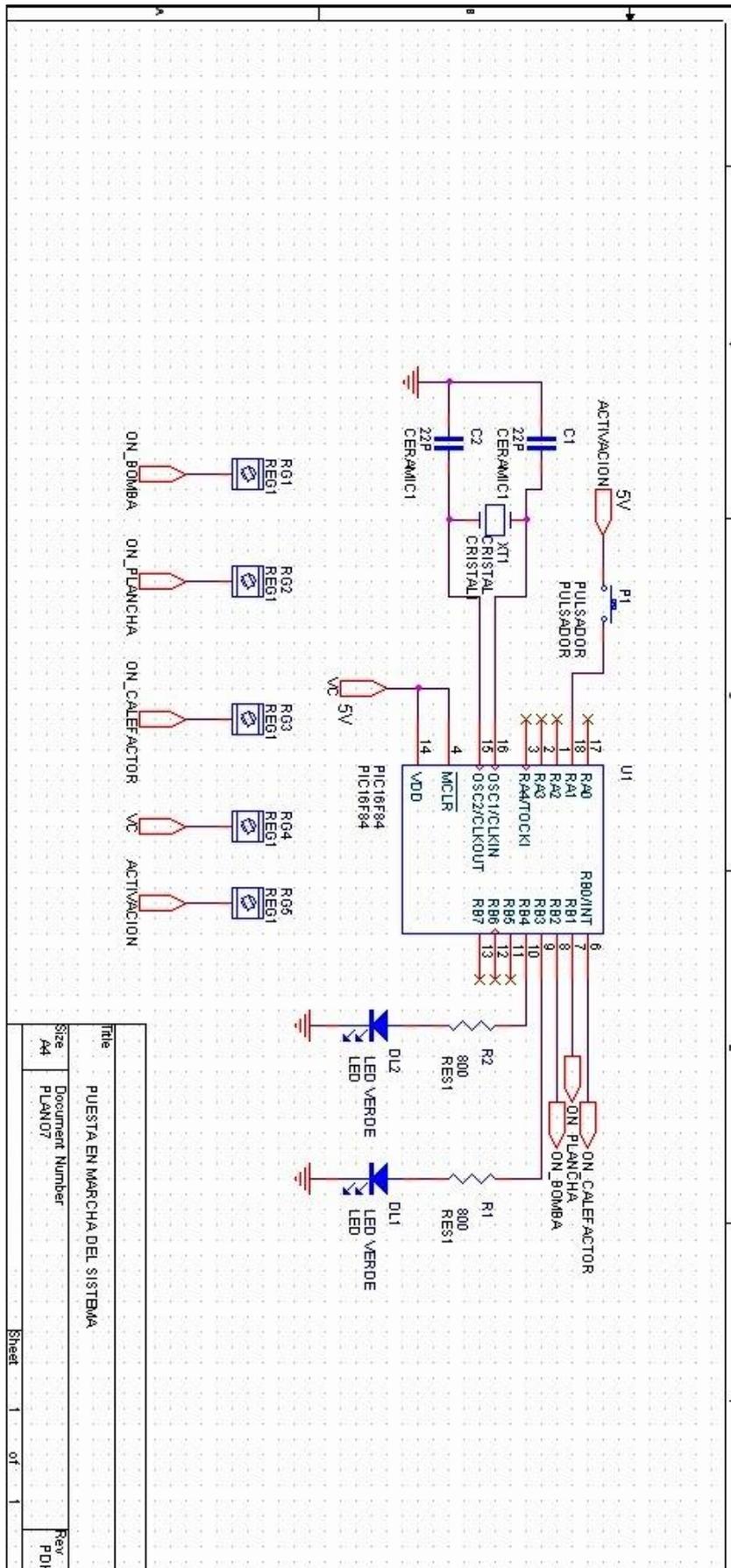


Title		CIRCUITO DE CONTROL DE LA PANTALLA LCD	
Size	Document Number	Rev	PDH
A4	PLAN008	1	1
Sheet	1	of	1



Tiene una Copper Pour en la capa Top donde Net Atachment = GND y Clearance = 0.7mm

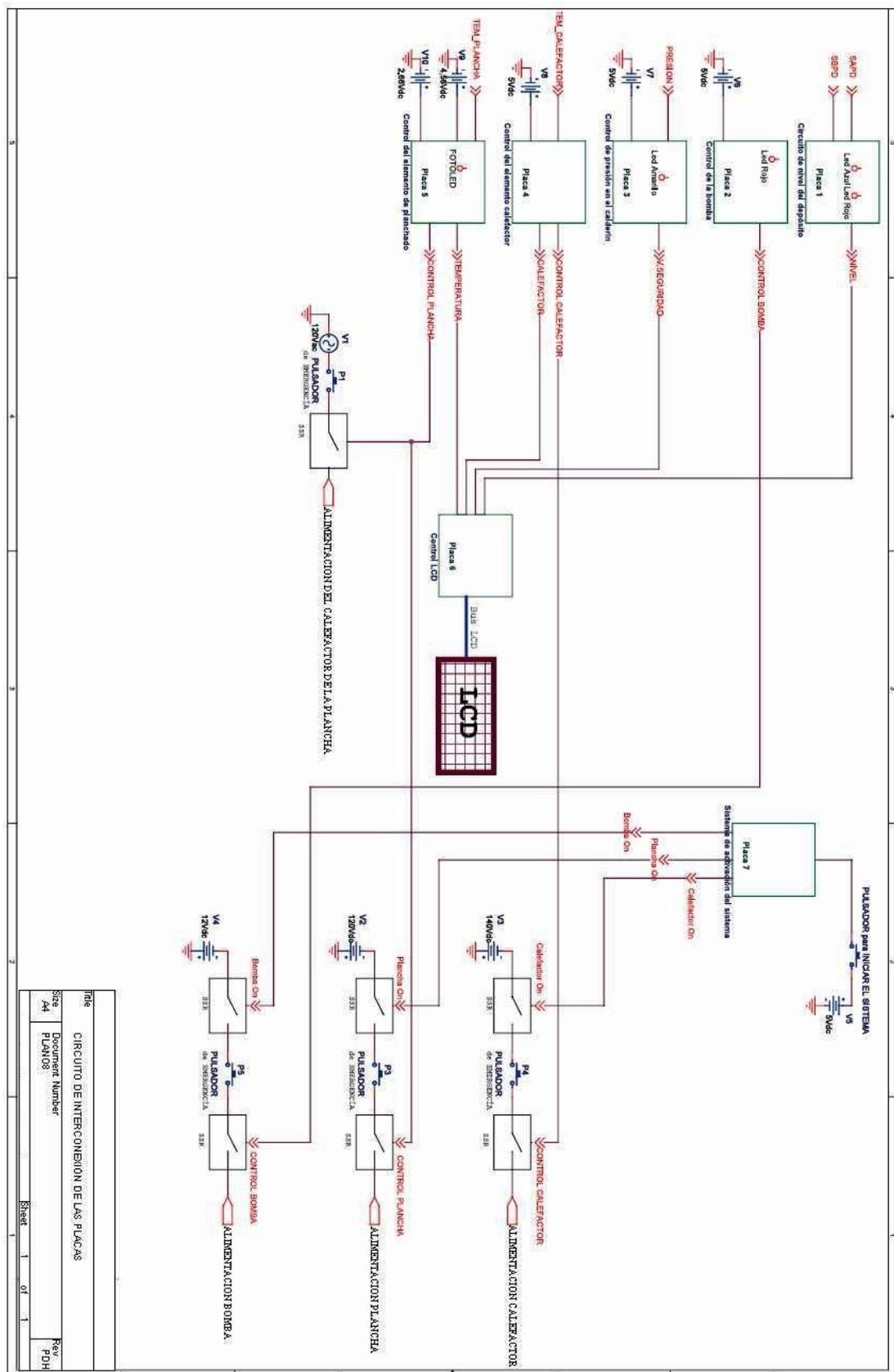
- PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA



Title		PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA	
Size	Document Number		
A4	PLAND07		
Sheet		1	of 1
		Rev PDH	

- CIRCUITO DE INTERCONEXIÓN ENTRE LAS PLACAS

En este plano se ven la interconexión entre las 7 placas anteriores, esta placa nos da una visión del conjunto del funcionamiento del sistema.



15. BIBLIOGRAFÍA

Páginas web:

- www.umh.es (Consulta programación de PICS)
- www.Norese.com (Publicaciones sobre el tratamiento del agua)
- Es.scribid.com (Aparatos para tratamiento de aguas y calderas)
- www.forosdeelectronica.com (Librerías y tutoriales ORCAD)

Programas Utilizados:

- **ORCAD** (Montaje de esquemas y circuitos)
- **LAYOUT** (Programa de Diseño de PCB'S)
- **MPLAB IDE 8.3** (Programa para la compilación de código ensamblador)
- **PROTEUS** (Simulador de sistemas y circuitos)

Libros de Consulta:

- 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