



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

PROYECTO FIN DE CARRERA

2013-2014

AUTORA: JUANA MARÍA ORTEGA GIRONA

TITULACIÓN: INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL,

ESP. ELECTRÓNICA INDUSTRIAL

DIRECTOR DE PROYECTO: PEDRO DÍAZ HERNÁNDEZ

ÍNDICE

-PORTADA.....	1
-ÍNDICE.....	2-6
-I.PROPUUESTA DEL PROYECTO	
-PROPUESTA DEL PROYECTO.....	7-9
-FLUJOGRAMA DEL SISTEMA.....	10
-II.MEMORIA	
-COMPONENTES DEL SISTEMA.....	12
-DEPÓSITO DE AGUA.....	12-14
-BOMBA DE AGUA.....	15
-CALDERÍN.....	16
-AISLAMIENTO TÉRMICO DEL CALDERÍN.....	16-18
-PLANCHA.....	18-19
-SISTEMA DE CONTROL.....	20
-TUBERÍAS.....	21-22
-TRATAMIENTO DE AGUAS PARA CALDERAS.....	23
-INTRODUCCIÓN.....	23
-FUENTES DE AGUA.....	23
-PARÁMETROS TRATAMIENTO DE AGUA.....	24-25
-PROBLEMAS MÁS FRECUENTES.....	26
-CORROSIÓN.....	26
-CORROSIÓN POR OXÍGENO.....	26-27

-CORROSIÓN CAÚSTICA.....	27
-CORROSIÓN LÍNEAS DE RETORNO.....	28
-INCRUSTACIONES.....	28-29
-ARRASTRE DE CONDENSADO.....	30
-OBJETIVOS DEL ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA.....	31
-EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA.....	32
-ABLANDADORES.....	32-33
-DESGASIFICADORES.....	33-34
-PURGAS AUTOMÁTICAS.....	34-35
-PRODUCTOS QUÍMICOS DE TRATAMIENTO.....	35
-SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DEL USUARIO.....	35
-MANTENIMIENTO DEL DEPÓSITO Y DEL CALDERÍN.....	36
-REGISTRO DE LAS OPERACIONES DE MANTENIMIENTO.....	36-37
-III.PLIEGO DE CONDICIONES	
-BLOQUE 1: DEPÓSITO.....	39
-SENSOR DE PRESIÓN EN AIRE.....	40-41
-SENSOR DE PRESIÓN EN AGUA.....	41
-COMPARACIÓN ENTRE SENSORES SPA Y SPAG.....	42-43
-ALARMA DEL CIRCUITO DETECTOR DE NIVEL.....	43-44
-BLOQUE 2: BOMBA	
-DETECTOR DE NIVEL.....	45-46
-SENSOR DE PRESIÓN FUERA DEL AGUA.....	46
-SENSOR DE PRESIÓN EN EL AGUA.....	47

-COMPARACIÓN DE LOS SENSORES DE PRESIÓN.....	48
-ACTIVACIÓN DE LA BOMBA.....	49-50
-BLOQUE 3: CALDERÍN	
-PRESÓSTATO.....	51
-SENSOR DE PRESIÓN.....	51
-VÁLVULA DE SEGURIDAD.....	51
-FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO.....	52-54
-CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR.....	55
-SALIDA DEL SENSOR DE TEMPERATURA.....	55-57
-CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN.....	57
-TERMOSTATO.....	58-60
-BLOQUE 4: ELEMENTO DE PLANCHADO	
-PIE DE LA PLANCHA.....	61
-TEMPERATURAS SEGURAS POR MATERIALES.....	61
-SENSOR DE TEMPERATURA.....	62-64
-ELEMENTO CALEFACTOR.....	64-65
-TERMOSTATO.....	65-66
-VAPOR DE LA PLANCHA.....	67
-INDICADOR LUMINOSO EN LA PLANCHA.....	67-68
-BLOQUE 5: PANTALLA LCD Y MICROCONTROLADOR 16F877	
-PANTALLA LCD.....	69
-CARACTERES DEL LCD.....	69-70

-TIPOS DE MEMORIA DEL LCD.....	70
-MEMORIA DDRAM.....	70
-MEMORIA GGRAM.....	70-71
-ASIGNACIÓN DE PINES.....	71
-SECUENCIA DE INICIALIZACIÓN.....	72
-INDICACIONES DE LA PANTALLA LCD.....	73-73
-MICROCONTROLADOR 16F877.....	73-74
-PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA LCD.....	75-80
-CIRCUITO DE CONTROL DE LA PANTALLA LCD.....	81
-CRISTAL EXTERNO.....	82-83
-CONTROL DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	83-84
-MICROCONTROLADOR 16F84.....	85-86
-PROGRAMA ACCIONAMIENTO SISTEMA...86-87	
-ALIMENTACIÓN DE LA BOMBA.....	87
-ALIMENTACIÓN RESISTENCIA CALEFACTOR.....	88
-ALIMENTACIÓN DE LA PLANCHA.....	89-90
-BLOQUE 6: TUBERÍAS	
-TUBERÍAS DESDE EL DEPÓSITO A LA CALDERA.....	90-92
-TUBERÍAS DE LA CALDERA A LA PLANCHA.....	92
-IV.PLANOS	
-PLANO 1:ACTIVACIÓN DEL SISTEMA.....	94-95
-PLANO 2: CONTROL DE LA PANTALLA LCD.....	96-98

-PLANO 3: CONTROL DEL CALEFACTOR DEL DEPÓSITO.....	99-101
-PLANO 4: CONTROL DE LA BOMBA.....	102-104
-PLANO 5: CONTROL RESISTENCIA CALEFACTORA PLANCHA..	105-107
-PLANO 6: CONTROL DEL NIVEL EN EL DEPÓSITO.....	108-110
-PLANO 7: CONTROL DE LA PRESIÓN DEL CALDERÍN.....	111-113
-V.PRESUPUESTO.....	114-116
-VI.BIBLIOGRAFÍA.....	117-118



I. PROPUESTA DEL PROYECTO

1. PROPUESTA DEL PROYECTO

En este proyecto fin de carrera vamos a diseñar la tarjeta de control de un sistema de planchado industrial.

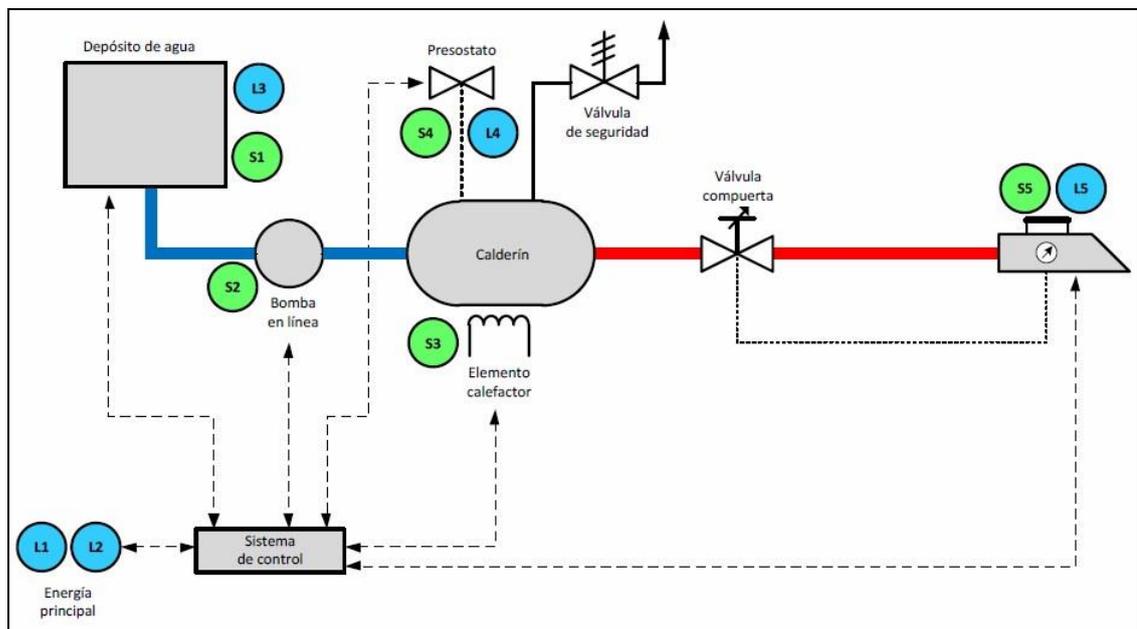
Un sistema de planchado industrial es un conjunto formado por una plancha de ropa y un generador-depósito de vapor independiente. Al tener un depósito de agua separado de la unidad de planchado son capaces de generar más vapor que una plancha convencional. Tal cantidad de vapor facilita la tarea de planchado. Los centros de planchado tardan más en calentarse que una plancha convencional y su precio es más elevado.

En nuestro caso, nuestro centro de planchado deberá cumplir las siguientes características que nos marca el Departamento:

- Depósito de agua destilada de 5 litros.
- El agua deberá aportarse caliente o calentarse previamente a su aportación a la caldera.
- Bomba de impulsión en línea para aportar el agua a la caldera. El funcionamiento de esta bomba puede ser temporizada o controlando el caudal real aportado a la caldera.
- La caldera tendrá un consumo máximo de 4 KW.
- El presóstato de la caldera estará tarado a 3,5 bares de presión. Al alcanzar esta presión estará preparado para su funcionamiento.
- La válvula de seguridad estará tarada a 5 bares de presión. Por encima de esta presión, el sistema expulsará al aire el exceso de presión para evitar la rotura de manguitos o agrietamiento/expulsión de la caldera.
- El elemento de planchado, en contacto con el tejido, tendrá un consumo máximo de 2 KW.
- Las indicaciones de estado del conjunto y los avisos visuales se indicarán mediante un LCD de 4x 16 líneas retroiluminado.
- Si se instala algún avisador acústico se realizará con un zumbador piezoeléctrico.

- La activación de las cargas de alto consumo se realizarán con relés de estado sólido, no siendo posible la utilización de relés electromecánicos.
- Las indicaciones visuales individuales se realizarán mediante diodos LED's de bajo consumo, del color que se estime adecuado.

A continuación se muestra un esquema de lo que será el sistema de planchado:



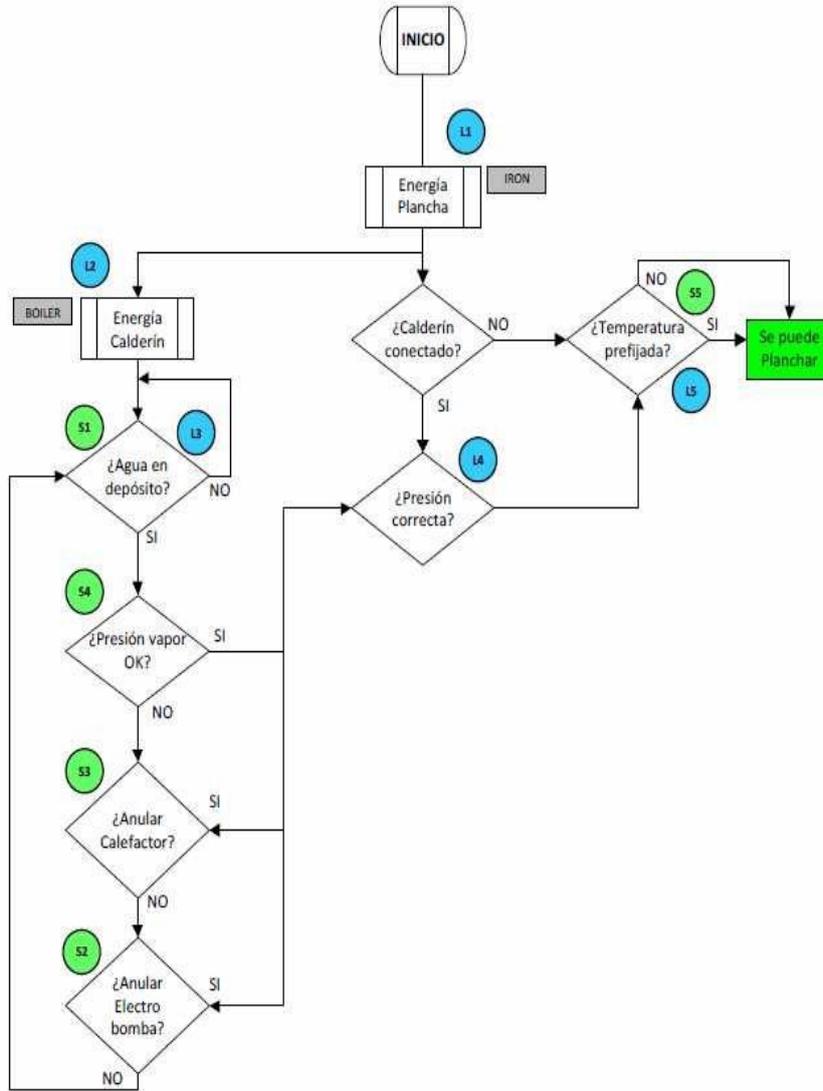
Los elementos representados por la letra "L" son los indicadores del sistema:

- L1.- Indicación presencia tensión en la resistencia caldera.
- L2.- Indicación presencia de tensión en el elemento de planchado.
- L3.- Indicación de falta de agua en el depósito.
- L4.- Indicación presión alcanzada en el calderín.
- L5.- Indicación temperatura alcanzada en el elemento de planchado.

Los elementos representados por la letra “S” son los sensores del sistema:

- S1.- Sensor de mínimo nivel de agua en el depósito.
- S2.- Sensor de aporte agua entre depósito y calderín.
- S3.- Sensor de funcionamiento de la resistencia calefactora.
- S4.- Sensor presión alcanzado en el interior del calderín.
- S5.- Sensor de temperatura plancha.

2. FLUJOGRAMA DEL SISTEMA





II.MEMORIA

1.COMPONENTES DEL SISTEMA

1.1 DEPÓSITO DE AGUA

Para nuestro sistema hemos elegido un depósito de resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).



Foto depósito PRFV

La capacidad del depósito será de 5 litros.

El PRFV es un material compuesto, formado, como su nombre indica, por dos materiales fundamentales:

- Una matriz, constituida por una resina sintética de tipo poliéster.
- Un refuerzo de fibra de vidrio que se ubica dentro de la matriz.

La matriz de poliéster es un aglomerante perfecto para el refuerzo, ya que nos asegura la participación simultánea de todos los filamentos del mismo, siendo además una barrera excelente frente a los agentes químicos y ambientales.

La fibra de vidrio nos proporciona la armadura necesaria con la que logramos la resistencia mecánica precisa tanto para soportar la presión interna del recipiente hacia el exterior cuando este se encuentre lleno, como las cargas y presiones externas hacia el interior del recipiente en los depósitos enterrados.

La resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio tiene innumerables ventajas:

- Alta resistencia mecánica. Tiene una resistencia específica (tracción/densidad) superior a la del acero.
- Peso reducido de los elementos (baja densidad).
- Es un excelente aislante eléctrico.
- Incombustibilidad. La fibra de vidrio es incombustible por naturaleza no propaga la llama ni origina con el calor humos ni toxicidad.
- Poco sensible a las variaciones de temperatura (bajo coeficiente de dilatación)
- Imputrescibilidad. No sufre ninguna alteración con el paso del tiempo, no se pudre. Es insensible a la acción de roedores e insectos.
- Alta resistencia a los agentes químicos. Con la unión de la resina adecuada la fibra de vidrio permite un bajo nivel de corrosión ante productos químicos altamente corrosivos con otros materiales.
- Fabricado fácilmente con herramientas manuales, lo que permite un gran capacidad de fabricación de formas distintas y una gran flexibilidad en el montaje de los elementos y piezas.
- Las características del material no se deterioran con el paso del tiempo, larga durabilidad. Vida útil mínima de 50 años.
- Mantenimiento mínimo, no necesita pintura, no se pudren, traduciéndose esto en un ahorro total del producto.
- Nunca transfiere olor ni sabor a su contenido.
- Aptos para todo tipo de productos alimenticios.
- Muy higiénico y fácil de mantener limpio.

El depósito de agua llevará en su parte inferior un conector que nos servirá para anclar las tuberías usadas



Foto conector depósito –tubería

En dicho depósito, se conectarán dos sensores DMP 331 (uno dentro del depósito y otro fuera del depósito) que nos indicarán la existencia de agua en el depósito. Además, se colocará un led actuando como alarma que se encenderá cuando el depósito no tenga agua.



Foto de sensor DMP 331

1.2 BOMBA DE AGUA

El depósito se conectará a una bomba de agua cuya es impulsar el agua del depósito al calderín.

La bomba seleccionada está diseñada para la circulación de líquidos en sistemas de calefacción, aire acondicionado y para la circulación de ACS.

La bomba de agua estará formada de los siguientes partes y materiales:

- Carcasa de la bomba de Latón (CuZn40Pb2)
- Rodete de Acero inoxidable
- Eje de la bomba de Acero inoxidable
- Cojinete Carbono, impregnado con resina sintética.



Foto de bomba

Además, a la bomba se conectará un sensor de funcionamiento de bomba.

1.3 CALDERÍN

La función del calderín es calentar el agua que se introducirá en la plancha.

Al calderín se conectarán los siguientes elementos:

-Resistencia que calentará el agua del interior del calderín.

-Presóstato que controlará la presión dentro del calderín.

-Válvula de seguridad que expulsará la presión del calderín cuando ésta sea muy alta.



Foto de calderín

1.3.1 Aislamiento térmico del calderín

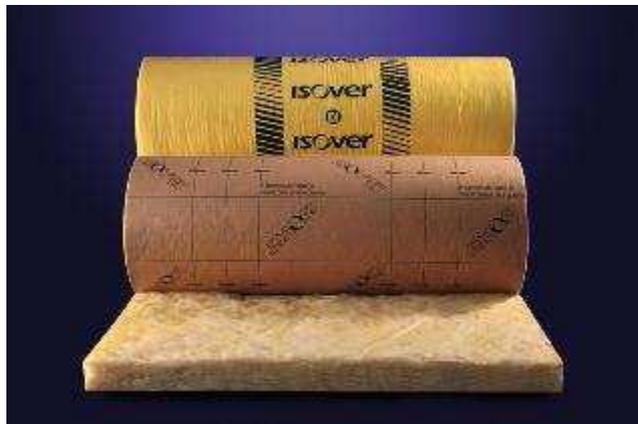
El aislamiento térmico es una parte muy importante dentro de nuestro circuito, debemos realizar un estudio de nuestro sistema para optimizar el espesor del aislante, ya que demasiado aislante disipa muy bien en calor pero aumenta el costo final de nuestro proyecto.

A continuación, nombraremos las principales razones por las que debemos aislar un calderín:

- Sea seguro y soportable la zona de trabajo cerca del calderín.
- En caso de que haya pérdidas de presión actúa de material de sellado.
- En las zonas accesibles por los operarios impedir las altas temperaturas para evitar posibles accidentes.
- Reduciendo las pérdidas de calor a través de las paredes del calderín ahorraremos en el consumo de energía.

Para minimizar las pérdidas de calor se tomarán las siguientes medidas:

- El calderín se pintará exteriormente con una imprimación antioxidante y con pintura antitérmica.
- La envolvente exterior estará recubierta por una manta de lana de vidrio sin aglomerar, con soporte de malla de acero galvanizado, de referencia TELISOL de la marca Isover.



- Esta capa de lana mineral va a su vez recubierta por una envolvente de chapa galvanizada de 1mm de espesor, de tal forma que para una temperatura ambiente de 25°C, la temperatura de la superficie del calderín sea menor de 35°C.

Para calcular el espesor recomendable de aislante en cada instalación, los fabricantes utilizan un software específico para conocer el espesor

óptimo. En este proyecto, al no poder utilizar dicho programa, supondremos un espesor de 50mm de material aislante.

Entre las características de este aislante, cabría destacar:

- Esta manta de lana de vidrio con soporte de malla de acero galvanizado, al carecer de aglomerantes, evita la aparición de olores en la puesta en marcha del sistema.
- Su clasificación a altas temperaturas y en reacción al fuego es **MO**, no combustible, según la normativa **UNE-23727**.
- Material no hidrófilo.
- Totalmente estable a la dilatación y contracción.
- Posee una densidad aproximada de 50kg/m³.

1.4 PLANCHA

La plancha será el elemento que estará en contacto con el tejido a planchar. El vapor del calderín pasará a la plancha a través de una válvula de compuerta.

Una plancha consta de los siguientes elementos:

- Placa de base
- Placa intermedia
- Tapa de protección
- Caja de revestimiento con el puño
- Resistencia calefactora
- Botón regulador de temperatura
- Lámpara de piloto



Foto de plancha

Además, para poder realizar la tarea de planchado necesitaremos una mesa de planchar. La mesa de planchar Strima cumplirá con dicha función.



Foto de mesa de plancha

1.5 SISTEMA DE CONTROL

Para controlar el sistema utilizaremos un microcontrolador 16f877 y todas sus indicaciones se mostrarán a través de dicha pantalla LCD 4x16 Líneas.



Foto PIC 16F877

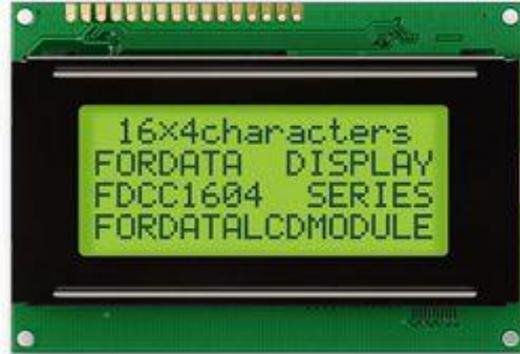


Foto pantalla LCD 4x 16

Además, utilizaremos un microcontrolador 16f84 que accionará el sistema.

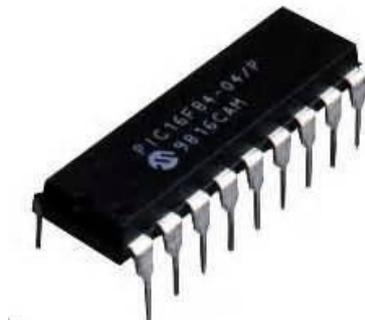


Foto PIC 16F84

1.6 TUBERÍAS

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

Las tuberías que comunicarán el depósito de agua con el calderín serán de polietileno (HDPE), el tipo PE 100.



Foto tuberías de polietileno

Se han elegido las tuberías de polietileno por las siguientes ventajas:

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

- Son flexibles y admiten ser curvados en frío, lo cual acelera y abarata su instalación.

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

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



Foto de tuberías de poliuretano

Algunas de sus características son:

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

2. TRATAMIENTO DE AGUA PARA CALDERAS

A continuación, se analiza la importancia que el tratamiento de agua tiene en la vida útil, eficiencia y seguridad en la operación de las calderas industriales; se entregan además recomendaciones para la definición de programas de tratamiento de agua y se explica cómo detectar los problemas más frecuentes.

2.1 INTRODUCCIÓN

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.

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.

2.1.1 Fuentes de 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.

Entre las impurezas encontradas con mayor frecuencia en las fuentes de agua, figuran las siguientes: los sólidos en suspensión, líquidos no mezclables con agua (ej. aceite), colorantes, bacterias y otros microorganismos, sustancias semi-coloidales, gases disueltos, sales minerales disueltas (cationes, aniones y sílice).

2.1.2. Parámetros Tratamiento de Agua

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

- Ph. El pH representa las características ácidas o alcalinas del agua, por lo que su control es esencial para prevenir problemas de corrosión (bajo pH) y depósitos (alto pH).
- Dureza. La dureza del agua cuantifica principalmente la cantidad de iones de calcio y magnesio presentes en el agua, los que favorecen la formación de depósitos e incrustaciones difíciles de remover sobre las superficies de transferencia de calor de una caldera.
- Oxígeno. El oxígeno presente en el agua favorece la corrosión de los componentes metálicos de una caldera. La presión y temperatura aumentan la velocidad con que se produce la corrosión.
- Hierro y cobre. El hierro y el cobre forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- Dióxido de carbono. El dióxido de carbono, al igual que el oxígeno, favorecen la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras y no de tubérculos como los resultantes de la corrosión por oxígeno.

La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente es causada por el dióxido de carbono. El CO₂ se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico. La corrosión causada por el ácido carbónico ocurrirá bajo el nivel del agua y puede ser identificada por las ranuras o canales que se forman en el metal.

- Aceite. El aceite favorece la formación de espuma y como consecuencia el arrastre al vapor.

- Fosfato. El fosfato se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- Sólidos disueltos. Los sólidos disueltos la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en el agua.
- Sólidos en suspensión. Los sólidos en suspensión representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua.
- Secuestrantes de oxígeno. Los secuestrantes de oxígeno corresponden a productos químicos (sulfitos, hidrazina, hidroquinona, etc.) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- Sílice. La sílice presente en el agua de alimentación puede formar incrustaciones duras (silicatos) o de muy baja conductividad térmica (silicatos de calcio y magnesio).
- Alcalinidad. Representa la cantidad de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos y silicatos o fosfatos en el agua. La alcalinidad del agua de alimentación es importante, ya que, representa una fuente potencial de depósitos.
- Conductividad. La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.

3. PROBLEMAS MÁS FRECUENTES

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

3.1 CORROSIÓN

Las principales fuentes de corrosión en calderas son la Corrosión por Oxígeno o “Pitting” y la Corrosión Caústica. Además de estos, también existe la corrosión por líneas de retorno que se da con menos frecuencia.

A continuación se describe en que 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.

3.1.1 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.



Foto Corrosión por oxígeno o “pitting”.

También puede producirse 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.

3.1.2 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.



Foto Corrosión cáustica en fogón de una caldera.

3.1.3 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 ya que, los óxidos (hematita) producidos son arrastrados a la caldera con el agua de alimentación y puede ser prevenida con el tratamiento de agua.

Toda caldera cuyo lado agua tiene un color rojizo presenta problemas de corrosión en las líneas de retorno de condensado.

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

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

3.2. INCRUSTACIONES

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

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.

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 aún más grave.



Foto Incrustaciones en tubos de humo.

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



Foto Acumulación incrustaciones en fondo cuerpo presión caldera.

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.

3.3.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.



Foto Arrastre de condensado por excesiva concentración de sólidos.

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

4. OBJETIVOS DEL ACONDICIONAMIENTO DEL AGUA

1. Evitar la acumulación de incrustación y depósitos en la caldera.
2. Eliminar los gases disueltos en el agua.
3. Proteger la caldera contra la corrosión.
4. Eliminar el acarreo y retardo (vapor).
5. Mantener la eficiencia más alta posible de la caldera.
6. Disminuir la cantidad de tiempo de paralización de la caldera para limpieza.

LIMITES RECOMENDADOS PARA LOS CONSTITUYENTES DEL AGUA QUE SE USAN EN CALDERAS

		PARTES POR MILLÓN (PPM)					
Presión lb/in2	Total de sólidos disueltos	Alcalinidad	Dureza	Sílice	Turbidez	Aceite	Fosfatos residuales
0-300	3500	700	0	100-60	175	7	140
301-450	3000	600	0	60-45	150	7	120
451-600	2500	500	0	45-35	125	7	100
601-750	2000	400	0	35-25	100	7	80
751-900	1500	300	0	25-15	75	7	

5. EQUIPOS DE TRATAMIENTO DE AGUA

En este apartado se muestran los equipos que intervienen en el tratamiento de agua de una planta térmica como pueden ser: ablandadores, bombas dosificadoras y desgasificadores con su respectivo estanque de almacenamiento de agua.

5.1.ABLANDADORES

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.

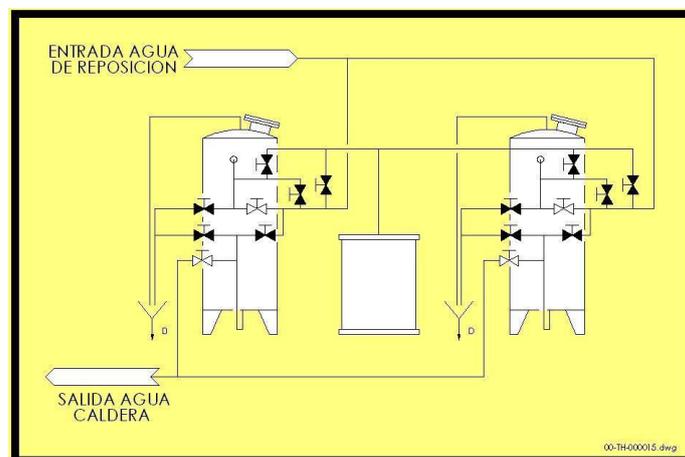


Foto Ablandadores

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.

5.2. DESGASIFICADORES

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”.

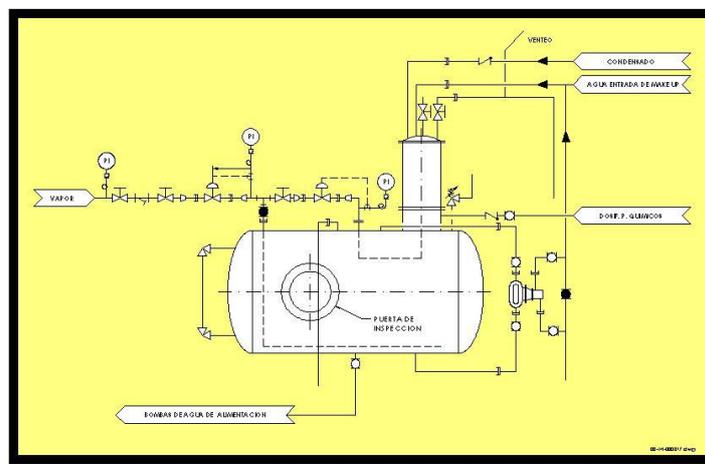


Foto Desgasificador

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).

La torre de los desgasificadores está compuesta por bandejas y/o boquillas en las que se aumenta la superficie del agua alimentada, formando cascadas o atomizándola para favorecer la liberación de los gases disueltos.

El agua que desciende por la torre es calentada hasta la temperatura de ebullición por vapor alimentado en contraflujo. La cantidad de vapor alimentada a la base del desgasificador es controlada

por una válvula reductora de presión, encargada de mantener la presión de ebullición del agua.

También existe una válvula termostática que controla la cantidad de vapor alimentada al estanque de almacenamiento para mantener el agua a la temperatura de ebullición.

Los gases descargados por el agua son eliminados a través del venteo existente en la parte superior de la torre.

5.3. PURGAS AUTOMÁTICAS

Las purgas automáticas utilizadas generalmente en calderas son las purgas automáticas de fondo y las purgas automáticas de superficie.

La purga automática de fondo está compuesta por una válvula con un actuador y un temporizador en el que se programan los ciclos de purgas (cantidad y duración) de fondo requeridas por el tratamiento de agua utilizado en la caldera.

La purga de fondo automática permite realizar en forma automática las tareas de purga, que debe efectuar el operador en forma manual.

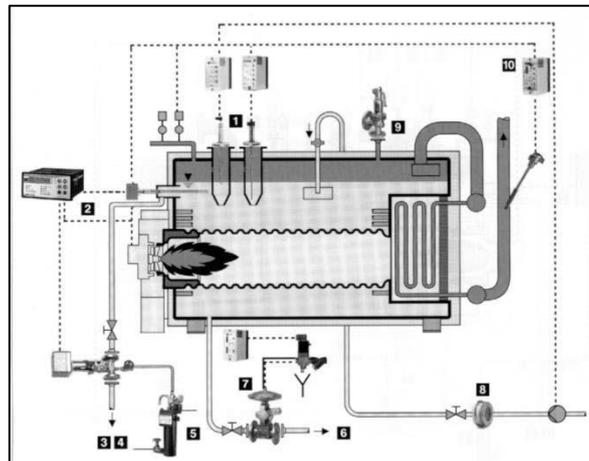


Foto Purgas automáticas para calderas.

La purga automática de superficie está compuesta por un sensor de conductividad, una válvula con actuador y un controlador. El sensor de conductividad mide la conductividad del agua de la caldera (sólidos disueltos) y envía esta información al controlador. El controlador compara esta medición con el valor de conductividad máxima programado, para luego abrir o cerrar la válvula de purga según los resultados de esta comparación.

6. PRODUCTOS QUÍMICOS DE TRATAMIENTO

Los productos químicos utilizados generalmente en calderas son los secuestrantes de oxígeno, dispersantes, anti-incrustantes, protectores y neutralizantes para las líneas de retorno de condensado.

La dosificación de los productos químicos debe ser realizada al estanque de almacenamiento de agua, en el caso de los secuestrantes de oxígeno, que son más efectivos mientras mayor es su tiempo de residencia en el agua antes de llegar a la caldera y a la línea de alimentación de agua en el caso de los dispersantes, anti-incrustantes y tratamiento para las líneas de retorno de condensado.

7. SEGURIDAD Y PROTECCIÓN DEL USUARIO

Se utilizarán materiales con una resistencia adecuada para una larga duración. Como ya hemos nombrado, el sistema dispondrá de sensores para garantizar la seguridad.

El sistema se regirá por la normativa vigente de protección contra el contacto directo. Para ellos los materiales utilizados en la caldera serán aislantes térmicos de manera que la temperatura exterior no sea peligrosa para el usuario.

Para evitar problemas con la instalación eléctrica, ésta no estará al alcance del usuario, el cual solo podrá acceder al botón de marcha/parada.

8. 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.

9. 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. Se numerarán correlativamente las operaciones de mantenimiento de la instalación, debiendo figurar la siguiente información:

- 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.



III. PLIEGO DE CONDICIONES

En este apartado, pasaremos a explicar el funcionamiento del sistema y cada uno de los sensores y actuadores que lo componen.

Todo el sistema estará controlado por un circuito integrado, el PIC 16F877 y una pantalla que nos mostrará las alertas de posibles fallos y anomalías.

El funcionamiento de nuestro proyecto es sencillo.

A través de una caldera se generará el vapor que llegará a la plancha y ésta alcanzará la temperatura óptima para planchar el tejido deseado.

Para ello, desglosaremos por bloques cada una de las partes del proyecto.

1. BLOQUE 1: DEPÓSITO

Este bloque está compuesto de un depósito, un sensor de nivel, un indicador led y una alarma.

El depósito será de resina de poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV).

Dicho depósito tendrá un volumen de 5 litros.

El sensor de nivel controlará el nivel de agua en el depósito.

Para ello, elegimos un sensor de nivel mediante sensores de presión.

Según el Artículo 15, apartado 4 de la ITC MIE-AP 1, el nivel mínimo del agua en el interior de una caldera debe mantenerse por lo menos 70 mm más alto que el punto más elevado de la superficie de calefacción.

Por lo tanto, para controlar el nivel mínimo de agua, utilizaremos dos sensores de presión. Uno situado fuera del agua y, el otro situado a 70 mm de la base del calderín.

1.1 SENSOR DE PRESIÓN EN AIRE

El sensor de presión en aire (SPA) lo colocaremos en la parte superior del depósito de forma que no esté en contacto con el agua.

La función de dicho sensor será captar la presión del interior del depósito. El sensor que utilizaremos será el DMP 331.

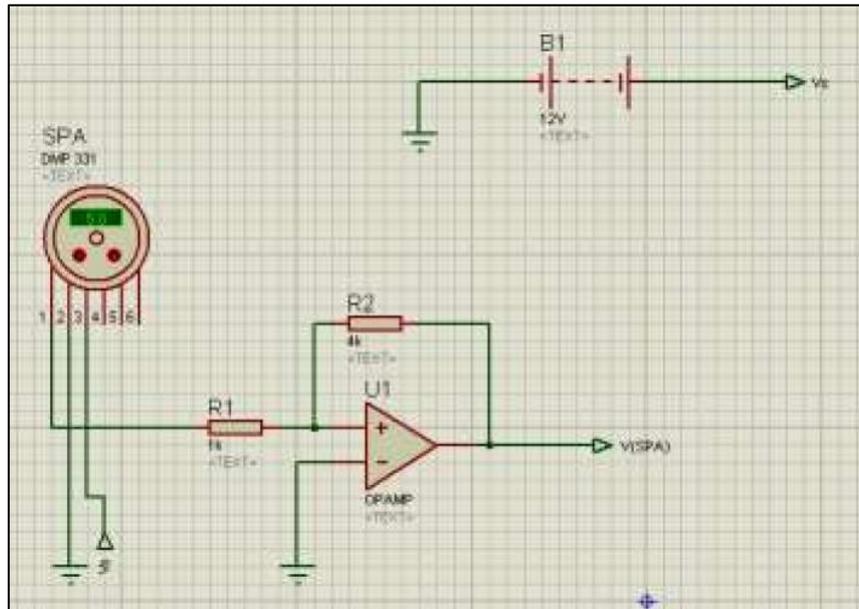


Foto Sensor Presión Aire

El DMP 331 tiene un rango de medición entre 0 y 40 bares, y un rango de salida entre 0 y 10 voltios. Este sensor estará alimentado de 12 V, tal y como se indica en su hoja de características.

El sensor DMP 331 nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión captada.

Como la presión máxima que puede alcanzar el calderín es de 5 bares, tomamos como referencia 5 bares de presión. Como la salida del sensor es lineal, la tensión de salida será 1,25 V.

Para trabajar más cómodamente, llevaremos la salida del sensor de presión a un amplificador operacional (U1):

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

Donde $V_{IN, U1}$ es la salida del sensor SPA.

$$\text{Si } R_1 = 1 \text{ K } \Omega \rightarrow R_2 = (5 \cdot 1000)/1,25 = 4 \text{ K } \Omega$$

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

1.2 SENSOR DE PRESIÓN EN AGUA

Utilizaremos de nuevo el sensor DMP 331 y el funcionamiento de dicho sensor en el agua será igual que el anterior en el aire.

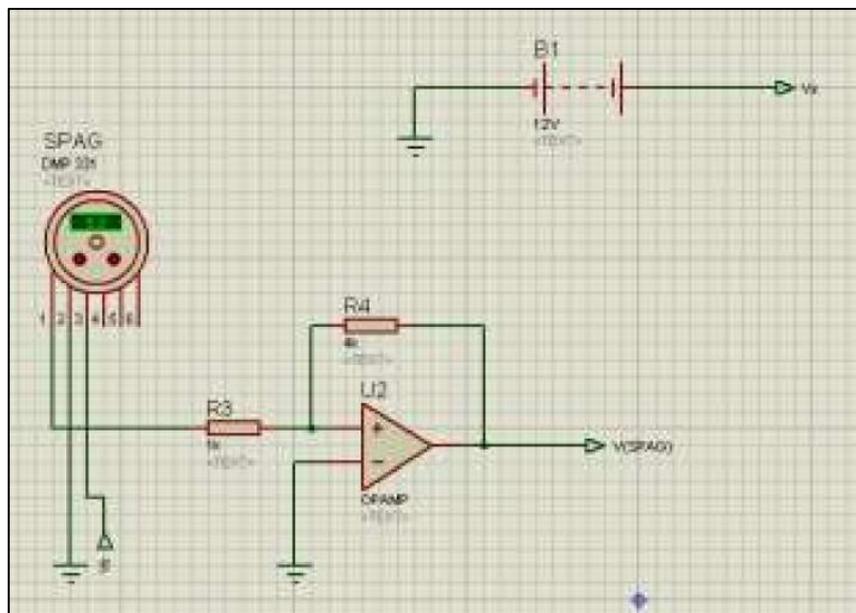


Foto Sensor Presión Agua

Para trabajar más cómodamente, llevaremos la salida del sensor de presión a un amplificador operacional (U1):

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

Donde $V_{IN, U2}$ es la salida del sensor SPAG.

$$\text{Si } R_3 = 1 \text{ K } \Omega \rightarrow R_4 = (5 \cdot 1000)/1,25 = 4 \text{ K } \Omega$$

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

1.3 COMPARACIÓN ENTRE LOS DOS SENSORES SPA Y SPAG

Como ya se ha comentado anteriormente, comparamos las salidas de los dos sensores mediante el comparador (U3):

- Si $V_{SPA} > V_{SPAG} \rightarrow$ La salida del comparador será +15 V
- Si $V_{SPA} < V_{SPAG} \rightarrow$ La salida del comparador será -15 V
- Si $V_{SPA} = V_{SPAG} \rightarrow$ La salida del comparador será 0 V

En conclusión, si las tensiones son diferentes no se habrá alcanzado el nivel mínimo de agua pero si las tensiones fueran iguales se habrá alcanzado el nivel mínimo de agua y ambos sensores se encontrarán fuera del agua.

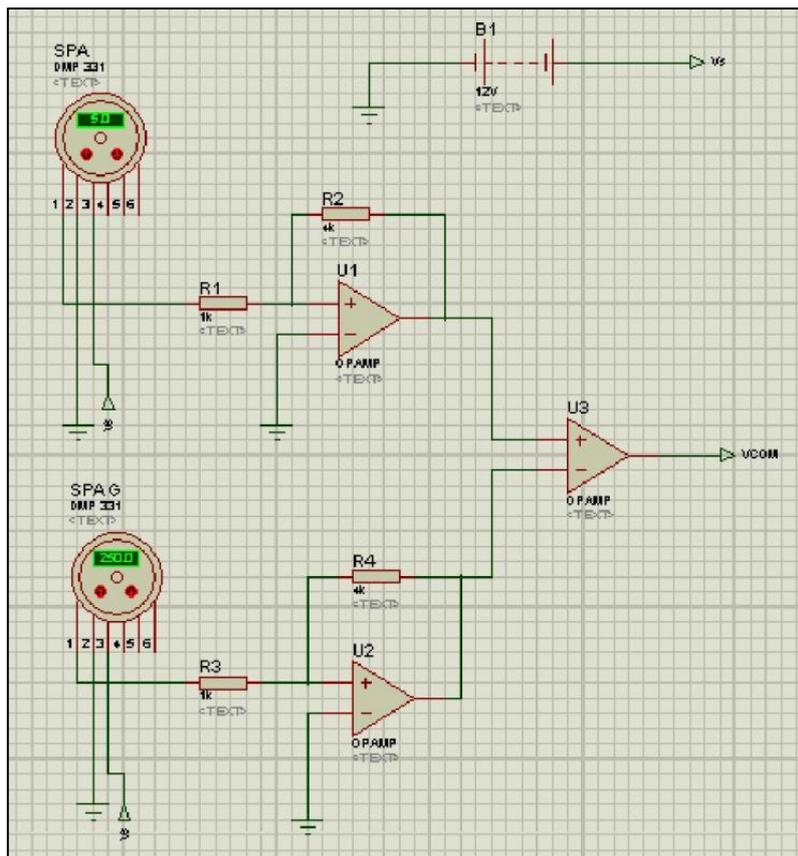


Foto Comparación de las salidas de los sensores

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

$$V_{OUT,U5} = -(R6/R5) \cdot V_{COM}$$

Donde V_{COM} solo puede tener tres valores: +15 V, -15 V y 0 V

Como deseamos obtener dos posibles valores de tensión (+5 V y 0 V) añadiremos un diodo, el cual tendrá una caída de tensión de 0,7 V aprox. Por lo tanto, la salida del amplificador será: $V_{OUT,U5} = 5,7$ V

Para obtener dicha salida, las características del amplificador deberán ser:

$$R4 = (5,7 \times 1000) / 15 \rightarrow R4 = 380 \Omega$$

Finalmente, obtendremos como posibles salidas:

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

1.4 ALARMA DEL CIRCUITO DETECTOR DE NIVEL

Para finalizar este bloque, colocaremos una alarma que nos indique cuándo el depósito necesita agua.

Cuando el sensor de presión del agua detecte menos presión que el que se encuentra fuera, saltará una alarma (LED).

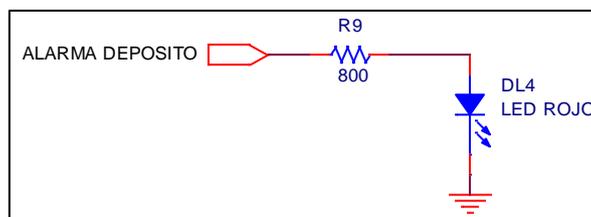


Foto circuito alarma

El circuito final obtenido es el siguiente:

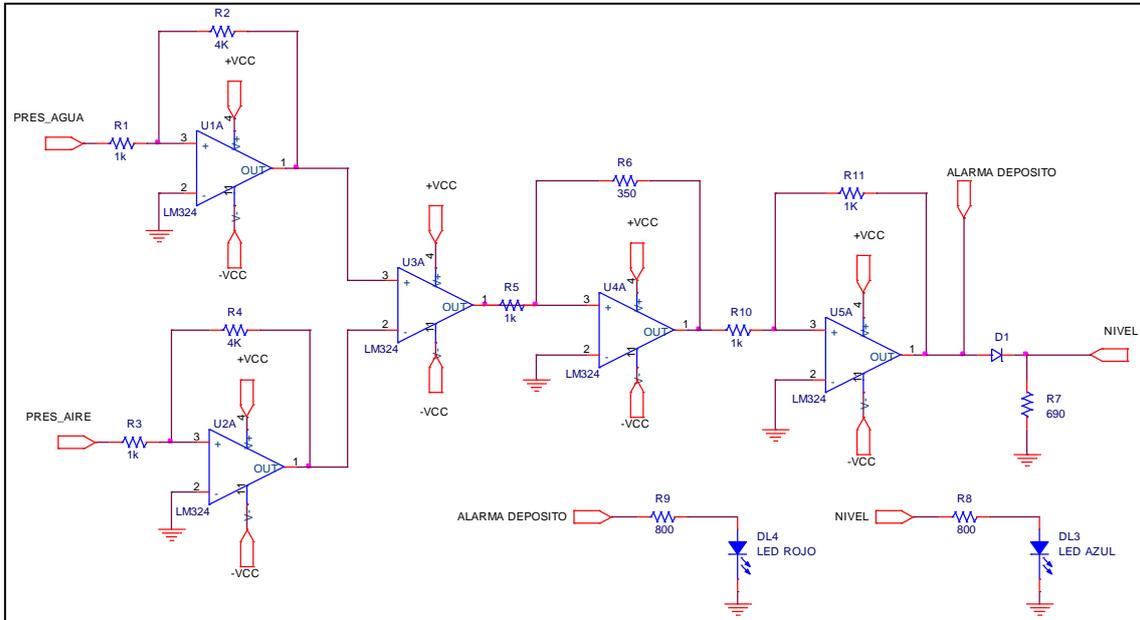


Foto circuito detector de nivel

2. BLOQUE 2: BOMBA

La función de la bomba es la de transportar el agua del depósito al calderín.

Según el apartado 5 del Artículo 15 de la ITC MIE-AP 1 del Reglamento de aparatos a presión, la bomba situada en la línea de alimentación, deberá ser capaz de introducir el caudal del agua a una presión superior a un 3 % como mínimo a la presión de tarado más elevada de la válvula de seguridad, incrementada en la pérdida de carga de la tubería de alimentación y en la altura geométrica relativa.

2.1 DETECTOR DE NIVEL

El calderín llevará conectado un sensor de nivel que se encargará de activar la bomba y de desactivarla cada vez que sea necesario, mediante un relé sólido normalmente abierto.

Volvemos a utilizar el sensor de presión DMP 331 que nos devolverá a la salida una tensión proporcional a la presión en la entrada.

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

-Densidad del agua: $1 \times 10^3 \rho$ (kg/m³)

-Densidad del aire: $1,29 \rho$ (kg/m³)

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

Para ello, volvemos a utilizar dos sensores DMP 331, uno situado en la parte alta del calderín de forma que no esté en contacto con el agua y, el otro, a 90 mm de la base del calderín, según el artículo 15, apartado 4 de la ITC MIE-AP1, mencionado anteriormente.

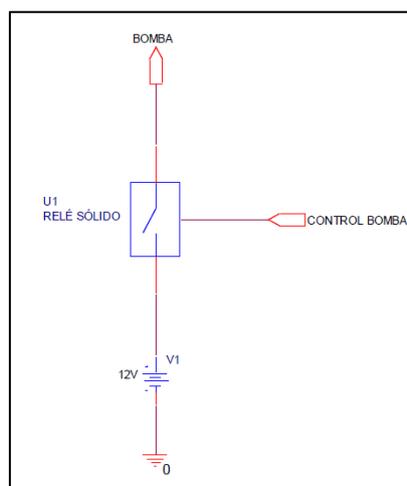


Foto circuito control bomba

Como ya se ha comentado en el bloque anterior, el DMP 331 tiene un rango de medición entre 0 y 40 bares, y un rango de salida entre 0 y 10 voltios. Este sensor estará alimentado de 12 V, tal y como se indica en su hoja de características.

2.2 SENSOR DE PRESIÓN FUERA DEL AGUA

Tomamos como referencia de presión 5 bares. Dicha presión es la máxima presión que se podrá alcanzar dentro del calderín. Esta presión nos dará una salida del sensor de 1,25 V aprox.

Al igual que en el bloque anterior, dicha salida la llevamos a un amplificador (U1):

$$V_{OUT,U1} = -(R2/R1) \cdot V_{IN,U1}$$

Donde $V_{IN,U1}$ es la salida del sensor.

Tomamos $R1 = 1 \text{ k}\Omega$ ya que queremos que la salida sean 6 voltios a 5 bares de presión:

$$R2 = (6 \times 1000) / 1,25 \quad \rightarrow \quad R2 = 4,8 \text{ k}\Omega$$

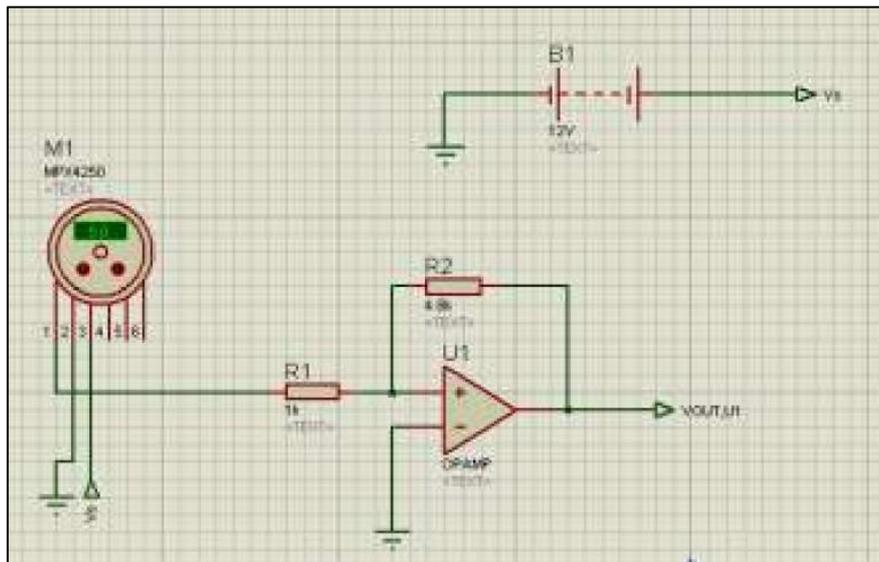


Foto Sensor Presión Aire

2.3 SENSOR DE PRESIÓN EN EL AGUA

Este sensor deberá captar más presión que el sensor colocado fuera del agua.

Las características son las mismas que para el sensor de presión colocado fuera del agua.

La salida la llevamos a un amplificador (U2):

$$V_{OUT,U2} = -(R4/R3) \cdot V_{IN,U2}$$

Donde $V_{IN,U2}$ es la salida del sensor.

Tomamos $R3 = 1 \text{ k}\Omega$ ya que queremos que la salida sean 6 voltios a 5 bares de presión:

$$R4 = (6 \times 1000) / 1,25 \quad \rightarrow \quad R4 = 4,8 \text{ k}\Omega$$

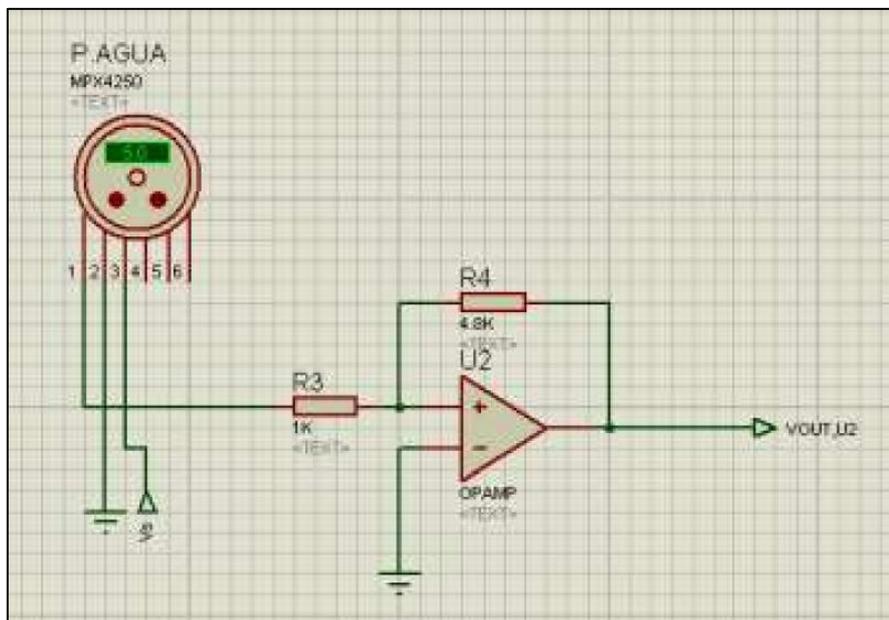


Foto Sensor Presión Agua

2.4 COMPARACIÓN DE LOS DOS SENSORES DE PRESIÓN

Finalmente, introducimos las dos tensiones obtenidas en un comparador.

Los posibles resultados del comparador U3 son:

- +15 V y -15 V: Cuando ambas tensiones obtenidas de los dos sensores sean diferentes.
- 0 V: Cuando los dos sensores obtienen la misma tensión. Por lo tanto, se habrá alcanzado el nivel mínimo de agua en el calderín.

Realmente el valor -15 V no será posible ya que la presión en el agua siempre deberá ser mayor que la del aire. En este caso, se encenderá un LED para avisar de la anomalía en el calderín.

El circuito de la alarma será el siguiente:

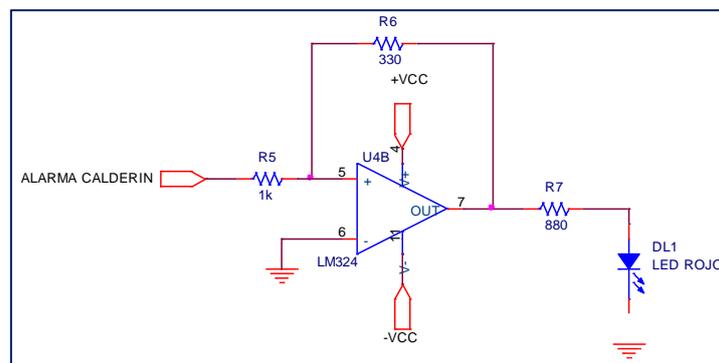


Foto Alarma Calderín

Donde :

$$V_{\text{ALARMA}} = -(R6/R5) \cdot V_{\text{IN}}$$

Si $R5 = 1 \text{ k}\Omega$

$$R6 = (5 \times 1000) / 15 \rightarrow R6 = 330 \Omega$$

2.5 ACTIVACIÓN DE LA BOMBA

Como ya se ha comentado anteriormente, tenemos dos posibles salidas: +15 V y 0 V. Sin embargo, la activación del relé es de 5 V.

Añadimos un diodo a la salida del comparador para filtrar la salida.

- +15 V : No se habrá alcanzado el nivel mínimo de agua en el calderín.
- 0 V : Se habrá alcanzado el nivel mínimo de agua en el calderín.

Suponiendo que la tensión del diodo es: 0,7 V :

$$V_{OUT} = 15 \text{ V} - 0,7 \text{ V} = 14,3 \text{ V}$$

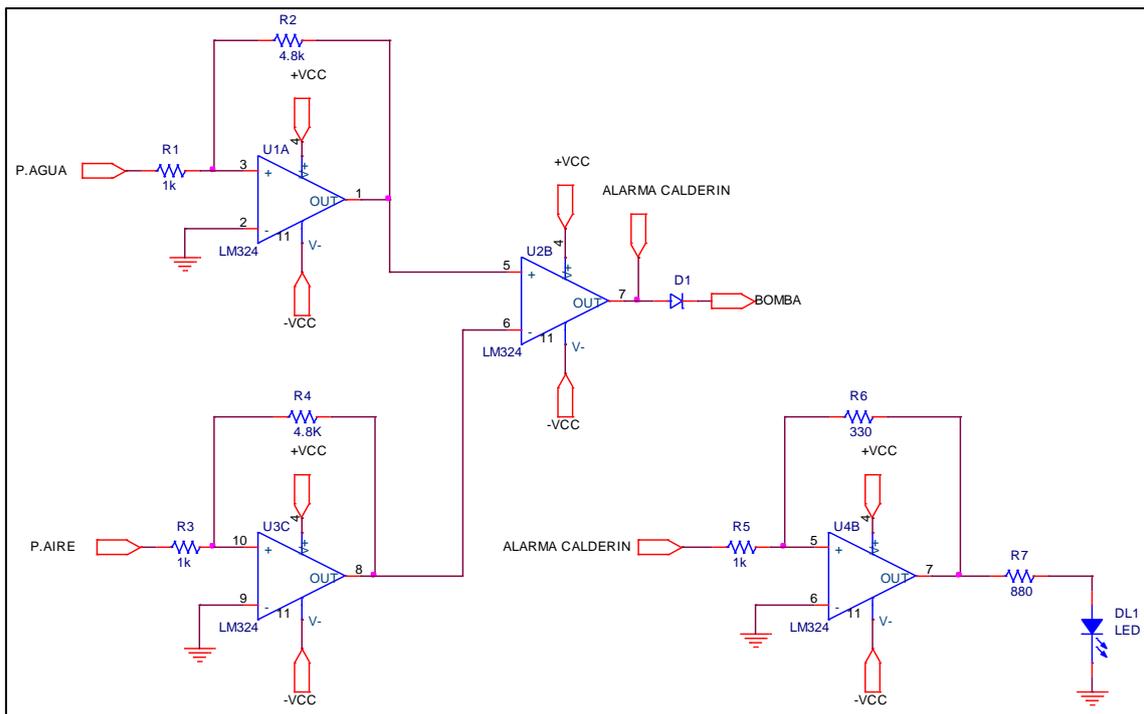


Foto Circuito Comparador de Señales

Para conseguir a la salida 0 V cuando el sensor detecta que no hay suficiente agua en el calderín y + 15 V cuando el nivel de agua sea mayor comparamos V_{OUT} con $V_4 = 14,3 V$

- Cuando $V_4 > V_{OUT} \rightarrow +15 V$
- Cuando $V_4 = V_{OUT} \rightarrow 0 V$

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

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

Donde $V_{IN, U5}$ es la salida del sensor.

Si $R_1 = 1 k\Omega$

$$R_9 = (5 \times 1000) / 15 \rightarrow R_9 = 330 \Omega$$

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

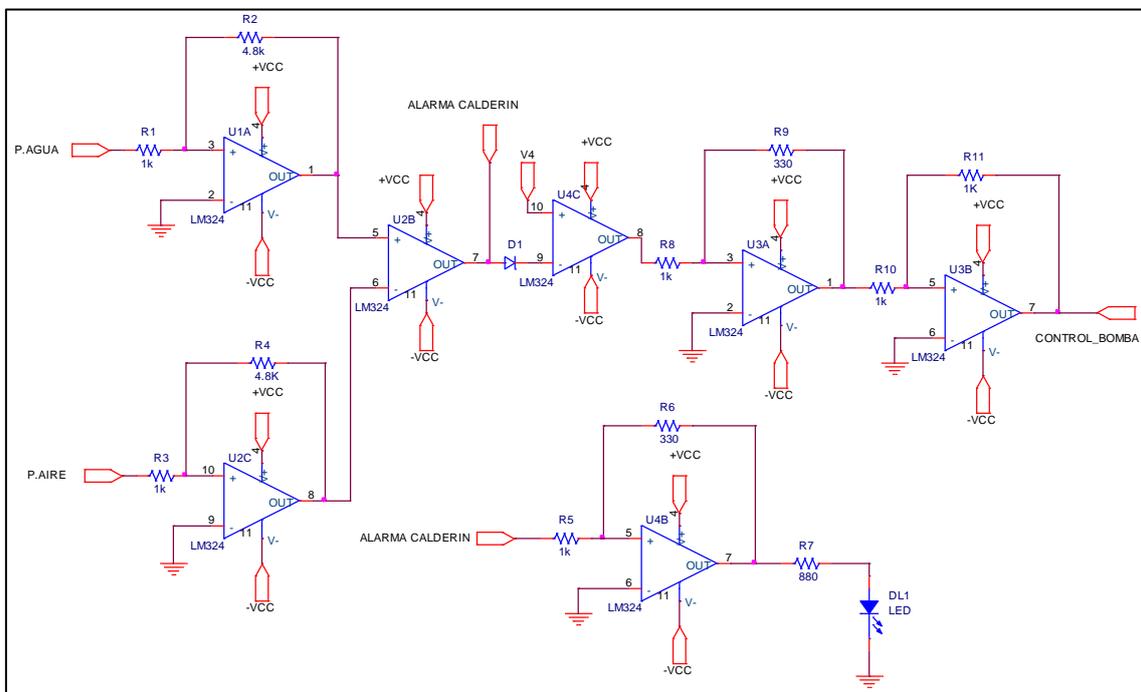


Foto Circuito Control de la Bomba

3. BLOQUE 3: CALDERÍN

3.1 PRESÓSTATO

Este dispositivo tiene la función de abrir o cerrar el circuito en función de la presión, o lo que es lo mismo, actúa como un interruptor de presión.

Podemos encontrar varios tipos de presóstatos, escogeremos nuestro presóstato dependiendo del rango de presión al que pueda ser ajustado, de la temperatura de trabajo y del tipo de fluido que vaya a medir.

En nuestro caso crearemos un presóstato mediante un sensor de presión y varios amplificadores operacionales. El sensor de presión que vamos a utilizar será el sensor de presión DMP 331.

3.2 SENSOR DE PRESIÓN

Como ya se ha comentado anteriormente, el sensor escogido es el DMP 331. Este sensor nos devuelve a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Su rango de medición es de 0 a 40 bares y a la salida de 0 a 10 V, por lo tanto para 5 bares de presión obtendremos 1.25 V aproximadamente.

3.3 VÁLVULA DE SEGURIDAD

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

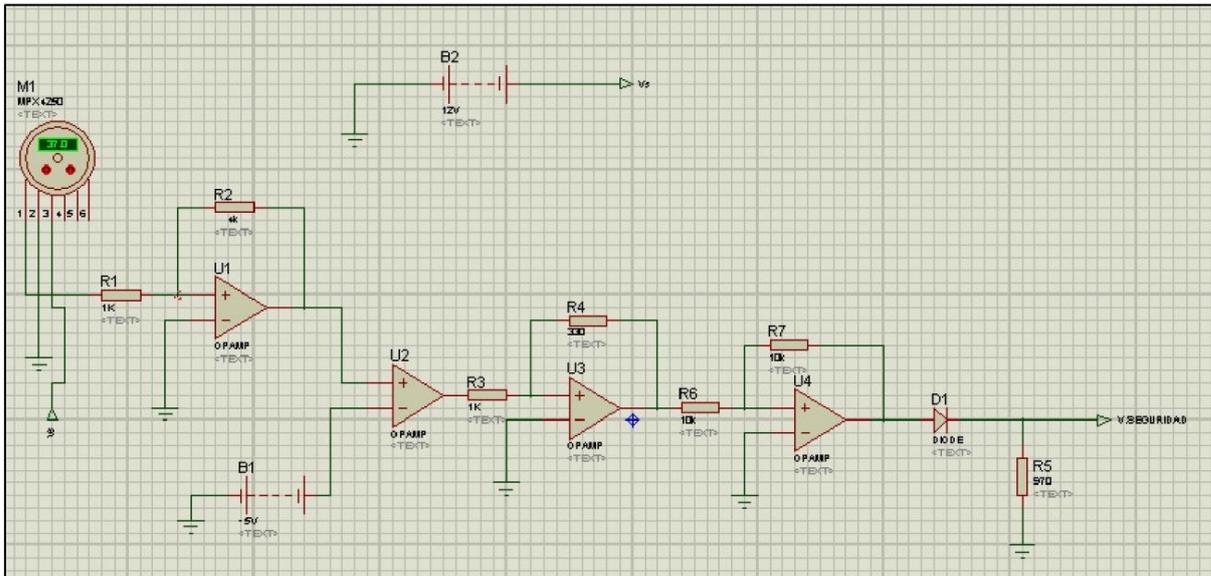


Foto Circuito Calderín

3.4 FUNCIONAMIENTO DEL CIRCUITO

El sensor de presión se encuentra alimentado a una tensión de 12 V. Este produce una tensión de salida proporcional a la entrada, que a una presión de 5 bares nos proporcionará una salida de 1,25 V aprox.

Queremos que para la presión de 5 bares se active la válvula de seguridad, aliviando así la presión del interior del calderín. Para ello, se comparará la salida del sensor con la tensión correspondiente a los 5 bares.

La salida del sensor la adaptamos con un amplificador operacional:

$$V_{OUT, U1} = - (R2 / R1) \cdot V_{IN, U2}$$

Siendo $V_{OUT, U1}$ la salida del sensor.

Como queremos que a una presión de 5 bares la tensión de salida sea 5 V, suponemos una $R1 = 1K\Omega$:

$$R2 = (5 \times 1000) / 1,25 = 4 K\Omega$$

La salida del amplificador (U1) la comparamos con una tensión constante igual a 5 V.

Conociendo que la salida U1 puede ser negativa, la tensión de comparación también será negativa. Estas son las tres posibles salidas:

- La salida del comparador será -15 V cuando la presión en el interior del calderín sea menor de 5 bares, la tensión de salida en U1 será menor de 5 V.
- La salida del comparador será 0V cuando la presión en el interior del calderín sea igual a 5 V, la tensión de salida en U1 será 5 V aprox.
- La salida del comparador será +15 V cuando la presión en el interior del calderín sea mayor de 5 bares, la tensión de salida en U1 será mayor de 5 V.

Esta salida del comparador se llevará a la entrada de otro amplificador operacional (U2).

Esto se hace para adaptar la salida de 5 V para alimentar la válvula de seguridad.

$$V_{OUT,U2} = - (R4 / R3) \cdot V_{IN,U2}$$

Siendo VIN, U2 la salida del comparador, supondremos una R3 = 1KΩ y despejando la formula queda así:

$$R4 = (5 \times 1000) / 15 = 333.33 \Omega \rightarrow 330 \Omega$$

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

Seguidamente, filtraremos la salida con un operacional seguido de un diodo, para obtener siempre valores positivos de tensión.

Esta salida alimentará la válvula de seguridad y puede estar alimentada de 0 a 10V.

Dicha salida se utilizará para indicar si la presión en el calderín es adecuada o se ha accionado la válvula de seguridad, por lo tanto, también será conectada a un pin del microcontrolador PIC16F877.

Este circuito dispondrá de un indicador tipo LED que informará del estado de presión en el calderín, encendiéndose cuando se active la válvula de seguridad.

PROYECTO FIN DE CARRERA
DISEÑO DE LA TARJETA DE CONTROL DE UN SISTEMA DE PLANCHADO INDUSTRIAL

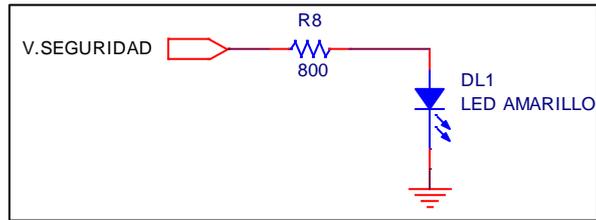
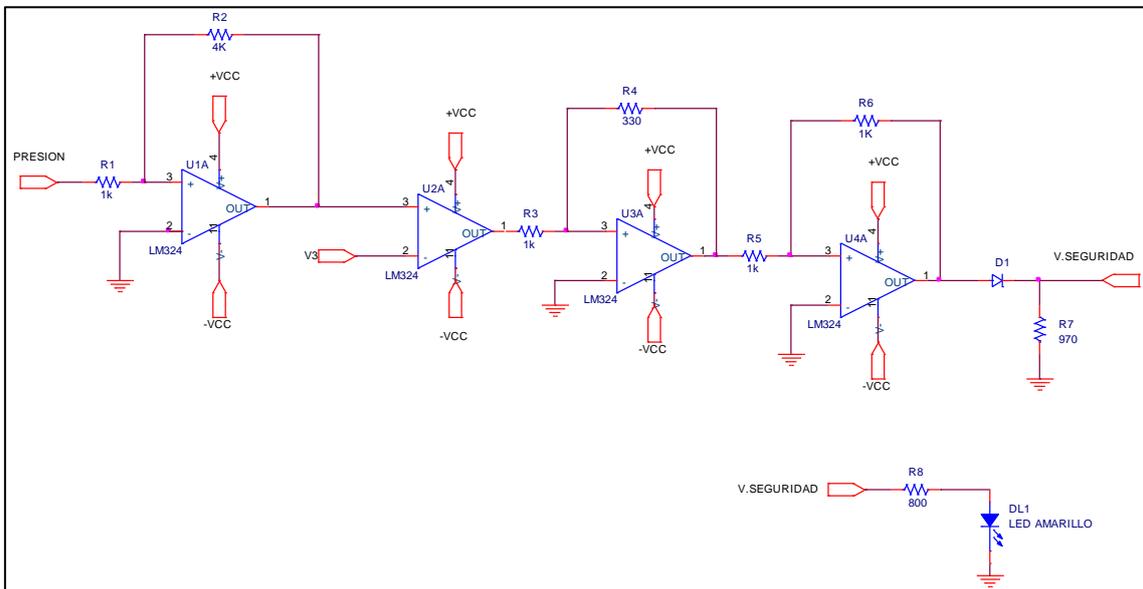


Foto Alarma del Calderín

Finalmente, el circuito quedará de la siguiente manera:



Donde V3= -5 V

3.5 CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR

El elemento calefactor es el encargado de producir vapor a presión en el calderín mediante el calentamiento de agua. Para cumplir esta función, en este proyecto hemos elegido una resistencia calefactora serie 381-0119 de DBK Enclosures, que según su hoja de características deberá alimentarse con una tensión alterna de hasta 240 V y podrá alcanzar una temperatura de hasta 200 °C.

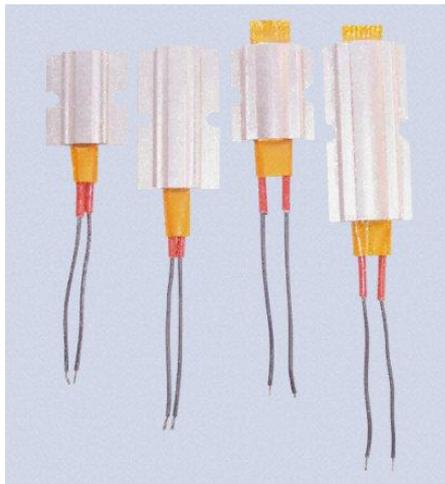


Foto Resistencia Calefactora

3.6 SALIDA DEL SENSOR DE TEMPERATURA

En este apartado mediremos la salida del sensor de temperatura, en este proyecto hemos escogido el sensor de temperatura LM35, el cual proporciona 10 mV a la salida por cada grado a la entrada. Para trabajar con mayor comodidad añadiremos un amplificador operacional a la salida del sensor.

Mediante este sensor comprobaremos el funcionamiento del elemento calefactor.

Considerando que este sensor funciona una vez obtenida una temperatura superior a 100° C, el sensor devolverá una salida de 1 V para esta temperatura.

Los datos del amplificador colocado a la salida de sensor son:

$$V_0 = - (R2/R1) \cdot V_{IN1}$$

Suponiendo una resistencia $R1 = 1 \text{ K}\Omega$

$$R2 = (5 \times 1000) / 1 = 5 \text{ K}\Omega$$

Utilizaremos un comparador para comprobar que la temperatura captada por el sensor es correcto o no. Las salidas posibles del comparador son:

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

La salida de este comparador colocaremos un diodo, con una caída de tensión de 0.7V.

Este diodo nos rectificará la salida del comparador en el que devolverá 0V para una temperatura igual o menor de 100 °C, o nos devolverá +15 V cuando la temperatura supere los 100 °C.

Si tenemos en cuenta la caída de tensión en el diodo, obtenemos este valor:

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

A la salida de este circuito se necesitan 5 V porque es una de las entradas del PIC16F877, para adaptar la salida añadiremos un amplificador operacional:

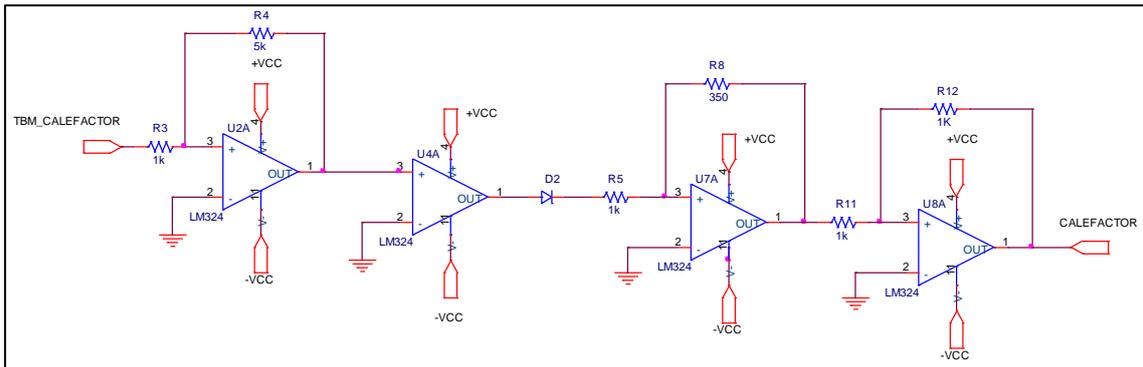
$$V_{CALEFACTOR} = - (R4 / R3) \cdot V_{IN2}$$

En donde $R3 = 1 \text{ K}\Omega$, despejando $R4$ obtenemos un valor:

$$R4 = (5 \times 1000) / 14,3 = 350 \Omega$$

Una vez establecido el circuito, este se encargará de controlar si la temperatura del calefactor es la correcta y deberá cumplir dos premisas:

- Si la temperatura es $\leq 100 \text{ °C}$ el comparador devolverá 0 V, el calefactor no funciona correctamente.
- Si la temperatura es $> 100 \text{ °C}$ el comparador devolverá 5 V, el calefactor no funciona correctamente.



3.7 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN

La resistencia calefactora estará alimentada con una tensión alterna de 140 V. Para controlar el elemento calefactor se utilizará un relé sólido (SSR) normalmente cerrado.

Según su hoja de características la tensión de activación de este relé sólido es de 5 V.

Este relé se activará o desactivará en función de la entrada CONTROL_CALEFACTOR

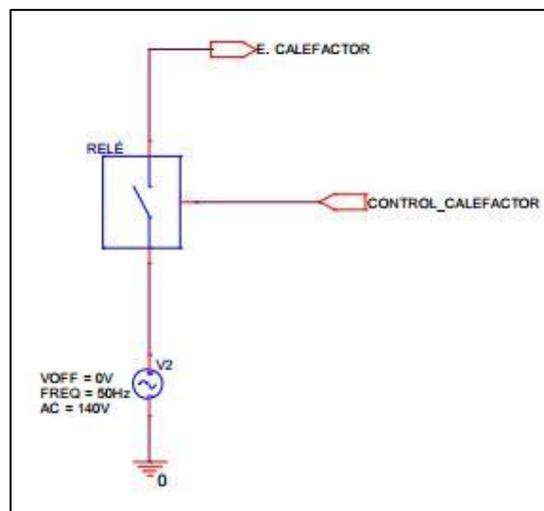


Foto Circuito de Control del Calefactor

3.8 TERMOSTATO

La entrada CONTROL_CALEFACTOR apagará o encenderá el elemento calefactor en función de la temperatura captada. Dispondremos de un sensor de temperatura (LM35) para llevar a cabo esta función.

Cuando este sensor detecte que se han alcanzado los 130 °C, el relé se abrirá, provocando que el elemento calefactor se desactive.

Queremos que elemento calefactor alcance su temperatura máxima a los 130 °C y se desconecte. Según la hoja de características este sensor proporcionará una tensión de 1.3V a una temperatura de 130°. A la salida del sensor LM35 añadiremos un amplificador operacional, el cual ampliará la salida a 5V.

$$V_{OUT} = - (R6 / R5) \cdot V_{IN3}$$

Si suponemos una $R5 = 1 \text{ K}\Omega$

$$R6 = (5 \times 1000) / 1.3 = 3,846 \text{ K}\Omega \rightarrow 3.8 \text{ K}\Omega$$

Añadiremos un comparador a la salida del amplificador para responder en función de la temperatura captada:

- El comparador devolverá -15 V cuando la temperatura captada supere los 130 °C.
- El comparador devolverá 0 V cuando la temperatura sea igual a 130 °C.
- El comparador devolverá +15 V cuando la temperatura captada sea inferior a 130 °C.

Para rectificar la salida del comparador colocaremos un diodo, de esta manera el comparador devolverá 0 V cuando la temperatura sea $\geq 130 \text{ °C}$, o devolverá +15 V cuando la temperatura sea $< 130 \text{ °C}$.

Como en el caso anterior, colocaremos un amplificador operacional a la salida del comparador, porque la señal de control del relé sólido puede alimentarse con 5 V.

Obteniendo los siguientes datos:

$$V_{\text{CONTROL_CALEFACTOR}} = - (R8 / R7) \cdot V_{\text{IN2}}$$

Despejamos suponiendo que $R7 = 1\text{K}\Omega$

$$R8 = (5 \times 1000) / 15 = 333,33 \Omega \rightarrow 330 \Omega$$

Por tanto, la salida del circuito ($V_{\text{CONTROL_CALEFACTOR}}$) responderá por un lado, devolviendo 0 V cuando la temperatura sea ≥ 130 °C, y por otro, devolverá 5 V cuando la temperatura sea < 130 °C.

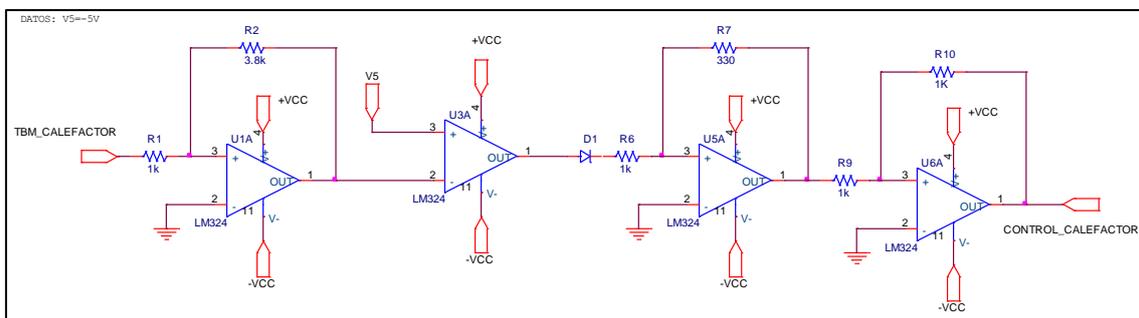
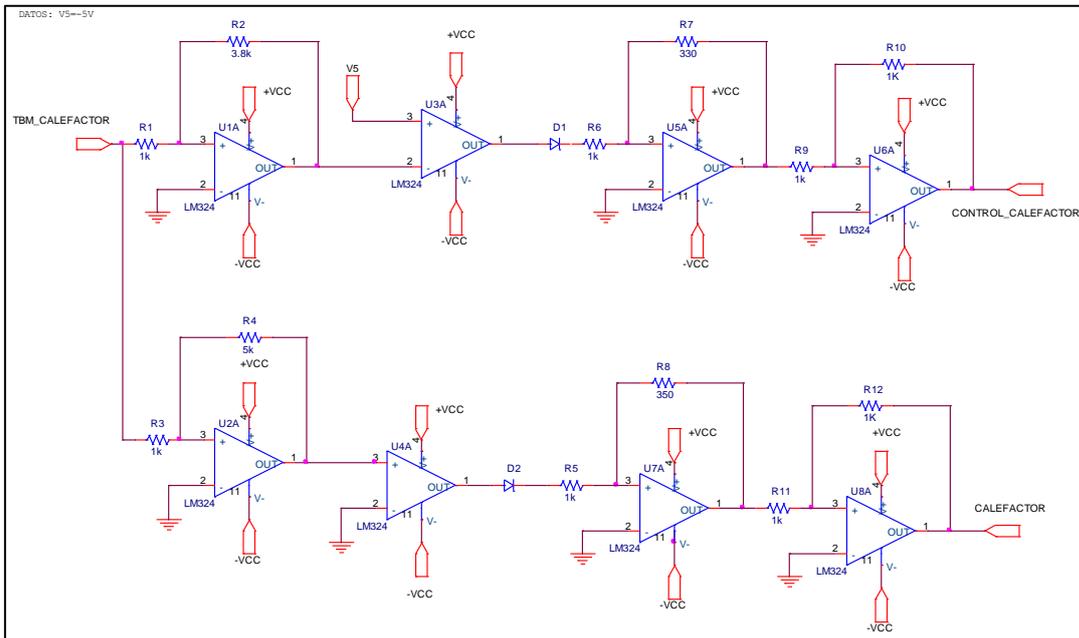


Foto Circuito de Control del Termostato

A continuación, el circuito quedará:



4. **BLOQUE 4: ELEMENTO DE PLANCHADO**

En este bloque, desarrollaremos todo lo relacionado con el elemento de planchado.

Como ya se ha comentado anteriormente, la plancha es el elemento que entrará en contacto con el tejido.

Éste constará de las siguientes partes:

- Depósito: Almacenará el vapor procedente del calderín para facilitar el planchado.
- Pie de la plancha: Es la base de la plancha, la cual estará en contacto con el tejido.
- El elemento calefactor: Será el encargado de proporcionar calor al pie de la plancha.
- Sensor de temperatura: Detectará si la temperatura de la plancha es óptima para el planchado.

A continuación desarrollaremos los elementos más importantes de este bloque.

4.1 PIE DE LA PLANCHA

Las planchas clásicas tienen suelas de aluminio (las típicas brillantes). Suelen ofrecer peores resultados, ya que se deslizan mal y la suela termina pegándose a la ropa. Las suelas cerámicas son más resistentes y antiadherentes para facilitar el deslizamiento.

Por este motivo, para nuestro proyecto el pie de la plancha estará fabricado con materiales cerámicos. De esta forma, lo haremos resistente a la corrosión y facilitaremos el planchado ya que deslizará más fácilmente sobre la superficie del tejido.

Dicho pie, tendrá agujeros repartidos por toda su superficie y, a través de ellos circulará el vapor.

4.2 TEMPERATURAS SEGURAS POR MATERIALES.

Según la norma ISO 3758, en el etiquetado de los tejidos la temperatura ideal de planchado está indicada por uno, dos o tres puntos colocados dentro de un símbolo de plancha. La norma EN 60311 establece las temperaturas que deben alcanzar las suelas de las planchas con cada uno de estos símbolos.

- Temperatura entre 70 y 120 °C. Para planchar acetato, elastano, poliamida, polipropileno.
- Temperatura entre 100 y 160 °C. Para planchar poliéster, seda, triacetato, viscosa y lana.
- Temperatura entre 140 y 210 °C. Para planchar algodón y lino.

Para nuestro proyecto lo resumiremos al primer caso, para planchar acetato, elastano, poliamida, polipropileno. Se podría ampliar en la programación en función del material que constituye las prendas a planchar.

4.3 SENSOR DE TEMPERATURA

Utilizaremos el sensor LM35. Este sensor nos dará a la salida una tensión proporcional a la entrada captada. El rango de temperaturas de este sensor es desde los 20 °C a los 150 °C, donde cada grado equivale a 10 mV a la salida. Por lo tanto, obtendremos un rango de salida entre 0,02 V y 1,3 V.

El sensor LM35 estará alimentado con una tensión de 12 V, tal como indica su hoja de características.

A continuación realizamos los cálculos necesarios de dicho sensor:

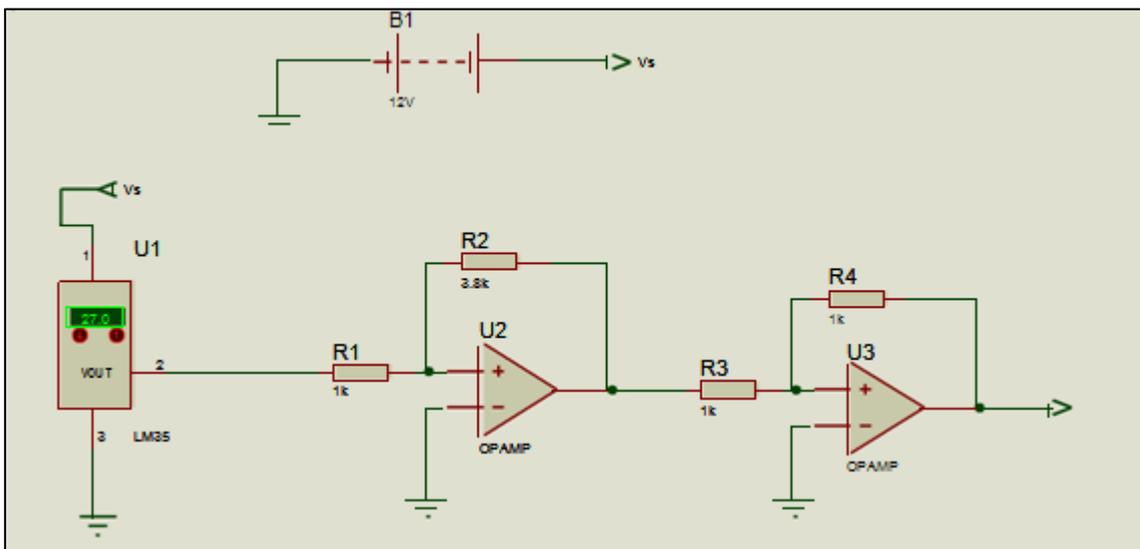
Para trabajar con valores más cómodos, a la salida del sensor añadiremos un amplificador operacional que nos permita trabajar en un rango de valores entre 0 y 5 V. Los datos del amplificador son:

$$V_{OUT,U2} = -(R2/R1) \cdot V_{IN2}$$

Donde $R1 = 1 \text{ k}\Omega$

$$R2 = (5 \times 1000) / 1,3 \rightarrow R2 = 3,8 \text{ k}\Omega$$

Como la salida de este amplificador es negativa, añadimos un amplificador operacional con ganancia unitaria:



Como ya se ha comentado, este sensor controlará si la temperatura de la plancha es óptima o no.

Según la norma EN 60311 la temperatura mínima de planchado son 70 °C. Por lo tanto, compararemos si la temperatura captada por el sensor es igual o mayor que 70°C.

Para ello, se deberá tener en cuenta que 130 ° C equivalen a 5 V y 70 °C equivaldrán a 2,66 V.

Añadimos a la salida del amplificador un diodo para rectificar la salida y así obtendremos los siguientes resultados:

- Cuando la tensión del circuito del sensor sea menor o igual que 2,66 V, la temperatura no será adecuada para planchar (la salida del comparador será 0)
- Cuando la tensión del circuito del sensor sea mayor que 2,66 V la temperatura será la adecuada para planchar (la salida del comparador será +15 V)

Para poder llevar la salida al PIC 16f877, añadimos otro amplificador que adapte la salida del comparador obteniendo los siguientes resultados:

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

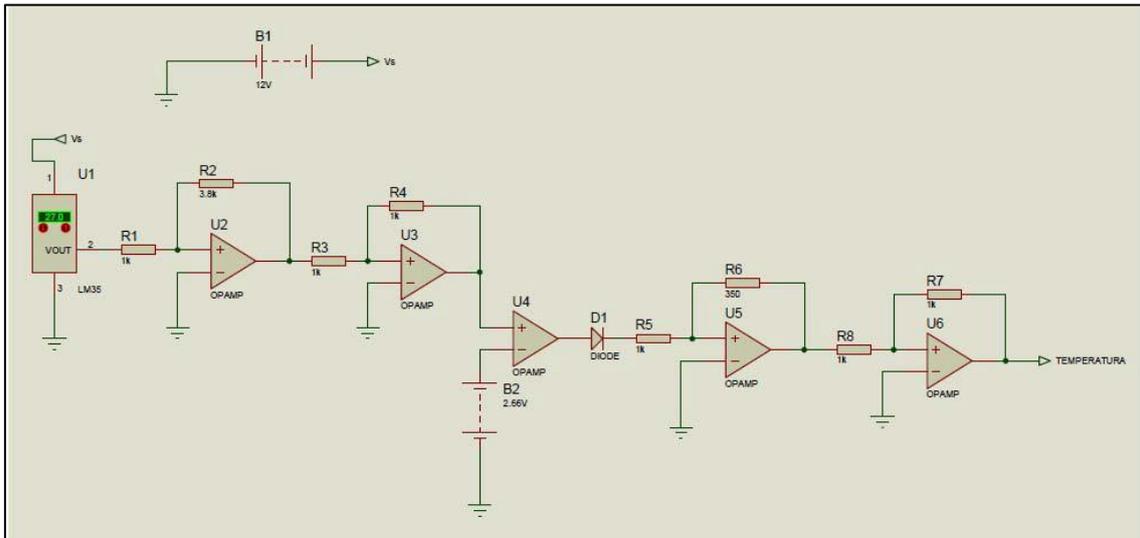
En este amplificador se deberá tener en cuenta la caída de tensión en el diodo (0,07 V):

$$V_{TEM} = -(R2/R1) \cdot V_{IN5}$$

Donde $R1 = 1 \text{ k}\Omega$

$$R2 = (5 \times 1000) / 14,3 \rightarrow R2 = 350 \Omega$$

Para que la salida sea positiva, volvemos a añadir un amplificador operacional de ganancia unitaria.



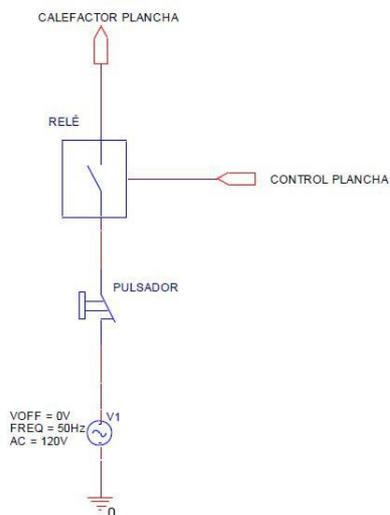
Finalmente, la salida del circuito TEMPERATURA se conectará al PIC 16F877 para indicar a través de la pantalla LCD si la temperatura es óptima.

4.4 ELEMENTO CALEFACTOR

Su función será aportar calor al pie de la plancha.

Utilizaremos un elemento calefactor de mica aislada que se encontrará en contacto con la plancha. Según su hoja de características, estará alimentado a 120 V.

El circuito correspondiente al elemento calefactor será el siguiente:



El circuito tendrá un pulsador manual para poder interrumpir la alimentación de la plancha en caso de emergencia.



4.5 TERMOSTATO

El termostato se encargará de activar o apagar el elemento calefactor por medio de la señal de control. La temperatura máxima serán 120 °C.

Utilizaremos un relé sólido (SSR), el cuál se abrirá o cerrará en función de la señal de control obtenida. Según su hoja de características, la tensión de activación del relé serán 5 V.

Para limitar la temperatura a 120 °C, utilizaremos la tensión del sensor LM35 como ya hicimos anteriormente y la llevaremos a la entrada positiva de un comparador.

Se deberá tener en cuenta que 130°C equivalen a 5 V y 120 °C equivaldrán a 4,56 V (tensión en la entrada negativa del comparador).

A la salida del comparador añadiremos un diodo para rectificar la señal, por lo tanto obtendremos + 15 V y 0 V.

Añadimos un amplificador operacional para que el margen de valores esté comprendido entre 0 V y 5 V.

$$V_{OUT, U8} = -(R10/R9) \cdot V_{IN9}$$

Donde $R9 = 1 \Omega$ y la caída de tensión del diodo = 0,7 V

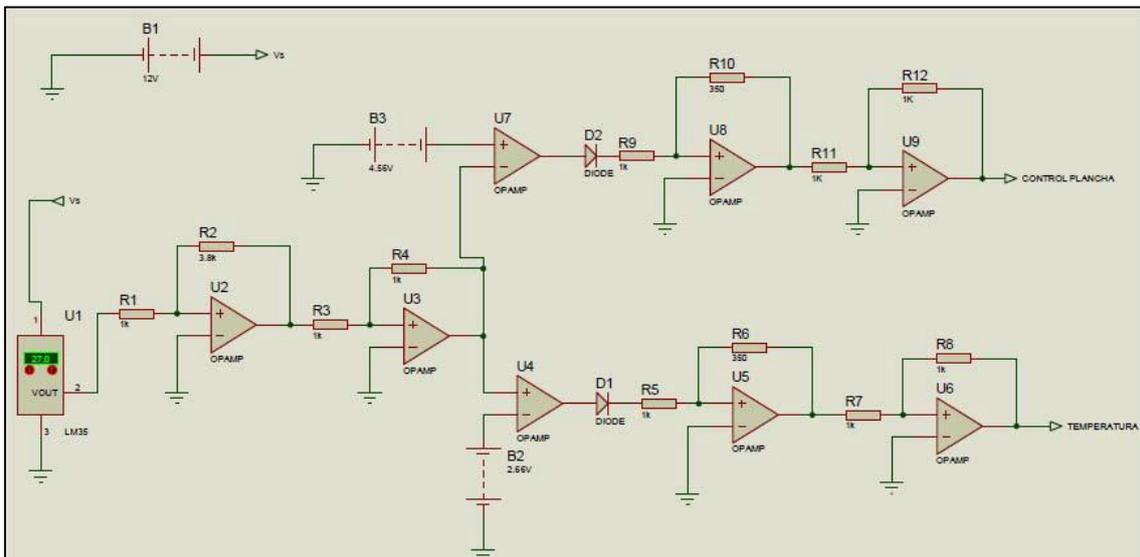
$$R10 = (5 \times 1000) / 14,3 = 350 \Omega$$

Volvemos a añadir un amplificador operacional con ganancia unitaria para que la salida sea positiva:

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

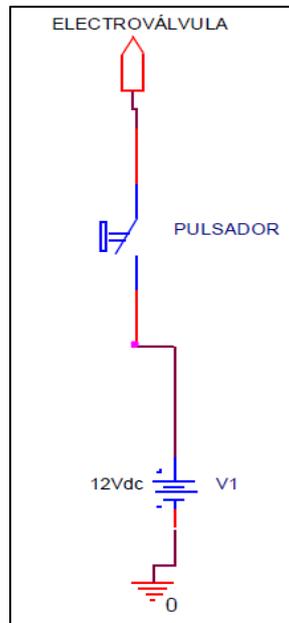
- Cuando la temperatura sea menor de 130°C, la salida CONTROL PLANCHA devolverá 5V (se activará el relé).
- Cuando la temperatura sea igual o mayor de 130°C, la salida CONTROL PLANCHA devolverá 0V (se desactivará el relé).

El circuito resultante es el siguiente:



4.6 VAPOR DE LA PLANCHA

El vapor de la plancha lo controlará una electroválvula manualmente. La electroválvula será normalmente cerrada de la marca JEFFERSON, serie 1327. Según su hoja de características estará alimentada a 12 V.



De esta forma:

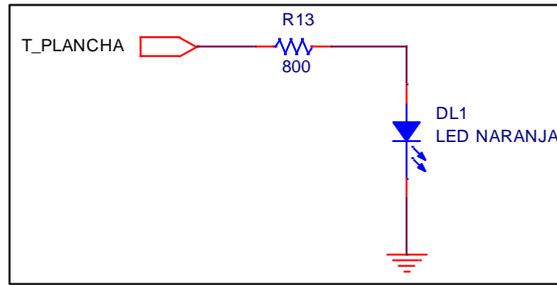
- Si el pulsador no está accionado, la electroválvula estará cerrada y, el flujo de vapor no circulará hasta la plancha.
- Si el pulsador está accionado, la electroválvula estará abierta y, el flujo de vapor circulará hasta la plancha.

4.7 INDICADOR LUMINOSO EN LA PLANCHA

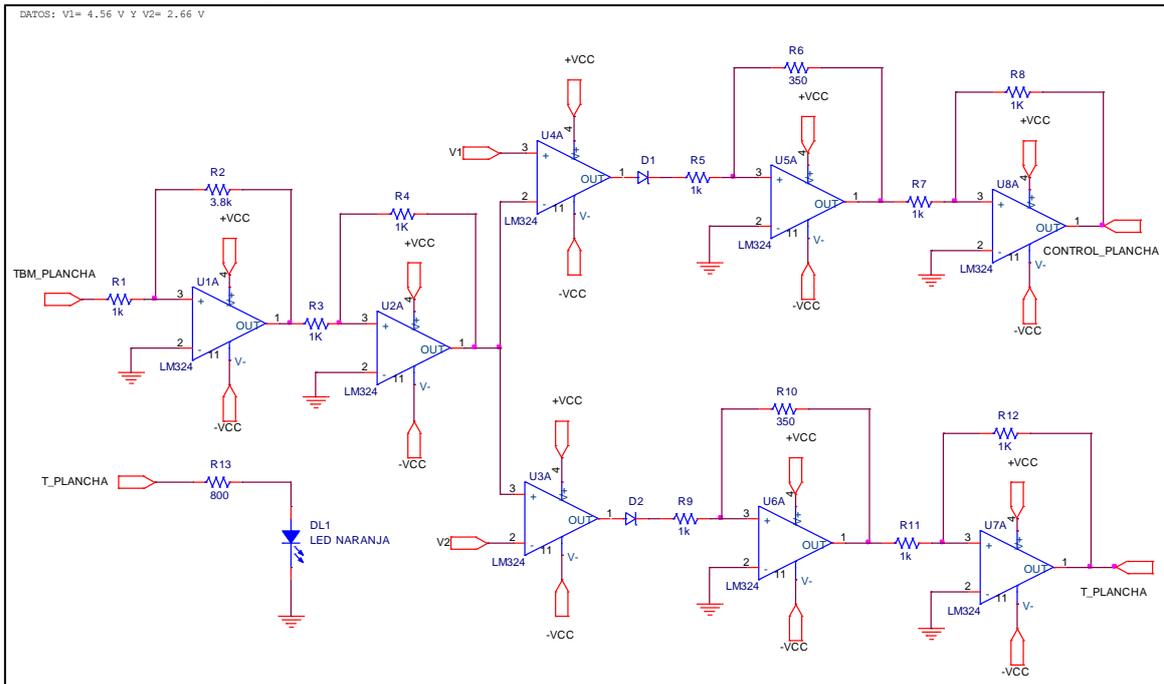
La plancha tendrá un indicador luminoso LED que indicará que la plancha ha alcanzado la temperatura óptima para planchar. Como sabemos, 70 °C será la temperatura mínima requerida para el planchado.

- Cuando el LED esté encendido, la temperatura de la plancha será mayor a 70 °C y estará preparada para planchar.
- Cuando el LED esté apagado, la temperatura de la plancha no habrá alcanzado los 70 °C y la plancha no estará preparada para planchar.

PROYECTO FIN DE CARRERA
DISEÑO DE LA TARJETA DE CONTROL DE UN SISTEMA DE PLANCHADO INDUSTRIAL



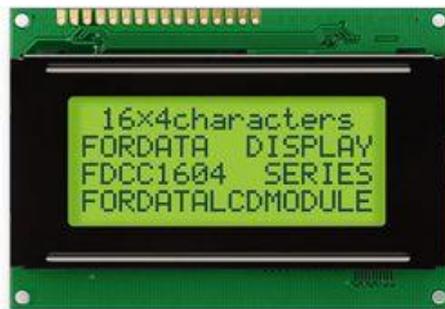
El circuito que controla la resistencia calefactora de la plancha es:



5.BLOQUE 5: PANTALLA LCD Y MICROCONTROLADOR

5.1 PANTALLA LCD

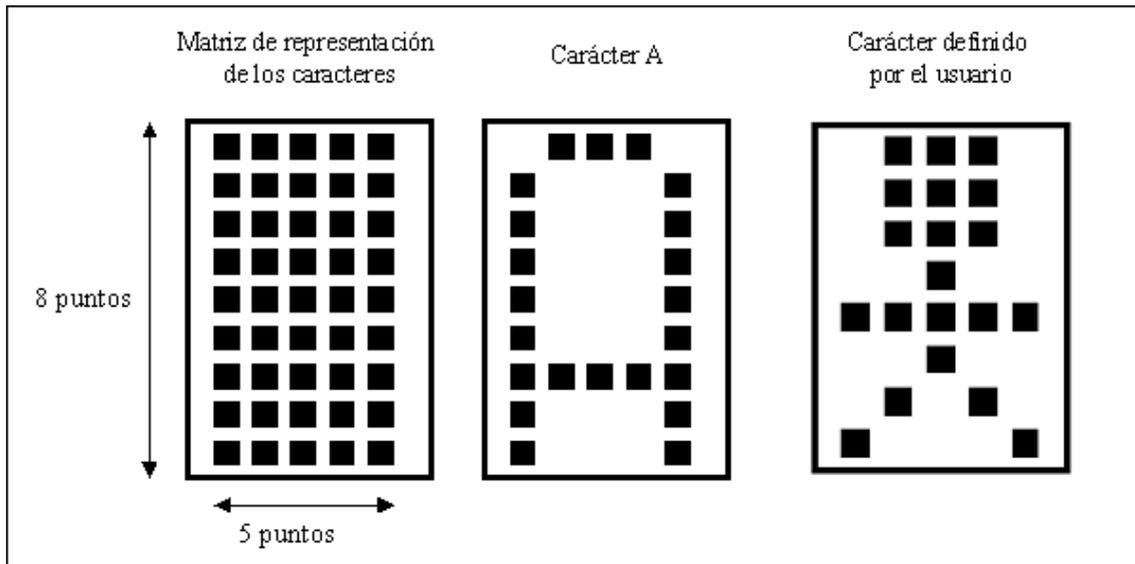
Una pantalla LCD es una pantalla de cristal líquido que visualiza unos ciertos caracteres. Para poder hacer funcionar un LCD, debe de estar conectado a un circuito impreso en el que estén integrados los controladores del display y los pines para la conexión del display. Sobre el circuito impreso se encuentra el LCD en sí, rodeado por una estructura metálica que lo protege.



En total se pueden visualizar 4 líneas de 16 caracteres cada una, es decir, $4 \times 16 = 64$ caracteres. A pesar de que el display sólo puede visualizar 16 caracteres por línea, puede almacenar en total 20 por línea. Es el usuario el que especifica qué 16 caracteres son los que se van a visualizar. Tiene un consumo de energía de menos de 5mA y son ideales para dispositivos que requieran una visualización pequeña o media.

5.1.1 Caracteres del LCD

El LCD dispone de una matriz de 5x8 puntos para representar cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres diferentes, 240 caracteres están grabados dentro del LCD y representan las letras mayúsculas, minúsculas, signos de puntuación, números, etc... Existen 8 caracteres que pueden ser definidos por el usuario.



5.1.2 Tipos de memoria del LCD

Un dispositivo LCD dispone de dos tipos de memorias ambas independientes. Estas memorias se denominan DD RAM y CG RAM.

5.1.2.1 Memoria DDRAM (Display Data RAM)

Es la memoria encargada de almacenar los caracteres de la pantalla que se estén visualizando en ese momento, o bien, que estén en una posición no visible. El display tiene una capacidad de 4 líneas horizontales por 40 caracteres cada una, de los cuales solo serán visibles 4 líneas de 16 caracteres cada una. La DDRAM tiene un tamaño de $4 \times 40 = 160$ bytes.

5.1.2.2 Memoria CG RAM (Character Generator RAM)

La CG RAM contiene los caracteres que pueden ser definidos por el usuario, es decir que pueden ser personalizados. Cada carácter esta constituido por una matriz de 5 columnas por 8 filas. De este modo, un 1 indica un punto de la matriz encendido, y un 0 apagado como se ve en la siguiente figura.

Carácter definido por el usuario	Valores a almacenar en la CG RAM	
	BINARIO	HEXADECIMAL
	01110	\$0B
	01110	\$0B
	01110	\$0B
	00100	\$04
	11111	\$1F
	00100	\$04
	01010	\$0A
	10001	\$11

5.1.3 Asignación de pines

A continuación podemos ver la asignación de pines en una pantalla LCD

Nº de PIN	Simbolo	Descripción
1	VSS	Masc
2	VDD	Alimentación
3	VC	Voltaje de ajuste del contraste
4	RS	Selección de registrc
5	R/W	Lectura/escriturc
6	E	Enable
7	D0	Bit de datos menos significativc
8	D1	Bit de dato:
9	D2	Bit de dato:
10	D3	Bit de dato:
11	D4	Bit de dato:
12	D5	Bit de dato:
13	D6	Bit de dato:
14	D7	Bit de datos mas significativc

Normalmente, en el patillaje de una pantalla LCD se suele marcar el pin 1 y el pin 14 ya que son los más importantes.

5.1.4 Secuencia de inicialización

La pantalla LCD ejecutará automáticamente una secuencia de inicio interna cuando se le aplique la tensión de alimentación y se cumplan los siguientes requisitos:

- El tiempo en estabilizarse la tensión desde 0,2 V a 4,5 V mínimos se encontrará entre 0,1 ms y 10 ms.
- El tiempo de desconexión será como mínimo de 1 ms antes de volver a conectar.

La secuencia de inicio ejecutada será la siguiente:

1. CLEAR DISPLAY
2. FUNCTION SET
3. DISPLAY ON/OFF CONTROL
4. ENTRY MODE SET
5. Se seleccionará la primera posición de la memoria RAM.

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

5.1.5 Indicaciones de la pantalla LCD

En la pantalla del LCD se mostrarán los siguientes mensajes que nos informarán del estado de nuestro sistema.

-AGUA FALTA: Indica que se ha alcanzado el nivel mínimo de agua en el depósito y, por lo tanto, tendremos que suministrar agua al depósito.

-AGUA OK: Indica que en el depósito el nivel de agua es correcto.

-T.PLANCHA BAJA: Avisa que no se ha alcanzado la temperatura adecuada de planchado (70 °C)

-T.PLANCHA OK: Indica que se ha alcanzado una temperatura superior a 70 °C y menor de 120 °C.

-CALEF. FALLA: Indica que el calefactor no ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición del agua (100°C)y, por lo tanto, no se producirá vapor en el calderín.

-CALEF. OK: Indica que se ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición y, por lo tanto, se produce vapor en el calderín correctamente.

-PRESION BAJA: Avisa que la presión alcanzada en el calderín es correcta y, por tanto, no se ha activado la válvula de seguridad.

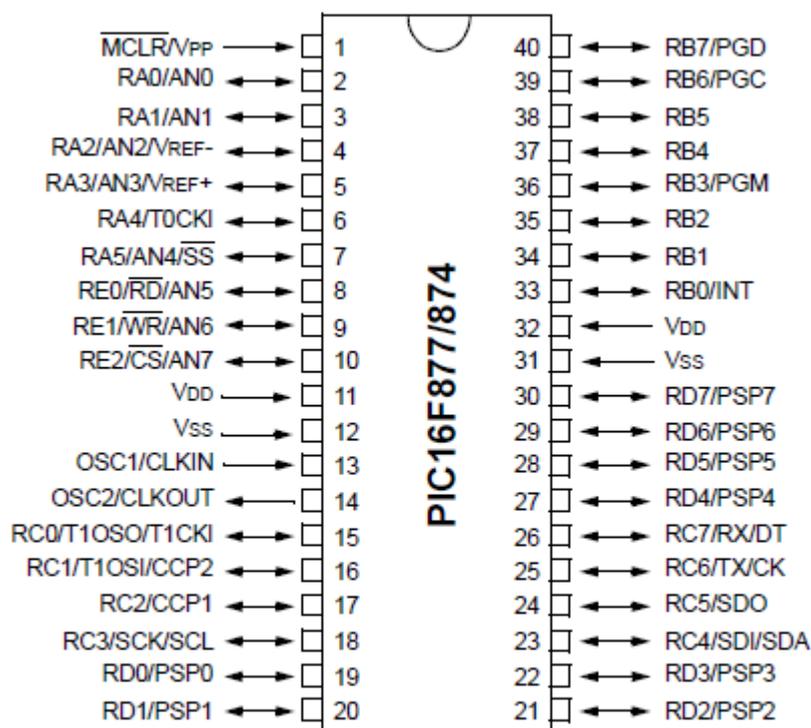
-PRESION OK: Indica que la presión del calderín es la adecuada.

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

5.2 MICROCONTROLADOR 16F877

El PIC16f877 es el mecanismo que controla toda el sistema.

En la siguiente figura se muestra a manera de bloques la organización interna del PIC16F877. Se muestra también, junto a este diagrama su diagrama de patitas, para tener una visión conjunta del interior y exterior del Chip.



El PIC 16F877 forma una subfamilia de microcontroladores PIC (Peripheral Interface Controller) de gama media de 8 bits, fabricados por Microchip.

Cuenta con una memoria de programa de tipo EEPROM Flash mejorada, lo que permite programarlos más fácilmente usando un dispositivo programador de PIC.

Las características principales de este circuito son:

- CPU de arquitectura RISC (Reduced Instrucción Set Computer)
- Set de 35 instrucciones
- Frecuencia de reloj de hasta 20 MHz
- Todas las instrucciones se ejecutan en un solo de instrucción, excepto las de salto.
- Hasta 8 Kx14 palabras de Memoria de Programa Flash.
- Hasta 368 x 8 bytes de Memoria de Datos tipo RAM
- Hasta 256 x 8 bytes de Memoria de Datos tipo EEPROM
- Hasta 15 fuentes de interrupción posibles.
- 8 niveles de profundidad en la Pila Hardware.
- Modo de bajo consumo (Sleep)
- Tipo de oscilador seleccionable (RC, HS, XT, Lp y externo)
- Rango de voltaje de operación desde 2 a 5,5 V.
- Conversor Analógico/Digital de 10 bits multicanal.
- 3 Temporizadores
- Watchdog Timer o Perro Guardián.
- 2 módulos de captura/comparación/PWM
- Comunicaciones por interfaz USART (Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter).
- Puerto paralelo Esclavo de 8 bits (PSP).
- Puerto serie Síncrono (SSP).

Mediante el programa MPLAB realizamos la programación que hará funcionar nuestro sistema y detectará las anomalías que puedan surgir.

5.3 PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA LCD

```

LIST          P=16F877
RADIX        HEX
TMRO         EQU    01 ; declaramos los registros
PLC          EQU    02
STATUS       EQU    03
PORTA        EQU    05
PORTB        EQU    06
PORTC        EQU    07
PORTD        EQU    08
PORTE        EQU    09
INTCON       EQU    0B
ADRESH       EQU    1E
ADCON0       EQU    1F
LCD_RS       EQU    0
LCD_RW       EQU    1
LCD_E        EQU    2
RETARD_1     EQU    20
RETARD_2     EQU    21
CONT_1       EQU    22
CONT_2       EQU    23
ORG          00 ; inicio del programa
CLRF        PORTA
CLRF        PORTB
CLRF        PORTC
CLRF        PORTD
MOVLW       0XFF
MOVWF       PORTA
BSF         STATUS,5 ; ponemos a 1 el bit del registro
MOVLW       B'00000000' ; STATUS (cambiamos al banco1)
MOVWF       PORTC ; ponemos a cero la salida (PORTC)
MOVLW       B'00000000
MOVWF       PORTB ; ponemos a cero la salida (PORTB)

BCF         STATUS, 5 ; ponemos a 1 el bit del registro
              ;STATUS (cambiamos al banco0)
CALL TIME_1 ; iniciamos la configuración de la
MOVLW       B'00110000' ; pantalla LCD
CALL        LCD_1
MOVLW       B'00111000' ; la rutina LCD_1 sirve para indicar que el
CALL        LCD_1 ; código que se le da es una Instrucción
MOVLW       B'00001110'
CALL        LCD_1

```

	MOVLW	B'00000110'
	CALL	LCD_1
INICIO	CALL	TIME_2
	MOVLW	B'10000000' ; comenzamos escribiendo en
	CALL	LCD_1 ; la dirección0 de la DDRAM
	MOVLW	B'01000001' ; escribimos AGUA
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'01000111'
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'01010101'
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'01000001'
	CALL	LCD_C
	BTFSS	PORTA,0 ; salta si el bit0 de PUERTA es 1
	CALL	FALTA_AGUA
	CALL	AGUA_OK
CALEF	CALL	TIME_2
	MOVLW	B'10010000' ; vamos a la dirección 16 de la DDRAM
	CALL	LCD_1
	MOVLW	B'01000011' ; escribimos CALEFACTOR en
	CALL	LCD_C ; la segunda fila
	MOVLW	B'01000001'
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'01001100'
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'01000101'
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'01000110'
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'00101110'
	CALL	LCD_C
	BTFSS	PORTA,2 ; salta si el bit2 de PUERTA es 1
	CALL	NO_CALIENTA
	CALL	CAL_OK
PLANCHA	CALL	TIME_2
	MOVLW	B'11000000' ; vamos a la dirección 64 de la
	CALL	LCD_1 ; DDRAM (cuarta fila)
	MOVLW	B'01010100' ; escribimos por pantalla PLANCHA
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'00101110'
	CALL	LCD_C
	MOVLW	B'01010000'

```

CALL      LCD_C
MOVLW    B'01001100'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01000001'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01001110'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01000011'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01001000'
CALL      LCD_C
MOVLW    B'01000001'
CALL      LCD_C
BTFSC    PORTA,3 ; salta cuando el bit3 de PUERTA sea 0
CALL     TEMP_OK
CALL     NO_TEMP

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

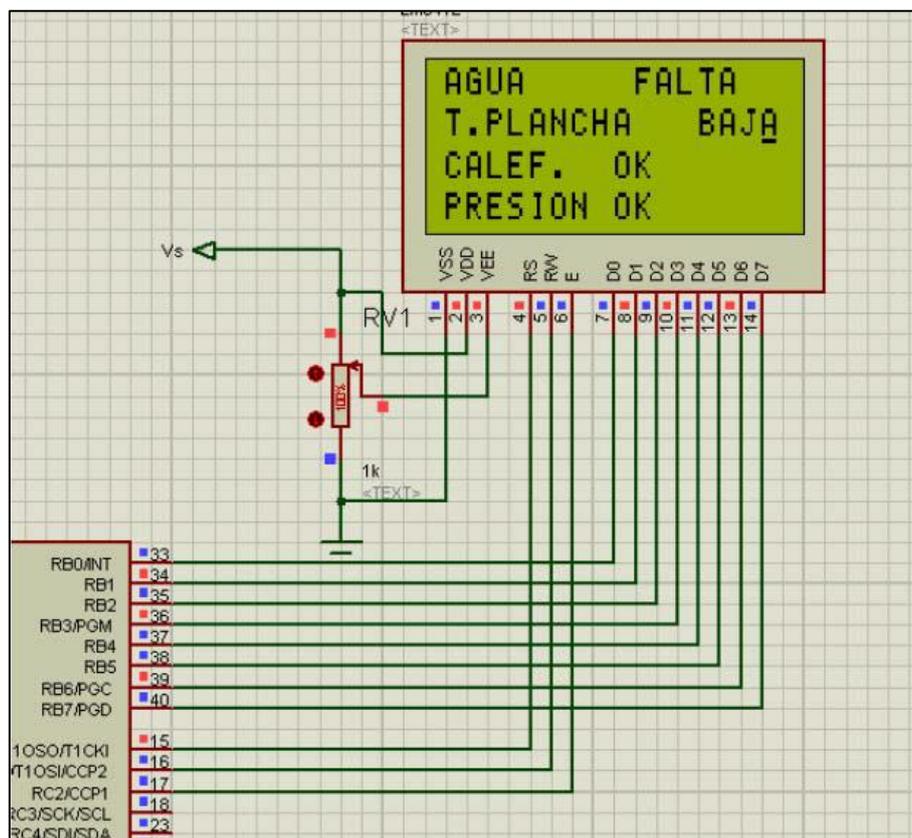
```
MOVLW    B'01000001'  
CALL     LCD_C  
  
GOTO     PRESION  
  
PRESION_OK MOVLW    B'11011000' ; vamos a la dirección 88 de la  
CALL     LCD_1 ; DDRAM (tercera fila)  
MOVLW    B'01001111'  
CALL     LCD_C  
MOVLW    B'01001011'  
CALL     LCD_C  
  
GOTO     INICIO  
  
NO_PRESION MOVLW    B'11011100' ; vamos a la dirección 92  
CALL     LCD_1 ; de la DDRAM (tercera fila)  
MOVLW    B'01000001' ; escribimos por pantalla "ALTA"  
CALL     LCD_C  
MOVLW    B'01001100'  
CALL     LCD_C  
MOVLW    B'01010100'  
CALL     LCD_C  
MOVLW    B'01000001'  
CALL     LCD_C  
  
GOTO     INICIO  
  
END
```

5.4 CIRCUITO DE CONTROL DE LA PANTALLA LCD

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

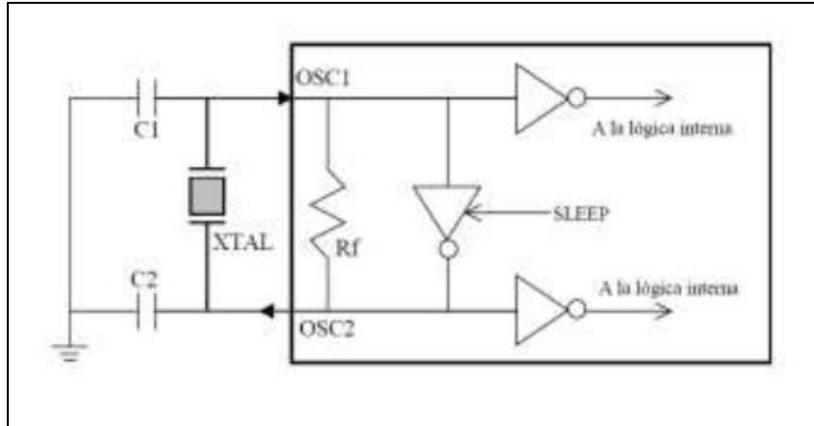
Una vez programada y configurada la pantalla, se podrá visualizar en la pantalla las instrucciones y avisos programados.

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



5.4.1 Cristal externo

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

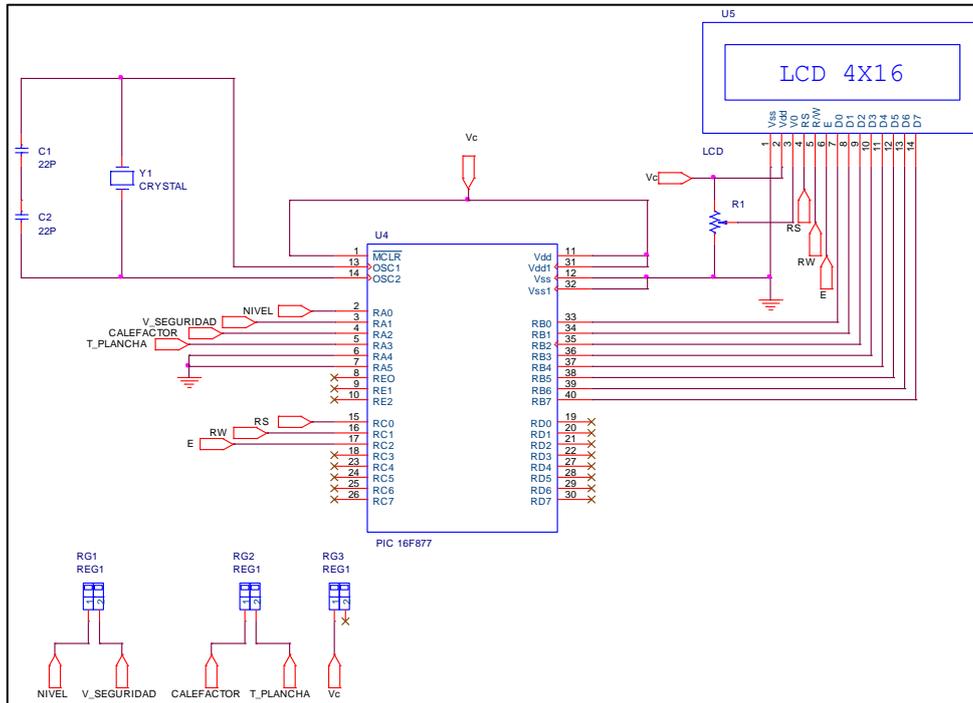


Los valores de C1 y C2 recomendables para el cristal externo (XT) dependerán de la frecuencia de oscilación que deseemos.

OSCILADOR	FRECUENCIA TÍPICA	C1	C2
XT	100 KHZ	86 a 150 pF	68 a 100 pF
XT	2 MHZ	15 a 30 pF	15 a 30 pF
XT	4 MHZ	15 a 30 pF	15 a 30 pF

Por lo tanto, elegimos una frecuencia de 4 MHz y un condensador de 22 pF.

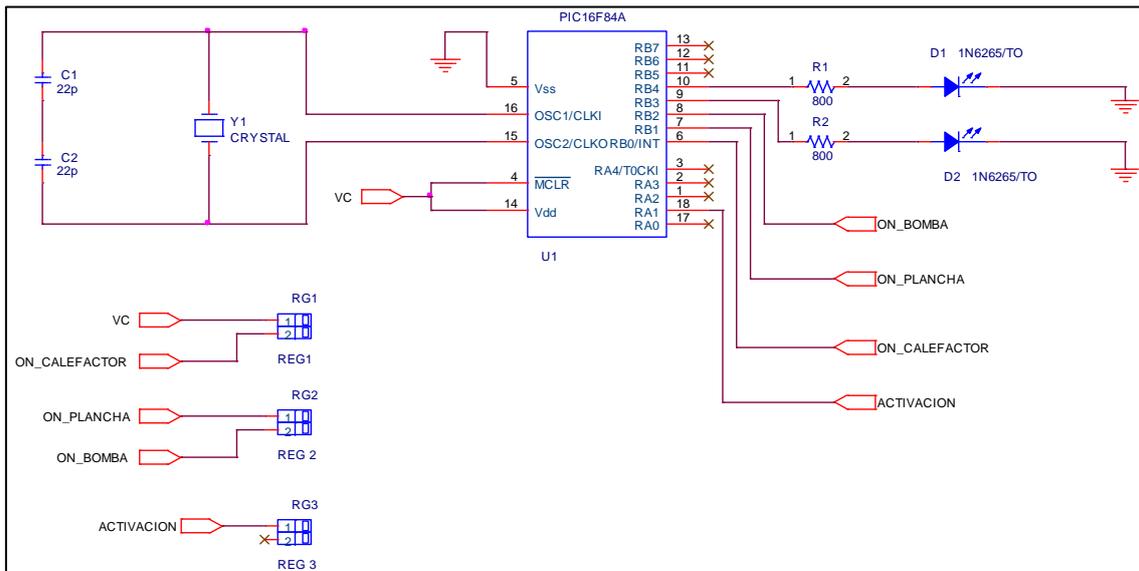
A continuación, se muestra el circuito final del control de la pantalla LCD:



5.5 CONTROL DEL ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA.

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 apagará los LED'S L1 y L2.



Circuito de Accionamiento del Sistema

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 S108T02 de Sharp.

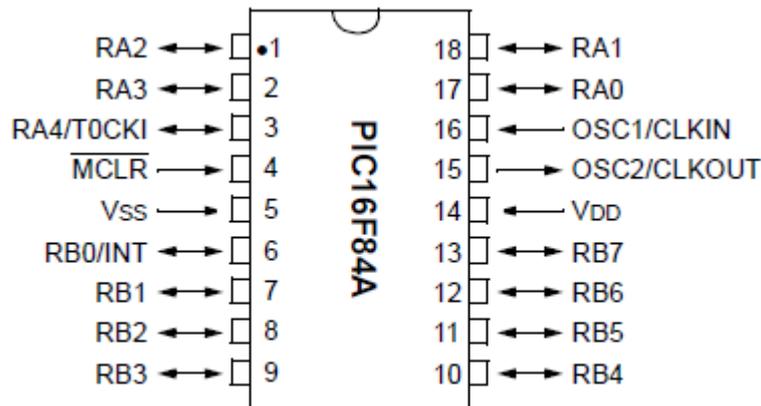


Foto del Relé en estado sólido (SSR)

5.5.1 Microcontrolador 16F84

Este dispositivo tiene la función de activar el sistema.

El PIC 16F84 es un microcontrolador a 8 bits de la familia PIC perteneciente a la Gama Media.



Sus características más importantes son:

- Memoria Flash de programa (1Kx 14 bits)
- Memoria EEPROM de datos (64 x 8 bits)
- Memoria RAM (68 registros x 8 bits)
- Un temporizador/contador (timer de 8 bits)
- Un divisor de frecuencia
- Varios puertos de entrada-salida (13 pines en dos puertos, 5 pines el puerto A y 8 pines el puerto B)
- Manejo de interrupciones (de 4 fuentes)
- Perro guardián (Watchdog)
- Bajo consumo
- Frecuencia de reloj externa máxima 10 MHz
- No posee convertidores analógico/digital ni digital/analógico
- Pipe-line de 2 etapas, 1 para búsqueda de instrucción y otra para la ejecución de la instrucción (los saltos ocupan un ciclo más)
- Repertorio de instrucciones reducido (RISC), con tan solo 30 instrucciones distintas.
- 4 tipos distintos de instrucciones, orientadas a byte, orientadas a bit, operación entre registros, de salto.

- Puede ser programado tanto en lenguaje ensamblador como en Basic y principalmente en C.
- Posee una ULA (Unidad Lógica Aritmética) limitada que impide hacer cálculos matemáticos básicos.
- La memoria de datos no se puede acceder completamente en un único registro sino que se debe acceder por bancos, por lo que no se puede sobrescribir algún registro en el banco 0.

5.5.2 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

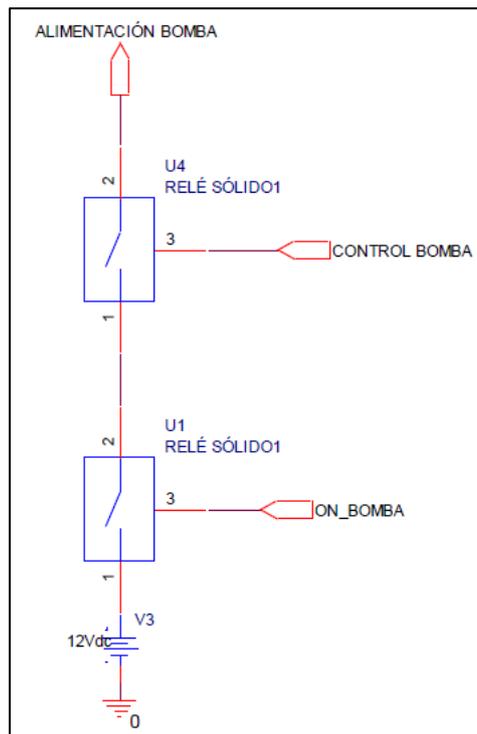
```
ENCIENDE    MOVLW    B'11111000'  
            MOVWF    PUERTAB  
            GOTO     INICIO  
  
            END
```

5.5.3 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:



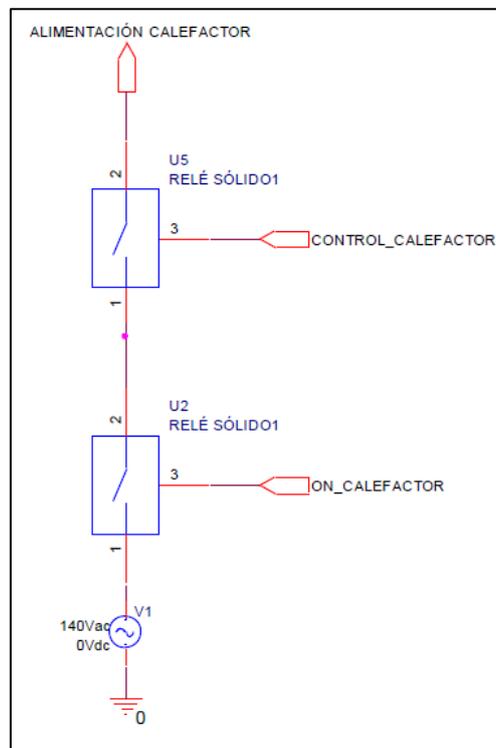
Esquema de activación de la bomba

5.5.4 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.

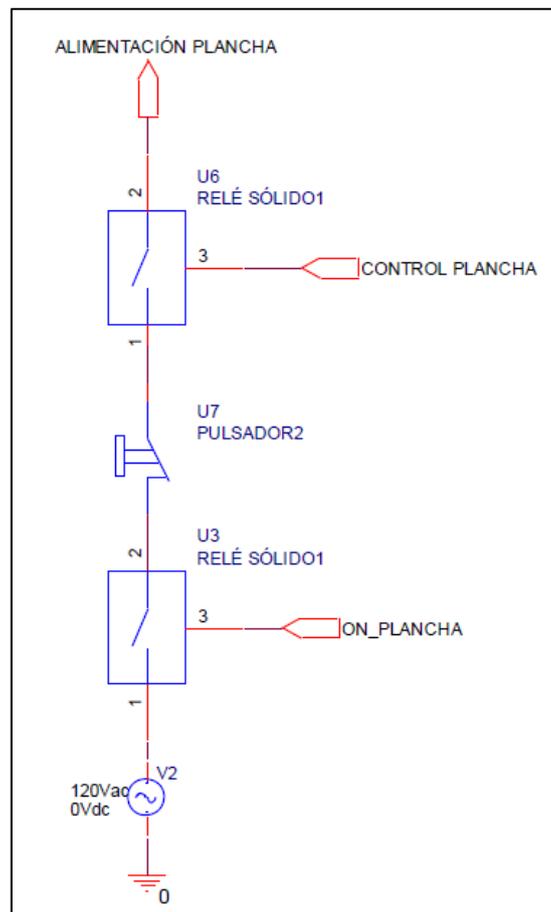


5.5.5 Alimentación de la plancha

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.

6.BLOQUE 6: TUBERÍAS

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

Cuando la tubería es sometida a una presión interna, se induce una tensión hidrostática en la pared de la cañería.

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

6.1 TUBERÍAS DESDE EL DEPÓSITO A LA CALDERA

Las tuberías que comunican el depósito de agua con la caldera serán de polietileno (HDPE), el tipo PE 100. Se ha elegido el polietileno por las siguientes ventajas:

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

Es importante destacar que las tuberías de polietileno pueden soportar líquido y gases a baja temperatura.

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 CARACTERÍSTICAS PE100

En las tuberías a presión hay que tener en cuenta el espesor de las paredes. Este espesor nos lo da la siguiente ecuación:

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

Donde:

PN = presión nominal, MPa

D = diámetro externo de la tubería, mm.

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

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

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

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

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

Por lo tanto, como la presión de tarado de la válvula es 5 bares, supondremos que la presión nominal (PN) es igual a 5.2 bares aproximadamente.

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

$$e = (5,2 \times 100) / (2 \times 80 + 5,2) \rightarrow e = 3,14 \text{ mm}$$

Por lo tanto, para la comunicación entre la caldera y el depósito de agua, utilizaremos tuberías de polietileno de 40mm de diámetro y de espesor 3,14mm.

6.2 TUBERÍAS DE LA CALDERA A LA PLANCHA

Como las tuberías de polietileno no soportan altas temperaturas, no serán adecuadas para comunicar el vapor que suministra la caldera a la plancha.

Para este caso se utilizarán tuberías de polipropileno. Éste material se caracteriza por:

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

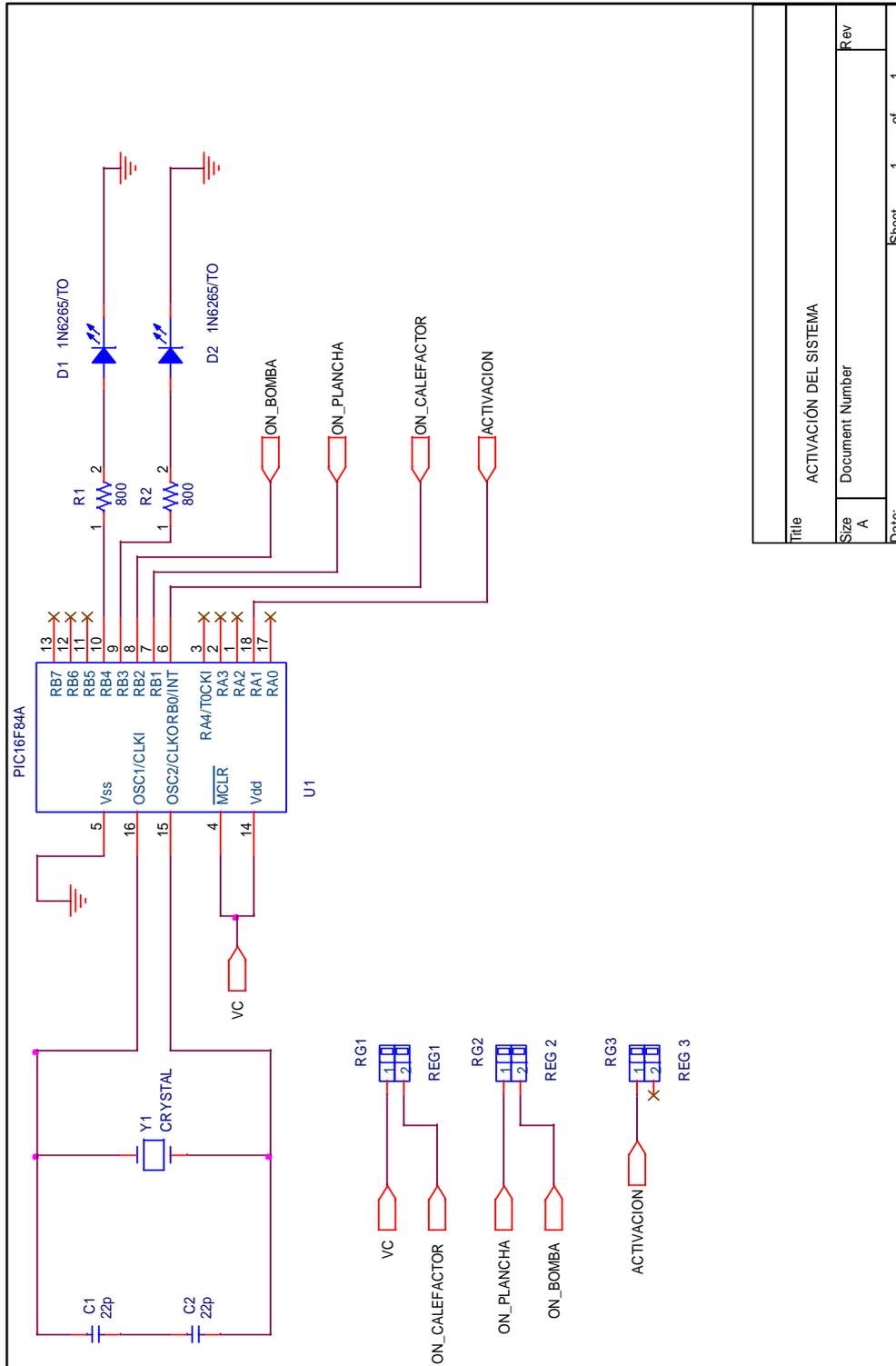
Para la comunicación entre la caldera y la plancha elegiremos una tubería de polipropileno de diámetro 40mm y con espesor de 3,14 mm aproximadamente.



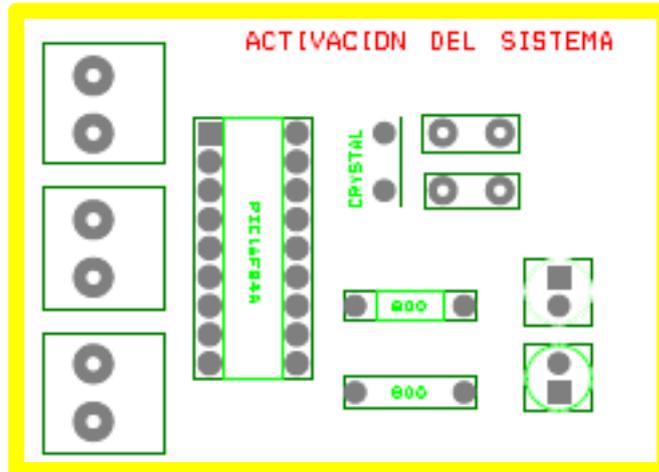
IV.PLANOS

1. PLANO 1: ACTIVACIÓN DEL SISTEMA

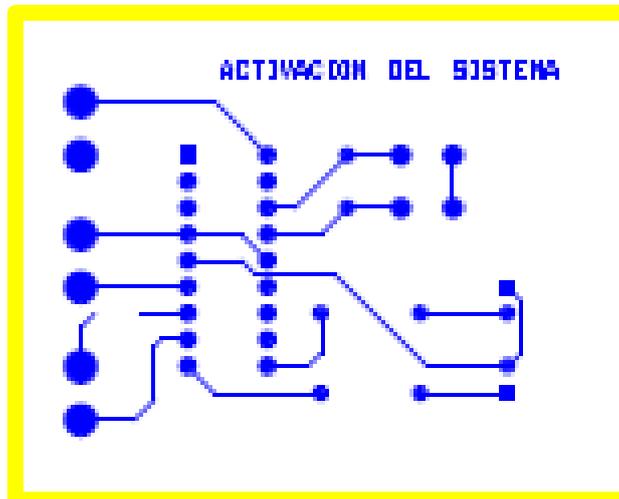
1.1 ESQUEMA EN ORCAD CAPTURE



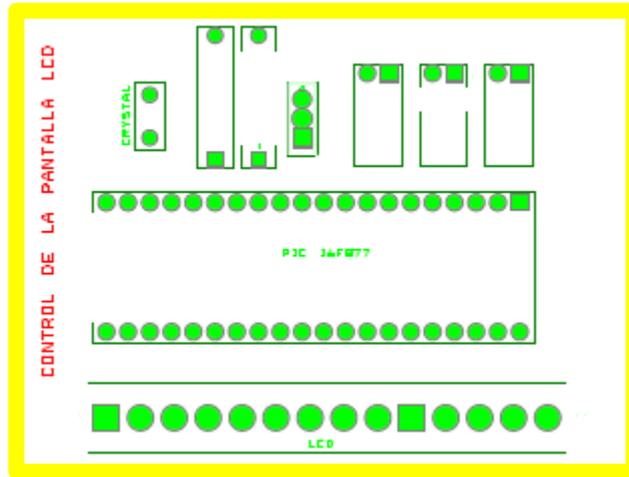
1.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES



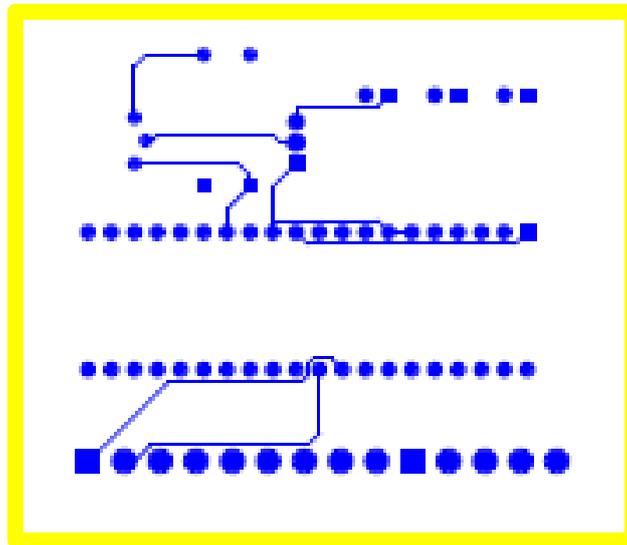
1.3 CAPA BOTTOM DE LAYOUT



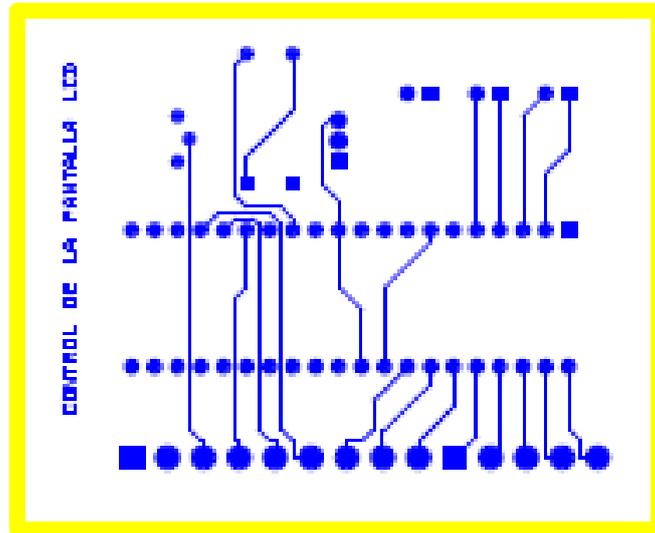
2.2 DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES



2.3 CAPA TOP DE LAYOUT

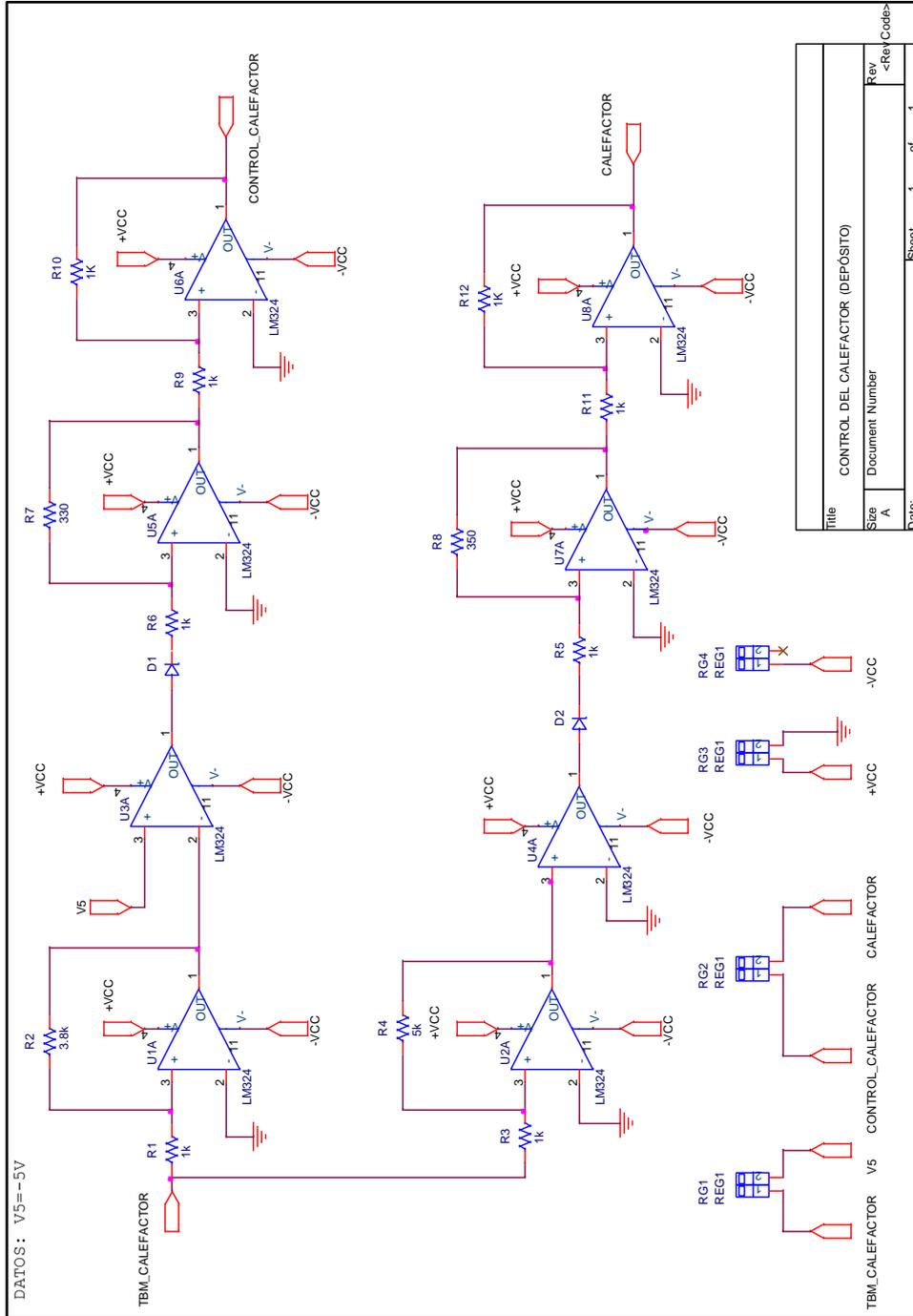


2.4 CAPA BOTTOM DE LAYOUT

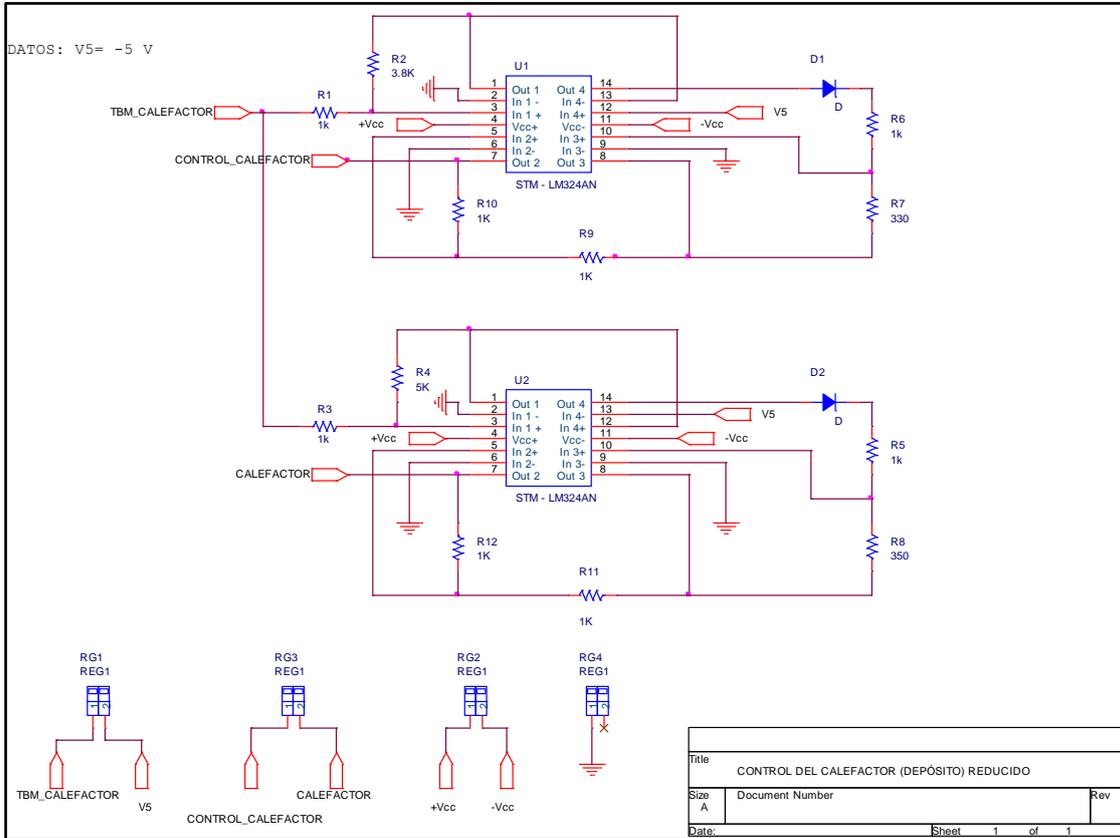


3. PLANO 3: CONTROL DEL CALEFACTOR DEL DEPÓSITO

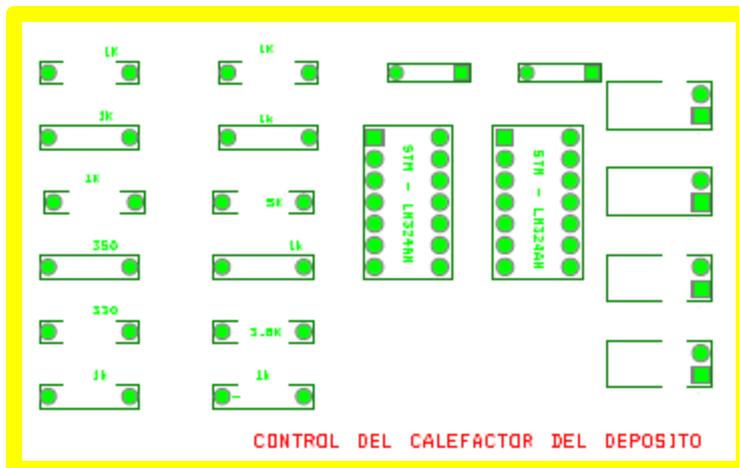
3.1 ESQUEMA EN ORCAD LAYOUT



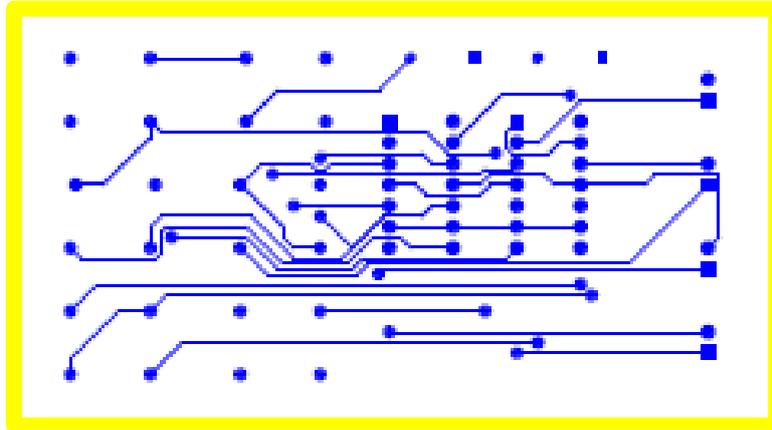
3.2 ESQUEMA ORCAD CAPTURE (REDUCIDO)



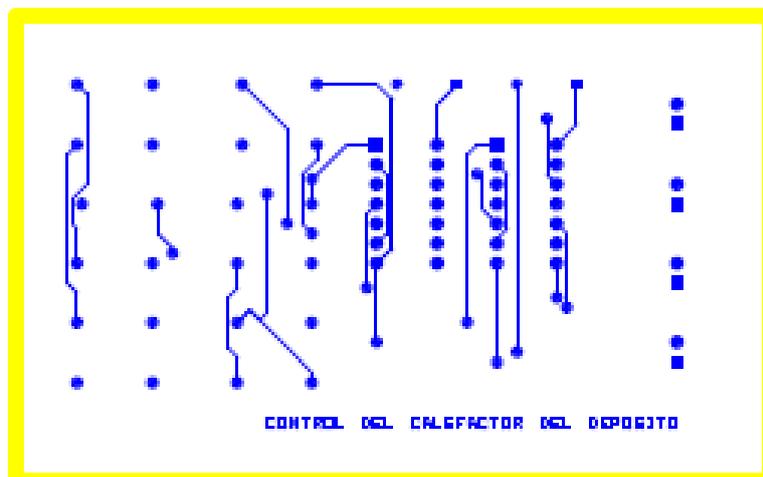
3.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES



3.4 CAPA TOP DE LAYOUT

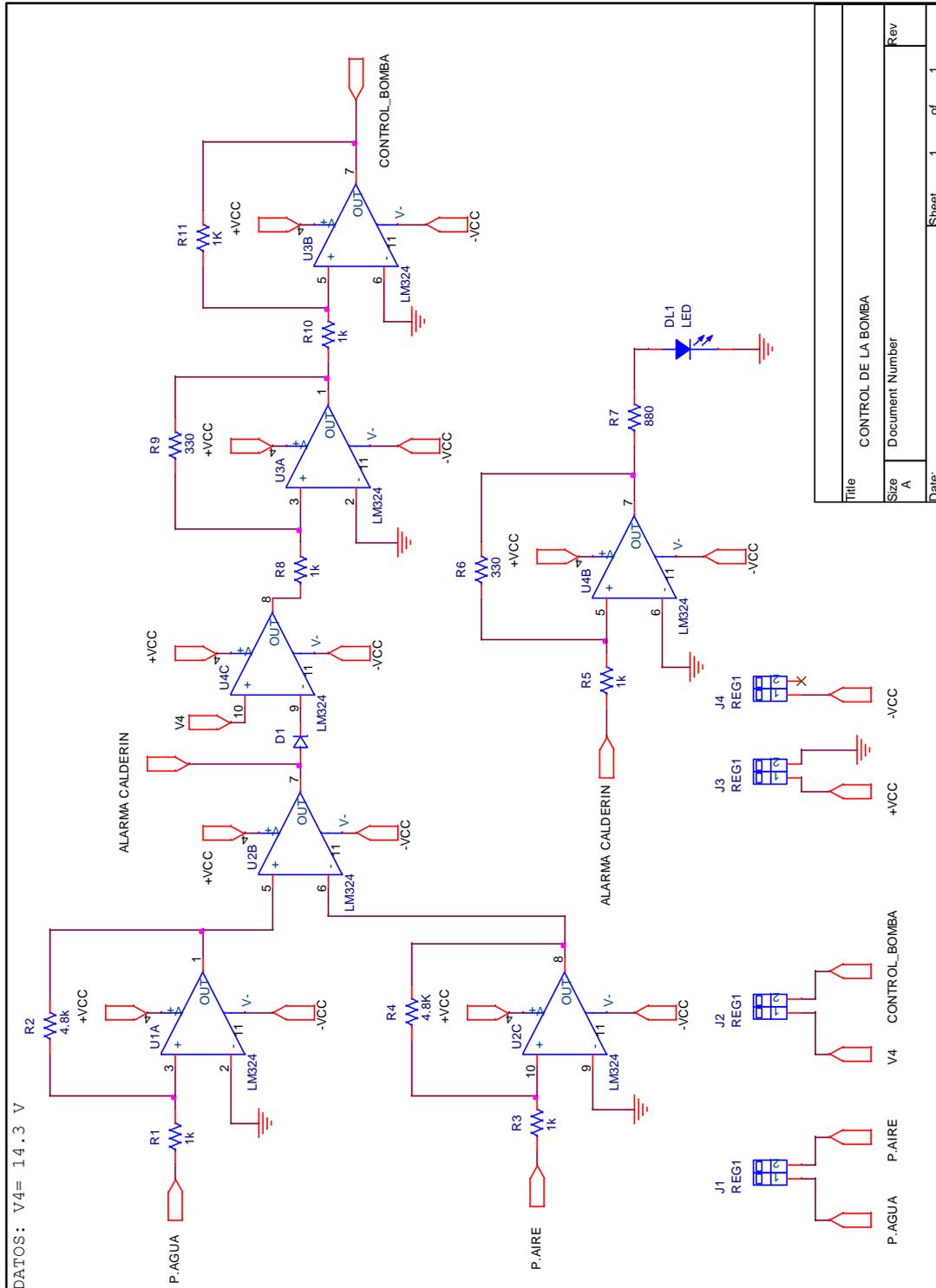


3.5 CAPA BOTTOM DE LAYOUT

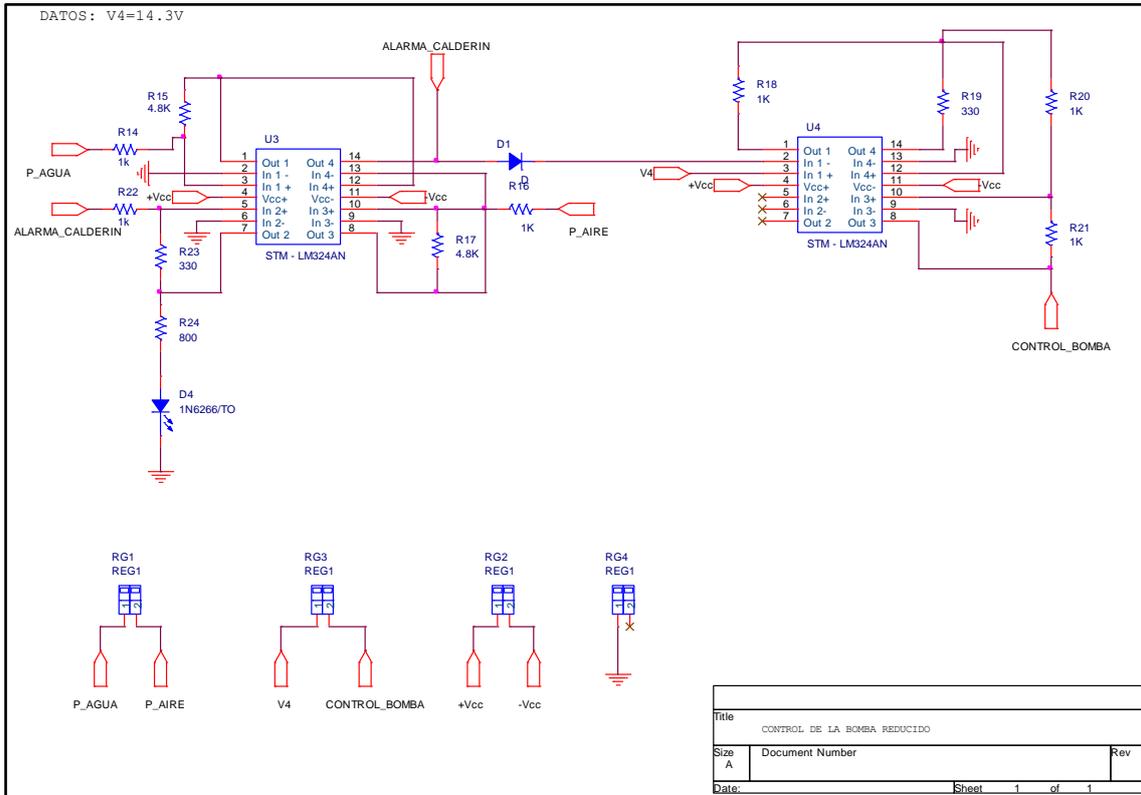


4. PLANO 4: CONTROL DE LA BOMBA

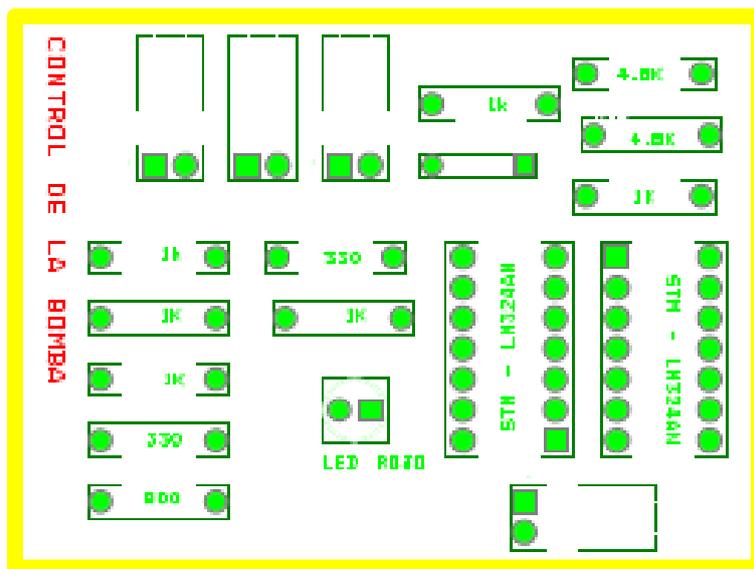
4.1 ESQUEMA ORCAD CAPTURE



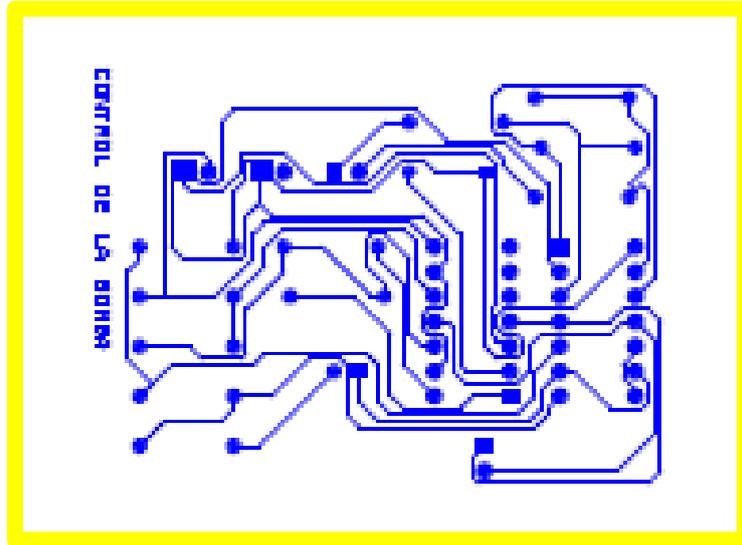
4.2 ESQUEMA EN ORCAD CAPTURE (REDUCIDO)



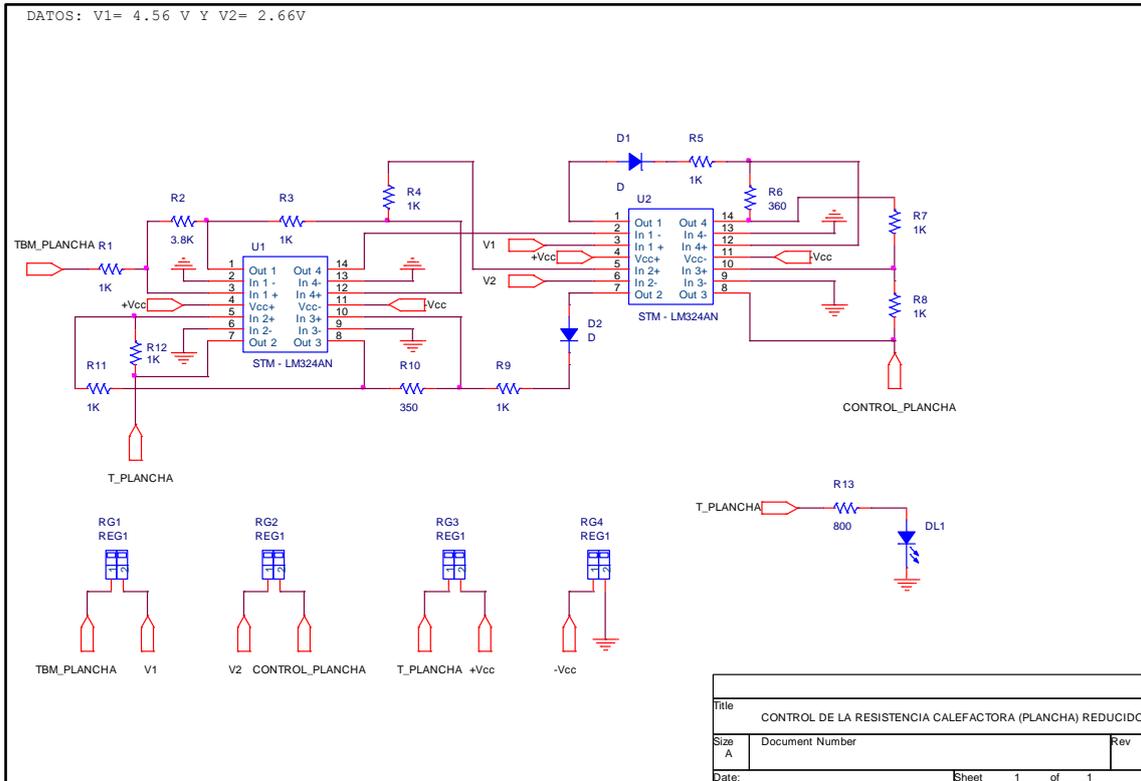
4.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES



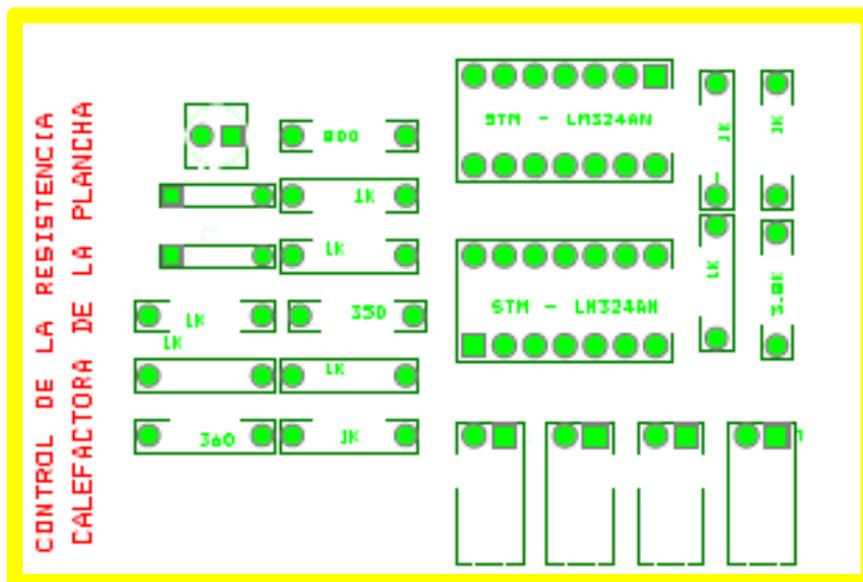
4.4 CAPA BOTTOM DE LAYOUT



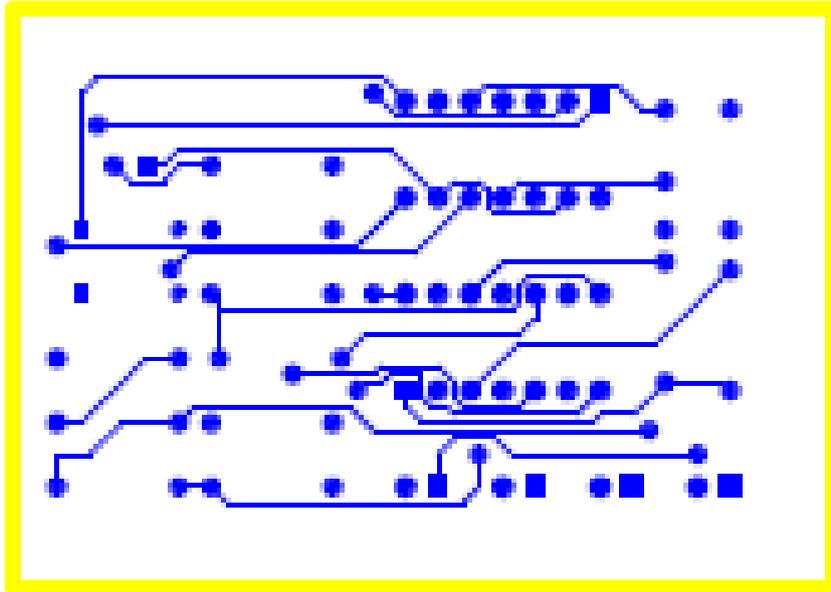
5.2 ESQUEMA ORCAD CAPTURE (REDUCIDO)



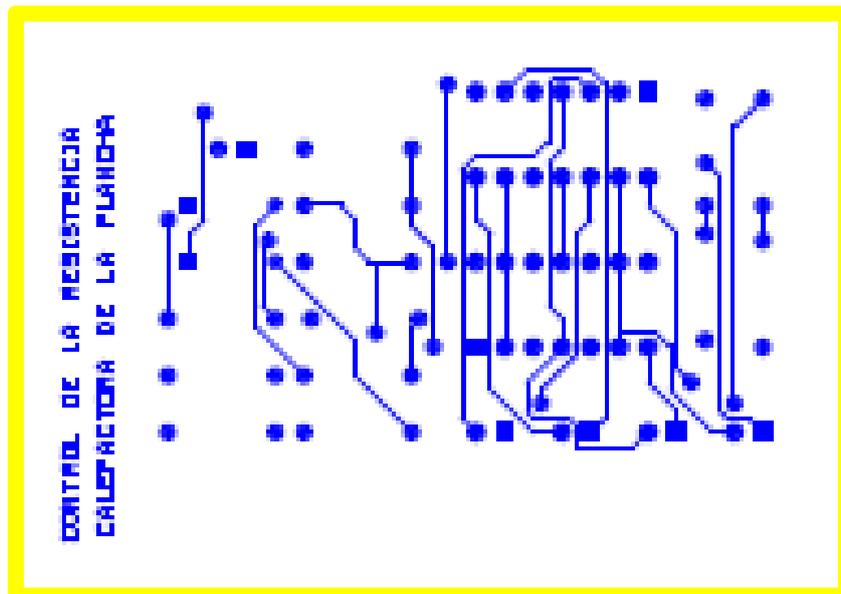
5.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES



5.4 CAPA TOP DE LAYOUT

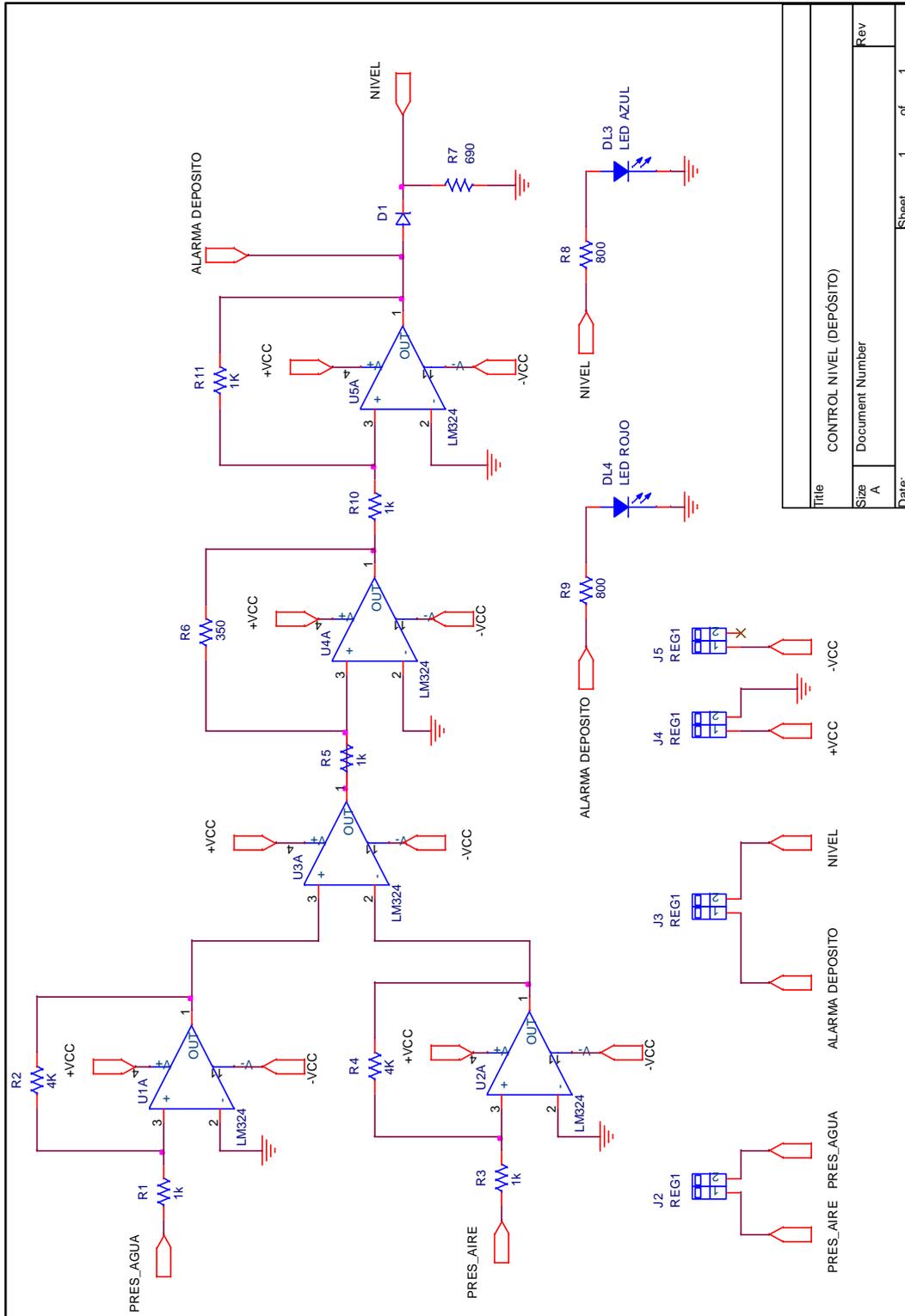


5.5 CAPA BOTTOM DE LAYOUT

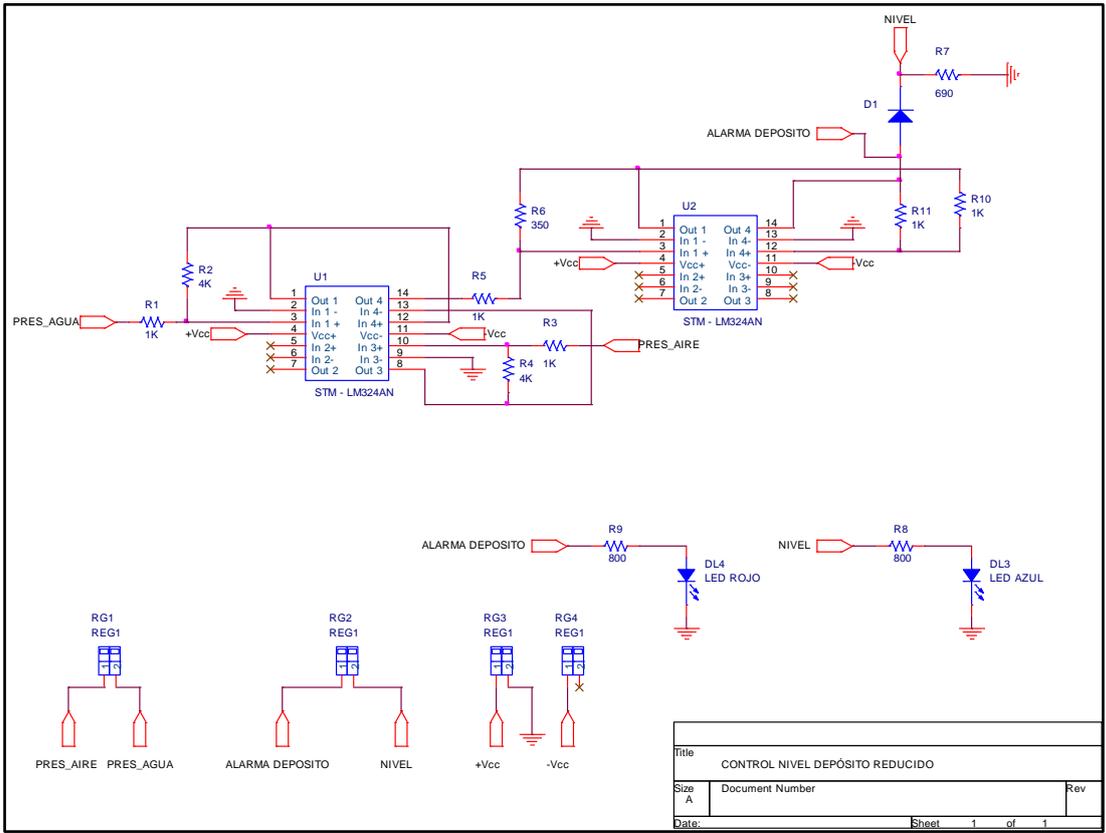


6. PLANO 6: CONTROL DEL NIVEL DEL DEPÓSITO

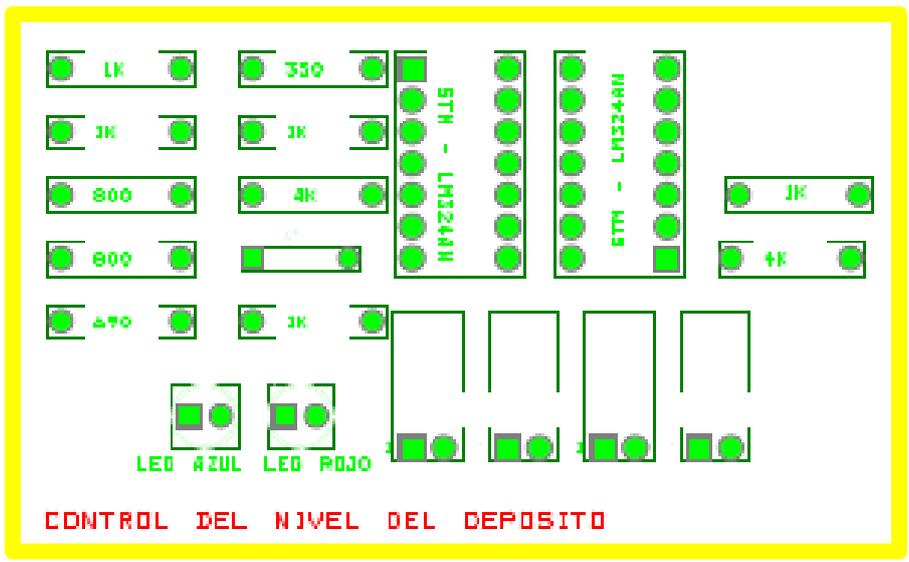
6.1 ESQUEMA DE ORCAD CAPTURE



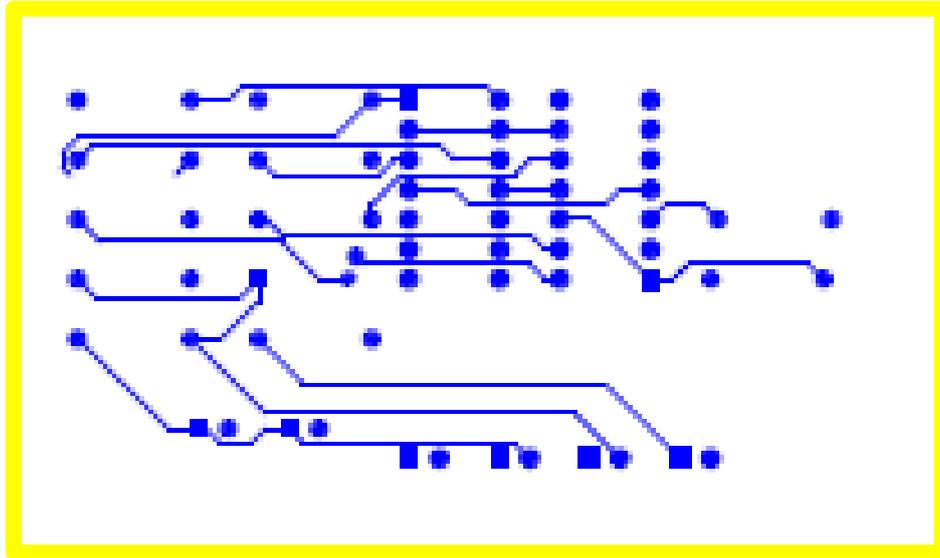
6.2 ESQUEMA ORCAD CAPTURE (REDUCIDO)



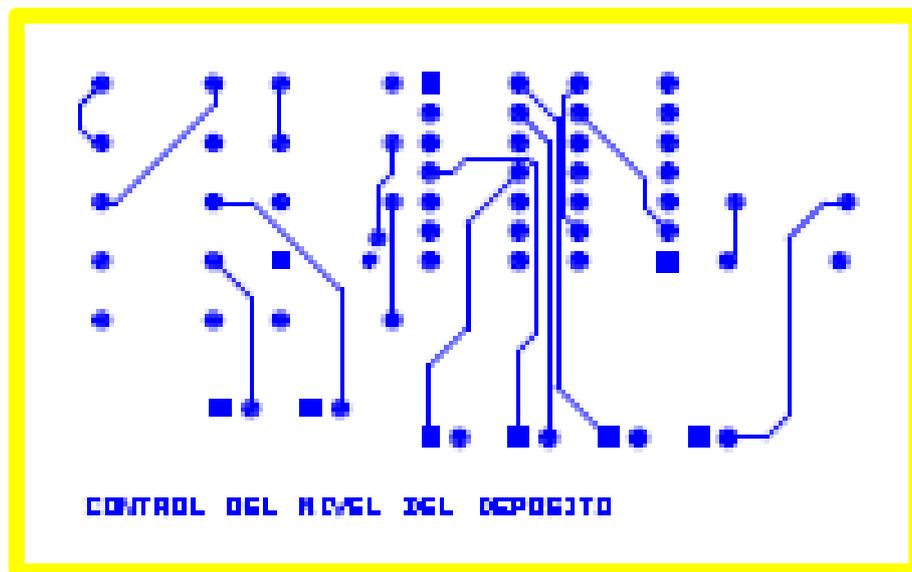
6.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES



6.4 CAPA TOP DE LAYOUT

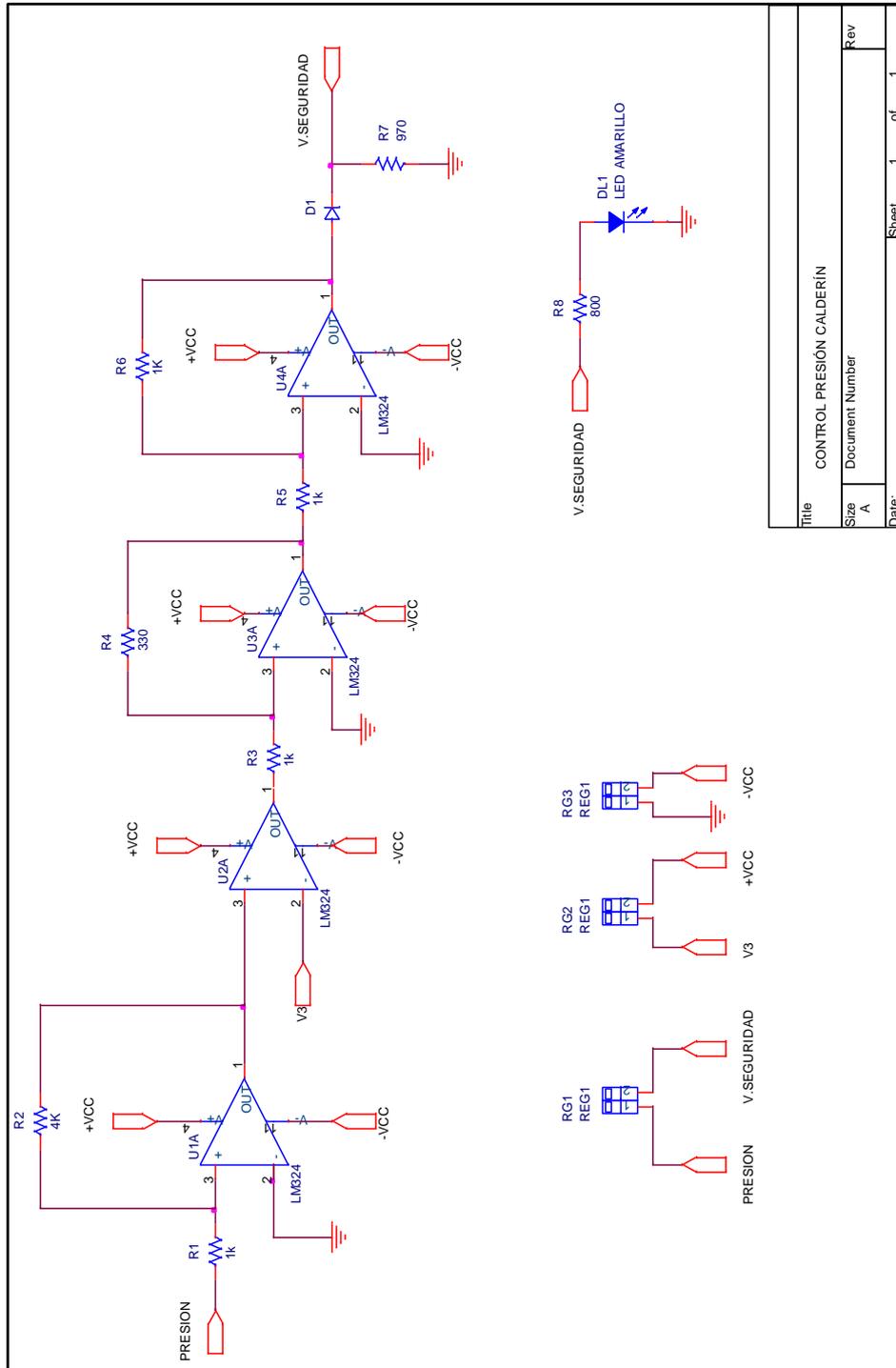


6.5 CAPA BOTTOM DE LAYOUT



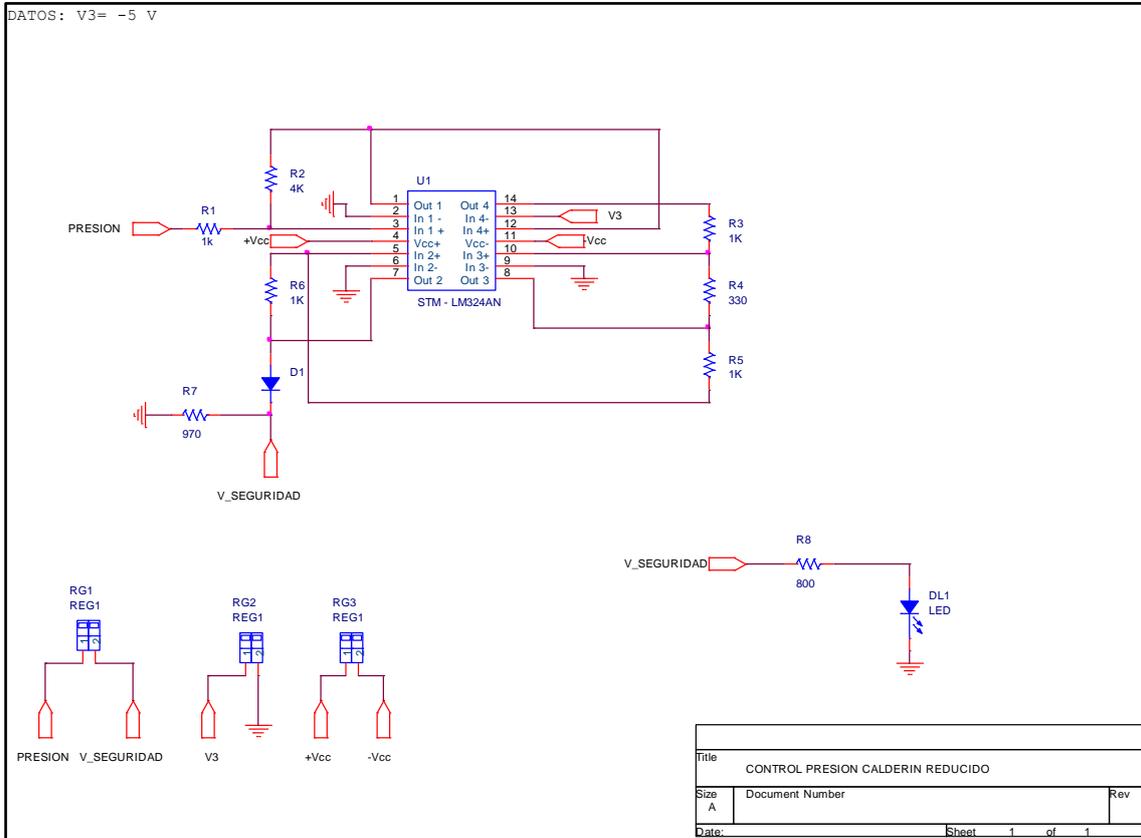
7. PLANO 7: CONTROL DE PRESIÓN DEL CALDERÍN

7.1 ESQUEMA DE ORCAD CAPTURE

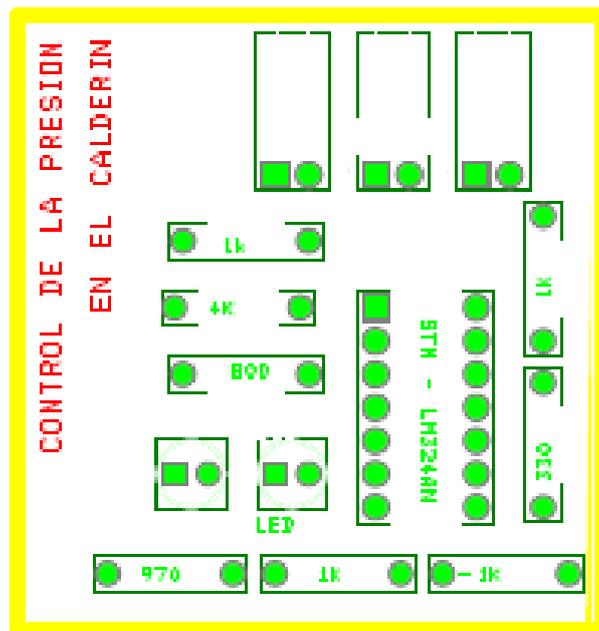


Title		CONTROL PRESIÓN CALDERÍN	
Size	A	Document Number	
Date:		Sheet	1 of 1
Rev			

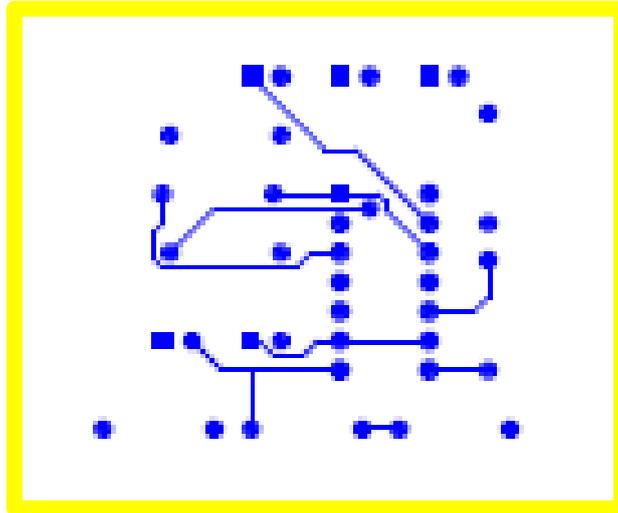
7.2 ESQUEMA DE ORCAD CAPTURE (REDUCIDO)



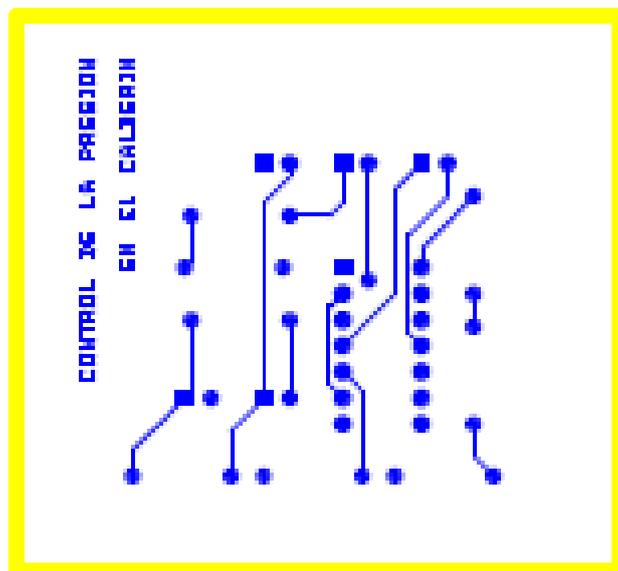
7.3 DISTRIBUCIÓN DE LOS COMPONENTES



7.4 CAPA TOP DE LAYOUT



7.5 CAPA BOTTOM DE LAYOUT





V. PRESUPUESTO

BLOQUE 1: DEPÓSITO

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	IMPORTE
DEPÓSITO PRFV 5 LITROS	1	50 €	50 €
SENSOR DMP 331	2	5,20 €	10,40 €
AMP. OP LM 139	1	0,60 €	0,60 €
AMP. OP. LM 324	1	1,80 €	1,80 €
PEQUEÑO MATERIAL: RESISTENCIAS, DIODOS, LED'S, REGLETAS...			4 €

BLOQUE 2: BOMBA

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	IMPORTE
BOMBA	1	163 €	163 €
SENSOR DMP 331	2	5,20 €	10,40 €
AMP. OP LM 139	1	0,60 €	0,60 €
AMP. OP. LM 324	2	1,80 €	3,60 €
PEQUEÑO MATERIAL: RESISTENCIAS, DIODOS, LED'S, REGLETAS...			4 €
RELÉ SÓLIDO (SSR)	1	6,20 €	6,20 €

BLOQUE 3: CALDERÍN

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	IMPORTE
CALDERÍN	1	272 €	272 €
SENSOR DMP 331	2	5,20 €	10,40 €
AMP. OP LM 139	4	0,60 €	2,40 €
AMP. OP. LM 324	1	1,80 €	1,80 €
PEQUEÑO MATERIAL: RESISTENCIAS, DIODOS, LED'S, REGLETAS...			4 €
RELÉ SÓLIDO (SSR)	1	6,20 €	6,20 €
RESISTENCIA CALEFACTORA	1	33,95 €	33,95 €
VÁLVULA DE SEGURIDAD	1	22,20 €	22,20 €
PRESÓSTATO	1	62 €	62 €

BLOQUE 4: ELEMENTO DE PLANCHADO

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	IMPORTE
PLANCHA STRIMA	1	125 €	125 €
TABLA DE PLANCHAR STRIMA	1	720 €	720 €
SENSOR DMP 331	2	5,20 €	10,40 €
AMP. OP LM 139	1	0,60 €	0,60 €
AMP. OP. LM 324	2	1,80 €	3,60 €
PEQUEÑO MATERIAL: RESISTENCIAS, DIODOS, LED'S...			4 €
RELÉ SÓLIDO (SSR)	2	6,20 €	12,40 €
PULSADOR MARCHA/PARO	2	15,20 €	30,40 €

BLOQUE 5: PANTALLA LCD Y MICROCONTROLADOR

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	IMPORTE
PANTALLA LCD 4X16	1	30,50 €	30,50 €
PIC 16F877	1	6 €	6 €
PIC 16F84	1	5 €	5 €
CRISTAL CUARZO	2	5,25 €	10,50 €
RELÉS SÓLIDOS	3	6,20 €	18,60 €
PEQUEÑO MATERIAL: RESISTENCIAS, CONDENSADORES, DIODOS, POTENCIÓMETROS...			4 €

BLOQUE 6: TUBERÍAS

COMPONENTE	CANTIDAD	PRECIO UNIDAD	IMPORTE
TUBERÍAS POLIETILENO	1	11,50 €	11,50 €
TUBERÍAS POLIPROPILENO	1	20,35 €	20,35 €

RESUMEN DE PRESUPUESTO

BLOQUE	IMPORTE
BLOQUE 1: DEPÓSITO	66,80 €
BLOQUE 2: BOMBA	187,80 €
BLOQUE 3: CALDERÍN	414,95 €
BLOQUE 4: PLANCHA	906,40 €
BLOQUE 5: PANTALLA LCD Y MICROCONTROLADOR	74,60 €
BLOQUE 6: TUBERÍAS	31,85 €
IMPORTE TOTAL	1.682,40 €



VI. BIBLIOGRAFÍA

1.BIBLIOGRAFÍA

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

2.PÁGINAS WEB CONSULTADAS

- www.coitiab.es
- www.legistec.es
- www.insht.es
- www.directindustry.es
- www.es.farnell.com
- www.arapol.com
- www.depósitosespaña.com
- www.strima.com
- www.bombasymotores.es
- www.rschile.cl
- www.microchip.com
- www.resistenciasycableadosjuez.es
- www.cadence.com
- www.forosdeelectronica.com

3.PROGRAMAS UTILIZADOS

- MPLAB IDE V8.3
- ORCAD 10.5
- LAYOUT