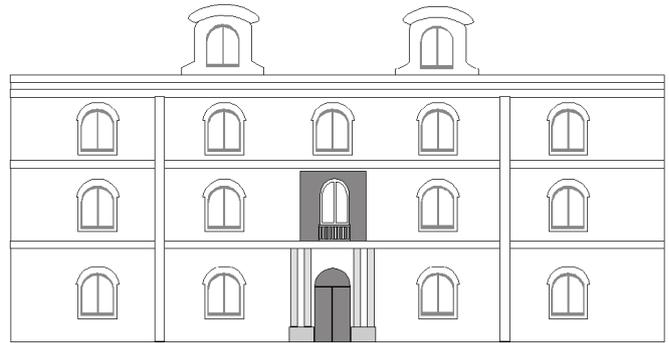




**Universidad
Politécnica
de Cartagena**



**Escuela Técnica Superior
de Ingeniería Industrial**

PROYECTO FIN DE CARRERA

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

Titulación: INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL EN ELECTRÓNICA

Alumno: JOSÉ JAVIER GARCÍA NIETO

Director: PEDRO DÍAZ HERNÁNDEZ

Cartagena, 16 de Septiembre de 2013

INDICE GENERAL

I. MEMORIA

1. OBJETO DEL PROYECTO

2. INTRODUCCIÓN

3. NORMATIVA

4. ESQUEMA GENERAL

5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PLANCHADO

- ✓ PLANCHA
- ✓ DEPÓSITO DE AGUA
- ✓ CALDERÍN
- ✓ ELEMENTO CALEFACTOR
- ✓ BOMBA
- ✓ SENSORES
- ✓ ACTUADORES
- ✓ SISTEMA DE CONTROL
- ✓ INDICADORES
- ✓ PANTALLA LCD

II. PLIEGO DE CONDICIONES

III. PRESUPUESTO

IV. ANEXOS

V. BIBLIOGRAFÍA



I. MEMORIA

1. OBJETO DEL PROYECTO

Mediante este Proyecto se pretende la realización del Proyecto Final de Carrera de la titulación “Ingeniería Técnica Industrial especialidad en Electrónica Industrial” bajo la supervisión de D. Pedro Díaz Hernández, profesor del Departamento de Tecnología Electrónica de la Universidad Politécnica de Cartagena.

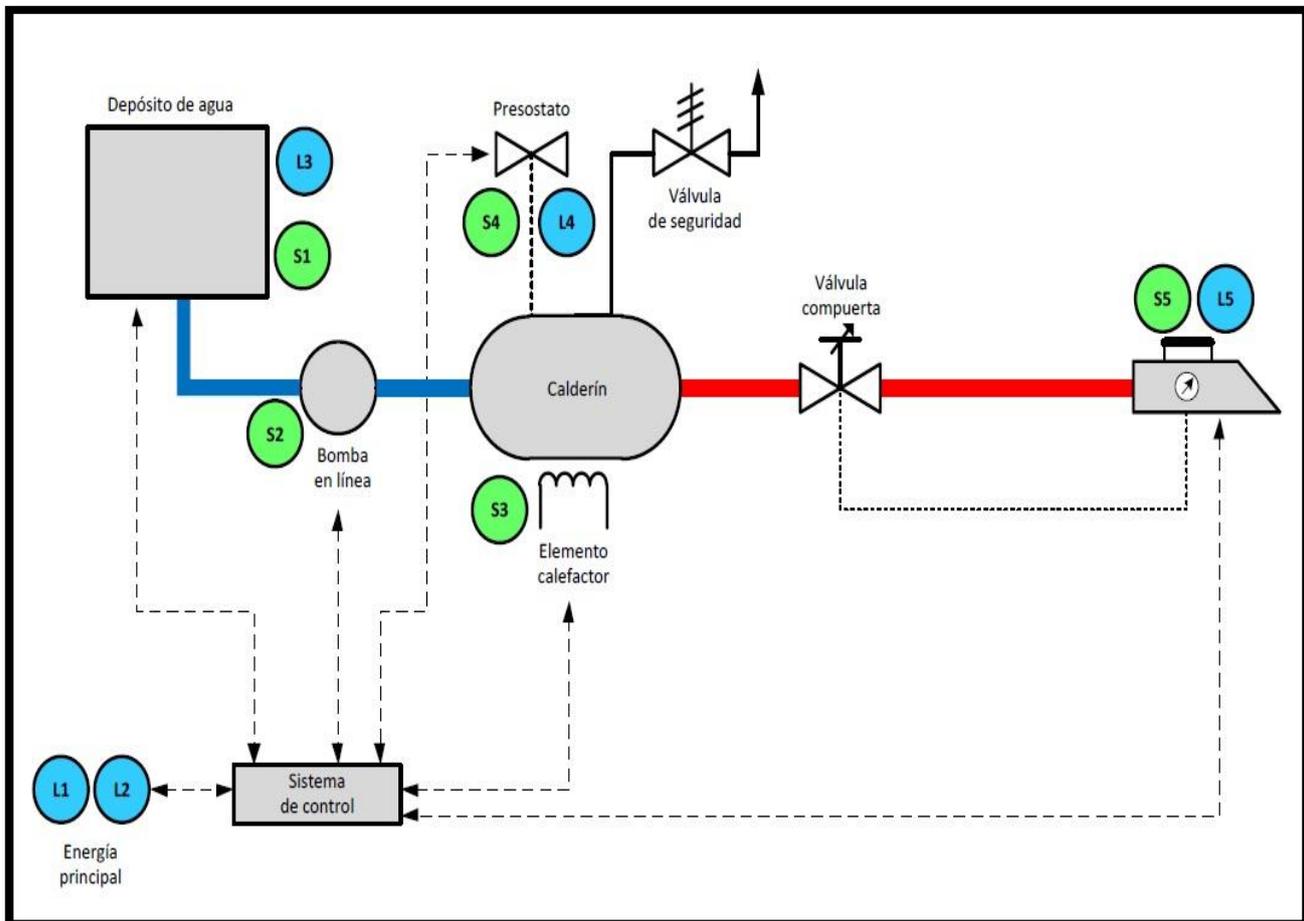
2. INTRODUCCIÓN

Este Proyecto Fin de Carrera tiene como fin el de diseñar una tarjeta de control de un sistema de planchado industrial. En este Proyecto se describirán varias partes, como son las características funcionales del sistema de planchado, circuitos y cálculos necesarios para llevar a cabo su realización, siempre teniendo en cuenta la normativa vigente y correspondiente para poder llevar a cabo su elaboración y como último, se dará una solución al problema propuesto.

3. NORMATIVA

Para la realización del proyecto y la selección de materiales se ha tenido en cuenta la legislación vigente en materia de recipientes a presión. *Real decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión y el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51.*

4. ESQUEMA GENERAL



El sistema consta de los siguientes elementos:

- ✓ Plancha
- ✓ Depósito de agua
- ✓ Calderín
- ✓ Elemento Calefactor
- ✓ Bomba
- ✓ Sensores
- ✓ Actuadores
- ✓ Sistema de control
- ✓ Indicadores



5. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE PLANCHADO

En este proyecto automatizaremos un sistema el cual empieza produciendo vapor en una caldera de 5L a 3,5 bares de presión. Tras una serie de comprobaciones en el sistema para verificar que todo va correctamente se introduce agua a la caldera que pasará a vapor de agua gracias al elemento calefactor. Al alcanzar la presión adecuada, tal vapor pasará a la plancha para que ésta realice su función.

Dadas una serie de premisas:

El sistema siempre dispone de una cantidad de agua suficiente.

El agua se calentará en la caldera para obtener vapor.

Este vapor será aportado de una manera controlada, y mediante un mecanismo adecuado, a un material textil.

Por lo que con un sistema adecuado de planchado industrial es posible aumentar la velocidad de planchado así como su seguridad.



PLANCHA

La plancha será alimentada por una fuente de vapor controlada por el operario con un pulsador. La plancha dispondrá de un elemento calefactor, encargado de calentar la base de la plancha fabricada con materiales adecuados para garantizar un buen deslizamientos y resistentes a una gran temperatura.

Así, la temperatura estará revisada por medio de un termostato.

DEPOSITO DE AGUA

El depósito proporciona agua a la caldera, la cual se nos dice que trabaja con una cantidad de 5L, así pues el depósito tendrá que ser de un volumen superior a este para que pueda seguir suministrando agua en caso de corte de agua. Y para asegurarnos de su correcto funcionamiento y mínimo deterioro, el depósito estará construido con acero inoxidable (ya que este material tiene una gran resistencia a la corrosión) y habilitado con los métodos suficientes para que éste tenga un mantenimiento de limpieza eficiente ya que 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.

CALDERÍN

El funcionamiento de un calderín consiste en el almacenamiento de vapor de agua resultante del calentamiento del agua líquida por medio de un elemento calefactor. El calderín va conectado a varios sensores que se encargan de controlar la presión de este y una válvula de seguridad.

Este es un componente bastante importante en nuestro sistema de planchado ya que es el responsable de proporcionar vapor de agua. Este calderín tendrá un consumo máximo de 4 Kw y una presión de trabajo de 3,5 bares que es controlada mediante un presostato.

En el caso de que esta presión se sobrepase se dispone de una válvula de seguridad que estará tarada a 5 bares de presión, evitando así



sobrepresiones que interrumpan el correcto funcionamiento del sistema. Por encima de esta presión (5 bares) el sistema expulsará el exceso de vapor para evitar la rotura de manguitos, grietas o explosiones en la caldera.

ELEMENTO CALEFACTOR

El calderín estará sujeto a este elemento ya que es el que hace que el agua en estado líquido pase a gaseoso.

Este elemento calefactor está conectado a un termostato o sistema de control el cual se encarga de activar el elemento calefactor o desactivarlo una vez alcanzados los grados necesarios.

Para asegurarnos un mejor funcionamiento y máximo rendimiento, nuestro elemento de control deberá ser una resistencia calefactora que permita estar activada durante largos periodos sin deteriorarse.

BOMBA

La función de la bomba es impulsar y trasladar el agua del depósito al calderín. La bomba dispondrá de unos detectores de nivel en el calderín los cuales le indiquen el nivel de agua en el calderín.

Así pues, estos detectores solo se activarán cuando el nivel del agua se encuentre por debajo del nivel mínimo preestablecido.

Para que dicho transporte de agua pueda ser efectivo usaremos una red de 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 red (sistema) completa puede ser sometida en operación continua a una determinada temperatura.



SENSORES

➤ **Sensor de nivel**

El sensor de nivel se encargará de controlar el nivel en el depósito y en el calderín, detectando cuando alcanza un límite preestablecido de agua. Se podría haber elegido un sensor de nivel de tipo comercial, pero en este proyecto identificaremos el nivel del agua por medio de la variación de presión. Vamos a usar un sensor de presión llamado Trasmisor de Tensión DMP 331. El funcionamiento se basa en la existencia de una relación entre la densidad y la presión ya que el agua, al tener más densidad que el aire, ejercerá más presión sobre las paredes del calderín. Para detectar el nivel del líquido, dispondremos de dos sensores de presión, uno colocado donde nunca entre en contacto con el agua y el otro en el nivel del depósito deseado. Con esto sabremos si se ha alcanzado el nivel mínimo del depósito si las señales obtenidas por los sensores de presión son idénticas.

➤ **Sensor de presión**

Estos sensores determinan la presión del aire dentro del depósito y se encargan de regular la presión en el interior del calderín. De éstos depende que, por motivos de seguridad la presión no exceda de 5 bares. Si se superase esta presión, se activaría una válvula de seguridad que expulsaría al aire el exceso de presión de forma controlada, para así evitar la rotura de manguitos o agrietamientos y por supuesto que explotara la caldera.

Como hemos dicho antes, nuestros sensores de presión DMP 331 nos servirán para medir el nivel de agua.



➤ **Sensor de temperatura**

En este proyecto la importancia de saber a qué temperatura se encuentran tanto el calderín como el elemento de planchado es bastante grande. Para esto usaremos un integrado fabricado para este propósito. Ya que nos asegura unas buenas medidas de niveles de temperatura y una gran sensibilidad.

Así pues, el sensor de temperatura tiene dos funciones en nuestro sistema:

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

ACTUADORES

Válvula de seguridad

La válvula de seguridad es la encargada de expulsar el exceso de presión al exterior de forma controlada cuando la presión dentro del calderín supere 5 bares. Debido a los riesgos que conlleva este sistema, esta válvula deberá estar en un lugar visible para que ante cualquier fuga de líquidos, pueda solucionarse lo antes posible y cumplir siempre con todas las medidas de seguridad necesarias para no dañar tanto a operarios como al sistema cuando esté trabajando.

Así pues, para asegurarnos de esto, la presión nominal de la válvula de seguridad deberá ser como mínimo dos veces la presión máxima de servicio.

Electroválvula

La electroválvula es la responsable de controlar el flujo de vapor a través de la tubería que une el calderín con la plancha. La válvula se controla mediante corriente eléctrica y el accionamiento de ésta se hará de forma manual para que el operario pueda controlar el vapor de la plancha.



Bomba

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

SISTEMA DE CONTROL

Dadas sus propiedades hemos escogido tanto el microcontrolador PIC16F84, programado en Assembler, como el PIC16F877 los cuales son fabricados por Microchip.

El primero servirá para controlar el accionamiento del sistema. Y respecto al último, cuenta con algunas características muy interesantes para nuestro proyecto como son su eficiencia, versatilidad y utilidad. Éste se encargará de controlar la pantalla LCD mediante instrucciones dadas.

INDICADORES

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

LEDS

Se utilizarán LEDs de varios colores para indicar el estado de cada parte del sistema. Los LEDs serían los siguientes:

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



PANTALLA LCD

Las pantallas de cristal líquido LCD o display LCD para mensajes (*Liquid Cristal Display*) tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera el sistema. En este proyecto, elegiremos una pantalla LCD de 4x16. Se trata de un módulo microcontrolado capaz de representar en 4 líneas de 16 caracteres cada una, las indicaciones del estado del sistema. Para el control de esta pantalla se usará el microcontrolador 16F877, el cual nos permitirá mostrar por pantalla el estado de nuestro sistema.

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

- AGUA_MIN: Indica que se ha alcanzado el nivel mínimo de agua en el depósito y que, por lo tanto, debemos suministrarla.
- AGUA_CORRECT: Indica que el nivel de agua del depósito es el adecuado.
- TPLANCHA_BAJA: Avisa de que aun no se ha alcanzado la temperatura adecuada de planchado (70°C).
- TPLANCHA_CORRECT: Avisa que se ha alcanzado una temperatura adecuada de planchado y que esta es menor de 120 °C.
- CALEF_FALLA: Indica que el calefactor no ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición del agua (100°C) y, por lo tanto, la producción de vapor del calderín no será correcta.
- CALEF_CORRECT: Se ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición (100°C) y por lo tanto, la producción de vapor será correcta.
- PRESIÓN_BAJA: Avisa que la presión alcanzada en el calderín es correcta y que, por lo tanto, no se ha activado la válvula de seguridad.
- PRESIÓN_C: Indica que la presión del calderín es la adecuada.

II. PLIEGO DE CONDICIONES

1. NORMATIVAS Y REGLAMENTOS

- 1.1.** *MATERIALES*
- 1.2.** *ELECTRICIDAD*
- 1.3.** *CABLEADO*
- 1.4.** *PROTECCIONES / PUESTA A TIERRA*

2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA

3. ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA

- 3.1.** *DEPÓSITO*
- 3.2.** *CALDERÍN*
- 3.3.** *TUBERIAS*
- 3.4.** *AGUA*
- 3.5.** *BOMBA DE AGUA*
- 3.6.** *PANTALLA LCD*
- 3.7.** *MICROCONTROLADORES*
- 3.8.** *PUESTA EN MARCHA*

4. SEGURIDAD Y CONDICIONES

1. NORMATIVAS Y REGLAMENTOS

REGLAMENTO APARATOS A PRESIÓN

Las Normas actualmente vigentes, publicadas por los Organismos competentes, que deberán cumplirse durante la ejecución de las obras que ampara el presente Proyecto son las siguientes:

MATERIALES:

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

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

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

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

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

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

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



Diámetro de la tubería:

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

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

Aparatos de Presión:

Real Decreto 473/1988, de 30 de marzo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo de las Comunidades Europeas 76/767/CEE sobre aparatos a presión
Real Decreto 769/1999, de 7 de mayo, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo, 97/23/CE, relativa a los equipos de presión y se modifica el Real Decreto 1244/1979, de 4 de abril, que aprobó el Reglamento de aparatos a presión

ELECTRICIDAD:

Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51

REAL DECRETO 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: suplemento al no 224, 18-SEP-2002

Anulado el inciso 4.2.C.2 de la ITC-BT-03 por:

SENTENCIA de 17 de febrero de 2004 de la Sala Tercera del Tribunal Supremo B.O.E.: 5-ABR-2004

Autorización para el empleo de sistemas de instalaciones con conductores aislados bajo canales protectores de material plástico.

RESOLUCIÓN de 18 de enero 1988, de la Dirección General de Innovación Industrial B.O.E.: 19-FEB-1988

Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales.



REAL DECRETO 2267/2004, de 3 Diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio B.O.E.: 17-DIC-2004
Corrección errores: 05-MAR-2005
Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego

REAL DECRETO 312/2005, de 18 de marzo, del Ministerio de la Presidencia B.O.E.: 02-ABR-2005

MODIFICADO POR:

Modificación del Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de la construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia al fuego.

REAL DECRETO 110/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia B.O.E.: 12-FEB-2008

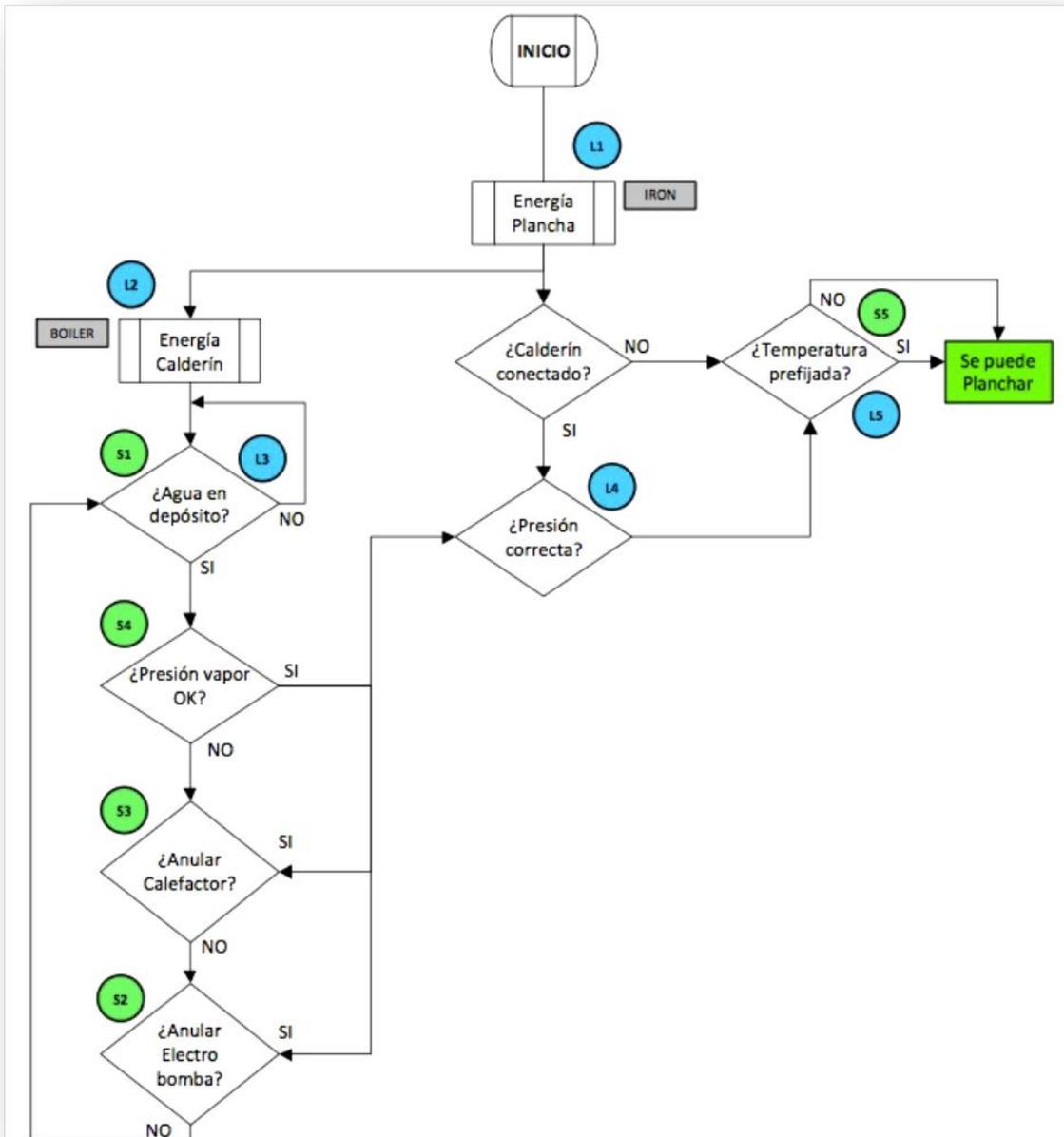
CABLEADO:

- Todo el cableado cumplirá con lo establecido en la legislación vigente.
- 2. Los conductores necesarios tendrán la sección adecuada para reducir las caídas de tensión y los calentamientos. Concretamente, para cualquier condición de trabajo, los conductores deberán tener la sección suficiente para que la caída de tensión sea inferior, incluyendo cualquier terminal intermedio, al 1,5 % a la tensión nominal continua del sistema.
- Se incluirá toda la longitud de cables necesaria (parte continua y/o alterna) para cada aplicación concreta, evitando esfuerzos sobre los elementos de la instalación y sobre los propios cables.
- Los positivos y negativos de la parte continua de la instalación se conducirán separados, protegidos y señalizados (códigos de colores, etiquetas, etc.) de acuerdo a la normativa vigente.

PROTECCIONES / PUESTA A TIERRA:

- Todas las instalaciones con tensiones nominales superiores a 48 voltios contarán con una toma de tierra a la que estará conectada, como mínimo, la estructura soporte del generador y los marcos metálicos de los módulos.
- El sistema de protecciones asegurará la protección de las personas frente a contactos directos e indirectos. En caso de existir una instalación previa no se alterarán las condiciones de seguridad de la misma.
- La instalación estará protegida frente a cortocircuitos, sobrecargas y sobretensiones. Se prestará especial atención a la protección de la batería frente a cortocircuitos mediante un fusible, disyuntor magneto-térmico u otro elemento que cumpla con esta función.

2. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA



3. ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL SISTEMA

3.1 DEPÓSITO

El depósito de agua será de polietileno debido a su resistencia ante la corrosión y su compatibilidad con gran cantidad de productos químicos que se puedan verter dentro del depósito.

Sus dimensiones serán de 56 cm y una altura de 100 cm, obteniendo así una capacidad de 250L, suficiente para contar con una reserva de agua en caso de corte del suministro.

Aislamiento térmico:

En este apartado se hablará tanto del aislamiento en el calderín como en el depósito ya que van íntimamente relacionados.

Con respecto al aislamiento y la seguridad, este tema ha de ser profundamente estudiado pues sin un control sobre esto, se podría ocasionar graves deterioros o bien algún accidente.

Así pues sabemos que un aislante cuanto mayor sea su grosor, mejores prestaciones da, pero el costo se agrava notablemente por lo que es fundamental llegar a un punto óptimo donde grosor y coste vayan equilibrados y equiparados.

El líquido del depósito y el calderín tendrán una temperatura normalmente alta debido a su tratamiento inicial, por ello se deberemos tomar medidas tanto de aislamiento como de pintura:

- El depósito y el calderín se pintaran exteriormente con una mano de imprimación antioxidante y con otra mano de pintura antitérmica.
- La envolvente exterior estará recubierta por una manta de lana de vidrio sin aglomerar, con soporte de malla de acero galvanizado, de referencia TELISOL de la marca Isover.
- Esta capa de lana mineral va a su vez recubierta por una envolvente de chapa galvanizada de 1milimetro 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.

- El espesor óptimo se calcula utilizando un software específico, pero como no disponemos de él, usaremos un grosor de 50 mm.

Y respecto a los motivos por los que tanto el depósito como el calderín deben aislarse son los siguientes:

1. Asegurar las condiciones de trabajo en las proximidades del sistema para que sean soportables para los operarios.
2. Impedir que las zonas accesibles alcancen temperaturas excesivas que pudieran provocar accidentes a los operarios.
3. Reduciendo las pérdidas de calor a través tanto de las paredes del calderín como del depósito ahorraremos en el consumo de energía.

Y del aislante es importante recalcar:

- 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 alta 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.

Control de nivel:

El sensor de nivel se encargará de controlar el nivel en el depósito y en el calderín, detectando cuando alcanza un límite preestablecido de agua. Se podría haber elegido un sensor de nivel de tipo comercial, pero en este proyecto identificaremos el nivel del agua por medio de la variación de presión. Vamos a usar un sensor de presión llamado Trasmisor de Tensión DMP 331. El funcionamiento se basa en la existencia de una relación entre la densidad y la presión ya que el agua, al tener más densidad que el aire, ejercerá más presión sobre las paredes del calderín.



Según el **Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1**, “*el nivel mínimo del agua en el interior de una caldera debe mantenerse por lo menos 70 milímetros más alto que el punto más elevado de la superficie de calefacción. El nivel medio del agua estará situado, como mínimo, a 50 milímetros por encima del nivel límite definido anteriormente. Ambos niveles se marcarán de modo bien visible sobre el indicador de nivel.*”

Deberemos colocar un sensor a los 70 milímetros de altura respecto a la base, tal como indica la norma, y otro fuera del agua (sensor de aire), como referencia para poder obtener un cálculo diferencial.

Sensor de presión de aire:

Se le ha llamado “Sensor de Presión en Aire” (SPA) al sensor situado fuera del agua. Este sensor de presión captará la presión del aire dentro del depósito. Este nunca entrará en contacto con el agua.

Funcionamiento:

Para medir la presión en el interior del depósito utilizaremos el sensor DMP 331. Se trata de un sensor lineal, esto significa que nos proporcionará a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Tiene un rango de medición entre 0 y 40 bares, y un rango de salida entre 0 y 10 V. Se alimentaran a 12 V tal como indican las especificaciones.

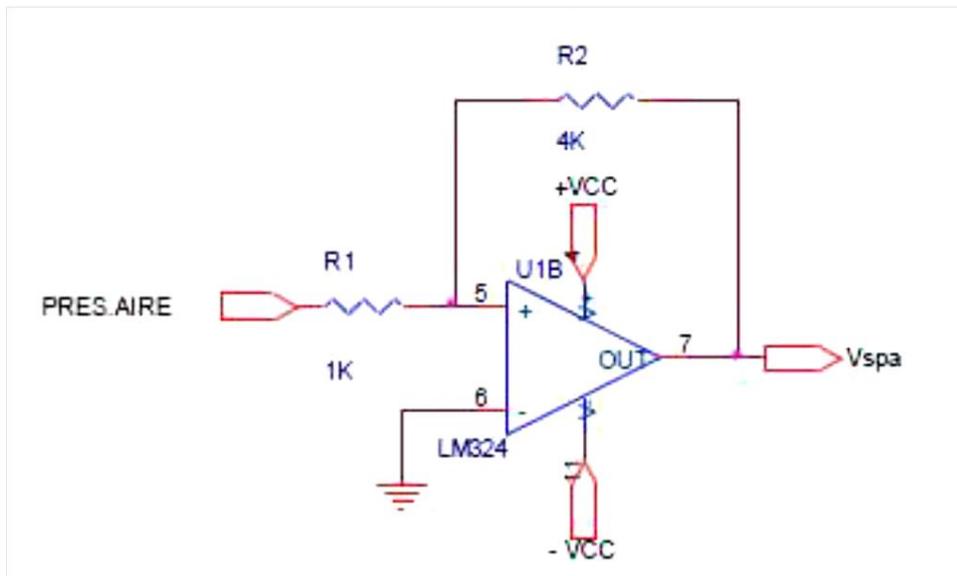
Si todo esto lo trasladamos a un amplificador operacional (U1)

$$V_{SPA} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_{IN, U1}$$

Siendo $V_{IN, U1}$ la salida del sensor SPA. Así a 5 bares de presión, nosotros deseamos 5V a la salida, entonces suponiendo $R_1=1k$:

$$R_2 = \frac{5 \cdot 1000}{1,25} = 4K\Omega$$

Con esto obtendremos V_{SPA} , la cual comparada con la salida del sensor de presión sumergido.



Sensor de presión en el agua:

Llamaremos “Sensor de Presión en Agua” (SPAG) al sensor que se encuentra en contacto con el agua el cual medirá la presión dentro del depósito.

Cumpliendo con el Art. 15, apartado 4 de la I.T.C. MIE-AP1, situaremos al SPAG a 70 milímetros de la base del depósito ya que es el nivel mínimo del agua.

Funcionamiento:

Para este sensor (SPAG), al igual que el otro sensor, usaremos el sensor de presión DMP 331 que devuelve una salida proporcional a la presión captada.

Este sensor tiene un rango de medición de 0 a 40 bares y un rango de salida de 0 a 10V, a 5 bares obtendremos una tensión de salida de 1,25 ya que está alimentado a 12V. Cogemos 5 bares de presión como referencia para que la comparación entre sensores sea fiable.

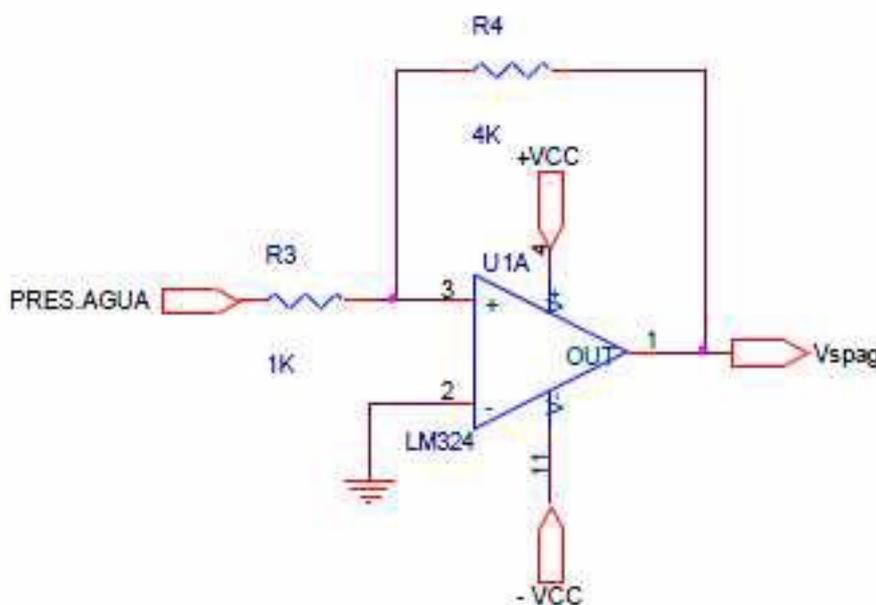
Trasladándolo todo al amplificador operacional (U2) igual que en el sensor anterior SPA:

$$V_{SPAG} = -\frac{R4}{R3} \cdot V_{IN,U2}$$

Siendo $V_{IN,U2}$ la salida del sensor SPAG. Tomamos de nuevo 5 bares de presión, y 5V a la salida, entonces suponiendo $R_3=1k$:

$$R4 = \frac{5 \cdot 1000}{1,25} = 4K\Omega$$

Una vez todo calculado ya podemos compararlo con el sensor de presión del aire.





COMPARACIÓN NIVEL

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

- $VSPA > VSPAG$, la salida del comparador será +15V.
- $VSPA < VSPAG$, obtendremos a la salida del comparador -15V.
- $VSPA = VSPAG$, obtendremos a la salida del comparador 0V.

Cuando las tensiones son diferentes, un sensor está en el interior del agua y otro fuera de ella, por lo que no hay un nivel mínimo de agua. Por otro lado si las dos tensiones son iguales, ambos sensores estarían fuera del agua, por lo que tendríamos el mínimo nivel de líquido en el depósito.

A la salida del comparador (VCOM) añadiremos un amplificador operacional. Este comparador solo puede tomar 3 valores posibles: +15V, -15V y 0V. Los datos de este amplificador son:

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

Como solo deseamos tener a la salida dos posibles tensiones (+5V y 0V), añadiremos un diodo, el cual tiene una caída de tensión (0.7V aprox).

$$V_{OUT, U5} = 5V + 0,7V = 5,7V$$

Ajustando las características del amplificador, para calcular R_6

$$R_6 = \frac{5,7 \cdot 1000}{15} = 380\Omega$$

Como resultado obtendremos dos salidas (V_{AGUA}) posibles:

- 1) +5V: La comparación de la salida es positiva, lo que quiere decir que las salidas son distintas y que hay un nivel de agua correcto.
- 2) - 0V: Las salidas de los sensores son iguales y, por lo tanto, el nivel de agua está por debajo de 70mm.

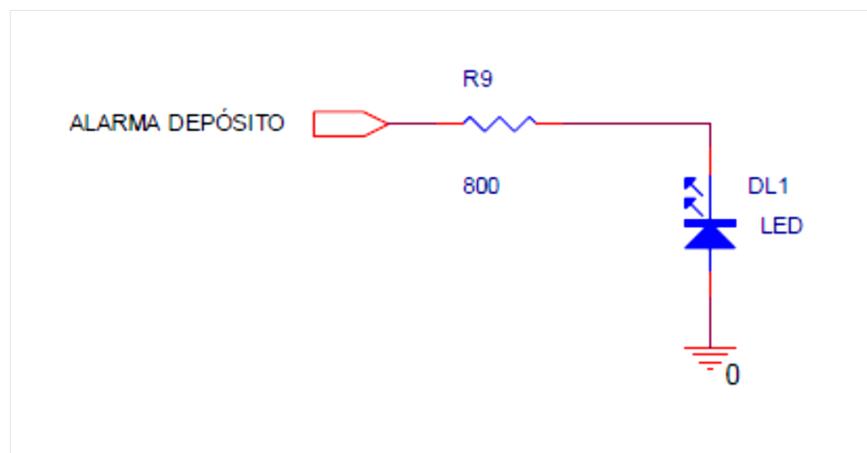


Alarma de nivel:

La alarma de nivel funciona debido a la relación entre la presión y densidad del aire y del agua. El agua al tener más densidad que el aire, ejercerá más presión sobre las paredes del calderín.

- Densidad Agua : $1 \cdot 10^3$ (kg/m³)
- Densidad Aire : $1,29 \cdot 10^3$ (kg/m³)

Estos valores han sido calculados a temperatura ambiente, por lo que tenemos que tener en cuenta que en el interior del agua del depósito habrá una presión mayor que fuera de ésta.



Así que, si el sensor de presión del agua detectara menos presión que el que se encuentra fuera del agua saltaría una alarma luminosa (LED ROJO).

CIRCUITO DE CONTROL DE NIVEL

Ver Plano7 adjuntado.

3.2. CALDERÍN

Presostato:

El presostato es un dispositivo cuya función es abrir o cerrar el circuito en función de la presión, es decir, actúa como un interruptor de presión. Existen varios tipos de presostatos, escogeremos nuestro presostato dependiendo de la temperatura de trabajo, el tipo de fluido que vaya a medir y el rango de presión al que pueda ser ajustado. Para nuestro proyecto, crearemos un presostato mediante un sensor de presión y varios amplificadores operacionales. El sensor de presión que vamos a utilizar será el sensor de presión DMP 331

Sensor de presión:

Este sensor (DMP 331) nos devuelve a la salida una tensión proporcional a la presión captada. Tiene un rango de medición de 0 a 40 bares y un rango de salida de 0 a 10 V, por lo tanto para 5 bares de presión obtendremos 1,25 V aproximadamente.

Válvula de seguridad:

La presión nominal de la válvula de seguridad debe ser superior al 110% de la presión máxima de servicio dado que es la que se alcanzará dentro del equipo, aunque es recomendable que fuera al menos dos veces la presión máxima de servicio por motivos de seguridad, en términos prácticos, que soportara 10 bares de presión como mínimo. Para nuestro circuito hemos escogido la válvula de seguridad comercial con alimentación de 0 a 10V y con referencia 309400_VALV. SEG. TEMPERTURA Y PRESION- 1/2" 10BAR.



Funcionamiento del circuito:

El circuito está compuesto por un sensor de presión, el cual está alimentado a una tensión de 12 V, como se nos proporciona en su hoja de características y éste produce una tensión a la salida proporcional a la presión de entrada.

A una presión de 5 bares nos proporcionara aproximadamente 1,25V. Dado que queremos que a 5 bares de presión se active la válvula de seguridad, se compara la tensión de salida correspondiente a los 5 bares. Adaptando la salida del sensor al amplificador operacional:

$$V_{OUT,U} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_{IN,U}$$

Siendo $V_{OUT,U}$ la salida del sensor. Sabiendo que a una presión de 5 bar la tensión de salida es 5V, suponemos $R_1 = 1K\Omega$:

$$R_2 = \frac{5 \cdot 1000}{1,25} = 4K\Omega$$

La salida del amplificador 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 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 el amplificador 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 el amplificador será 5 V aproximadamente.

- 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 en el amplificador será mayor de 5V. 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.

Los datos de este paso quedan así:

$$V_{OUT, U2} = -\frac{R4}{R3} \cdot V_{IN, U2}$$

Siendo $V_{IN, U2}$ la salida del comparador, supondremos una $R_3 = 1K\Omega$ y despejando la formula queda así:

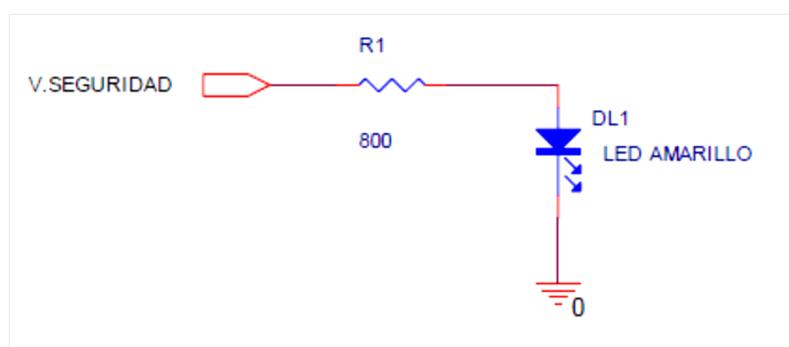
$$R4 = \frac{5 \cdot 1000}{15} = 330\Omega$$

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

Esta salida alimentará la válvula de seguridad, que estará alimentada entre 0 y 10V. Esta salida se nos servirá para indicar si la presión en el calderín es adecuada o se ha accionado la válvula de seguridad, por lo tanto, estará conectada a un pin del PIC 16F877

Indicador de Presión:

Cuando la válvula de seguridad se active, dispondremos de un diodo LED amarillo el cual se encenderá





CIRCUITO DE CONTROL DE PRESIÓN DEL CALDERÍN

Ver Plano5 adjunto.

Elemento calefactor:

La base de la plancha llevara un elemento calefactor de mica aislada, que estará en contacto con la plancha para facilitar la transmisión de calor. Éste se alimenta a 120 V en alterna y será controlado por un termostato similar al utilizado con anterioridad. Se añadirá un pulsador manual al sistema del elemento calefactor para interrumpir su funcionamiento si fuese necesario.

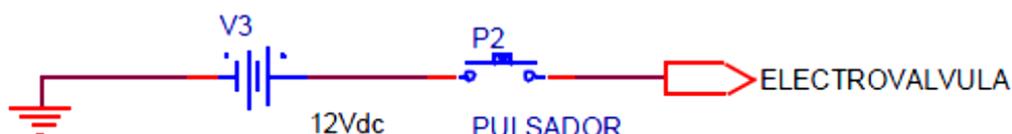
Almacenamiento del vapor y distribución:

El vapor será distribuido por la electroválvula de acción directa y 2 vías Dywer SSV-S Series, que está hecha de acero inoxidable. Ésta está alimentada a 12V y actúa de la siguiente manera:

Cuando se accione el pulsador, la electroválvula se activa haciendo que el vapor fluya hasta la plancha.

Sin embargo si el pulsador no se acciona, el vapor no irá hacia la plancha debido a que la electroválvula estará cerrada.

En la plancha tendremos un testigo luminoso LED de color naranja, que indicará si la temperatura es óptima o no. Si el LED está encendido indicará que la temperatura es igual o mayor a 70°C, la mínima necesaria para comenzar con el planchado.



CIRCUITO DE CONTROL DEL ELEMENTO CALEFACTOR

Ver Plano2 adjunto



Control del elemento calefactor:

El elemento calefactor es el encargado de producir vapor a presión en el calderín mediante el calentamiento de agua. El elemento calefactor estará en contacto con el calderín, por lo que se ha elegido una resistencia calefactora especialmente diseñada para ser inmersa en líquidos. Ésta deberá alimentarse con una tensión alterna de 140V. En este proyecto se ha elegido una resistencia calefactora especialmente diseñada para ser inmersa en líquidos

Salida del sensor de temperatura:

Usaremos el sensor LM35 que proporciona 10mV a la salida por cada grado a la entrada.

Con este sensor comprobaremos el funcionamiento del elemento calefactor. El sensor funcionará una vez se supere los 100º, para la cual su salida será 1V.

Para trabajar con mayor comodidad incluiremos un amplificador operacional en la salida del sensor:

$$V_O = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_{IN,1}$$

Suponiendo una resistencia $R_1 = 1K\Omega$

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

Las posibles salidas del comparador son:

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



Si añadimos a la salida del comparador un diodo, éste nos rectificará la salida del comparador, cuya caída de tensión será 0.7 V obteniendo así las siguientes salidas.

- $T^a > 100^{\circ}\text{C}$, el comparador devolverá +15V.
- $T^a \leq 100^{\circ}\text{C}$ el comparador devolverá 0V.

Teniendo en cuenta la caída de tensión en el diodo:

$$V_{IN,2} = 15\text{V} - 0,7\text{V} = 14,3\text{V}$$

Pero como a la salida de este circuito necesitamos 5V (Ya que es una entrada del PIC16F877) añadiremos un Amplificador Operacional:

$$V_{CALEFACTOR} = -\frac{R4}{R3} \cdot V_{IN,2}$$

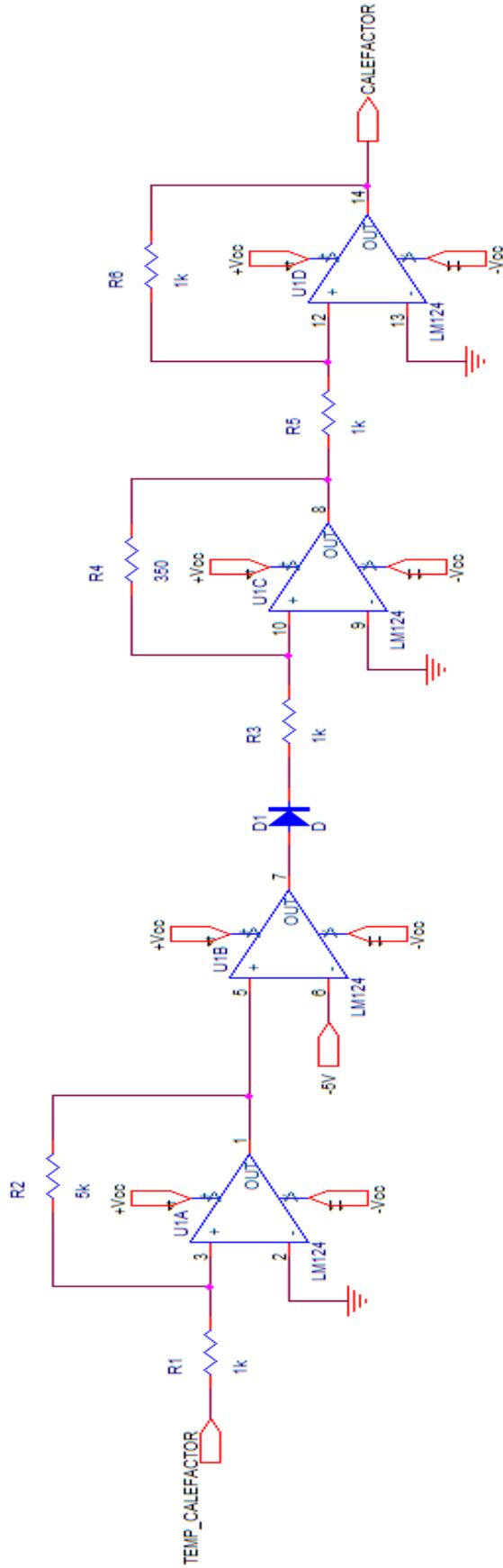
siendo $R_3 = 1\text{k}\Omega$

$$R4 = \frac{5 \cdot 1000}{14,3} = 350\Omega$$

Así pues, el circuito controlará la temperatura del calefactor, siendo posibles 2 acciones:

- $T^a \leq 100^{\circ}\text{C}$, el comparador devolverá 0V, por lo que el calefactor funciona.
- $T^a > 100^{\circ}\text{C}$, el comparador devolverá 5V, por lo que el calefactor no funciona.

Siendo el circuito resultante:



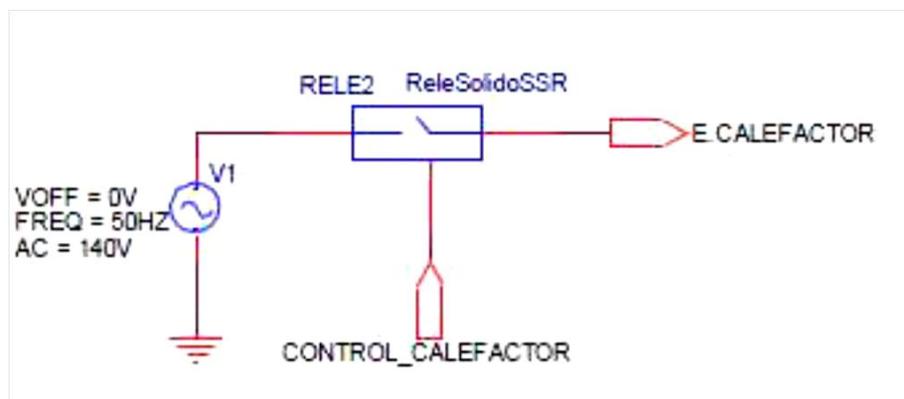
Circuito de alimentación:

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



Termostato:

Será la entrada CONTROL_CALEFACTOR la encargada de apagar o encender el elemento calefactor dependiendo de la temperatura que capte. Para ello disponemos de un sensor LM35 (sensor de temperatura) para llevarlo a cabo. Cuando el sensor detecte que se han alcanzado los 130°C, el relé se abrirá, apagando el elemento calefactor.

Se desea que a una temperatura de 130°C el elemento calefactor alcance su temperatura máxima y se desconecte. Sabemos por la hoja de características de este sensor que a una temperatura de 130°C su temperatura será máxima y que proporcionará una tensión de 1.3V. Añadiremos a la salida del sensor LM35 un amplificador operacional, el cual ampliará la salida a 5V.

$$V_{OUT} = -\frac{R_6}{R_5} \cdot V_{IN3}$$

Si $R_5 = 1K\Omega$:

$$R_6 = \frac{5 \cdot 1000}{1,3} = 3,8K\Omega$$

Si añadimos un comparador a la salida del amplificador operacional, éste comparará las salidas y nos dará 3 posibles salidas:

- $T^a > 130^{\circ}C \rightarrow -15V$.
- $T^a = 130^{\circ}C \rightarrow 0V$
- $T^a < 130^{\circ}C \rightarrow +15V$

Colocaremos un diodo para rectificar la salida del comparador, así éste devolverá 0V cuando la $T^a \geq 130^{\circ}C$, o devolverá +15V si $T^a < 130^{\circ}C$.

Dado que la señal del relé solido se debe alimentar con 5V, añadiremos un amplificador operacional a la salida del comparador:

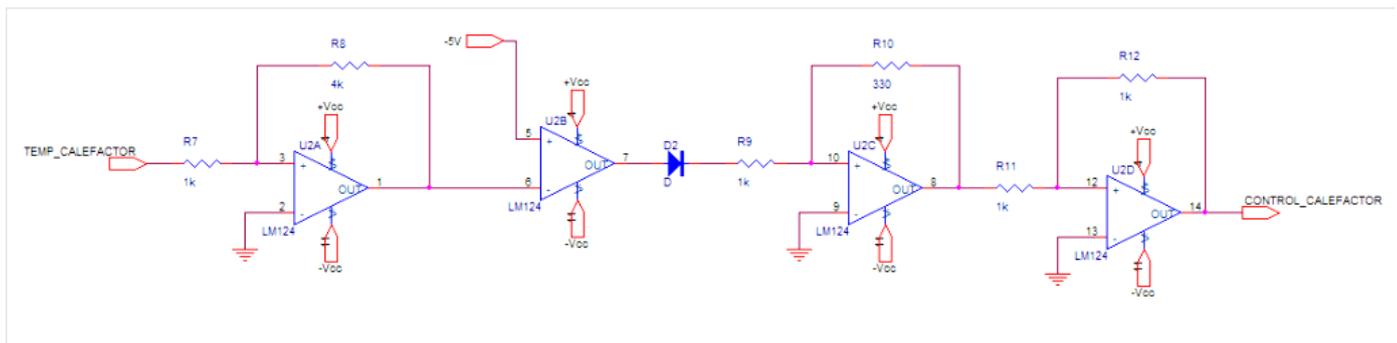
$$V_{CONTROL_CALEFACTOR} = -\frac{R_8}{R_7} \cdot V_{IN2}$$

Siendo $R_7 = 1K\Omega$

$$R_8 = \frac{5 \cdot 1000}{15} = 330\Omega$$

Con estos datos, $V_{CONTROL_CALEFACTOR}$ nos dará cuando la $T^a \geq 130^{\circ}C$ una salida de 0V, y cuando la $T^a < 130^{\circ}C$ nos dará 5V.

Circuito de Control del Termostato:



3.3. TUBERÍAS

Las tuberías destinadas a utilizarse en sistemas de presión se diseñan para resistir una presión hidrostática interna específica denominada presión nominal PN, que nos indica la máxima presión de trabajo a la que puede estar sometida en operación continua a una determinada temperatura. Cuando la tubería es sometida a una presión interna, se induce en ella una tensión hidrostática.

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

Tuberías del depósito al calderín:

Las tuberías que comunicarán el depósito de agua con el calderín serán de polietileno (HDPE), de tipo PE100. Usaremos el polietileno por las siguientes características:

- ✓ Muy ligeras.
- ✓ Flexibilidad y Resistencia.
- ✓ Flexibilidad Química.
- ✓ Es un excelente aislante eléctrico.
- ✓ Resistencia a la corrosión.
- ✓ Baja presión.

Una buena ventaja de este tipo de tuberías es que pueden soportar líquidos y gases a muy baja temperatura. A continuación se muestra la tabla de características:



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
PE100	10	PE100	10	1.25	12201	

Teniendo en cuenta el espesor de las paredes de las tuberías de presión que podemos calcular según la ecuación:

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

Siendo:

PN = Presión Nominal, (MPa)

D = Diámetro externo de la tubería (mm)

σ_s = Tensión de diseño, (MPa)

➤ $1 \text{ MPa} = 10 \text{ bar} \approx 10 \text{Kgf/cm}^2$

Las tuberías que vamos a elegir son de diámetro externo 100mm aproximadamente, por lo que si sustituimos valores en la anterior ecuación, podemos calcular el espesor de la tubería:

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

El valor de la presión nominal debemos calcularlo en función al caudal que es capaz de introducir la bomba. Sabemos por el apartado 5 del Artículo 15 de la I.T.C MIE-AP1 del Reglamento de Aparatos a Presión, que la bomba debe ser capaz de introducir el caudal a una presión superior a un 3%, como mínimo, de la presión de tarado más elevada de la válvula de seguridad. Por tanto, como la presión de tarado es de 5 bares, la presión nominal suponemos que es de 5,2 bares.

Ahora podemos conocer el espesor de la tubería:

$$e = \frac{(5,2 \cdot 100)}{2 \cdot 80 + 5,2} = 3,14mm$$

Como ya sabemos el espesor de la tubería, usaremos una de polietileno de 40mm de diámetro y 3,14mm de espesor para conectar el calderín al depósito de agua.

Tuberías del calderín a la plancha:

Dado que las tuberías de polietileno no soportan altas temperaturas, no son propicias para el transporte de vapor desde el calderín hasta la plancha. Para esta función vamos a contar con tuberías de polipropileno que cuenta con las siguientes características:

- Es un material muy resistente a altas temperaturas y al impacto.
- Es una tubería muy ligera.
- Tiene un gran comportamiento frente a heladas.
- Es un gran aislante térmico.
- Las tuberías fabricadas de este material son inalterables ante la corrosión y los productos químicos.
- Su condición de termoplásticos, permiten que al calentarlos se reblandezcan y se puedan curvar y manipular con gran facilidad, si bien alguno (polietileno), son totalmente flexibles, elaborándose en rollos, con lo cual el número de juntas es muy limitado, y por ello, las pérdidas de carga son menores.

Usaremos una tubería de polipropileno de 40mm de diámetro y 3,14mm de espesor para conectar el calderín a la plancha.

3.4. AGUA

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

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

Para poder asegurar la calidad del agua de alimentación y agua de la caldera, debemos cumplir con los requerimientos de las normas, que definen los límites recomendados para los parámetros involucrados en el tratamiento del agua.

Parámetros del tratamiento del agua:

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

- 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 del agua: cuantifica 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: 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: Forman depósitos que deterioran la transferencia de calor. Se pueden utilizar filtros para remover estas sustancias.
- Dióxido de carbono: Favorece la corrosión. Este tipo de corrosión se manifiesta en forma de ranuras. La corrosión en las líneas de retorno de condensado generalmente las causa el CO₂. Este se disuelve en agua (condensado), produciendo ácido carbónico, el cual causa corrosión. 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: Se utiliza para controlar el pH y dar protección contra la dureza.
- Sólidos disueltos: son la cantidad de sólidos (impurezas) disueltas en el agua.

- Sólidos en suspensión: Representan la cantidad de sólidos (impurezas) presentes en suspensión (no disueltas) en el agua.
- Secuestrantes de oxígeno: Estos corresponden a productos químicos (sulfitos, hidracina, hidroquinona, etc.) utilizados para remover el oxígeno residual del agua.
- Sílice: 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. Esta representa una fuente potencial de depósitos.
- Conductividad. La conductividad del agua permite controlar la cantidad de sales (iones) disueltas en el agua.

PROBLEMAS FRECUENTES

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

➤ **Corrosión**

Las principales fuentes de corrosión en calderas son la corrosión por oxígeno o “pitting” y la corrosión cáustica.

La corrosión por oxígeno consiste en la reacción del oxígeno disuelto en el agua con los componentes metálicos de la caldera (que están en contacto con el agua), provocando su posterior disolución o conversión en óxidos insolubles.

La prevención de la corrosión por oxígeno se consigue mediante una adecuada desgasificación del agua aportada y la mantención de un exceso de secuestrantes de oxígeno en el agua de la caldera.

La corrosión cáustica se produce por una sobreconcentración local en zonas de elevadas cargas térmicas (fogón, cámara trasera, etc) de sales alcalinas como el hidróxido de sodio. La corrosión cáustica puede ser prevenida manteniendo la alcalinidad, OH libre y pH del agua de la caldera dentro de los límites recomendados.

➤ **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 formación de incrustaciones en una caldera puede ser prevenida, satisfaciendo los requisitos del agua aportada y agua de la caldera incluidos anteriormente, tratando el agua aportada y manteniendo unos regímenes de purga adecuados.

Equipos para el tratamiento de agua:

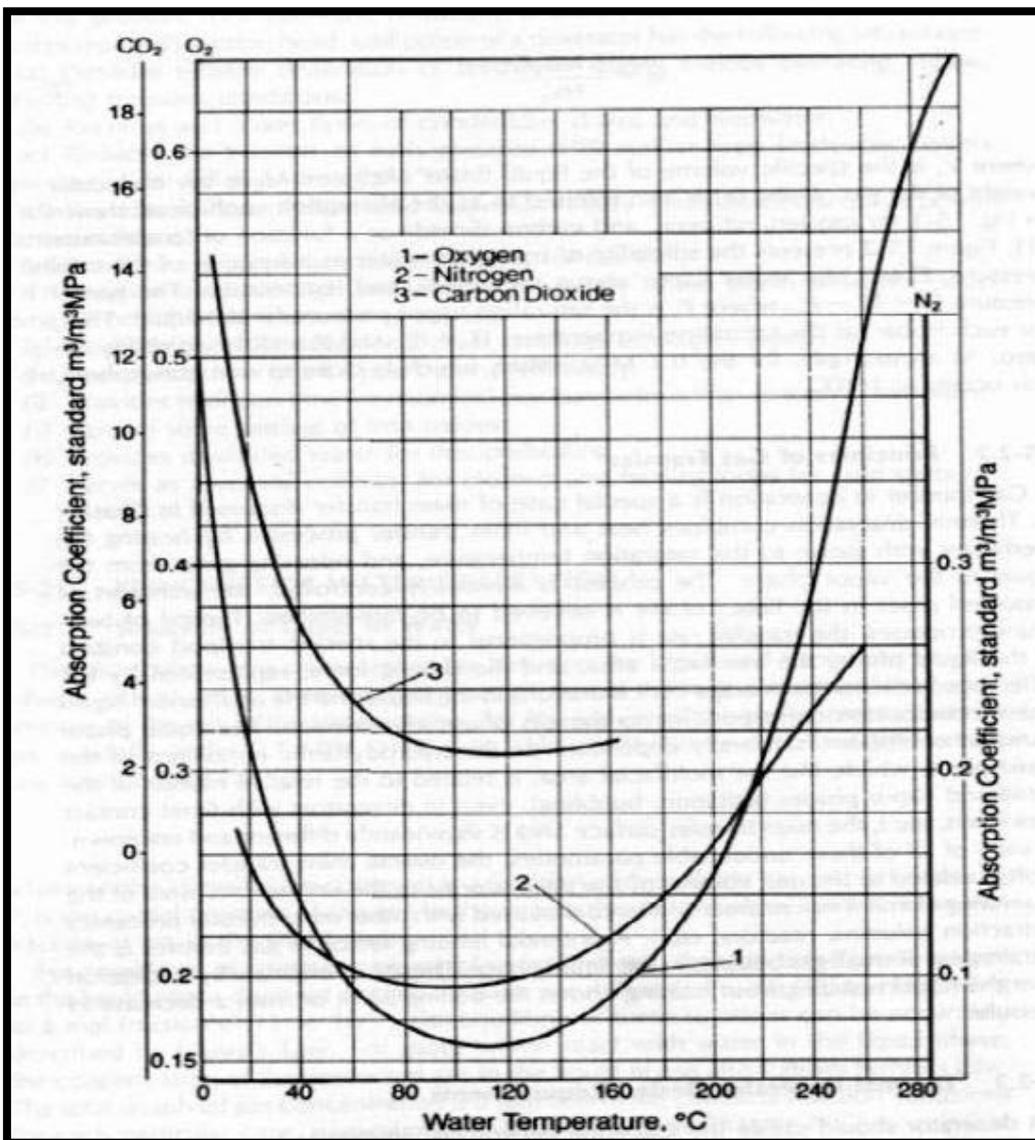
La función de los ablandadores es eliminar los iones de calcio (Ca) y magnesio (Mg), que conforman la dureza del agua y favorecen la conformación de incrustaciones en una caldera. El principio de funcionamiento de estos equipos se basa en un proceso llamado “intercambio iónico”, que consiste en la sustitución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

AGUA DURA	RESINA	AGUA BLANDA
$Ca(HCO_3)_2$	+ R-Na	
$Mg(HCO_3)_2$		
$CaSO_4$		$NaHCO_3$
$MgSO_4$		Na_2SO_4
$CaCl_2$		$NaCl$
$MgCl_2$		
$NaCl$		

DESGASIFICADOR

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

El principio de funcionamiento de los desgasificadores se basa en el hecho de que la solubilidad de los gases disueltos en el agua (O_2 y CO_2) disminuye cuando el agua está en el punto de ebullición ($100\text{ }^\circ\text{C}$ a presión atmosférica), tal como lo muestra la figura siguiente.





3.5. BOMBA DE AGUA

La función de la bomba es la de transportar el agua del depósito al calderín. Dado que estamos con una caldera de nivel definido, el sistema de alimentación de agua será automático.

Para su funcionamiento, contamos con el sensor de nivel que será el que ponga en funcionamiento la bomba o parándola según lo que se necesite, mediante el control de un relé sólido normalmente abierto.

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

La bomba en cuestión suministrará al calderín un caudal de 6L / min siempre en presiones medias.

La tensión de alimentación será de 12V en continua, según su hoja de características.

Funcionamiento de la bomba:

Para hacer que la bomba se ponga en funcionamiento lo que necesitamos es la salida del comparador que podían ser +15V y 0V. Pero el relé sólido se activa a los 5V, por lo que se alimentará con la comparación de las salidas de los circuitos de detección de nivel SPAG y SPA, que será una tensión de 5 V deducida de los 15 V que proporcionan ambos circuitos.

Para empezar colocaremos un diodo para filtrar la salida del comparador el cual tendrá en cuenta en la caída de tensión del circuito.

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

$$V_{\text{out}} = 15\text{V} - 07\text{V} = 14,3\text{V}$$



Como lo que queremos es tener una tensión de 0V en V_{out} cuando el sensor detecte que el nivel del agua es suficiente y que nos de +15V cuando no haya el nivel suficiente de agua. Lo que haremos será comparar la salida V_{out} con la tensión obtenida anteriormente: $V_4 = 14,3V$
Si comparamos V_4 con V_{out} , nos dará:

- Si $V_{OUT} = V_4$, el comparador nos dará 0V
- Si $V_{OUT} < V_4$, el comparador nos dará +15V

Y para conseguir los 5V que necesitamos para hacer que funcione el relé, lo único que tendremos que hacer es añadir un Amplificador Operacional.

$$V_{Bomba} = -\frac{R_9}{R_8} \cdot V_{IN}$$

Suponiendo $R_8 = 1K\Omega$

$$R_9 = \frac{5 \cdot 1000}{15} \approx 333\Omega$$

CIRCUITO DE CONTROL DE LA BOMBA:

Ver Plano4 adjunto



3.6. PANTALLA LCD

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

Para este proyecto hemos escogido una pantalla LCD 4x16. Esta pantalla está compuesta de un microcontrolador capaz de representar 4 líneas de 16 caracteres cada una.

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

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

PIN	SÍMBOLO	E/S	FUNCIÓN
1	Vss	-	0V (Tierra)
2	Vdd	-	+5V +- 0.25V (Tensión positiva de alimentación)
3	Vo	-	Tensión negativa para el contraste de la pantalla
4	RS	E	Selector de Dato/Instrucción
5	R/W	E	Selector de Lectura/Escritura
6	E	E	Habilitación del módulo
7	DB0	E/S	BUS DE DATOS
8	DB1	E/S	BUS DE DATOS
9	DB2	E/S	BUS DE DATOS
10	DB3	E/S	BUS DE DATOS
11	DB4	E/S	BUS DE DATOS
12	DB5	E/S	BUS DE DATOS
13	DB6	E/S	BUS DE DATOS
14	DB7	E/S	BUS DE DATOS

• **DDRAM**

La zona DDRAM es una zona de la memoria RAM que se ocupa de almacenar los caracteres que se van a mostrar por pantalla. Tiene una capacidad de 80 bytes, 20 por cada línea, de los cuales sólo 64 bytes se pueden visualizar a la vez (16 bytes por línea).

Si se habilita ver el cursor, aparecerá en la localidad actualmente direccionada. En otras palabras, si un carácter aparece en la posición del cursor, se va a mover automáticamente a la siguiente localidad direccionada. Esto es un tipo de memoria RAM así que los datos se pueden escribir en ella y leer de ella, pero su contenido se pierde irrecuperablemente al apagar la fuente de alimentación.

• **CGROM**

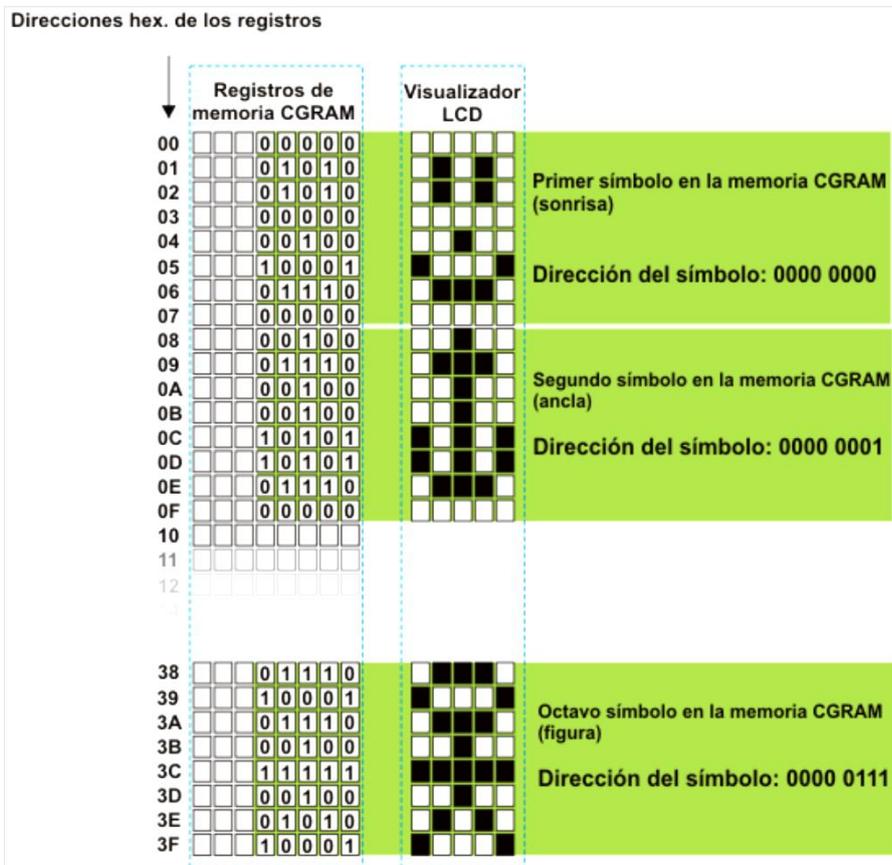
La CGROM es una zona de la memoria interno no volátil donde se almacena una tabla con los 192 caracteres que pueden ser visualizados. Cada uno de los caracteres tiene su representación binaria de 8 bits.

La memoria CGROM contiene un mapa estándar de todos los caracteres que se pueden visualizar en la pantalla. A cada carácter se le asigna una localidad de memoria:

		Upper Data Nibble																
		DB7	DB6	DB5	DB4	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
		0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
		0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
		0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
Lower Data Nibble	xxxx0000	CG RAM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
	xxxx0001	CG RAM	!	1	A	Q	a	q	。	ア	チ	△	△	△	△	△	△	△
	xxxx0010	CG RAM	"	2	B	R	b	r	「	イ	ツ	×	β	θ				
	xxxx0011	CG RAM	#	3	C	S	c	s	」	ウ	テ	ε	ω					
	xxxx0100	CG RAM	\$	4	D	T	d	t	、	エ	ト	フ	ワ	Ω				
	xxxx0101	CG RAM	%	5	E	U	e	u	・	オ	ナ	1	5	Ü				
	xxxx0110	CG RAM	&	6	F	V	f	v	ヲ	カ	ニ	ヨ	ρ	Σ				
	xxxx0111	CG RAM	'	7	G	W	g	w	ヲ	キ	ヲ	ラ	q	π				
	xxxx1000	CG RAM	(	8	H	X	h	x	イ	ウ	ネ	リ	ル	又				
	xxxx1001	CG RAM	)	9	I	Y	i	y	ウ	ケ	ル	リ	ウ					
	xxxx1010	CG RAM	*	:	J	Z	j	z	エ	コ	ハ	レ	i	チ				
	xxxx1011	CG RAM	+	;	K	[	k	[	オ	サ	ヒ	ロ	*	チ				
	xxxx1100	CG RAM	,	<	L	¥	l	¥	ハ	シ	フ	ワ	φ	円				
	xxxx1101	CG RAM	-	=	M	]	m	]	ユ	ズ	ン	も	÷					
	xxxx1110	CG RAM	.	>	N	^	n	^	ヨ	セ	ホ	°	ん					
	xxxx1111	CG RAM	/	?	O	_	o	_	ケ	ツ	リ	マ	°	■				

- **CGRAM**

Además de los caracteres estándar, el visualizador LCD puede visualizar símbolos definidos por el usuario. Esto puede ser cualquier símbolo de 5x8 píxeles. La memoria RAM denominada CGRAM de 64 bytes lo habilita. Los registros de memoria son de 8 bits de anchura, pero sólo se utilizan 5 bits más bajos. Un uno lógico (1) en cada registro representa un punto oscurecido, mientras que 8 localidades agrupadas representan un carácter. Los símbolos están normalmente definidos al principio del programa por una simple escritura de ceros y unos de la memoria CGRAM así que crean las formas deseadas. Para visualizarlos basta con especificar su dirección. Preste atención a la primera columna en el mapa de caracteres CGROM. No contiene direcciones de la memoria RAM, sino los símbolos de los que se está hablando aquí. En este ejemplo 'visualizar 0' significa visualizar 'sonrisa', 'visualizar 1' significa - visualizar 'ancla' etc.





Secuencia de inicialización:

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

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

La secuencia de inicio ejecutada es la siguiente:

- 1.1 CLEAR DISPLAY
- 1.2 FUNCTION SET
- 1.3 DISPLAY ON/OFF CONTROL
- 1.4 ENTRY MODE SET
- 1.5 Se selecciona la primera posición de la RAM

Las instrucciones anteriores vienen suministradas por Microchip.

Es importante que la primera instrucción que se envíe realice una espera de unos 15 ms o mayor para la completa re-inicialización interna del módulo LCD.

Indicadores de la pantalla LCD:

- AGUA_MIN: Indica que se ha alcanzado el nivel mínimo de agua en el depósito y que, por lo tanto, debemos suministrarla.
- AGUA_C: Indica que el nivel de agua del depósito es el adecuado.
- TPLANCHA_BAJA: Avisa de que aun no se ha alcanzado la temperatura adecuada de planchado (70°C).
- TPLANCHA_OK: Avisa que se ha alcanzado una temperatura adecuada de planchado y que esta es menor de 120 °C.



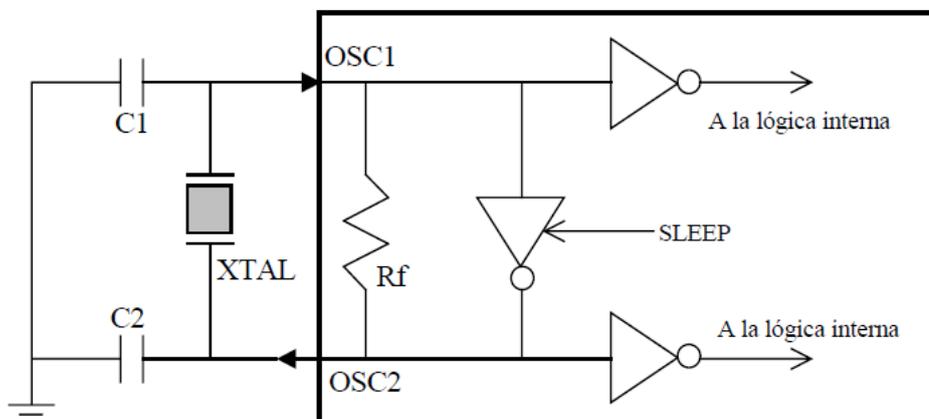
- FALLA_CALEF: Indica que el calefactor no ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición del agua (100°C) y, por lo tanto, la producción de vapor del calderín no será correcta.
- CALEF_OK: Se ha alcanzado la temperatura mínima de ebullición (100°C) y por lo tanto, la producción de vapor será correcta.
- PRESIÓN_BAJA: Avisa que la presión alcanzada en el calderín es correcta y que, por lo tanto, no se ha activado la válvula de seguridad.
- PRESION_C: Indica que la presión del calderín es la adecuada.

Circuito de CONTROL LCD:

La puerta B del PIC 16F877 será un bus de datos bidireccional, el cual se conectará 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). Debido a la programación y su configuración, podremos ver en la pantalla LCD instrucciones y avisos que nosotros queramos.

- **CRISTAL INTERNO**

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





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

FRECUENCIA TIPICA	C1	C2
100 KHz	86 a 150 pF	68 a 100 pF
2 MHz	15 a 30 pF	15 a 30 pF
4MHz	15 a 30 pF	15 a 30 pF

Estos son valores estándar de condensadores cerámicos para la configuración XT

CIRCUITO CONTROL DE LA PANTALLA LCD

Ver Plano3 adjunto

PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA

Ver Anexo1

3.7. MICROCONTROLADORES

Dadas sus propiedades hemos escogido tanto el microcontrolador PIC16F84, programado en Assembler, como el PIC16F877 los cuales son fabricados por Microchip.

El primero servirá para controlar el accionamiento del sistema. Y respecto al último, cuenta con algunas características muy interesantes para nuestro proyecto como son su eficiencia, versatilidad y utilidad. Éste se encargará de controlar la pantalla LCD mediante instrucciones dadas.

El **PIC16F84** es un microcontrolador a 8 bits de la familia PIC perteneciente a la *Gama Media* (según la clasificación dada a los microcontroladores por la misma empresa fabricante) Microchip.

Se trata de uno de los microcontroladores más populares del mercado actual, ideal para principiantes, debido a su arquitectura de 8 bits, 18 pines, y un conjunto de instrucciones RISC muy amigable para memorizar y fácil de entender, internamente consta de:

- Memoria Flash de programa (1K x 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).

Otras características son:

- Manejo de interrupciones (de 4 fuentes).
- Perro guardián (watchdog).
- Bajo consumo.
- Frecuencia de reloj externa máxima 10MHz. (Hasta 20MHz en nuevas versiones). La frecuencia de reloj interna es un cuarto de la externa, lo que significa que con un reloj de 20Mhz, el reloj interno sería de 5Mhz y así pues se ejecutan 5 Millones de Instrucciones por Segundo (5 MIPS)

- No posee conversores analógicos-digital ni digital-analógicos.
- 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.

En los últimos años se ha popularizado el uso de este microcontrolador debido a su bajo costo y tamaño. Se ha usado en numerosas aplicaciones, que van desde los automóviles a decodificadores de televisión. Es muy popular su uso por los aficionados a la robótica y electrónica.

PIC16F877

Cuentan con memoria de programa de tipo EEPROM Flash mejorada, lo que permite programarlos fácilmente usando un dispositivo programador de PIC. Esta característica facilita sustancialmente el diseño de proyectos, minimizando el tiempo empleado en programar los microcontroladores (μC).

- CPU de arquitectura RISC (Reduced Instruction Set Computer).
- Set de 35 instrucciones.
- Frecuencia de reloj de hasta 20MHz (ciclo de instrucción de 200ns).
- Todas las instrucciones se ejecutan en un único ciclo de instrucción, excepto las de salto.
- Hasta 8K x 14 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 2,0V a 5,5V.
- 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) con SPI e I2C.

3.8. PUESTA EN MARCHA

El accionamiento del sistema es bastante sencillo ya que solo tendríamos que activar el pulsador P1. P1 estará abierto inicialmente, lo que hará que circule la corriente hasta RA1, que está activada a nivel alto. La función del circuito es:

- Si P1 está activado la tensión de la patilla RA1 nos dará 5V, activándose el calefactor, la plancha y la bomba y encendiéndose también los LEDs L1 y L2, que son los encargados de indicar la activación del sistema.
- Si P1 está desactivado, RA1 nos dará 0V apagando los elementos que estaban activos gracias a él (Calefactor, plancha, bomba y LEDs)

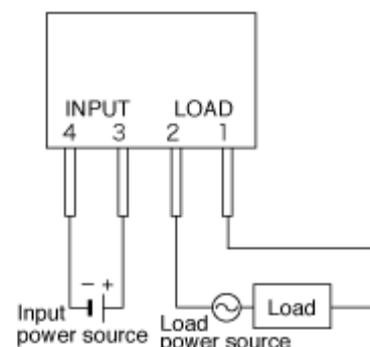
CIRCUITO DE ACCIONAMIENTO DEL SISTEMA:

Ver Plano1 adjunto

P1 lo tenemos conectado de tal forma que nos sirve como pulsador de seguridad también, ya que si desactivamos P1 se apagaría el sistema.

El sistema cuenta con varias salidas:

- ON_CALEFACTOR
- ON_PLANCHA
- ON_BOMBA





Estos elementos necesitan de tensiones altas para poder ser activados así que para controlar el accionamiento mediante las salidas del PIC16F84 usaremos relés sólidos. Elegiremos el AQ8 de Panasonic. La programación del PIC16F80 para la puesta en marcha la podemos ver en el *Anexo2*.

ALIMENTACIÓN DE ESTOS ELEMENTOS

BOMBA

Como los demás elementos la bomba está regulada tanto por el nivel del depósito como por el pulsador P1. Han de cumplirse ambas condiciones para su activación, es decir que el nivel del depósito sea adecuado y que se active el pulsador.

Para esto contamos también con un relé de tipo sólido (SSR).

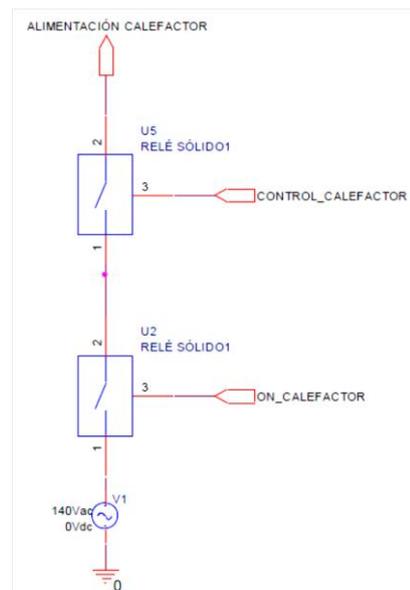
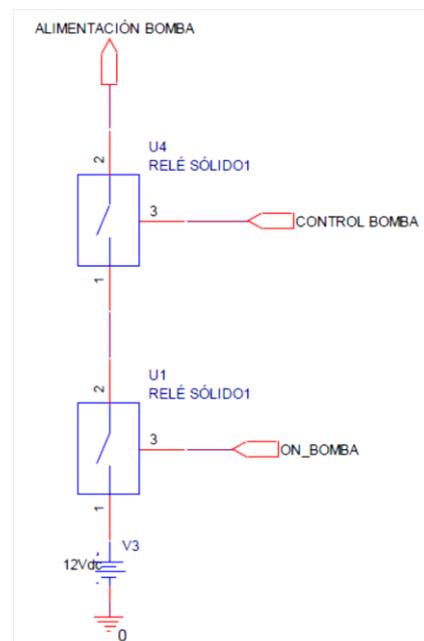
El esquema sería el siguiente:

CALEFACTOR

Al igual que la bomba, ésta está regulada tanto por P1 como por el termostato. Para que la resistencia calefactora se encienda y caliente el agua del calderín necesitaremos primero pulsar P1 para que encienda el elemento calefactor.

Así pues, cuando la resistencia calefactora llegue a 130°C, el termostato actuará y la apagará.

El esquema sería el siguiente:

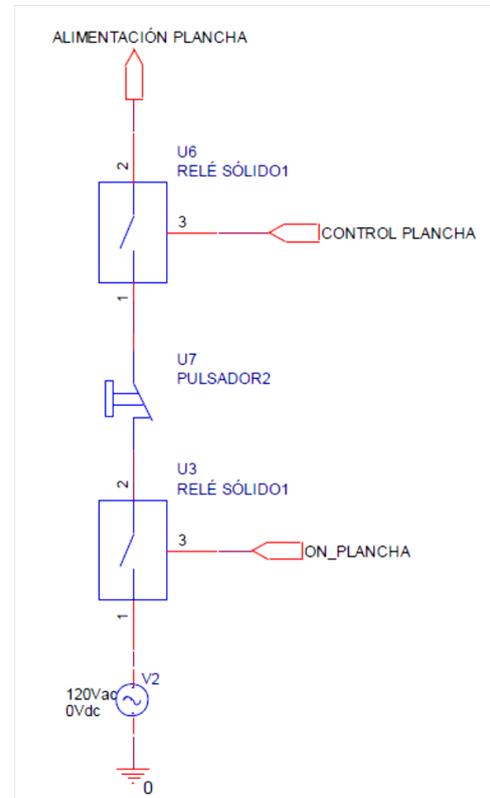


PLANCHA

Ésta también se encuentra regulada por 2 elementos:

- Pulsador P1
- la temperatura de la plancha

Su funcionamiento sería el siguiente:
 Al pulsarse P1, éste encenderá la resistencia calefactora de la plancha. La temperatura alcanzada siempre será regulada y controlada por el termostato, en nuestro caso la temperatura máxima será 120°C. El esquema de activación de la plancha dispondrá de un pulsador entre los 2 relés, que nos permitirá desconectar la resistencia calefactora de la plancha manualmente y poder utilizar solo el vapor de la plancha. El esquema sería el siguiente:





4. SEGURIDAD Y CONDICIONES

Medidas de seguridad y protección:

La seguridad en sistemas de este tipo ha de ser un pilar fundamental e imprescindible, ya que sin esta seguridad y protección el operario que está trabajando junto al sistema podría resultar herido.

Por lo que usaremos sensores de temperatura y presión para asegurar que el sistema funciona correctamente.

Siguiendo la normativa vigente para asegurar y garantizar una correcta presión de planchado utilizaremos materiales propicios para este fin, evitando así fugas y problemas que podrían probar un deterioro del sistema.

Como se ha dicho anteriormente para asegurar la protección del operario el sistema ha de cumplir con la normativa vigente de protección contra el contacto directo del usuario con las partes del sistema que estén a elevadas temperaturas o presiones.

Es por ello que usaremos materiales aislantes y resistentes que aseguren una temperatura segura y adecuada para el operario que manipule la caldera y el calderín. La zona de trabajo del operario estará limitada a los pulsadores de accionamiento/detención, al pulsador de presión y a la pantalla LCD, evitando así, zonas de peligro como pueden ser partes de tensión elevada, zonas de conductores de calor, etc.

En el caso de que el operario pueda tener contacto directo con ellas, estas estarán provistas de aislantes y sistemas de seguridad para una mayor protección del operario.

Mantenimiento de la instalación:

Para que las instalaciones sean seguras y sean eficientes es necesario realizar tareas de mantenimiento. El objetivo principal de este mantenimiento es el tratamiento del agua, con esto evitaremos problemas de corrosiones e incrustaciones en el circuito.



Un elemento del circuito, como es la caldera, deberá pasar revisiones periódicas, comprobando antes que el sistema esta desconectado, que los elementos del circuito estén secos y que la caldera este fría. Con un mantenimiento eficaz de la instalación evitaremos problemas de obstrucción de tuberías, averías y accidentes. Asegurando así una larga vida útil de la instalación.

Registro de las tareas de mantenimiento:

El encargado del mantenimiento de la instalación llevará un registro de las tareas de mantenimiento realizadas y de los resultados obtenidos. Este registro se anotará en un libro o en un archivo informático, donde se numerarán las operaciones de mantenimiento debiendo estar distribuidas de la siguiente forma:

- Titular de la instalación y la ubicación de la misma.
- Titular que realice el mantenimiento.
- Número de orden de la operación en la instalación.
- Fecha de ejecución.
- Operaciones realizadas y el personal que las realizó.
- Lista de materiales sustituidos.
- Repuestos.
- Observaciones y sugerencias.

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

Condiciones:

Este documento contiene las condiciones legales que guiarán la realización del proyecto. Por lo que, se supondrá que el proyecto ha sido encargado por una empresa cliente a otra consultora. Dicha empresa consultora desarrollará una línea de investigación con objeto de elaborar el proyecto. Esta línea de investigación, junto con el posterior desarrollo



de los programas está amparada por las condiciones particulares del siguiente pliego.

✓ **Condiciones generales**

1. Las instalaciones deberán diseñarse teniendo en cuenta todos los factores pertinentes para garantizar la seguridad durante su vida prevista. El diseño incluirá los coeficientes adecuados de seguridad para prevenir de manera coherente todo tipo de fallos.
2. Asimismo podrán habilitarse los fabricantes o los usuarios de los equipos a presión, si justifican el cumplimiento de las condiciones establecidas para las empresas instaladoras.
3. Con carácter previo a la instalación, la empresa instaladora de equipos a presión comprobará la documentación técnica y las instrucciones de los fabricantes de los equipos.
4. Tanto en las certificaciones de obras como en la liquidación final, se abonarán los trabajos realizados por el contratista a los precios de ejecución material que figuran en el presupuesto para cada unidad de la obra.
5. Cuando el contratista, con autorización del Ingeniero Director de obras. Emplee materiales de calidad más elevada o de mayores dimensiones de lo estipulado en el proyecto, o sustituya una clase de fabricación por otra que tenga asignado mayor precio o ejecute con mayores dimensiones cualquier otra parte de las obras, o en general, introduzca en ellas cualquier modificación que sea beneficiosa a juicio del Ingeniero Directo de obras, no tendrá derecho sin embargo, sino a lo que le correspondería si hubiera realizado la obra con estricta sujeción a lo proyectado y contratado.
6. Las cantidades calculadas para obras accesorias, aunque figuren por partida alzada en el presupuesto final (general), no serán abonadas sino a los precios de la contrata, según las condiciones de la misma y los



proyectos particulares que para ellas se formen, o en su defecto, por lo que resulte de su medición final.

7. El contratista, deberá realizar la obra en el plazo mencionado a partir de la fecha del contrato, incurriendo en multa, por retraso de la ejecución siempre que éste no sea debido a causas de fuerza mayor. A la terminación de la obra, se hará una recepción provisional previo reconocimiento y examen por la dirección técnica, el depositario de efectos, el interventor y el jefe de servicios o un representante, estampando su conformidad el contratista.

8. Durante la realización de la obra, se giraran visitas de inspección por personal facultativo de la empresa cliente, para hacer las comprobaciones que se crean oportunas.

Es obligación del contratista, la conservación de la obra ya ejecutada hasta la recepción de la misma, por lo que el deterioro parcial o total de ella, aunque sea por agentes atmosféricos u otras causas, deberá ser reparado o reconstruido por su cuenta.

9. Aparte del Ingeniero Director, el contratista tendrá derecho a contratar al resto del personal. Pudiendo ceder esta prerrogativa a favor del Ingeniero Director, quien no estará obligado a aceptarla.

10. Deberán cumplirse el compendio de leyes ambientales

✓ **Condiciones especiales**

La empresa consultora, que ha desarrollado el presente proyecto, lo entregará a la empresa cliente bajo las condiciones generales ya formuladas, debiendo añadirse las siguientes condiciones particulares:

1. La propiedad intelectual de los procesos descritos y analizados en el presente trabajo, pertenece por entero a la empresa consultora representada por el Ingeniero Director del Proyecto.



2. La empresa consultora se reserva el derecho a la utilización total o parcial de los resultados de la investigación realizada para desarrollar el siguiente proyecto, bien para su publicación o bien para su uso en trabajos o proyectos posteriores, para la misma empresa cliente o para otra.
3. Cualquier tipo de reproducción aparte de las reseñadas en las condiciones generales, bien sea para uso particular de la empresa cliente, o para cualquier otra aplicación, contará con autorización expresa y por escrito del Ingeniero Director del Proyecto, que actuará en representación de la empresa consultora.
4. En la autorización se ha de hacer constar la aplicación a que se destinan sus reproducciones así como su cantidad.
5. En todas las reproducciones se indicará su procedencia, explicitando el nombre del proyecto, nombre del Ingeniero Director y de la empresa consultora.
6. Si el proyecto pasa la etapa de desarrollo, cualquier modificación que se realice sobre él, deberá ser notificada al Ingeniero Director del Proyecto y a criterio de éste, la empresa consultora decidirá aceptar o no la modificación propuesta.
7. Si la modificación se acepta, la empresa consultora se hará responsable al mismo nivel que el proyecto inicial del que resulta el añadirla.
8. Si la modificación no es aceptada, por el contrario, la empresa consultora declinará toda responsabilidad que se derive de la aplicación o influencia de la misma.
9. Si la empresa cliente decide desarrollar industrialmente uno o varios productos en los que resulte parcial o totalmente aplicable el estudio de este proyecto, deberá comunicarlo a la empresa consultora.



10. La empresa consultora no se responsabiliza de los efectos laterales que se puedan producir en el momento en que se utilice la herramienta objeto del presente proyecto para la realización de otras aplicaciones.

11. La empresa consultora tendrá prioridad respecto a otras en la elaboración de los proyectos auxiliares que fuese necesario desarrollar para dicha aplicación industrial, siempre que no haga explícita renuncia a este hecho. En este caso, deberá autorizar expresamente los proyectos presentados por otros.

12. El Ingeniero Director del presente proyecto, será el responsable de la dirección de la aplicación industrial siempre que la empresa consultora lo estime oportuno. En caso contrario, la persona designada deberá contar con la autorización del mismo, quien delegará en él las responsabilidades que ostente.



III. PRESUPUESTO

A continuación vamos a plantear el presupuesto que supondría comprar todos los componentes para poder una vez comprados montar nuestro sistema:

RESISTENCIAS			
TIPO	Nº Componentes	Precio Unidad €	Precio Total €
330	4	0.07	0.28
350	4	0.07	0.28
690	1	0.07	0.07
800	5	0.07	0.35
970	1	0.07	0.07
1K	32	0.07	2.24
3K8	3	0.07	0.21
4K	3	0.07	0.21
4K8	2	0.07	0.14
Total	55		3.85 €

CONDENSADORES			
TIPO	Nº Componentes	Precio Unidad €	Precio Total €
22 μ F	4	0.25	1
Total	4		1 €

DIODOS			
TIPO	Nº Componentes	Precio Unidad €	Precio Total €
1N4007		0.13	
	1 (Sensor de Nivel De.)		0.13
	1 (Control de la bomba)		0.13
	2 (Elemento calefactor)		0.26
	2 (Dispositivo Planchado)		0.26
	1 (Presión en la caldera)		0.13
Total	7		0.91 €



LEDs			
TIPO	Nº Componentes	Precio Unidad €	Precio Total €
Azul	1	1.17	2.34
Amarillo	1	0.56	0.56
Naranja	1	0.16	0.16
Verde	3	0.82	2.46
Rojo	2	0.56	1.12
Total	8		6.64 €

POTENCIOMETRO			
TIPO	Nº Componentes	Precio Unidad €	Precio Total €
10K R.Nominal		1.78	
	1 (Pantalla LCD)		1.78
	1 (Alimentación del sistema)		1.78
Total	2		3.56 €

AMPLIFICADOR OPERACIONAL			
TIPO	Nº Componentes	Precio Unidad €	Precio Total €
LM124 / LM139		0.10 Cada uno	
	1/1 (Sensor de Nivel del Depósito)	0.10/0.10	0.20
	2/1 (Control de la Bomba)	0.20/0.10	0.30
	2/1 (Elemento Calefactor)	0.20/0.10	0.30
	2/1 (Dispositivo de Planchado)	0.20/0.10	0.30
	1/1 (Presión en la caldera)	0.10/0.10	0.20
Total	8/5 = 13		1.30 €



SENSORES			
TIPO	<i>Nº Componentes</i>	Precio Unidad €	Precio Total €
LM35	2	2	4
DMP331	3	5.5	16.5
Total	5		20.5 €

RELÉ SOLIDO			
TIPO	<i>Nº Componentes</i>	Precio Unidad €	Precio Total €
AQ8	6	6.14	36.84
Total	6		36.84 €

MICROCONTROLADORES			
TIPO	<i>Nº Componentes</i>	Precio Unidad €	Precio Total €
16F877	1	8.60	8.60
16F84	1	9.95	9.95
Total	2		18.55 €

CRISTAL DE CUARZO			
TIPO	<i>Nº Componentes</i>	Precio Unidad €	Precio Total €
OSC4M	1	4.80	4.80
Total	1		4.80 €

RESISTENCIA CALEFACTORA			
TIPO	<i>Nº Componentes</i>	Precio Unidad €	Precio Total €
RCE016	1	32.50	32.50
Total	1		32.50 €

ELEMENTO CALEFACTOR			
TIPO	<i>Nº Componentes</i>	Precio Unidad €	Precio Total €
Placa de Mica	1	36.45	36.45
Total	1		36.45 €



BOMBA CENTRÍFUGA			
TIPO	<i>Nº Componentes</i>	Precio Unidad €	Precio Total €
Multicelular	1	169	169
Total	1		169 €

TOTAL			
TIPO	<i>DESCRIPCIÓN</i>		Precio Total €
Bloque1	Resistencias		3.85
Bloque2	Condensadores		1
Bloque3	Diodos		0.91
Bloque4	Leds		6.64
Bloque5	Potenciómetro		3.56
Bloque6	Amplificadores Operacionales		1.30
Bloque7 y 8	Sensores y Relé Solido	20.5 36.84	57.34
Bloque9	Microcontroladores		18.55
Bloque10	Cristal de Cuarzo		4.80
Bloque 11	Resistencia Calefactora		32.50
Bloque12	Elemento Calefactor		36.45
Bloque13	Bomba Centrífuga		169
Total			335.90 €

IV. ANEXOS

1. PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA LCD
2. PROGRAMACIÓN PUESTA EN MARCHA
3. DATASHEETS
 - 3.1. 1N4007
 - 3.2. CRYSTAL
 - 3.3. DMP331
 - 3.4. LCD 4x16
 - 3.5. LCD
 - 3.6. LM35
 - 3.7. LM139
 - 3.8. LM324
 - 3.9. PIC16F84
 - 3.10. PIC16F877
 - 3.11. Potenciómetro 10 K



1. PROGRAMACIÓN DE LA PANTALLA

```

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      ; pines de las puertas a 0
CLRF        PORTB
CLRF        PORTC
CLRF        PORTD
MOVLW      0xFF        ; los pines de A como entradas
MOVWF      PORTA
BSF        STATUS,5    ; 1 el bit del registro
MOVLW      B'00000000' ; STATUS (cambiamos al banco1)
MOVWF      PORTC       ; la salida (PORTC) = 0
MOVLW      B'00000000
MOVWF      PORTB       ; la salida (PORTB) = 0
BCF        STATUS, 5   ; 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' ; LCD_1 sirve para indicar que el
CALL    LCD_1     ; código que 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    AGUA_MIN
CALL    AGUA_C
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
                CALL    TEMP_OK   ;0
                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
BTSS PORTA,1 ; salta si el bit1 de PUERTA es cero, es
CALL PRESION_C ; decir, si el sensor de presión detecta
CALL NO_PRESION ; que no se ha alcanzado la presión
CALL TIME_1 ; de 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_C 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
AGUA_MIN 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_C 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
```

2. PROGRAMACIÓN PUESTA EN MARCHA

```
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    BTSS    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
```

3. DATASHEETS

Los datasheets vienen adjuntos al final de este proyecto.

V. BIBLIOGRAFÍA

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

Páginas Web

- www.umh.es
- www.forosdeelectronica.com
- www.cetronic.es
- www.microchip.com
- www.wikipedia.org
- www.alldatasheet.com
- www.forocoche.com

Asignaturas I.T.I. Electrónica

- Diseño y Simulación Electrónica.
- Informática Industrial.
- Circuitos Integrados Analógicos Lineales
- Circuitos Integrados Analógicos No Lineales.



Programas utilizados

- ORCAD FAMILY (Captures CiS, Layout)
- LAYOUT (programa para diseñar PCB'S)
- *MPLAB* (compilador de código ensamblador)