

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO  
PROGRAMABLE DE CONTROL AUTOMÁTICO DE PRESIÓN PARA UNA  
PRENSA HIDRÁULICA DE VULCANIZACIÓN DE BANDAS DE CAUCHO  
TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA ICOBANDAS S. A.**

**OSCAR EDUARDO LÓPEZ CHAVARRO  
OSCAR JAVIER MOSTACILLA PAZ**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
INGENIERÍA FÍSICA  
POPAYÁN  
2011**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA ELECTRÓNICO  
PROGRAMABLE DE CONTROL AUTOMÁTICO DE PRESIÓN PARA UNA  
PRENSA HIDRÁULICA DE VULCANIZACIÓN DE BANDAS DE CAUCHO  
TRANSPORTADORAS EN LA EMPRESA ICOBANDAS S. A.**

**OSCAR JAVIER MOSTACILLA PAZ  
OSCAR EDUARDO LÓPEZ CHAVARRO**

Trabajo de grado en la modalidad de pasantía para optar el título de  
Ingeniero Físico.

Director

**M.Sc GERMÁN ARTURO BACCA BASTIDAS**

Co-director

**Ing. HUMBERTO RUIZ VICTORIA**

**UNIVERSIDAD DEL CAUCA  
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES, EXACTAS Y DE LA EDUCACIÓN  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
INGENIERÍA FÍSICA  
POPAYÁN**

**2011**

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

**Director** \_\_\_\_\_

Mg. Germán Arturo Bacca Bástidas

**Jurado** \_\_\_\_\_

M.Sc. Luis Fernando Echeverry

**Jurado** \_\_\_\_\_

Mg. Cesar Augusto Quinayás

Fecha de sustentación: Popayán Junio 9 de 2011

## **AGRADECIMIENTOS**

Expresamos nuestros más sinceros agradecimientos:

- A Dios por todas las bendiciones recibidas y permitirnos alcanzar esta meta.
- A nuestros Padres, a quienes de corazón agradecemos por todo su amor, comprensión y respaldo.
- A nuestros familiares y hermanos por el gran apoyo y cariño que nos brindaron durante toda la carrera.
- A Janeth Dorado, quien con todo su amor y apoyo incondicional ha sido mi mayor aliento.
- A Claudia Cisneros por brindarme todo su amor y compañía.
- A mi hija Sarah Isabel Mostacilla por ser la motivación para seguir adelante.
- Al Ing. Humberto Ruiz Victoria, por darnos la oportunidad, la orientación y el apoyo en la realización de este trabajo de grado.
- Al Mg. Germán Arturo Bacca por su orientación y apoyo como director en la realización de este trabajo de grado.
- A nuestros amigos, que en todo momento creyeron en nosotros.
- A todos nuestros compañeros y profesores de la Universidad del Cauca.

## TABLA DE CONTENIDO

	<i>pág.</i>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE TABLAS .....</b>	<b>10</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>11</b>
<b>1. MARCO CONCEPTUAL .....</b>	<b>13</b>
1.1 INTRODUCCIÓN .....	13
1.2 BANDAS DE CAUCHO TRANSPORTADORAS.....	13
1.3 VULCANIZACION DE BANDAS DE CAUCHO TRANSPORTADORAS.....	16
1.4 PRENSA HIDRAULICA DE VULCANIZACIÓN .....	17
1.5 REGULACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS A NIVEL INDUSTRIAL.....	19
1.5.1 Introducción.....	19
1.5.2 Características del proceso.....	20
1.5.3 Control todo-nada.....	21
1.6 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO TIPO INDUSTRIAL .....	22
1.6.1 Interruptores de Presión.....	24
1.6.2 Sensores electrónicos de presión.....	26
1.6.3 Válvulas de vías.....	28
1.7 EL CONTACTOR MAGNÉTICO.....	30
1.8 EL MICROCONTROLADOR PIC 18F452 .....	311
1.8.1 El conversor análogo a digital.....	34
<b>2. DESCRIPCION DE LA PLANTA .....</b>	<b>36</b>
2.1 PROCESO DE VULCANIZACIÓN DE BANDAS DE CAUCHO EN LA PRENSA DE VULCANIZACIÓN No. 5 .....	36
2.2 LA PRENSA HIDRÁULICA DE VULCANIZACIÓN No. 5 .....	37
2.2.1 La unidad hidráulica.....	38

2.2.2 Sistema de control eléctrico para la apertura y cierre de la prensa hidráulica de vulcanización 5.....	41
2.2.3 Modo de operación de la prensa 5.....	42
2.2.4 Sistema de control de presión. ....	42
<b>3. SISTEMA DE CONTROL IMPLEMENTADO .....</b>	<b>45</b>
3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA .....	45
3.2 EL TRANSMISOR ELECTRÓNICO DE PRESIÓN .....	48
3.3 INTERFACE ELECTRÓNICA DEL SISTEMA DE CONTROL.....	50
3.3.1 La tarjeta principal del sistema [P5_01]. ....	50
3.3.2 Adquisición y acondicionamiento de la señal del transmisor de presión. ....	51
3.3.3 Actuadores.....	53
3.3.4 Sistema de generación de la alarma. ....	57
3.4 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR.....	61
3.5 EL PANEL DE CONTROL.....	68
3.6 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	70
<b>4. PRUEBAS Y RESULTADOS .....</b>	<b>72</b>
4.1 CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN .....	72
4.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA .....	74
4.3 PRUEBAS .....	75
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO A. DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS .....</b>	<b>84</b>
<b>ANEXO B. CÓDIGO FUENTE DEL MICROCONTROLADOR .....</b>	<b>87</b>
<b>ANEXO C. HOJA DE DATOS DEL TRANSMISOR ELECTRÓNICO DE PRESIÓN .....</b>	<b>95</b>
<b>ANEXO D. MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE PRESIÓN.....</b>	<b>98</b>

## INDICE DE FIGURAS

	<i>pág.</i>
<b>Figura 1.</b> Esquema de una banda de caucho transportadora. ....	14
<b>Figura 2.</b> Esquema de un sistema de transporte de materia prima utilizando una banda de caucho. ....	15
<b>Figura 3.</b> Ejemplos de la utilización de bandas de caucho para el transporte de materiales. (a) Transporte de chatarra. (b) transporte de roca. ....	16
<b>Figura 4.</b> Esquema de una prensa hidráulica de plato inferior ascendente.. ....	18
<b>Figura 5.</b> Sistema de circulación de vapor dentro de en los platos de una prensa de vulcanización. ....	19
<b>Figura 6.</b> Diagrama de bloques de un bucle típico de control.....	20
<b>Figura 7.</b> Esquema de un control todo-nada. ....	21
<b>Figura 8.</b> Control todo-nada con banda diferencial o zona muerta.....	22
<b>Figura 9.</b> Elementos que constituyen un sistema de control hidráulico tipo industrial. ....	24
<b>Figura 10.</b> Esquema de un interruptor electromecánico de presión. ....	25
<b>Figura 11.</b> Comportamiento de la presión en un sistema hidráulico controlado por medio de un interruptor de presión. ....	26
<b>Figura 12.</b> Esquema general de una galga extensométrica. ....	27
<b>Figura 13.</b> Transductor de presión de silicio difundido. ....	28
<b>Figura 14.</b> Esquema de una válvula de 4 vías, 2 posiciones. ....	29
<b>Figura 15.</b> Válvula direccional de 4 vías 3 posiciones, Sperry-Vickers... ....	29
<b>Figura 16.</b> Contactor magnético. (a) Vista frontal. (b) Esquema interno. ....	30
<b>Figura 17.</b> Distribución de pines de un microcontrolador PIC 18F452. ....	32
<b>Figura 18.</b> Diagrama de bloques simplificado del PIC 18F452. ....	33
<b>Figura 19.</b> Diagrama de bloques del conversor A/D del PIC 18F452. ....	34
<b>Figura 20.</b> Esquema de la prensa de vulcanización No. 5.....	36

<b>Figura 21.</b> Componentes básicos de una unidad hidráulica de potencia.....	38
<b>Figura 22.</b> Diagrama simplificado del circuito hidráulico de potencia.....	40
<b>Figura 23.</b> Diagrama eléctrico del sistema de control de las 6 electroválvulas que gobiernan la apertura y cierre de las prensas 1 y 5. ....	41
<b>Figura 24.</b> Circuito eléctrico de cierre de la prensa de vulcanización No. 5. ....	43
<b>Figura 25.</b> Diagrama de flujo del sistema de control de presión implementado.....	46
<b>Figura 26.</b> Variación de la presión de vulcanización en la prensa. ....	47
<b>Figura 27.</b> Diferentes tipos de señales en el sistema de control.....	48
<b>Figura 28.</b> Transmisor electrónico de presión MBS 3000, marca <i>Danfoss</i> . ....	49
<b>Figura 29.</b> Vista superior de la tarjeta electrónica [P5_01] .....	51
<b>Figura 30.</b> Esquema de conexiones para un sensor con salida en corriente a dos hilos con un conector tipo DIN 43650.....	52
<b>Figura 31.</b> Circuito de acondicionamiento para la señal del transmisor. ....	53
<b>Figura 32.</b> Tarjeta [P5_02] del circuito electrónico de control de los relevos.. ....	54
<b>Figura 33.</b> Circuito eléctrico para la activación del relevo <b>CPP5</b> . ....	55
<b>Figura 34.</b> Circuito de aislamiento eléctrico entre el pin RE1 del PIC18F452 y el relevo CPAJ que controla el encendido del Piloto Ajustando. ....	56
<b>Figura 35.</b> Circuito para el accionamiento del Piloto Sirena y la Sirena. ....	56
<b>Figura 36.</b> Sistema de apertura de la prensa 5 por medio del contactor AP5. ....	58
<b>Figura 37.</b> Circuito para el envío de la señal que indica la apertura programada de la prensa No. 5 por medio de los relevos <b>B1_AP</b> y <b>B2_AP</b> .....	60
<b>Figura 38.</b> Circuito electrónico para la regulación de los voltajes de +12 y +15 VDC a partir de una entrada regulada de +17 VDC. ....	61
<b>Figura 39.</b> Diagrama de flujo simplificado del software del microcontrolador.....	63
<b>Figura 40.</b> Vista frontal del panel de control del sistema de control de presión.....	68
<b>Figura 41.</b> Vista interna del cofre metálico donde se instaló en sistema. ....	69
<b>Figura 42.</b> Curva característica del transmisor de presión Danfoss MBS 3000. ....	73
<b>Figura 43.</b> Ubicación de la toma de la señal hidráulica por parte del transmisor de presión y del manómetro tipo burdon. ....	74



<b>Figura 44.</b> Prueba del sistema de control de presión con una Presión Ajuste de 400 psi. ...	76
<b>Figura 45.</b> Momento en el cual el sistema de control va a realizar la corrección. ....	77
<b>Figura 46.</b> Prueba del sistema de control de presión con una Presión Ajuste de 600 psi. ...	77
<b>Figura 47.</b> Momento en el cual el sistema de control de presión va a realizar la corrección debido a que la presión medida a alcanzado el mínimo valor permitido (540 psi).....	78
<b>Figura 48.</b> Prueba del sistema de control de presión con una Presión Ajuste de 800 psi. ...	78
<b>Figura 49.</b> Imagen tomada luego de que se activara la alarma en el sistema por un descenso sin control en la presión hidráulica de la prensa. ....	79
<b>Figura 50.</b> Diagrama de conexiones del sistema de control implementado.....	84
<b>Figura 51.</b> Circuito electrónico de la tarjeta impresa P5_01.....	85
<b>Figura 52.</b> Circuito electrónico de la tarjeta impresa P5_02.....	86

## LISTA DE TABLAS

	<i>pág.</i>
Tabla 2. Principales características del microcontrolador PIC 18F452. ....	32
Tabla 4. Datos de la unidad de potencia hidráulica de la prensa de vulcanización 5. ....	39
Tabla 5. Datos técnicos del transmisor electrónico de presión Danfoss MBS 3000.....	49
Tabla 6. Valores máximos y mínimos de presión y tolerancia para la prensa de vulcanización No.5.....	71
Tabla 7. Datos obtenidos en la calibración del sensor. ....	72

## INTRODUCCIÓN

En el proceso de fabricación de bandas transportadoras de caucho, la vulcanización de estas es una etapa crítica en la cual se deben controlar parámetros como la presión y la temperatura entre otros, ya que es en este proceso donde se le da las características finales a las bandas de caucho transportadoras y en general a los productos de goma de caucho que se fabrican mediante moldeado por compresión.

Para la vulcanización de las bandas transportadoras de caucho se introduce una sección de ésta entre los platos de una prensa. El proceso de vulcanización se lleva a cabo en una prensa hidráulica de plato inferior ascendente, la cual tiene su unidad hidráulica que impulsa el fluido de trabajo que acciona el pistón de la prensa para generar la presión de cierre sobre la banda. Debido al gran número de conexiones en el circuito hidráulico, se presentan fugas en este que causan una disminución en la presión de cierre. Para controlar la presión en el circuito hidráulico de la prensa se utiliza un presostato electromecánico. El presostato es un contacto eléctrico controlador por presión que realiza una acción de control on-off. El mayor inconveniente de este sistema son los rangos en los cuales el presostato inicia su acción de control.

Teniendo en cuenta lo anterior, surgió la necesidad de mejorar el proceso de control de presión. Como primera medida se pensó en reemplazar el presostato existente por otro que tuviera mejores prestaciones, tales como rangos de trabajo ajustables y programación digital. Esta tarea no dio buenos resultados, debido a que ningún producto satisfacía los requisitos. Entonces se propuso la idea de diseñar e implementar un sistema de control de presión electrónico el cual utiliza como elemento sensor un transmisor de presión Danfoss MBS3000 y un circuito con un microcontrolador PIC18F452.

Este sistema lleva a cabo el control automático de la presión para una prensa hidráulica, siendo su mayor ventaja sobre el presostato, es que al primer se le pueden ingresar los valores de la presión de vulcanización y la tolerancia solicitados por la orden de producción. El sistema está constantemente midiendo y registrando el valor de la presión en el circuito hidráulico, además de tener, en caso de sobre presiones, alarmas visuales y sonoras.

## **1. MARCO CONCEPTUAL**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

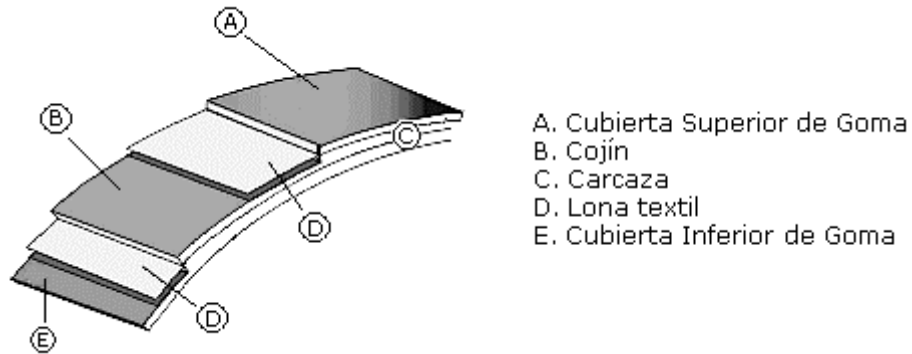
En la etapa de vulcanización, en el proceso de confección de bandas de caucho transportadoras, es necesario mantener en todo momento un control estricto de las variables físicas involucradas. Entre estas variables físicas se encuentra la presión de vulcanización, la cual debe permanecer alrededor de un valor fijo, para garantizar que la banda sea vulcanizada por completo. Para este fin se utilizan, en la mayoría de los casos, prensas hidráulicas de gran tamaño cuyo fluido hidráulico es controlado mediante accionamientos eléctricos y electrónicos, utilizando frecuentemente técnicas convencionales de control.

### **1.2 BANDAS DE CAUCHO TRANSPORTADORAS**

Las bandas o correas transportadoras se emplean para el transporte continuo tanto de personas como de los materiales más diversos a distancias que varían desde algunos metros a varios kilómetros.

Las bandas o correas transportadoras constan de una carcasa textil o metálica, que proporciona a la banda inextensibilidad y resistencia frente a esfuerzos de tracción transversales y longitudinales, que en su parte superior está protegida por una cubierta de goma contra los esfuerzos de rozamiento y de impacto causados por el género a transportar, así como contra los efectos de intemperie. Por su parte inferior, la carcasa está así mismo recubierta por una capa de goma, la base que tiene por misión proporcionar la fricción en los rodillos motrices necesaria para el avance de la banda [12], evitar el desgaste de la carcasa por el rozamiento contra estos rodillos y contra los rodillos-guías, y protegerlas contra la intemperie. Un esquema de una banda transportadora se muestra en la figura (1).

**Figura 1. Esquema de una banda de caucho transportadora.**



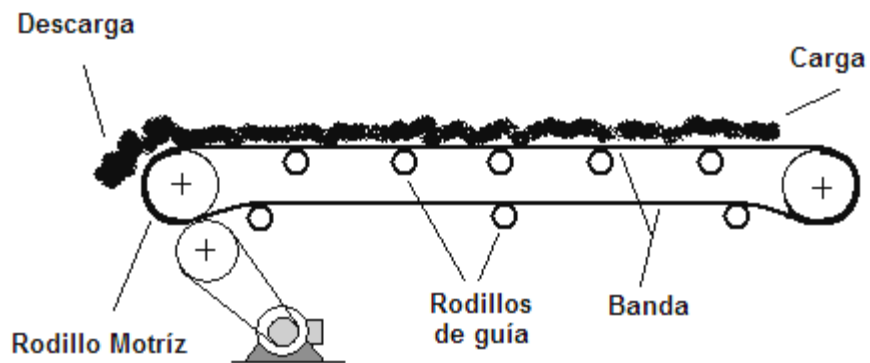
**Fuente:** ROYO. José. *Manual de Tecnología del Caucho*.

Aunque para la construcción de la carcasa puede emplearse un tejido cord, su uso no es tan imprescindible como en las cubiertas de neumáticos, ya que las deformaciones no son en este caso tan intensas ni complejas, por lo que con frecuencia se utiliza un tejido cuadrado, con igual número de hilos en trama y urdimbre. En cuanto a los materiales, el algodón y el rayón van siendo sustituidos por las fibras de poliamidas (nylon) y de poliéster, por su mayor tenacidad. Frecuentemente, para la urdimbre se prefieren las fibras de poliéster que por su mayor módulo reducen en mayor medida el estiramiento de la correa durante el servicio; por el contrario, en la trama puede ser más aconsejable el nylon, que, con su mayor tenacidad y alargamiento a rotura, proporciona a las bandas mayor resistencia a impactos.

Gracias a estas propiedades físicas, las bandas de caucho transportadoras son muy utilizadas en el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos para los cuales se requiere una alta resistencia a la abrasión y al desgaste, además de esto, su instalación es sencilla de realizar con pocos elementos mecánicos, los cuales son de una gran sencillez de funcionamiento, que una vez instalados, suelen dar pocos problemas mecánicos y de mantenimiento. En la figura (2), se puede apreciar un esquema de una instalación de una banda de caucho transportadora, la cual el producto a transportar se

traslada desde el punto de carga hasta el punto de descarga gracias al movimiento continuo de la banda.

**Figura 2. Esquema de un sistema de transporte de materia prima utilizando una banda de caucho.**



**Fuente:** Los autores

La composición de la goma de cubierta depende de las condiciones de trabajo previstas. Si solo se requiere resistencia mecánica, se suelen emplear gomas de caucho natural, o, a veces con formulaciones especiales, tales como sistemas vulcanizantes que proporcionan mayor resistencia al calor para bandas que han de transportar materiales calientes, o con ingredientes admitidos por la legislación vigente para gomas que han de estar en contacto con productos alimenticios, etc.

Con frecuencia las bandas transportadoras han de satisfacer requisitos especiales, tales como resistencia a hidrocarburos o a temperaturas extremas, que solo pueden lograrse con determinados tipos de cauchos sintéticos. Un ejemplo típico es la exigencia de que no propaguen la llama, que es habitual en las bandas transportadoras empleadas en minas subterráneas, para evitar graves accidentes; ello se resuelve con el empleo de cauchos de

policloropreno o de poli (cloruro de vinilo) plastificado, a veces con adición de agentes ignífugos.

También es frecuente que a estas bandas se les exija una conductividad eléctrica suficiente para disipar cargas estáticas, que se producen por la fricción de la goma entre los rodillos, y que, de no ser eliminadas, podrían dar lugar a chispas, que a su vez podrían provocar explosiones, por ejemplo de grisú en minas de carbón. Otro tanto cabe decir de la goma de base y de los cantos. En la figura (3) se muestran algunos ejemplos de la aplicación de bandas de caucho transportadoras en la industria.

**Figura 3. Ejemplos de la utilización de bandas de caucho para el transporte de materiales. (a) Transporte de chatarra. (b) transporte de roca.**



(a)



(b)

**Fuente:** *Icobandas S.A.*

### 1.3 VULCANIZACIÓN DE BANDAS DE CAUCHO TRANSPORTADORAS

Un gran número de productos de caucho se fabrican por moldeo en prensa. Este proceso consiste en la introducción de la mezcla cruda en la cavidad de un molde metálico caliente, que tiene la forma del artículo que se desea fabricar. Bajo la presión del moldeo, la mezcla,



fluye y adopta la forma de la cavidad, y en este estado es vulcanizada por efecto del calor transmitido desde el molde, con lo que la configuración adoptada adquiere carácter permanente y se conserva una vez abierto el molde y extraído el artículo.

En el moldeo por compresión, una cantidad adecuada de mezcla se introduce en la cavidad del molde, que se mantiene abierto durante el proceso de carga, seguidamente se cierra el molde bajo una fuerza de compresión, con lo que la mezcla se distribuye y llena la cavidad del molde. Para este proceso, se emplean frecuentemente prensa de compresión de grandes dimensiones, cuyo plato inferior es accionado por un pistón ó varios sincronizados. Para reducir al mínimo el estiramiento de la banda bajo las condiciones de servicio es necesario aplicar a la banda, antes del cierre de la prensa, cierta tensión en un sentido longitudinal.

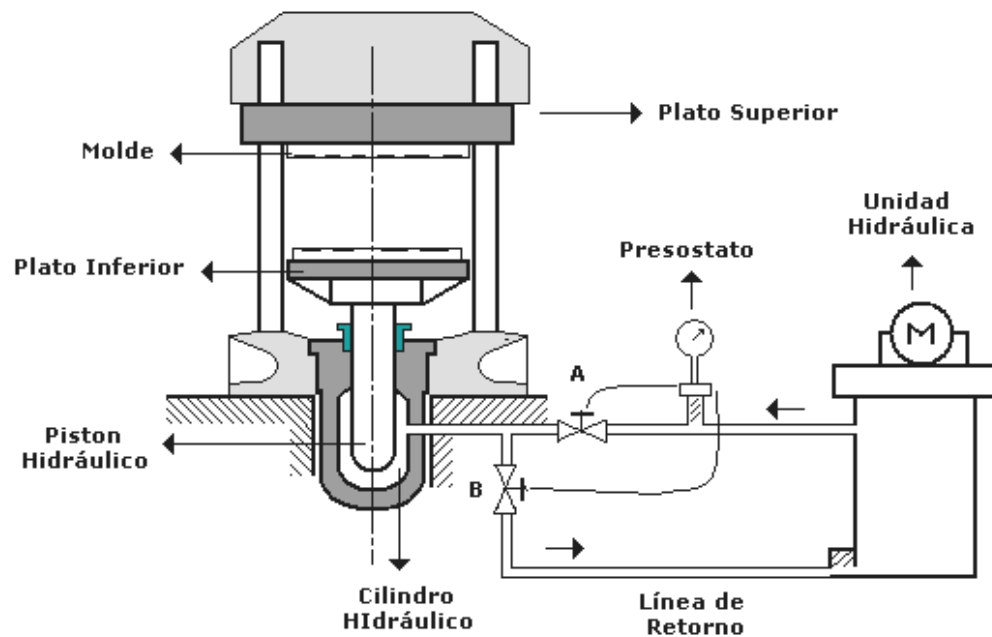
#### **1.4 PRENSA HIDRÁULICA DE VULCANIZACIÓN**

Aunque no exclusivamente, la mayoría de las prensas en el moldeo de productos de caucho son prensas hidráulicas [12], en la que la aproximación de los platos o cierre de la prensa se realiza por introducción a presión de un líquido en un cilindro hidráulico, que obliga al desplazamiento concéntrico de un pistón alojado en el mismo y con el que es solidario uno de los platos de la prensa, mientras que el plato opuesto está firmemente fijado en el armazón de la prensa.

En la industria del caucho las prensas hidráulicas son preferiblemente de tipo de plato inferior ascendente como la mostrada en la figura (4), es decir, el cilindro hidráulico está dispuesto en la bancada o parte inferior de la prensa y el pistón es solidario con el plato inferior, que, bajo la presión del líquido hidráulico, asciende hasta comprimirse con el plato superior fijado en el cabezal o parte superior transversal de la prensa. Para la apertura de la prensa, basta cerrar la entrada del líquido hidráulico (*A*) y abrir la válvula de salida (*B*), con

lo que el líquido es desalojado del cilindro, primero por su propia presión, y, luego, por el descenso por gravedad del pistón y el plato inferior.

**Figura 4. Esquema de una prensa hidráulica de plato inferior ascendente.**



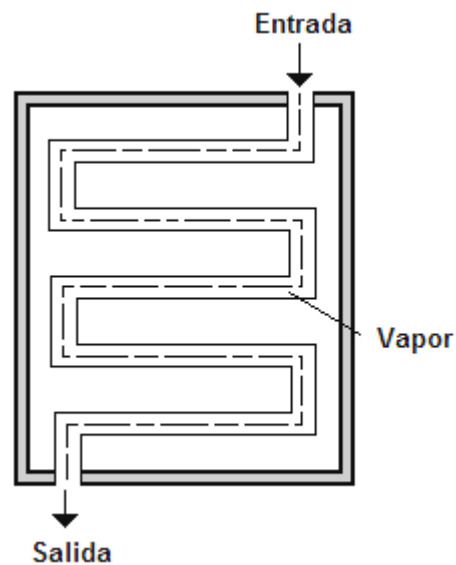
**Fuente:** Los autores.

Los platos son de acero templado, con superficies rectificadas, lisas cuando se emplean moldes sueltos, o con taladros o ranuras para la fijación de los moldes cuando éstos son solidarios de los platos.

Además de servir de sostén para los moldes, los platos se utilizan para calentarlos a la temperatura de vulcanización y mantenerlos a esta temperatura durante todo el proceso de moldeo. Existen diversos sistemas en uso para el calentamiento de platos, entre ellas la calefacción de vapor es la más utilizada por ser la solución más económica. Para ello, los platos llevan una serie de taladros por los que circula continuamente el vapor. Estos

taladros están dispuestos en una parrilla con forma de zigzag, como se puede observar en la figura (5), la cual permite la salida de cualquier condensado que se produce en el proceso, aunque da lugar a una ligera diferencia de temperatura entre la zona de entrada y la de salida.

**Figura 5. Sistema de circulación de vapor dentro de en los platos de una prensa de vulcanización.**



**Fuente:** Los autores

## **1.5 REGULACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS A NIVEL INDUSTRIAL**

### **1.5.1 Introducción.**

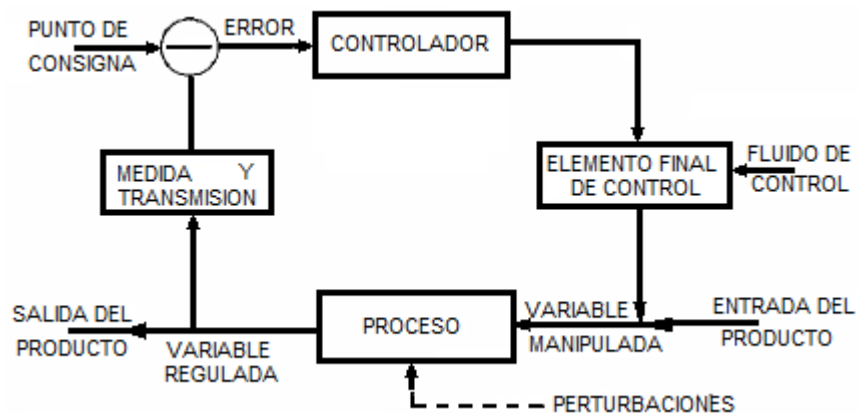
En los inicios de la era industrial, el control de los procesos se llevó a cabo mediante tanteos basados en la intuición y en la experiencia acumulada. Un caso típico fue el control de acabado de un producto en el horno. El operario era realmente el “instrumento de

control” que juzgaba la marcha del proceso por el color de la llama, por el tipo de humo, el tiempo transcurrido y el aspecto del producto y decidía así el momento de retirar la pieza; en esta decisión influía muchas veces la suerte, de tal modo que no siempre la pieza se retiraba en las mejores condiciones de fabricación. Más tarde, el mercado exigió mayor calidad en las piezas fabricadas lo que condujo al desarrollo de teorías para explicar el funcionamiento del proceso, de las que derivaron estudios analíticos que a su vez permitieron realizar el control de la mayor parte de las variables de interés en los procesos.

### 1.5.2 Características del proceso.

El bucle de control típico está formado por el proceso, el transmisor, el controlador y la válvula de control. El proceso consiste en un sistema que ha sido desarrollado para llevar a cabo un objetivo determinado: tratamiento del material mediante una serie de operaciones específicas destinadas a llevar a cabo su transformación. Los procesos revisten las formas más diversas, desde las más simples hasta las más complejas como se muestra en la figura (6).

**Figura 6. Diagrama de bloques de un bucle típico de control.**



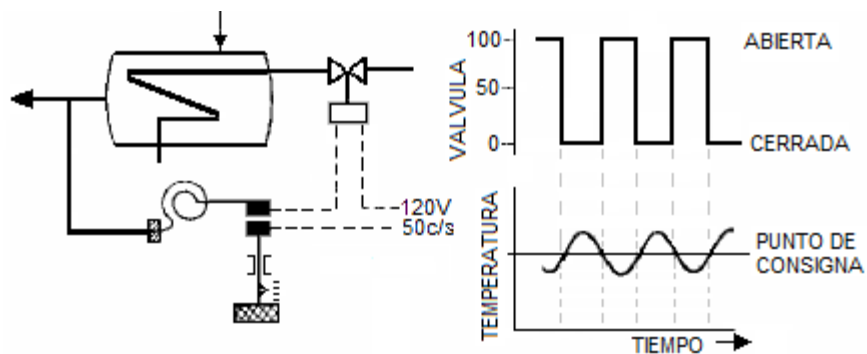
**Fuente:** CREUS Antonio, *Instrumentación Industrial*.

El controlador permite al proceso cumplir su objetivo de transformación del material y realiza dos funciones esenciales; por un lado compara la variable medida con la de referencia o deseada (punto de consigna) para determinar el error, además de estabilizar el funcionamiento dinámico del bucle de control mediante circuitos especiales para reducir o eliminar el error.

### 1.5.3 Control on-off.

En la regulación todo-nada el elemento final de control se mueve rápidamente entre una de dos posiciones fijas a la otra, para un valor único de la variable controlada. En la figura (7) se representa un control de este tipo, que se caracteriza por un ciclo continuo de variación de la variable controlada.

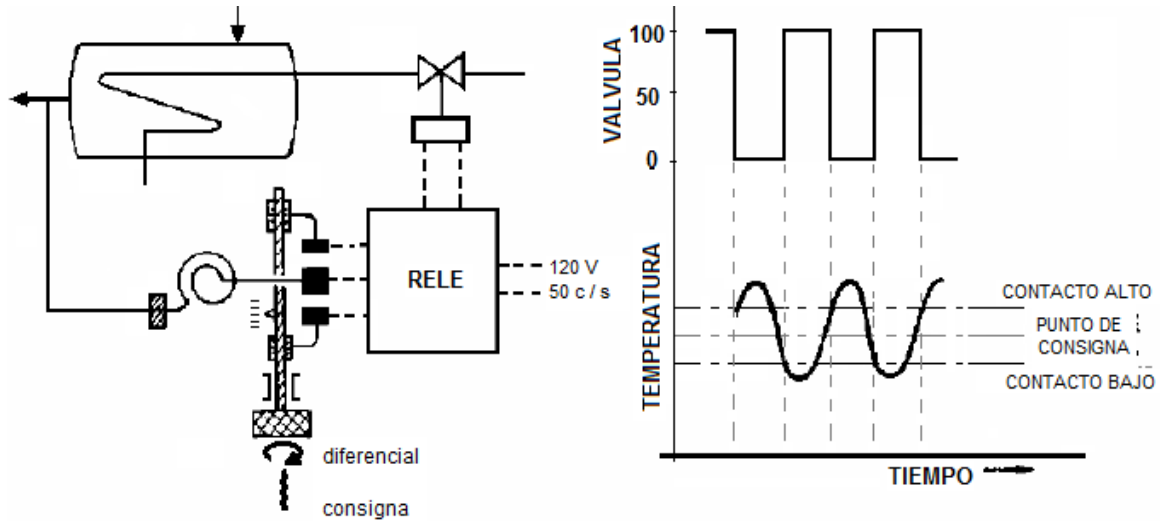
Figura 7. Esquema de un control on-off.



**Fuente:** CREUS Antonio, *Instrumentación Industrial*.

Este tipo de control se emplea usualmente con una banda diferencial o zona neutra en la que el elemento final de control permanece en su última posición para valores de la variable comprendidos dentro de la banda diferencial. Los ajustes de control se basan en variar el punto de consigna y la gama diferencial como se muestra en la figura (8).

**Figura 8. Control todo-nada con banda diferencial o zona muerta.**



**Fuente:** CREUS Antonio, *Instrumentación Industrial*.

El control on-off funciona satisfactoriamente si el proceso tiene una velocidad de reacción lenta y posee un tiempo de retardo mínimo. Se caracteriza porque las dos posiciones extremas de la válvula permiten una entrada y salida de energía al proceso ligeramente superior e inferior respectivamente a las necesidades de la operación normal. Es evidente que la variable controlada oscila continuamente y que estas oscilaciones variarán en frecuencias y magnitud si se presentan cambios de carga en el proceso.

## 1.6 ELEMENTOS DE UN SISTEMA DE CONTROL HIDRÁULICO TIPO INDUSTRIAL

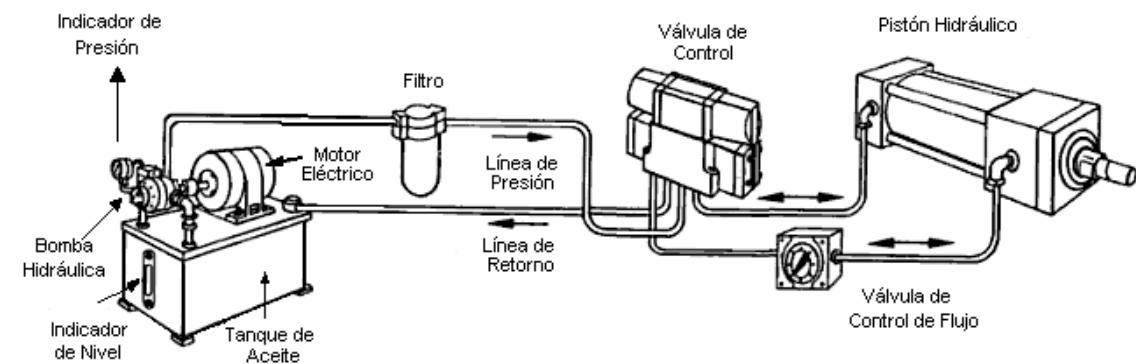
Un sistema de control hidráulico tipo industrial consta principalmente de los siguientes elementos:

- **La unidad hidráulica de bombeo.** La bomba hidráulica es accionada por un motor eléctrico o por una máquina, en la mayoría de los sistemas entrega un flujo de aceite a la capacidad requerida, de acuerdo a la velocidad deseada por un pistón. El aceite hidráulico bajo presión se bombea a través de tubería hasta el punto de uso, después de esto su energía se expande en la operación de un pistón hidráulico y regresa al almacenamiento a través de una línea de retorno. En los sistemas de mediano a pequeño tamaño, el motor eléctrico, la bomba hidráulica y otras válvulas pueden estar montadas en la parte superior del almacenamiento de aceite, a este conjunto se le denomina “unidad hidráulica de bombeo” o “unidad de potencia hidráulica”.
- **El aceite** se debe filtrar, ya sea en una línea de presión o en una línea de retorno para retirar la suciedad que eventualmente podría dañar los componentes del sistema o causar una interrupción en el flujo del aceite.
- La dirección de viaje del pistón se controla con una **válvula de control direccional de 4 vías**, generalmente accionada por un solenoide.
- El **pistón hidráulico** convierte la potencia del fluido en una cantidad equivalente de potencia mecánica de salida. La varilla del pistón está acoplada a la carga.
- Para controlar la velocidad de retorno, se usa una segunda **válvula de control** en la otra línea del pistón.

El control de la activación de las electroválvulas encargadas de controlar las líneas de presión y de retorno, generalmente se realiza por medio de interruptores de presión, los cuales en la mayoría de los casos son electromecánicos, los cuales permiten mantener la presión en el sistema alrededor de un valor programado mediante la apertura y cierre de sus

contactos eléctricos. En la figura (9), se muestran los elementos básicos constitutivos de un sistema de control hidráulico tipo industrial.

**Figura 9. Elementos que constituyen un sistema de control hidráulico tipo industrial.**



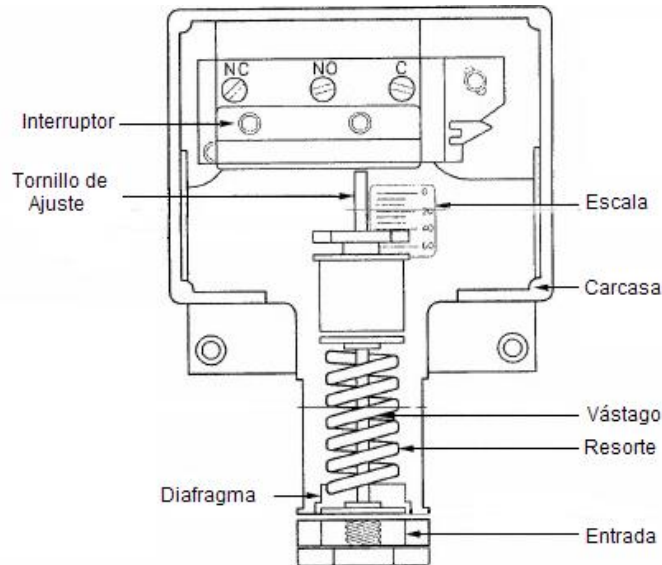
**Fuente:** *El ABC de la Instrumentación en el Control de Procesos Industriales.*

### 1.6.1 Interruptor de presión o presostato.

Los interruptores de presión o presostatos se usan para abrir o cerrar circuitos eléctricos a presiones preseleccionadas ya sea para actuar válvulas por solenoide u otros aparatos usados en sistemas de control hidráulico. Los interruptores de presión contienen uno o dos interruptores operados por medio de un vástago de empuje el cual lo soporta un émbolo, y este a su vez es controlado por la fuerza hidráulica y del resorte. La presión a la que los interruptores trabajan se selecciona girando el tornillo de ajuste, con lo cual se aumenta o disminuye la fuerza del resorte. Estos interruptores son ampliamente utilizados en instalaciones de control hidráulico donde es necesario mantener la presión hidráulica alrededor de un valor pre ajustado. La figura 10, muestra un esquema general de un interruptor electromecánico de presión [13].



**Figura 10. Esquema de un interruptor electromecánico de presión.**

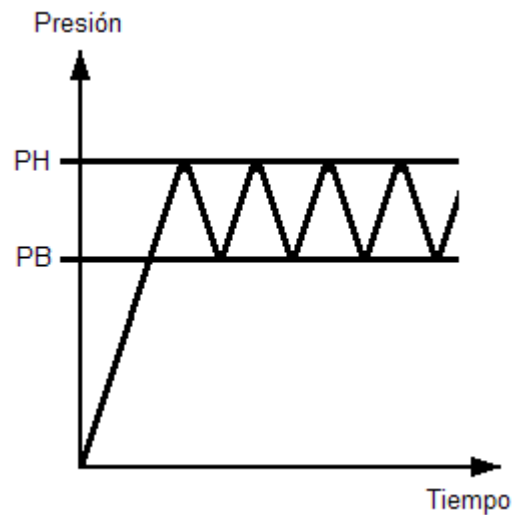


**Fuente:** VYCMEX, *Manual de Hidráulica Industrial*.

Estos interruptores de presión son ampliamente utilizados en aplicaciones industriales debido a su bajo costo y fácil operación, aunque presentan algunos inconvenientes como la poca precisión en el ajuste de la presión y el valor de la presión diferencial que poseen, el cual para presiones bajas puede llegar a estar cerca del 30% de la presión ajustada.

En la figura (11) se muestra un ejemplo del comportamiento de la presión de un sistema hidráulico cuyo control se realiza por medio de un interruptor de presión. En esta se puede observar como el valor de la presión se mantiene oscilando entre un valor alto (PH) y un valor bajo (PB). El valor de PH corresponde al valor ajustado por medio del interruptor de presión, mientras que el valor PB, es determinado por el valor nominal de presión diferencial del interruptor.

**Figura 11. Comportamiento de la presión en un sistema hidráulico controlado por medio de un interruptor de presión.**



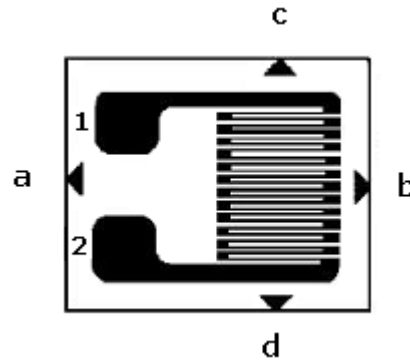
**Fuente:** *Los autores*

### **1.6.2 Sensores electrónicos de presión.**

Generalmente se fabrican utilizando como elemento sensor una **galga extensométrica**, cuyo principio de funcionamiento se basa en la variación de longitud y de diámetro, y por lo tanto de resistencia, que tiene lugar cuando un hilo de resistencia como el mostrado en la figura (12), donde la acción de una tensión mecánica en alguna de las direcciones a, b, c, o d, generará una variación de la resistencia medida entre los puntos 1 y 2.

Cualquier variación de presión que mueva el diafragma del transductor cambia la resistencia de la galga y desequilibra el puente. El intervalo de medida de estos transductores varía de 0-0,6 a 0-10 000 bar y su precisión es del orden de  $\pm 0,5\%$ .

**Figura 12. Esquema general de una galga extensométrica.**



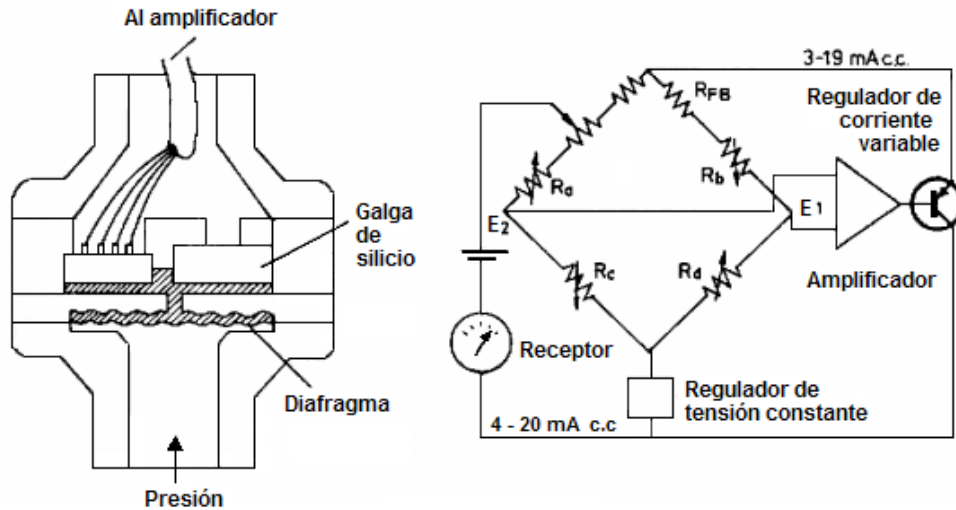
**Fuente:** CREUS Antonio, *Instrumentación Industrial*.

Una innovación de la galga extensométrica la constituyen los transductores de presión de silicio difundido [2]. Consisten en un elemento de silicio situado dentro de una cámara conteniendo silicona que está en contacto con el proceso a través de un diafragma flexible. El sensor está fabricado a partir de un mono cristal de silicio en cuyo seno se difunde boro para formar varios puentes de Wheatstone constituyendo así una galga extensométrica auto contenida.

En estos instrumentos, el espesor del sensor determina el intervalo de medida del instrumento. La aplicación de una presión a la galga extensométrica da lugar a caídas de tensión distintas en el puente y a una diferencia entre  $E1$  y  $E2$ . Esta diferencia se aplica a un amplificador diferencial de alta ganancia que controla un regulador de corriente variable. Un margen de corriente continua de 3 a 19 mA con 1 mA del puente produce una señal de salida de 4 a 20 mA c.c.

La adición de un microprocesador permite añadir “inteligencia” al instrumento al hacer posible funciones adicionales, tales como la compensación de temperatura ambiente, proporcionando un aumento de la precisión de la medida, en particular si la señal de salida del instrumento es enteramente digital en lugar de la analógica de 4-20 mA c.c.

**Figura 13. Transductor de presión de silicio difundido.**



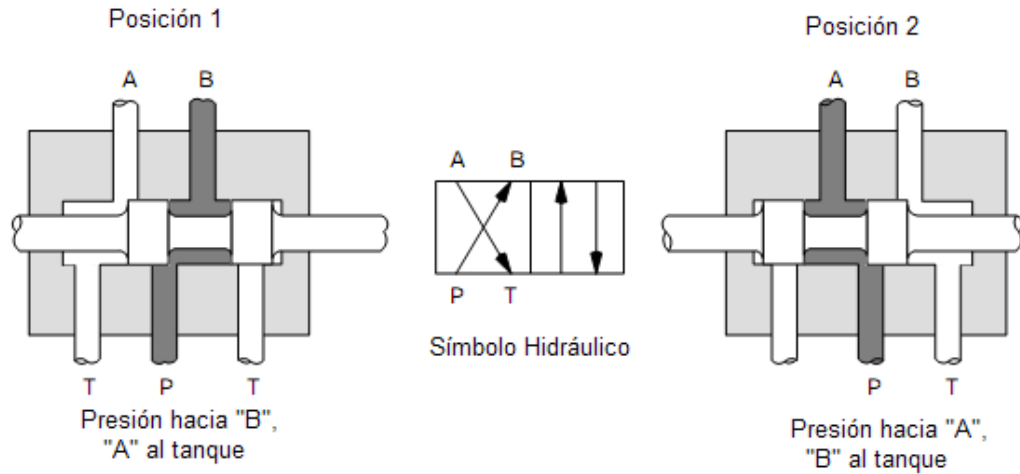
**Fuente:** CREUS Antonio, *Instrumentación Industrial*.

El intervalo de medida de los transductores de silicio difundido varía de 0-2 a 0-600 bar, con una precisión del orden de  $\pm 0,2 \%$ . Los sensores de presión se diseñan generalmente para tener estabilidad a largo plazo con temperaturas de hasta  $125^{\circ}\text{C}$ . Además, el diseño de elevada hermeticidad de la caja protectora garantiza la protección del transductor de presión contra la humedad causada por las fluctuaciones de temperatura.

### 1.6.3 Válvulas de vías.

Las válvulas de vías son elementos constructivos que modifican, abren o cierran el paso de flujo en un sistema hidráulico. La función básica de estas válvulas es de dirigir el flujo de la entrada a cualquiera de los orificios de salida. En la figura (14) se muestra el esquema de una válvula de 4 vías ( $A$ ,  $B$ ,  $P$  y  $T$ ) y dos posiciones. En la posición 1, la válvula permite el paso del flujo proveniente de ( $P$ ) hacia ( $B$ ), enviando ( $A$ ) hacia ( $T$ ) y en la posición 2 permite el flujo de ( $P$ ) hacia ( $A$ ), enviando ( $B$ ) hacia ( $T$ ).

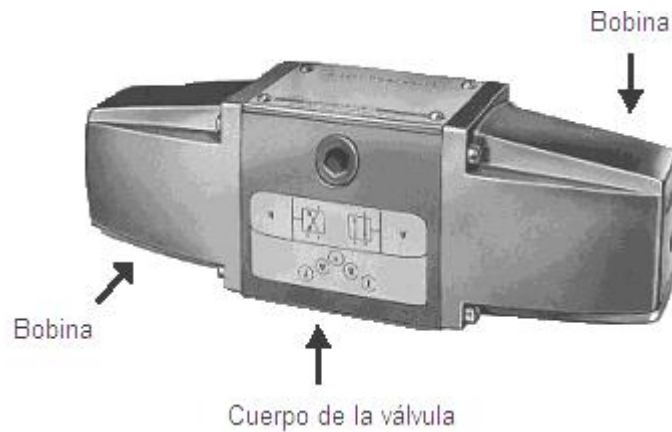
**Figura 14. Esquema de una válvula de 4 vías, 2 posiciones.**



**Fuente:** VICMEX, *Manual de Hidráulica Industrial*.

Existen diferentes tipos de accionamientos para el control de estas válvulas (manual, mecánico, hidráulico o neumático), siendo mayormente utilizados en la industria los accionamientos eléctricos, que para el caso de las válvulas de 4 vías, y 3 posiciones están compuestos por dos bobinas de 220 VAC cada una, ubicadas a cada lado de la válvula.

**Figura 15. Válvula direccional de 4 vías 3 posiciones.**



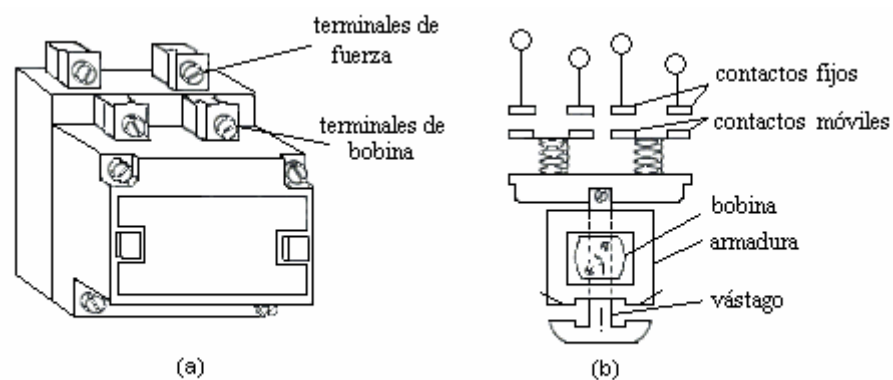
**Fuente:** VICMEX, *Manual de Hidráulica Industrial*.

## 1.7 EL CONTACTOR MAGNÉTICO

Los contactores magnéticos son aparatos de maniobra automática con poder de corte y que por consiguiente pueden cerrar o abrir circuitos con carga o en vacío. Se le define como un interruptor accionado o gobernado a distancia por acción de un electroimán. Los circuitos con contactores, como los de relés, tienen siempre dos circuitos, el circuito de mando y el circuito principal. Se distinguen, según su cometido y potencia de conmutación, entre contactores de mando (auxiliares) y contactores principales (de potencia).

Una de las mayores ventajas del uso de los contactores magnéticos para el accionamiento de dispositivos eléctricos, radica en que se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas, lo cual adicionalmente le brinda seguridad al personal, dado que las maniobras se pueden realizar, por ejemplo mediante pulsadores, desde lugares alejados de la carga. Una vista frontal de un contactor magnético y un esquema de sus contactos internos se muestra en la figura (16).

**Figura 16. Contactor magnético. (a) Vista frontal. (b) Esquema interno.**



**Fuente:** FLOWER L., Controles y Automatismos Eléctricos

Cuando la bobina del contactor es energizada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo atrae a la armadura, con un movimiento muy rápido. Con este movimiento todos los contactos del contactor, principales y auxiliares, cambian inmediatamente y de forma solidaria de estado (los contactos cerrados se abren y los contactos abiertos se cierran). Para que los contactos retornen a su estado en reposo basta con desenergizar la bobina. Durante esta etapa, por ser la bobina una carga inductiva, se producen sobre-tensiones de alta frecuencia, que pueden producir interferencias en los circuitos electrónicos.

## **1.8 EL MICROCONTROLADOR PIC 18F452**

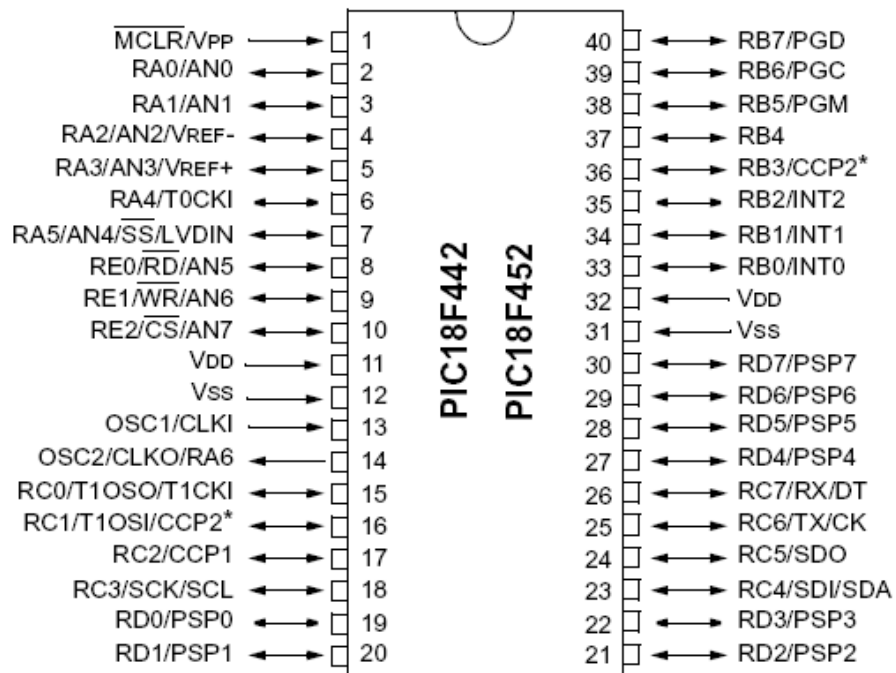
El microcontrolador PIC18F452 de Microchip cuenta con un conjunto de 75 instrucciones de 16 y 32 bits, y una alta velocidad de procesamiento gracias a que realiza simultáneamente el ciclo de ejecución (*execute*) de una instrucción y el de búsqueda (*fetch*) de la siguiente. A este sistema de procesamiento paralelo de instrucciones se le conoce como *pipelining*. Un circuito de enganche de fase interno puede ser utilizado para multiplicar la frecuencia del oscilador externo por 4, lo que puede resultar útil para evitar algunos problemas de interferencias electromagnéticas que presentan los osciladores de alta frecuencia.

Existen tres bloques de memoria dentro de este microcontrolador: la memoria FLASH, para almacenamiento del programa, la memoria RAM, para almacenamiento temporal de datos, y la memoria EEPROM, para almacenamiento permanente de datos. Las memorias de datos y de programa utilizan buses separados, por lo que es posible acceder a estos dispositivos de almacenamiento al mismo tiempo. Cuenta con 32K bytes de memoria FLASH, a los cuales se les puede asignar una dirección con un registro contador de programa de 21 bits. Las características más importantes del PIC18F452 se describen brevemente en la tabla (2), y en la figura (17), se muestra la distribución de terminales dentro del microcontrolador.

**Tabla 2.** Principales características del microcontrolador PIC 18F452.

PIC 18F452
• Memoria flash de 32kbytes
• Memoria de instrucciones de 16384
• Memoria RAM de 1536 bytes
• Memoria EEPROM de 256 bytes
• Bus de datos de 8 bits, bus de instrucciones de 16
• Modulo conversor A/D de 10 bits
• Modulo de comunicación USART
• Modulo de comunicación I <sup>2</sup> C
• Dos módulos de PWM
• Tres módulos TIMER de hasta 16 bits

**Figura 17.** Distribución de pines de un microcontrolador PIC 18F452.

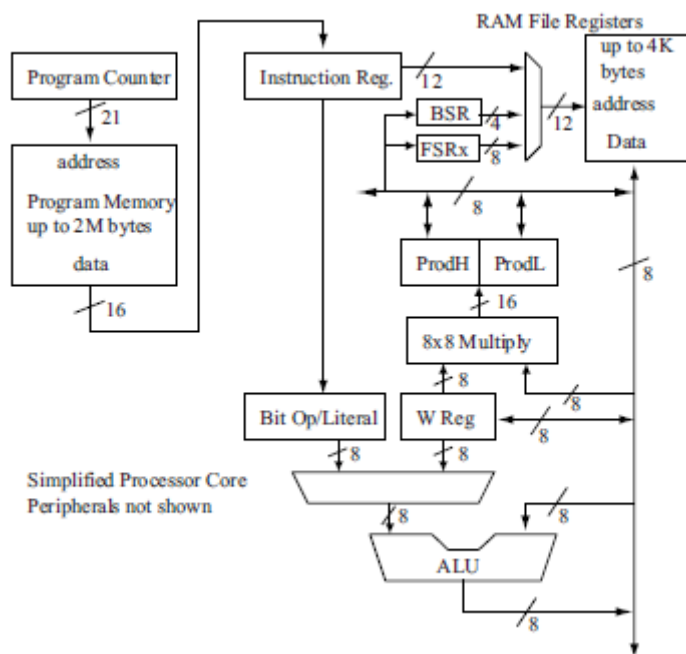


**Fuente:** Data sheet 18F452, MICROCHIP TECHNOLOGY INC.



La memoria EEPROM tiene una capacidad de 256 bytes. El PIC18F452 puede tener hasta 17 fuentes de interrupción, provenientes ya sea de periféricos internos o externos. A cada una de estas interrupciones, es posible asignarle un nivel de prioridad alto o bajo y las causas que la originan pueden ser externas, como la activación de un pin con el nivel lógico apropiado, e internas, como las que pueden producirse al desbordarse un temporizador, como el TMR0. En las aplicaciones industriales, las interrupciones son un producto muy potente para atender los acontecimientos físicos en tiempo real. Consta de cinco puertos de entrada/salida, y cada uno de ellos puede ser configurado de diferentes maneras para utilizar los periféricos.

**Figura 18. Diagrama de bloques simplificado del PIC 18F452.**

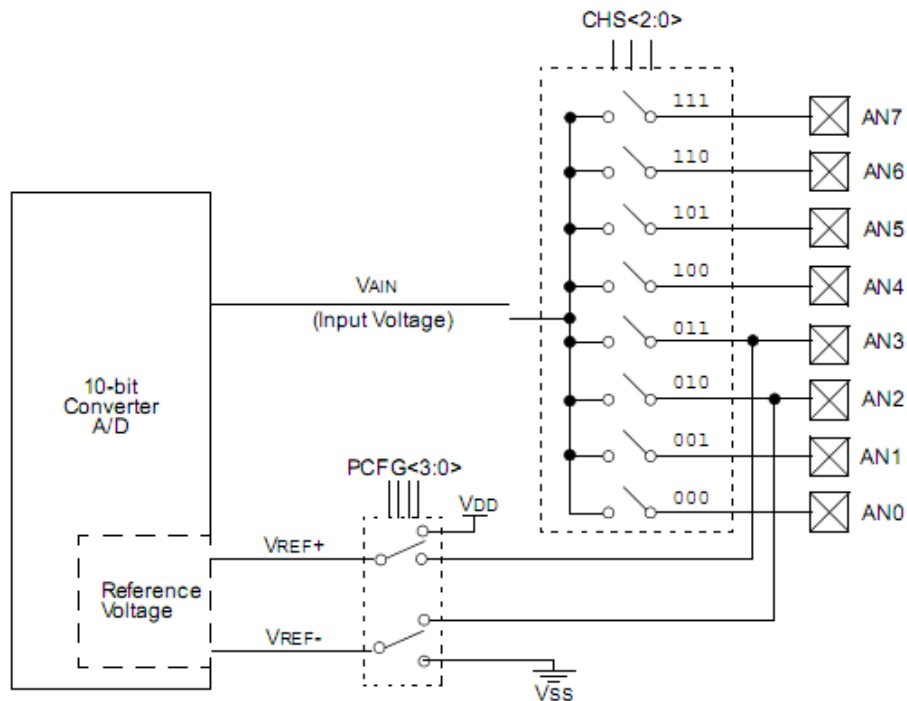


**Fuente:** RESSE Robert B., MICROPROCESSORS.

### 1.8.1 El conversor análogo a digital.

Es una de las herramientas más importantes que posee el microcontrolador, mediante la cual es posible adquirir señales análogas y convertirlas a valores digitales, lo cual permite realizar un procesamiento posterior de estas al interior del microcontrolador o utilizando otro sistema digital. La figura (19) muestra el diagrama de bloques del modulo de conversión ADC de un microcontrolador PIC 18F452.

**Figura 19. Diagrama de bloques del conversor A/D del PIC 18F452.**



**Fuente:** Data sheet 18F452, MICROCHIP TECHNOLOGY INC.

El del PIC 18F452 posee un modulo conversor A/D por aproximaciones sucesivas de 10 bits de resolución y 8 canales de entrada (AN0-AN7) multiplexados\*. La resolución de

\* Los detalles del modulo de conversión A/D pueden ser consultados en la referencia [10].

conversión de cada bit es función del voltaje de referencia ( $V_{ref}$ ) de acuerdo a la siguiente ecuación.

$$Resolución = \frac{V_{ref}}{1024} \quad (1.1)$$

En los registros *ADRESH:ADRESL* se deposita el resultado de la conversión (10 bits). El registro *ADCON0* controla la operación del conversor A/D, mientras que el registro *ADCON1* sirve para configurar los pines de la puerta A como entradas análogas o E/S digitales. El conversor A/D requiere de 12 TAD (tiempo de conversión por bit) para convertir 10 bits. La fuente de reloj del conversor es seleccionado por software. El mínimo TAD esta dado por 1.6 $\mu$ s.

El proceso de conversión [5] consta principalmente de los siguientes pasos:

- Aplicar la señal acondicionada a la entrada del conversor A/D
- Iniciar la conversión
- Esperar mientras la conversión es completada
- Leer el valor del dato digital convertido

El valor del dato digital entregado por el conversor A/D de 10 bits (*DatoADC*), para una valor de la tensión de referencia  $V_{ref} = 5V$ , y un voltaje de entrada  $V_{in}$ , se obtiene a partir de la ecuación (1.2)

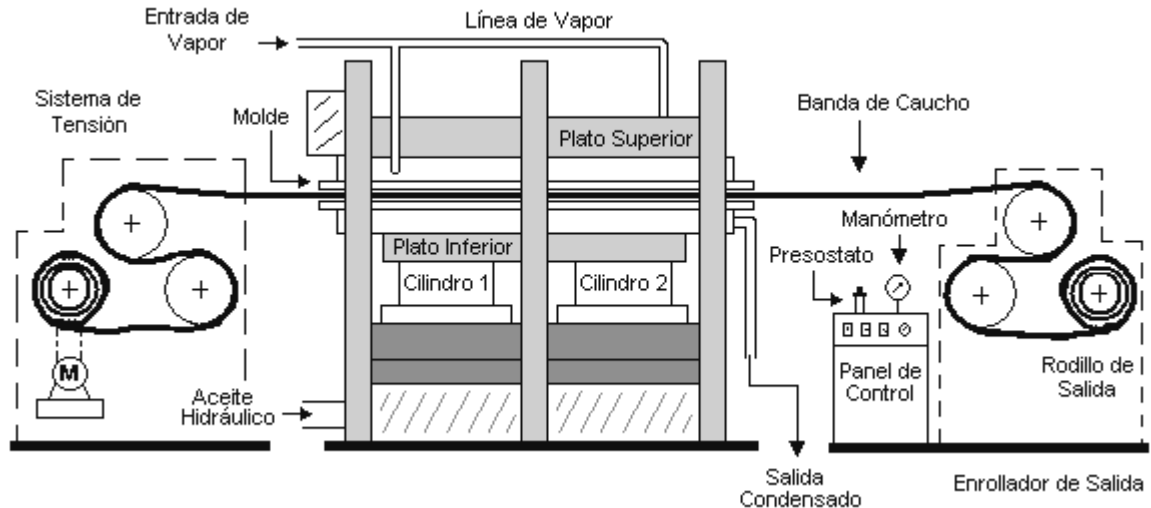
$$DatoADC = \frac{V_{in} * 1023}{5} \quad (1.2)$$

## 2. DESCRIPCION DE LA PLANTA

### 2.1 PROCESO DE VULCANIZACIÓN DE BANDAS DE CAUCHO EN LA PRENSA DE VULCANIZACIÓN No. 5

Un esquema de la prensa hidráulica de vulcanización No. 5 se muestra en la figura (20). En esta prensa se vulcanizan bandas de caucho con un ancho máximo de 30 Pulgadas y con una presión de vulcanización entre 300 y 900 psi. El tiempo de vulcanización de una banda de caucho es variable, dependiendo del tipo de banda, pero por lo general se encuentra alrededor de 15 minutos, incluido el tiempo que tarde la prensa en realizar los desfogues.

Figura 20. Esquema de la prensa de vulcanización No. 5.



Fuente: Los autores.

Los desfogues se realizan con el fin de evitar que se formen oclusiones de aire las cuales son una causa frecuente de defectos en los productos vulcanizados [12], y consisten en un proceso de apertura y cierre en tiempos cortos de la prensa, los cuales se realizan al inicio de la vulcanización de cada segmento de banda. Estos tiempos tardan generalmente 30

segundos para el cierre y 4 segundos para la apertura, y por cada segmento de banda se realizan dos aperturas. Estos tiempos se controlan mediante contactos temporizados que activan los contactores de apertura y cierre de la prensa respectivamente.

Una vez finalizado el proceso de desfuegos, la prensa se cierra hasta alcanzar la presión de vulcanización, ajustada por medio del presostato<sup>\*</sup>, y permanece en este estado hasta que se cumple el tiempo de vulcanización total, momento en el cual la prensa se abre de manera automática, permitiendo que el segmento de banda que se ha vulcanizado avance y se pueda iniciar nuevamente el proceso de vulcanización con el segmento de banda siguiente.

La longitud de cada segmento de banda que se puede vulcanizar es de 1,80 m y depende únicamente del largo de los platos de la prensa. En todo momento, los platos de la prensa de vulcanización, permanecen a una temperatura fija, que oscila alrededor de 150°C, lo cual se logra por medio de una red de calefacción con vapor existente en la planta de producción.

## **2.2 LA PRENSA HIDRÁULICA DE VULCANIZACIÓN No. 5**

La prensa hidráulica de vulcanización No. 5 es una prensa de plato inferior ascendente [12], marca GUIX importada por la empresa icobandas s.a. hacia el año 1983. Esta prensa tiene una longitud de carrera máxima de 40 cm, y capacidad de vulcanizar bandas con un ancho de hasta 30 pulgadas con presiones de hasta 900 psi. Esta prensa, se encuentra provista de un sistema de calefacción a vapor de los platos, los cuales se mantienen a una temperatura aproximada de 150°C. Además de esta cuenta con un sistema mecánico para proporcionar una tensión controlada a la banda durante el proceso de vulcanización.

---

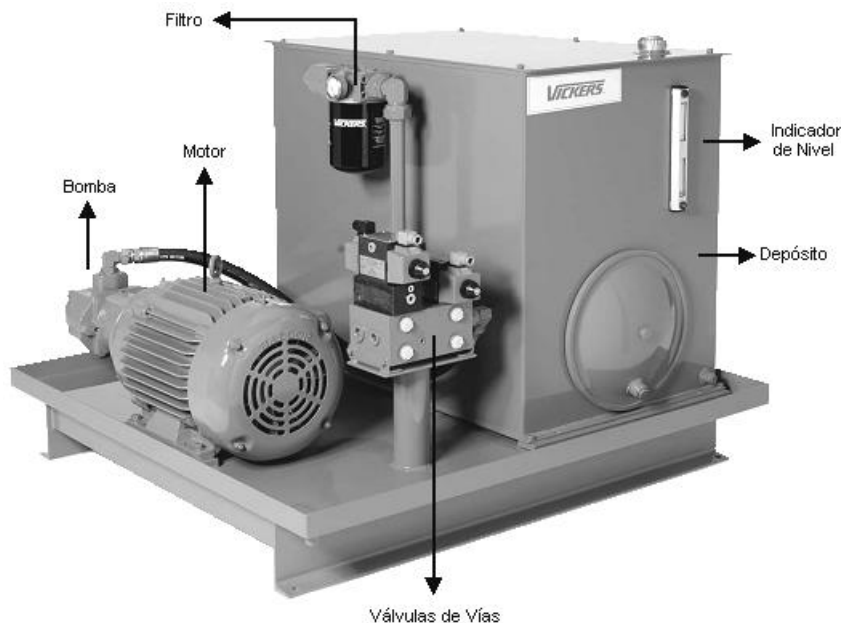
\* ...Ver sección 1.6.1 ...

La presión hidráulica para el cierre de la prensa, es provista por una unidad hidráulica que es compartida con la prensa No. 1. Cabe destacar que esta es una de las máquinas de la empresa **Icobandas S.A.** que se mantiene operando las 24 horas del día, durante 6 días a la semana debido la alta cantidad de tiempo que dura este proceso que depende de la longitud de la banda fabricada.

### 2.2.1 La unidad hidráulica.

En la figura (21) se muestran los componentes básicos de una unidad de potencia hidráulica. La prensa de vulcanización No. 5, comparte la unidad hidráulica con la prensa de vulcanización No. 1. Por lo cual, algunas de sus maniobras están condicionada al estado en el que se encuentre la prensa No. 1.

**Figura 21. Componentes básicos de una unidad hidráulica de potencia.**



**Fuente:** VICMEX, *Manual de Hidráulica Industrial.*

Un esquema hidráulico de esta unidad se muestra en la figura (22). En esta, el flujo del fluido hidráulico es generado por dos bombas, una de paletas para baja presión (hasta 300 psi) y una de pistones para alta presión (hasta 3000 psi), las cuales permanecen bombeando el fluido hidráulico en todo momento, ya sea hacia los pistones de la prensa, para aumentar la presión, o de retorno al depósito de aceite. Para permitir el aumento de presión, se energizan las bobinas (*a*) y (*e*) de las electroválvulas (11) y (12) respectivamente, lo cual por un lado impide el retorno del aceite hidráulico hacia el depósito, además de permitir el paso de este fluido hacia los pistones (1) y (2) de la prensa.

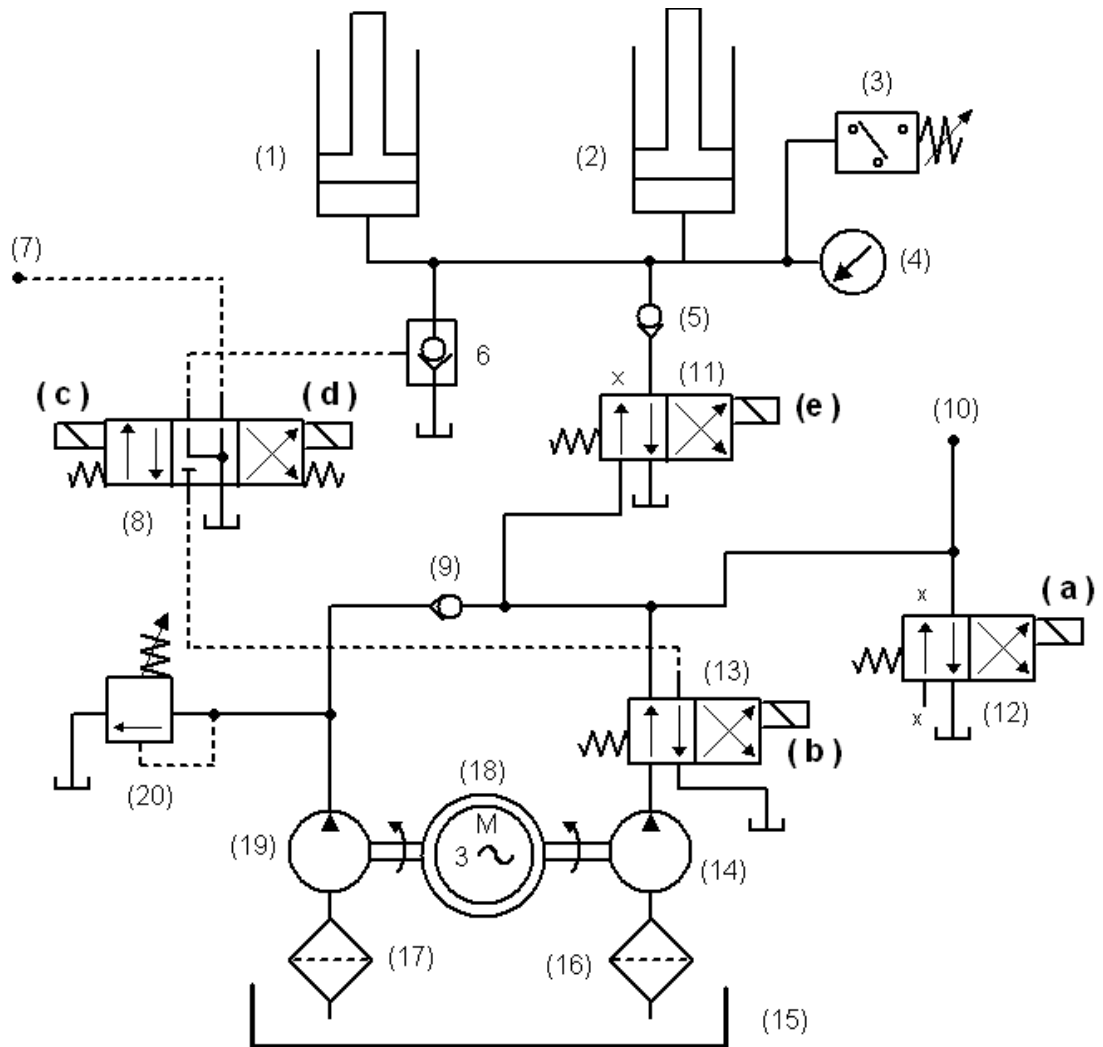
La apertura de la prensa se realiza por gravedad, al permitir que como consecuencia del propio peso del pistón, el aceite hidráulico retorne al depósito a través de la válvula anti retorno pilotada (6). El pilotaje de esta válvula, se activa al energizar simultáneamente las bobinas (*b*) y (*c*) de las electroválvulas (13) y (8) respectivamente. El sistema de control eléctrico de las electroválvulas *a*, *b*, *c*, *d*, y *e*, se explica detalladamente en la siguiente sección de este capítulo. En la tabla (4) se pueden observar las principales características técnicas de esta unidad.

**Tabla 4.** Datos de la unidad de potencia hidráulica de la prensa de vulcanización 5.

Diámetro de cada pistón	60 cm
Máximo recorrido del pistón	40 cm
Capacidad del depósito de aceite hidráulico	137 gal
Presión de la bomba de baja	300 psi
Caudal de la bomba de baja	42 gpm
Presión de la bomba de alta	3000 psi
Caudal de la bomba de alta	5 gpm
Características principales del motor	220 / 440 VAC, 12 HP, 1750 r.p.m.

**Fuente:** *Icobandas S.A*

**Figura 22. Diagrama simplificado del circuito hidráulico de potencia.**



(1) y (2) pistones de efecto simple, (3) presostato, (4) manómetro, (5) válvula de retención, (6) válvula de retención pilotada, (7) línea de control de apertura (prensa 1), (8) válvula direccional de 3 posiciones, 4 vías, (9) válvula de retención, (10) línea de potencia hidráulica (prensa 1), (11), (12) y (13) válvulas direccionales de 2 posiciones, 4 vías, (14) bomba de paletas, (15) depósito, (16) y (17) filtros de succión, (18) motor trifásico, (19) bomba de pistones, (20) Válvula de alivio.

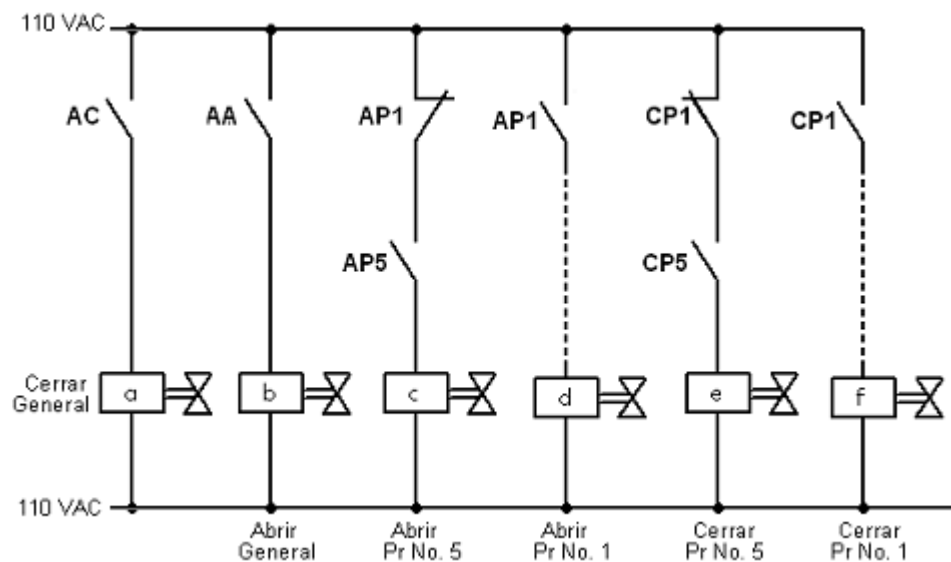
**Fuente:** Diagrama hidráulico de la prensa 5. *Icobandas S.A.*



## 2.2.2 Sistema de control eléctrico para la apertura y cierre de la prensa hidráulica de vulcanización 5.

Una parte del circuito eléctrico de control de las electroválvulas del sistema hidráulico de control de las prensas 1 y 5 se muestra en la figura (23). El sistema de apertura y cierre de la prensa hidráulica de vulcanización No. 5 se controla mediante los contactores **AA** (Auxiliar Abrir), **AC** (Auxiliar Cerrar), **AP1** (Abrir Prensa No. 1), **AP5** (Abrir Prensa No. 5), **CP1** (Cerrar Prensa No. 1) y **CP5** (Cerrar Prensa No. 5), que activan o desactivan las 6 electroválvulas, (*a*, *b*, *c*, *d*, *e*, y *f*) las cuales permiten la circulación del fluido hidráulico entre el tanque de almacenamiento y los cilindros solidarios con los platos inferiores, tanto de la prensa No. 1 como de la prensa No. 5.

**Figura 23. Diagrama eléctrico del sistema de control de las 6 electroválvulas que gobiernan la apertura y cierre de las prensas 1 y 5.**



**Fuente:** Diagrama del sistema eléctrico de control de la prensa 5. *Icobandas S.A.*

### 2.2.3 Modo de operación de la prensa 5.

La prensa hidráulica de vulcanización No. 5 tiene dos modos de operación: manual y automático. Cuando opera en forma manual, las operaciones fundamentales de la prensa (abrir, cerrar), se activan al pulsar los correspondientes pulsadores y quedan inactivos al soltar estos mismos pulsadores. Además de esto, los desfogues deben ser realizados por el operario, controlando el tiempo de apertura y cierre de la prensa con un cronómetro y utilizando los pulsadores Abrir-Manual y Cerrar-Manual, para la apertura y cierre de la máquina. Aun en modo manual, el tiempo total de vulcanización es controlado por un temporizador análogo el cual una vez finalizado el tiempo de vulcanización, cambia de estado un contacto N.C el cual, al cambiar de estado, activa el contactor **AP5** encargado de controlar la apertura de la prensa.

Cuando opera en modo automático la prensa realiza estos desfogues de manera automática controlando el tiempo por medio de los contactos temporizados de tres temporizadores análogos los cuales controlan el tiempo de apertura y cierre en cada desfogue y el tiempo total de desfogues para abrir y cerrar la prensa de manera automática.

### 2.2.4 Sistema de control de presión.

En la prensa de vulcanización No. 5, se realiza el control de la presión de vulcanización por medio de un presostato electromecánico marca ATOS\*, el cual realiza el control de presión mediante la apertura y cierre del contacto N.O (pines 1 y 3 del presostato).

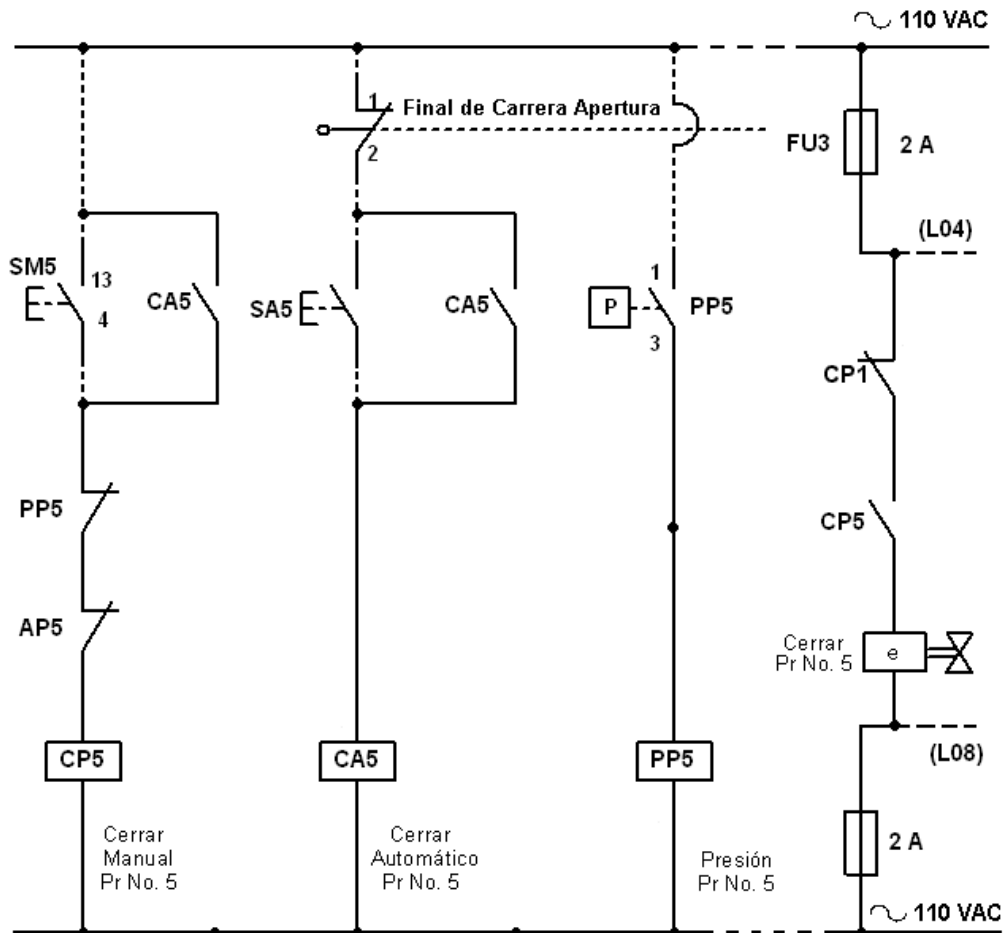
La figura (24) muestra el sistema de apertura y cierre de la prensa. Inicialmente el contacto N.O del presostato **PP5** permanece abierto, lo cual permite, siempre y cuando el operario

---

\* ... ver sección 1.6.1 ...

haya iniciado el proceso ya sea en modo manual o automático, que permanezca energizada la bobina del contactor **CP5** lo cual energiza a su vez la electroválvula (*e*), siendo esta la que finalmente permite el paso del aceite hidráulico desde el tanque hacia el pistón de la prensa, lo cual incrementa la presión entre los platos de esta.

**Figura 24. Circuito eléctrico de cierre de la prensa de vulcanización No. 5.**



**Fuente:** Plano del sistema de control eléctrico de la prensa 5. *Icobandas S.A.*

Una vez es alcanzada la presión de vulcanización, fijada por el operario mediante el tornillo ubicado en la parte superior del presostato, el contacto N.O de este cambia de estado,

pasando a estar cerrado, lo cual se traduce en una desactivación del contactor **CP5** y en su defecto la desactivación de la electroválvula *e* con lo cual cesa el aumento de presión entre los platos de la prensa. En la figura (24) se puede observar que el cambio de estado del contacto N.O del presostato **PP5**, provoca que el contactor **PP5** se energice con lo cual se desactiva el contactor **CP5** y se desactiva la electroválvula (*e*), la cual es la encargada de permitir el paso del líquido hidráulico hacia el pistón solidario con el plato inferior de la prensa.

### 3. SISTEMA DE CONTROL IMPLEMENTADO

#### 3.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA

El sistema electrónico de control de presión se implementó a partir de un transmisor electrónico de presión y un microcontrolador, el cual con base a los valores programados para la *Presión de Ajuste* y la *Tolerancia*, ejerce mediante diferentes actuadores de potencia, una acción de control de tipo *on-off* sobre la presión en la prensa hidráulica de vulcanización. Esta acción se realiza a través del control de la apertura y cierre de dos electroválvulas, las cuales son las encargadas de controlar el flujo del aceite hidráulico en la unidad de potencia hidráulica\*.

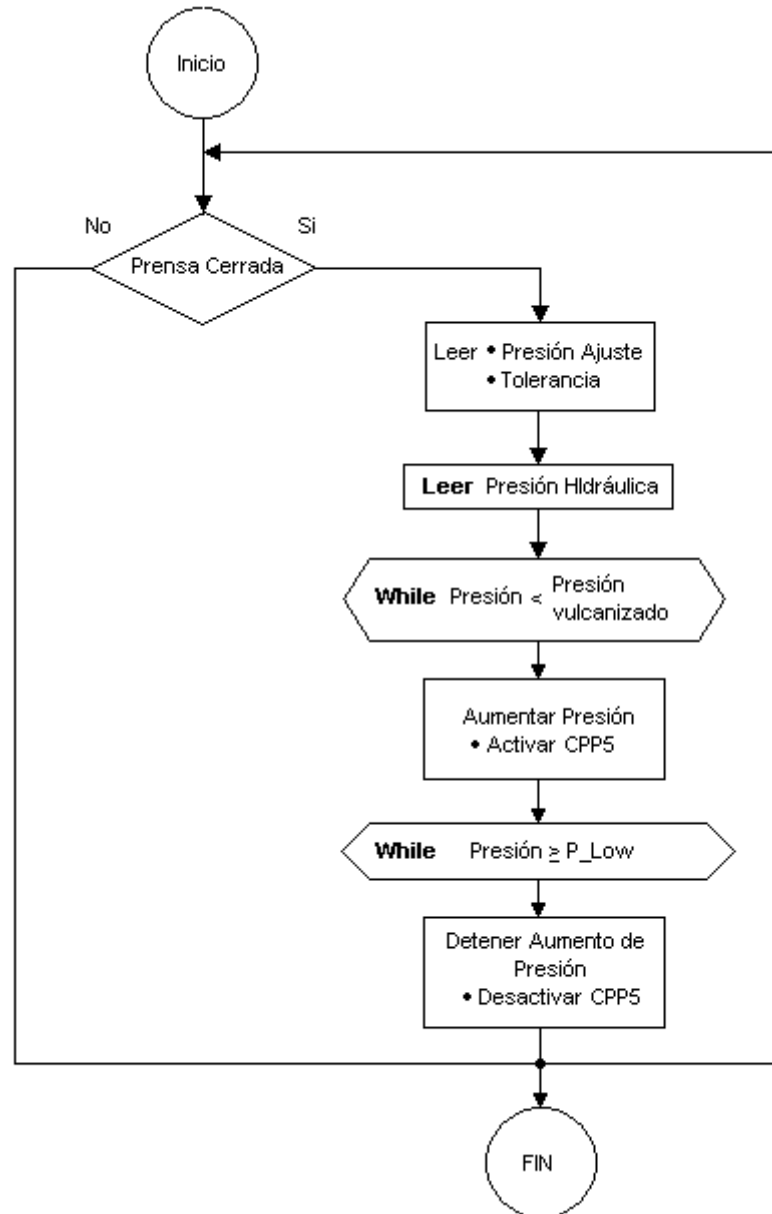
Adicionalmente, el sistema genera una alarma en caso de que la presión de la prensa se encuentre 50 psi por debajo de la presión mínima de vulcanización permitida o 100 psi por encima de la presión de vulcanización. En cuanto a la programación de los valores de *Presión\_Ajuste* y *Tolerancia*, el sistema permite realizar la programación de estos valores, por seguridad únicamente mientras la prensa se encuentre totalmente abierta.

Como se muestra en el diagrama de la figura (25), el sistema de control inicialmente verifica el estado en el que se encuentra la prensa hidráulica (abierta o cerrada) de tal manera que el control de la presión en la prensa, únicamente se realice una vez se halla iniciado el proceso de vulcanización.

---

\* En las secciones 2.2.1 y 2.2.2 se encuentra una descripción detallada del sistema de apertura y cierre de la prensa y el funcionamiento de la unidad hidráulica.

Figura 25. Diagrama de flujo del sistema de control de presión implementado.

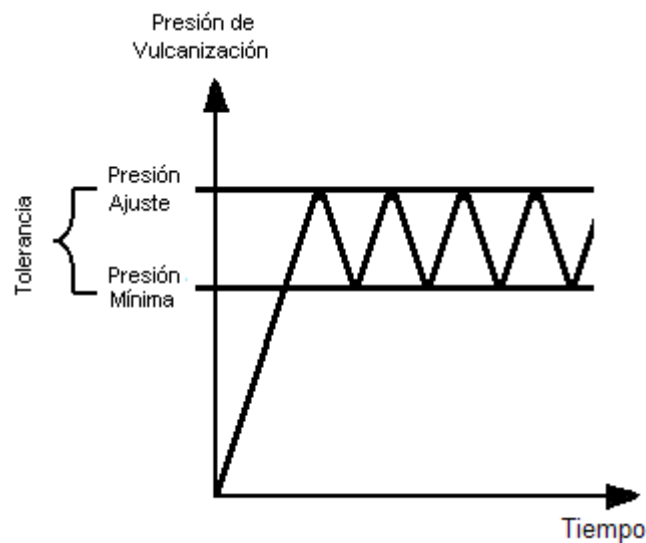


**Fuente:** Los autores.

Posteriormente, el sistema lee los valores que se han programado para la presión de ajuste y su tolerancia para entrar enseguida en un ciclo, el cual permite el aumento de la presión en la prensa hasta que se alcance el valor de la presión de ajuste programado. Inmediatamente

esto ha ocurrido, el sistema entra en otro ciclo en el cual detiene el aumento de presión en la prensa. Como consecuencia de esto, la presión en la prensa hidráulica comienza a descender (por diferentes causas detalladas en la sección 2.2.4), hasta que la presión llega a un valor mínimo permitido, el cual es igual a la presión de ajuste menos la tolerancia. Una vez la presión en la prensa ha llegado hasta el valor mínimo permitido, el sistema vuelve a entrar en el ciclo inicial el cual permitía el aumento de presión, de manera que esta alcance nuevamente el valor programado para la presión de ajuste. De esta manera, el sistema permite que el valor de la presión de vulcanización permanezca oscilando entre el valor de la presión de ajuste programado y un valor mínimo como se ilustra en la figura (26).

**Figura 26. Variación de la presión de vulcanización en la prensa.**

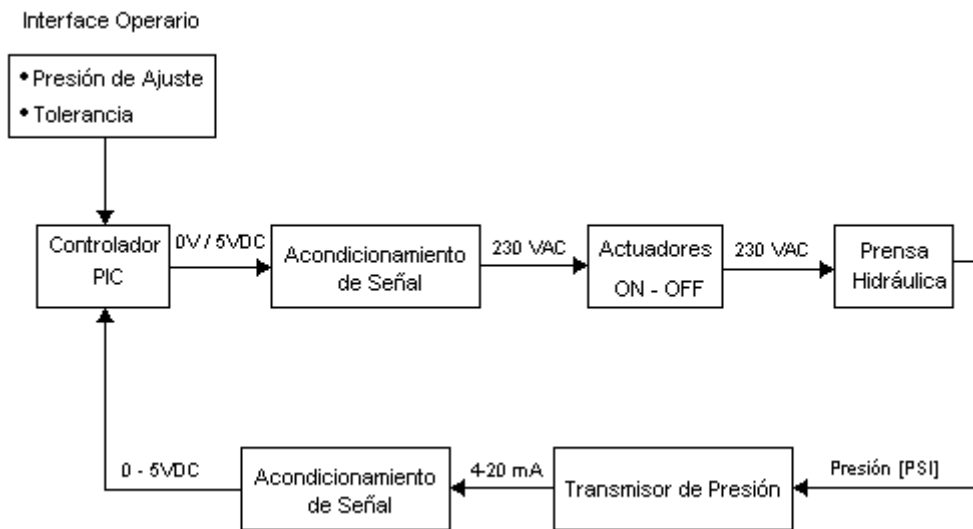


**Fuente:** Los autores.

Para realizar el control de la presión hidráulica por medio de las electroválvulas, el sistema de control se implemento utilizando diferentes etapas de acondicionamiento de señal, como se muestra en la figura (27), en la cual se puede observar como en el sistema de control de presión se encuentran distintos tipos de señales que van desde señales digitales (0V / 5VDC) en el microcontrolador, hasta las señales de potencia en las electroválvulas

(230 VAC). Los diferentes circuitos electrónicos implementados para este propósito se explican detalladamente en las secciones siguientes.

**Figura 27. Diferentes tipos de señales en el sistema de control.**



**Fuente:** Los autores.

### 3.2 EL TRANSMISOR ELECTRÓNICO DE PRESIÓN

Como transductor, se utilizó un transmisor electrónico de presión, para sensar en todo momento la presión hidráulica en la prensa. Este transmisor electrónico de presión, entrega una señal de corriente DC entre 4 mA y 20 mA proporcionales a la presión medida. Se eligió trabajar con este transmisor debido a las ventajas que ofrecía, con respecto a otros transductores de presión comerciales, como lo es su larga vida útil, la alta resolución que posee y especialmente la salida en corriente que tiene, la cual brinda una alta protección frente al ruido eléctrico que podría estar presente en el ambiente donde iba a trabajar el transmisor. Adicionalmente, este sensor cuenta con una excelente estabilidad frente a vibraciones, una construcción robusta y un alto grado de protección, cumpliendo así con los



requerimientos industriales más exigentes. Un resumen de las características más importantes de este transmisor, se encuentra en la tabla (5). El transmisor marca Danfoss, con la referencia MBS 3000, se muestra en la figura (28), la hoja de datos de este transmisor se encuentra en el Anexo C.

**Figura 28.** Transmisor electrónico de presión MBS 3000, marca *Danfoss*.



**Fuente:** Data sheet transmisor de presión Danfoss MBS300, [8]

**Tabla 5.** Datos técnicos del transmisor electrónico de presión Danfoss MBS 3000.

<b>Rango de medida</b>	0 – 1450 psi
<b>Precisión</b>	± 0.5% FS (typ)
<b>Señal de salida</b>	4 -20 mA
<b>Voltaje de alimentación</b>	10.5 – 28 VDC
<b>Respuesta en el tiempo</b>	< 4 ms
<b>Máximo Pico de presión</b>	≤ 6 x FS (máx. 2000 bar)
<b>Ciclos de trabajo ( 10 – 90 % F.S)</b>	>10 x 10 <sup>6</sup> ciclos
<b>Histéresis y repetitividad</b>	≤ ± 0.1% FS
<b>Temperatura ambiente</b>	– 40 → + 85°C

### **3.3 INTERFACE ELECTRÓNICA DEL SISTEMA DE CONTROL**

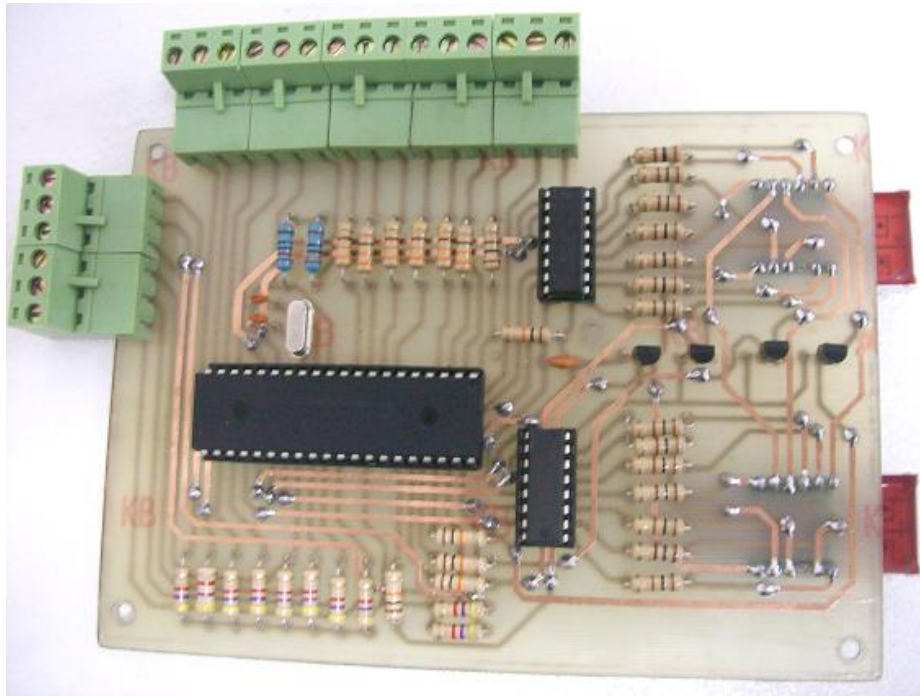
La implementación de la interface electrónica del sistema de control desarrollado se realizó dividiendo el circuito electrónico en dos tarjetas P5\_01 y P5\_02, por seguridad, ya que se hizo necesario aislar las partes del circuito que involucraban señales de alta potencia, de las partes del circuito de baja potencia. El esquema completo del circuito electrónico desarrollado se puede observar en el Anexo A.

#### **3.3.1 La tarjeta principal del sistema [P5\_01].**

Una vista superior de esta tarjeta se muestra en la figura (29), y es la tarjeta donde se encuentra el microcontrolador utilizado, un PIC 18F452. Este dispositivo se encarga de recibir la señal análoga de corriente (4 mA a 20 mA) proveniente del transmisor electrónico de presión y teniendo en cuenta el valor recibido, manipular los actuadores del sistema a través de los puertos digitales de entrada y/o salida. Este microcontrolador opera con una frecuencia de oscilación de 4MHz. Además, en esta tarjeta se encuentran los componentes electrónicos que permiten la adecuación de las señales digitales de salida del microcontrolador. La conversión análoga a digital de la señal proveniente del transmisor electrónico de presión, se realiza con una resolución de 10 bits.

Para la visualización del valor de la *presión medida* así como la *presión de ajuste* programada, se utilizaron 2 display, 7 segmentos de ánodo común de 4 dígitos. Esto, debido a que era importante que los datos de presión medida y presión de ajuste, siempre sean visibles bajo condiciones de poca iluminación, que se puedan presentar en la planta de fabricación.

**Figura 29. Vista superior de la tarjeta electrónica [P5\_01] del sistema de control implementado.**



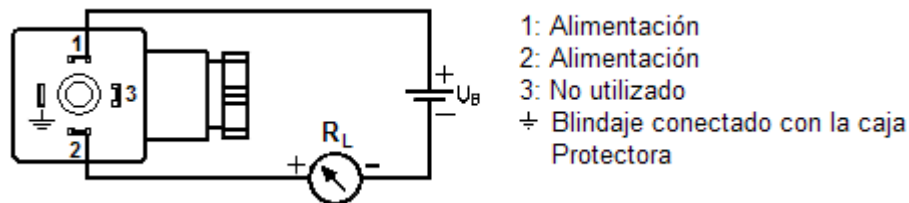
**Fuente:** Los autores

### **3.3.2 Adquisición y acondicionamiento de la señal del transmisor de presión.**

El transmisor de presión Danfoss MBS 3000 requiere, para su correcto funcionamiento, una alimentación con un voltaje DC que está directamente relacionado con el rango de la salida en corriente de éste. Debido a que este tipo de transmisores funcionan con un lazo de corriente a dos hilos, se hizo necesario una etapa de adecuación de la señal de corriente entregada por el transmisor para convertirla a una señal de voltaje entre 0 y 5V DC, el cual es el rango admitido para una entrada análoga en el microcontrolador.

Para este tipo de salida (4-20mA a dos hilos), el transmisor viene con un conector tipo **DIN 43650** con el cual el transmisor se alimenta y entrega la señal de salida por medio de un lazo de corriente que se muestra en la figura (30).

**Figura 30. Esquema de conexiones para un sensor con salida en corriente a dos hilos con un conector tipo DIN 43650.**



**Fuente:** Los Autores.

De esta manera, el fabricante proporciona una ecuación para calcular el valor de la resistencia  $R_L$  [8], la cual depende del valor de la alimentación del sensor  $U_B$ , la cual puede oscilar entre 10.5 VDC y 28 VDC.

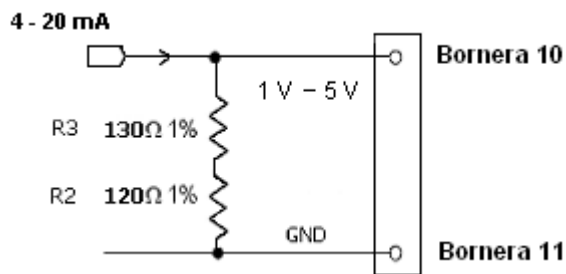
$$R_L \leq \frac{U_B - 10.5}{0.02 A} [\Omega] \quad (3.1)$$

Como se disponía de una fuente de alimentación que máximo brindaba un voltaje de 17 VDC, se optó por trabajar con un valor que se pudiera regular a partir de este, y teniendo en cuenta los valores comerciales de los reguladores de tensión se eligió alimentar el sensor con un voltaje regulado de +15 VDC, el cual en realidad entregaba +15.5 V (al alimentarlo con la fuente de + 17V) con lo cual el valor de la resistencia de carga  $R_L$  obtenido fue de 250  $\Omega$ .

$$\frac{15.5\text{ V} - 10.5\text{ V}}{0.02\text{ A}} = 250[\Omega] \quad (3.2)$$

Este valor se obtuvo conectando en serie las resistencias R2 (120Ω) y R3 (130Ω) de la tarjeta principal. De esta manera, la señal de corriente proveniente del transmisor de presión es convertida a una señal de voltaje DC que oscila entre 1V y 5V DC el cual es adquirido por la entrada analógica AN0 del microcontrolador PIC18F452. Un esquema de la conexión de esta señal al microcontrolador, se muestra en la figura (31).

**Figura 31. Circuito de acondicionamiento para la señal del transmisor.**



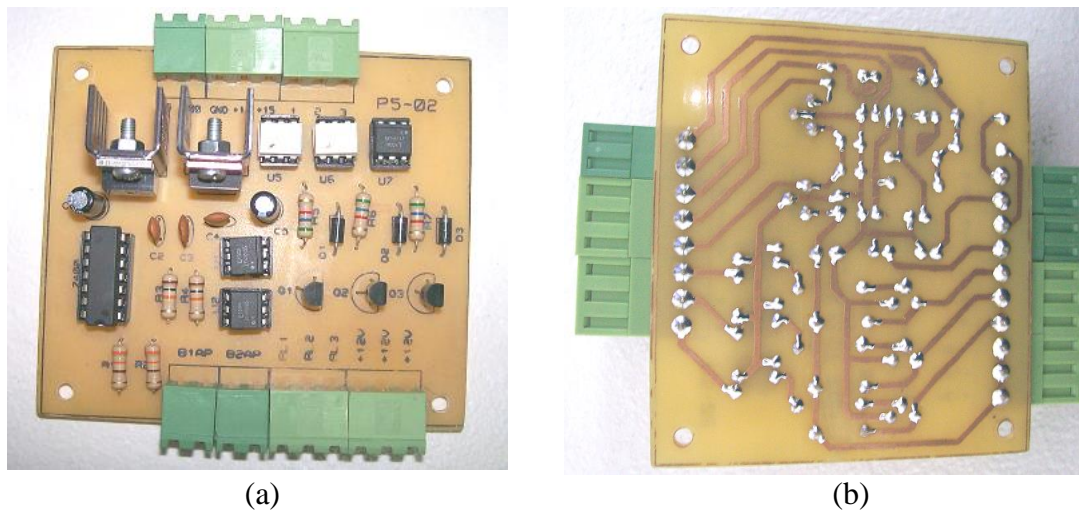
**Fuente:** Los autores

### 3.3.3 Actuadores.

Debido a que el microcontrolador *PIC18F452* no tiene la capacidad de manejar grandes cantidades de corriente y voltaje, se necesita una interface eléctrica la cual se encargue de proporcionar la ganancia y el tipo de señal adecuada para que el sistema de control funcione adecuadamente. Para el manejo de los actuadores que requieren para su funcionamiento corriente alterna, se utilizaron 2 relevos de 5 pines marca *Hongfa* (**CPP5** y **CPAJ**) y 1 relevo de 8 pines planos marca *RELPOL*, los cuales son accionados con 12 VDC, y cuyos contactos soportan una corriente máxima de 10A a 125 VAC.

Para aislar eléctricamente las señales de activación de estos, que provienen de los pines RE0, RE1, RE2, del microcontrolador, de las bobinas de los relevos, se utilizaron 4 opto acopladores 4N35. La implementación de estos actuadores se realizó una tarjeta de circuito impreso independiente de la tarjeta principal que contiene el microcontrolador y sus componentes básicos de funcionamiento y de esta manera proteger a este de cualquier sobre tensión que se pudiera generar al activar las bobinas de los relevos de 12 VDC. Esta tarjeta denominada tarjeta [P5\_02] se muestra en la figura (32).

**Figura 32. Tarjeta [P5\_02] del circuito electrónico de control de los relevos. (a) Vista superior (b) Vista inferior.**

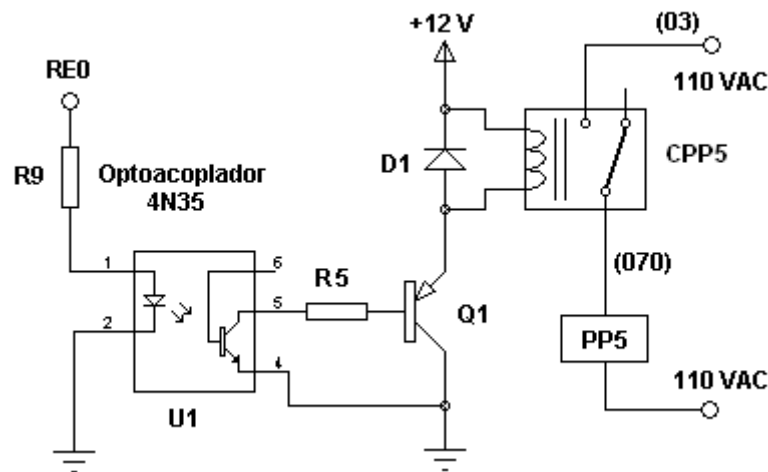


**Fuente:** Los autores.

El circuito de control del relevo CCP5 se muestra en la figura (33). En este se utilizó un opto acoplador 4N35 para realizar el aislamiento eléctrico de la señal de control proveniente del pin RE0 del PIC 18F452, de la bobina de este relevo. La utilización de este opto acoplador permitió proteger el microcontrolador de cualquier requerimiento extra de corriente que pudiera dañarlo debido a la carga inductiva que maneja. Al activar el relevo **CPP5** por medio de un valor lógico alto en el pin RE0, este cierra su contacto N.O, lo cual

se energiza con 220 VAC la bobina del contactor PP5, quien mediante el cambio de uno de sus contactos N.O activa la electroválvula (*e*), que permite el paso del aceite hidráulico hacia los pistones de la prensa No. 5, lo cual se traduce en el aumento de presión en esta.

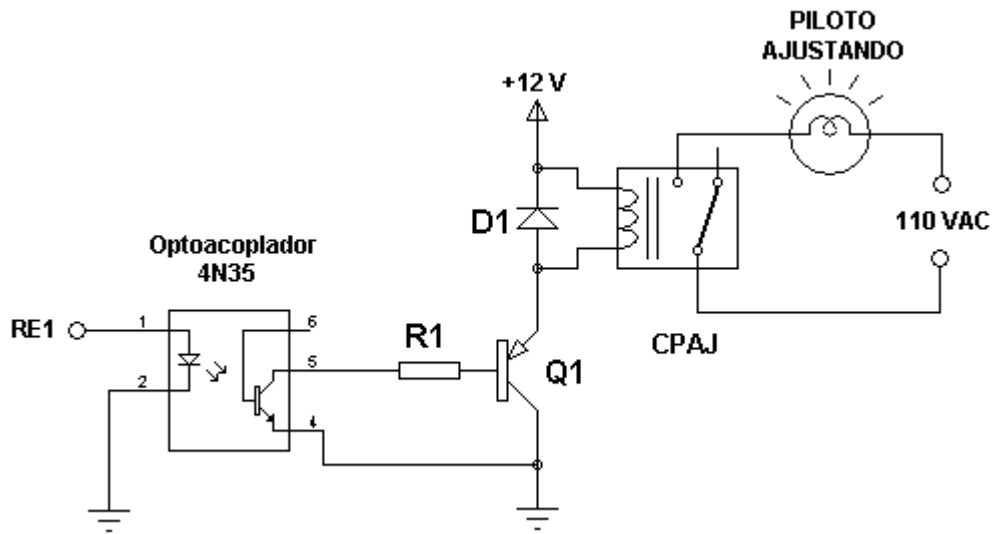
**Figura 33. Circuito eléctrico para la activación del relevo CPP5.**



**Fuente:** Los autores

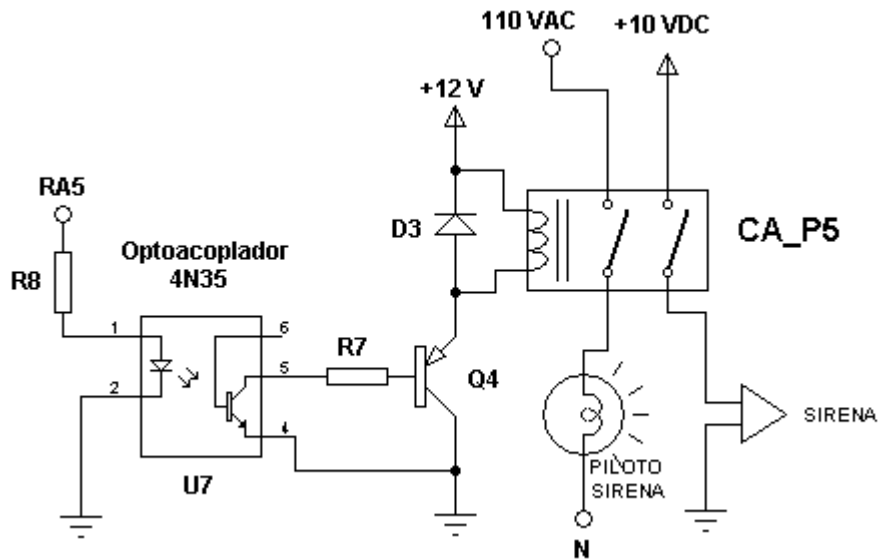
El circuito para la activación del Piloto *Ajustando*, el cual indica el momento en el cual el sistema se encuentra corrigiendo (aumentando) la presión, se muestra en la figura (34). Este piloto, funciona con una tensión nominal de 110VAC y para su activación, se utilizó el relevo **CPAJ** el cual se activa por medio del pin RE1 del microcontrolador, cuya bobina se encuentra aislada eléctricamente del microcontrolador por medio de un opto acoplador 4N35. En cuanto al encendido del Piloto Sirena y la Sirena, se utilizó el relevo **CA\_P5** marca *RELPOL* de 8 pines planos con una bobina de 12 VDC, y que tiene dos juegos de contactos SPDT, lo cual permitió accionar de manera simultánea la sirena (que funciona con 12VDC) y el Piloto Sirena (el cual funciona con 110VAC) de tal forma que se controlara el encendido de los dos dispositivos con una sola señal de control proveniente del pin RE2 del PIC18F452. Este circuito se muestra en la figura (35).

**Figura 34.** Circuito de aislamiento eléctrico entre el pin RE1 del PIC18F452 y el relevo CPAJ que controla el encendido del Piloto Ajustando.



**Fuente:** Los autores.

**Figura 35.** Circuito para el accionamiento del Piloto Sirena y la Sirena.



**Fuente:** Los autores



### 3.3.4 Sistema de generación de la alarma.

El sistema de control cuenta con una alarma, la cual alerta al operario en caso de un mal funcionamiento del sistema de control de presión de la prensa de vulcanización. Esta alarma cuenta con una *mini sirena* ubicada en la parte izquierda del cofre metálico donde se encuentra instalado el sistema electrónico de control de presión, y un piloto de 16 mm ubicado en el panel de control los cuales se activan en caso de que la presión de la prensa esté por encima o por debajo de los valores de presión alto y bajo de seguridad programados.

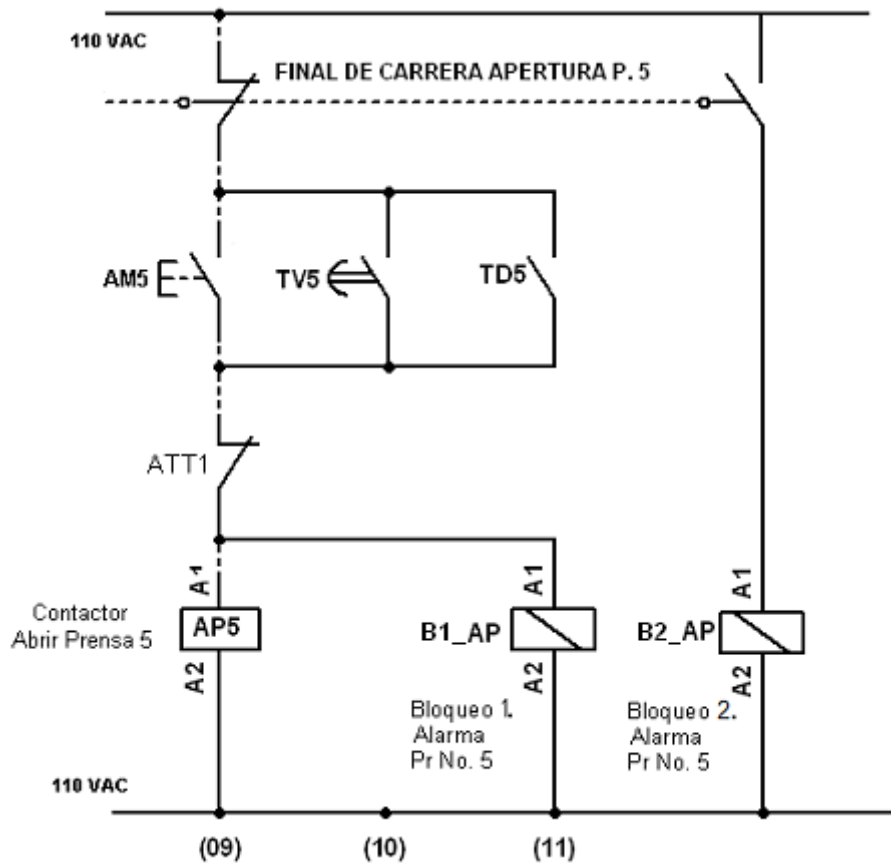
La alarma también se activa en caso de que la presión de la prensa disminuya hasta alcanzar un valor de 50 psi por debajo de la presión mínima permitida en el sistema (Presión\_Ajuste - Tolerancia), lo cual indica que existe una falla en el sistema de corrección de presión en la prensa.

Para este caso, se debía tener en cuenta que la presión de la prensa no solo disminuye por una falla en el sistema de control de presión si no también disminuye, (hasta llegar a cero) cuando la prensa se abre automáticamente para realizar los desfogues o porque terminó el tiempo de vulcanización. Debido a esto se hizo necesaria la adquisición de una señal digital desde el sistema eléctrico de la prensa, la cual indica si la prensa se va a abrir por una de las razones mencionadas de apertura automática o por una caída de presión debida a un error en el sistema eléctrico o hidráulico de control.

Para esto se utilizaron los relevos **BI\_AP** y **B2\_AP**, los cuales tienen una bobina de 230 VAC. La bobina del relevo **BI\_AP** se conectó en el sistema eléctrico de control de la prensa, en paralelo a la bobina del contactor **AP5** el cual al energizarse permite la apertura de la prensa por 3 razones a saber: a) se ha presionado el botón Abrir-Manual (contacto **AMI** se cierra), b) el tiempo de vulcanización ha terminado (contacto temporizado **TV5** se

cierra), o c) la prensa va a realizar un desfogue (contacto **TD5** se cierra). El sistema de apertura de la prensa No. 5 se muestra en la figura (36).

**Figura 36. Sistema de apertura de la prensa 5 por medio del contactor AP5.**



**Fuente:** Diagrama eléctrico de control de la prensa 5, *Icobandas S.A.*

Este contactor puede no energizarse a pesar de que alguna de las tres situaciones anteriores se haya presentado debido a un sistema que impide que la prensa 5 sea abierta cuando la Prensa No. 1 se encuentra realizando los desfuegos. Esto debido a que las dos prensas comparten la misma unidad hidráulica. Esto se logra mediante un contacto N.C proveniente

del contactor **ATTI** (Auxiliar Tiempo Total 1) el cual se energiza mientras la prensa No. 1 se encuentra realizando los desfuegos. Al energizarse este contactor, el contacto N.C **ATTI** se abre impidiendo que se energice la bobina del contactor **AP5** a pesar de que se haya cerrado alguno de los contactos **AM5**, **TV5** o **TD5**.

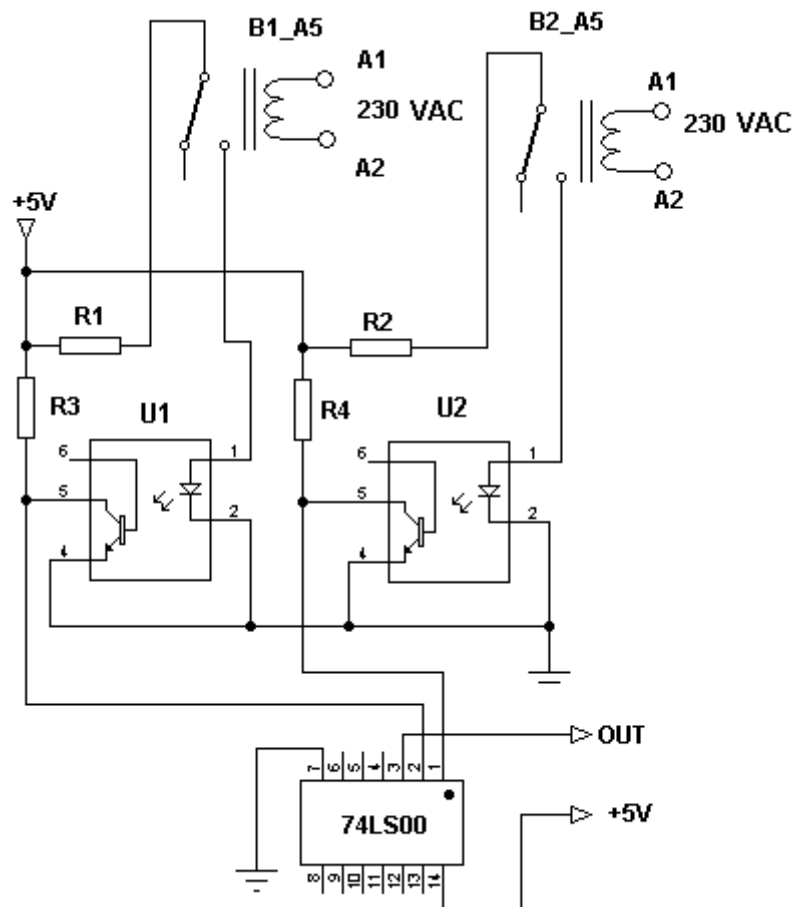
La adición del relevo **B2\_AP** se realizó, debido a que cuando la prensa se abre completamente, el final de carrera *Apertura Prensa 5* desconecta la alimentación tanto al contactor **AP5** como al relevo **BI\_AP** y de esta manera el sistema de control saldría de la rutina de interrupción programada en el microcontrolador para ser ejecutada mientras la prensa se encuentre abierta. Por esto se conectó la bobina de este relevo **B2\_AP** a los contactos N.O del final de carrera, de manera que se tuviera una señal que indicara cuando la prensa este abierta por completo. Así, únicamente al encontrarse abierta la prensa No. 5 debido a un evento programado o manual realizado por el operario, el sistema electrónico de control entra en una rutina de interrupción debido al cambio de estado del pin RB0 del PIC cuando se cierra del contacto N.O del relevo **BI\_AP** o el contacto N.O del relevo **B2\_AP**.

El cambio de estado del pin RB0 del PIC, se logra mediante la señal de salida OUT del circuito mostrado en la figura (37) en el cual se utilizaron dos opto acopladores 4N35 (U1 y U2) para aislar la señal proveniente de los relevos de 230 VAC (B1\_A5 y B2\_A5) de la señal de salida digital OUT que es enviada al pin RB0 del PIC y de esta manera proteger al microcontrolador de cualquier sobretensión generada al energizarse la bobinas de los relevos. Este circuito permitió, además de realizar el aislamiento eléctrico, tener un acoplamiento de niveles tensiones, ya que las señales que indicaban cuanto la prensa se encuentra abierta eran de 230VAC y las señales que se pueden adquirir con el microcontrolador solo pueden estar entre 0 y 5VDC.

Para lograr que la señal de salida OUT se active por la activación de alguno de los dos relevos **B1\_A5** o **B2\_A5**, se utilizó el circuito integrado 74LS00 el cual contiene 4

compuertas NAND de dos estradas. Esta compuerta se utilizó debido a que en el momento en que se cierran los contactos N.O de alguno de estos dos relevos, la salida de los optoacopladores cambia de un estado lógico alto a bajo, con lo cual, al utilizar una compuerta NAND, el cierre de alguno de los contactos N.O de los relevos se traduce en un cambio de un nivel lógico bajo a alto en la salida de la compuerta, la cual al estar conectada al PIN *RB0* del microcontrolador hace que este entre en una rutina de interrupción.

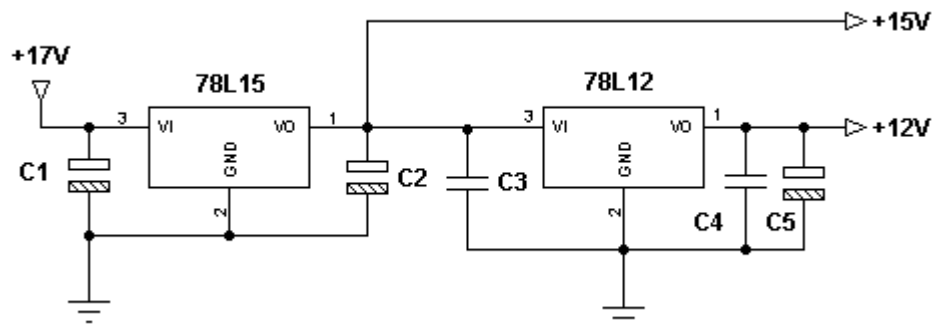
**Figura 37. Circuito para el envío de la señal que indica la apertura programada de la prensa No. 5 por medio de los relevos B1\_AP y B2\_AP.**



**Fuente:** Los autores.

Por otra parte, se implementaron los reguladores de +12 VDC y +15 VDC necesarios para la activación de los relevos **CPP5**, **CPAJ** y **CA\_P5**, cuyas bobinas funcionan con una tensión de +12 VDC y la alimentación del transmisor de presión (+15 VDC), por medio de dos circuitos integrados (LM7812 y LM7815), a partir de una entrada regulada de +17 VDC proveniente de la fuente de alimentación. Estos reguladores se implementaron físicamente en la tarjeta electrónica [P5\_02]. En la figura (38) se muestra el esquema de los reguladores utilizados.

**Figura 38. Circuito electrónico para la regulación de los voltajes de +12 y +15 VDC a partir de una entrada regulada de +17 VDC.**



**Fuente:** Los autores.

### 3.4 DESCRIPCIÓN DEL SOFTWARE DEL MICROCONTROLADOR

El software del PIC es programado en el lenguaje de programación de alto nivel C, utilizando el compilador C de *Custom Computer Services Incorporated (CCS)*. Todo este proceso se llevó a cabo en la plataforma de desarrollo de microchip MPLAB IDE v8.40.

El código completo del software del microcontrolador puede ser consultado en el Anexo B. a continuación se encuentra una explicación de los aspectos más relevantes del software del microcontrolador desarrollado.

Inicialmente en el programa principal se le indica al compilador el microcontrolador que se va a utilizar (*PIC 18F452*) así como su frecuencia de trabajo (4 MHz), a continuación se encuentra las definiciones de los pines a utilizar, lo cual permite a lo largo del programa trabajar con nombres personalizados para cada pin del microcontrolador, utilizado como E/S.

La rutina de interrupción del programa, permite que sin importar la línea que se encuentra ejecutando el programa, si la prensa es abierta, el sistema cese la acción de corrección de presión (si se encontraba en ello), además de evitar la activación de la alarma, ya que al abrirse la prensa la presión descenderá gradualmente hasta llegar a cero pasando por el punto asignado para la mínima presión permitida *Presión\_Crítica\_L*, lo cual activaría la alarma.

En la función principal (*main*), inicialmente se realiza la configuración de los registros internos del microcontrolador, tarea que se lleva a cabo mediante el llamado a la función *Conf\_Registers()*, en esta función se configuran, los puertos de E/S y su valor por defecto, el pin para la entrada análoga (*RA0*), los parámetros del conversor A/D (canal a utilizar, velocidad de la conversión), y los registros necesarios para la utilización del pin *RBO* como fuente de interrupción externa (*EXT\_INT*). El diagrama de flujo general del programa se muestra en la figura (39).

Figura 39. Diagrama de flujo simplificado del software del microcontrolador.

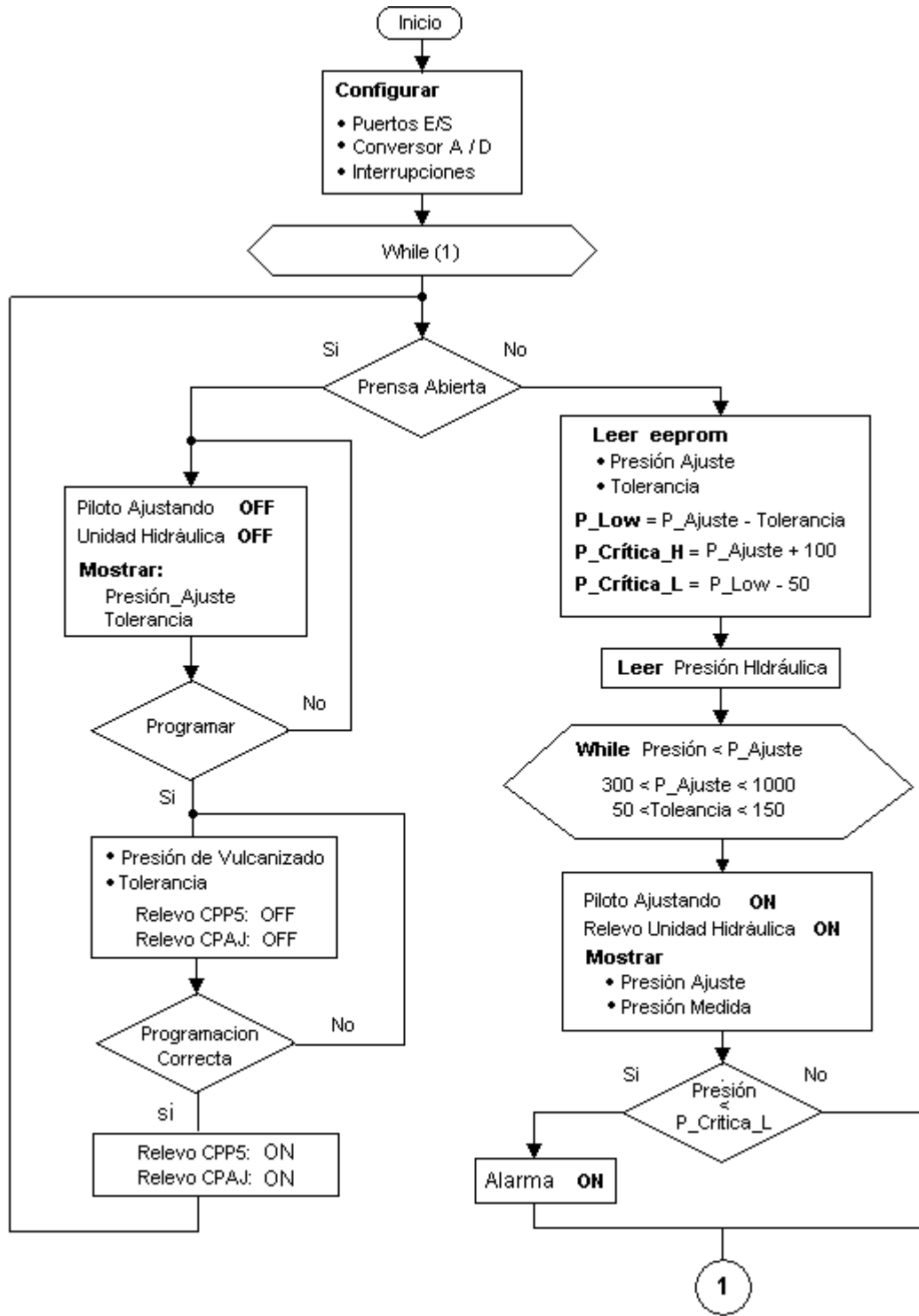
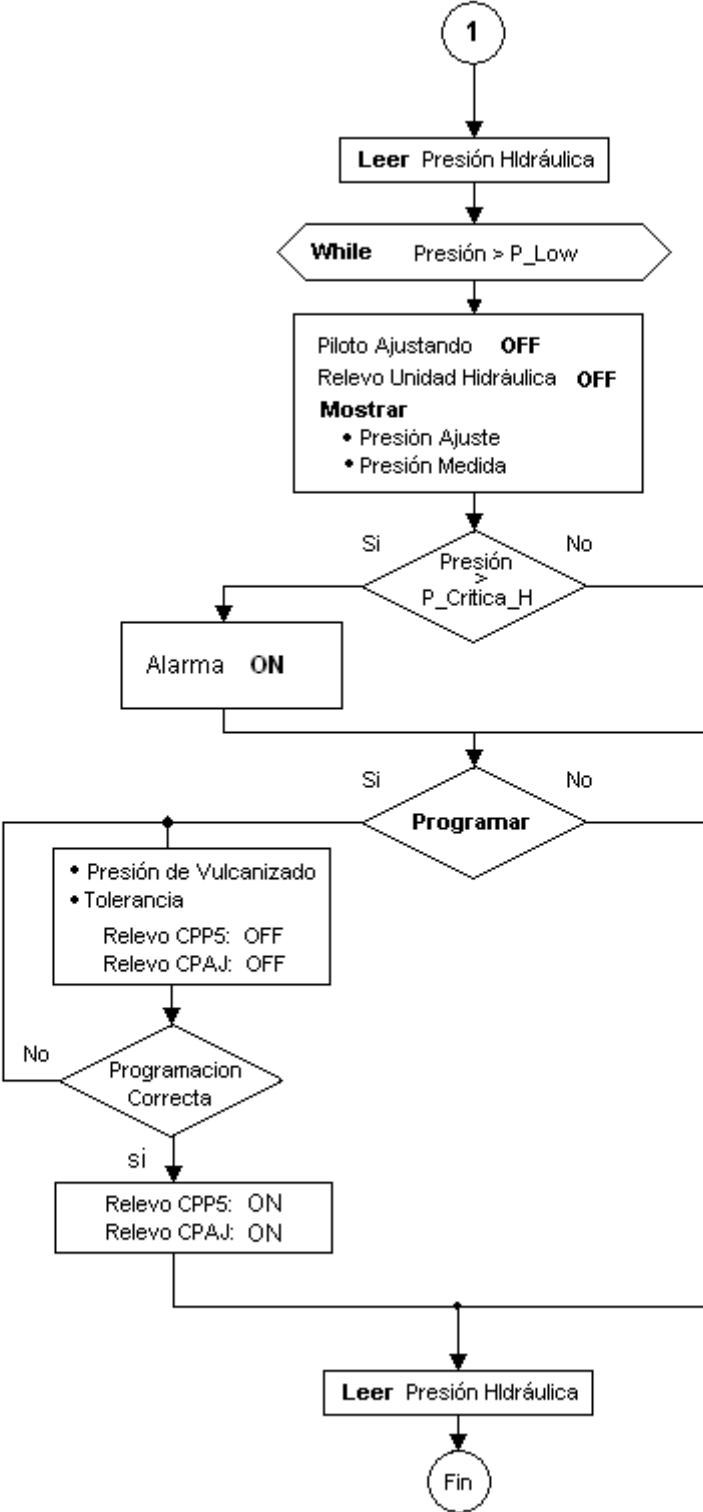


Figura 39. (Continuación)



Fuente: Los autores.



Al inicio de la función principal (*main*) se realiza la lectura de la memoria *eeeprom* del microcontrolador, con la función *LeerEEPROM()*. A esta función se le pasa como argumento la dirección que queremos leer, en este caso 0 y 2, donde se encuentran almacenados los valores de las variables *Presión\_Ajuste* y *Tolerancia*, si estos se han programado con anterioridad\* y basándose en estos valores se le asignan los respectivos para la presión mínima permitida ( $P_{low} = Presion\_Ajuste - Tolerancia$ ), presión crítica alta ( $Presión\_Crítica\_H = Presion\_Ajuste + 100$ ), presión crítica baja ( $Presión\_Crítica\_L = P_{low} - 50$ ), esto se realiza al inicio de la función principal (*main*), debido a que al producirse una falla en el suministro del fluido eléctrico del sistema, por ejemplo la falta de energía eléctrica en la empresa, es necesario que el programa recuerde los valores para la *Presion\_Ajuste* y *Tolerancia* previamente programados y se re-inicie realizando la corrección de la presión con los valores que se encontraba programado, además de esta manera se evita que el operario deba introducir dichos valores cada vez que se reinicie el proceso de vulcanizado.

La habilitación de la interrupción externa por el pin *RBO* mediante la función *enable\_interrupts(EXT\_INT)* al inicio de la función principal para permitir que una vez iniciado el sistema se detecte el estado de la prensa (abierta o cerrada) y el programa haga el llamado a la rutina de interrupción. Esta interrupción se encuentra configurada para activarse en el flanco de subida (*L\_TO\_H*), para que si se inicia el sistema y la prensa se encuentra abierta, este estado se detecte inmediatamente. Posteriormente, el programa entra en los dos ciclos *while* para el control propiamente dicho de la presión en la prensa. En el primer ciclo se mantiene desactivados los relevos CPP5 (*BOMBA\_HIDRAULICA*) y CPAJ (*PILOTO\_AJUSTANDO*), mientras la presión medida, la cual se obtiene llamando a la función *Calcular\_Presión()*, sea mayor que el valor mínimo de presión permitido ( $P_{low}$ ). De otra parte, en este ciclo *while* el programa activa la alarma (siempre y cuando la prensa

---

\* Si no se ha realizado ninguna programación previa, la función devolverá "0" para cada una de las variables; *Presión\_Ajuste* y *Tolerancia*.

no haya sido abierta) mediante el relevo CA\_P5 (*Piloto\_Sirena* y *Sirena*), en caso de que la presión medida (*psi*), aumente hasta sobrepasar el valor máximo de presión permitido ( $Presión\_Crítica\_H = Presión\_Ajuste + 100 [psi]$  ).

En el segundo ciclo *while*, el programa mantiene activados los relevos CPP5 (*BOMBA\_HIDRAULICA*) y CPAJ (*PILOTO\_AJUSTANDO*), mientras la presión medida, la cual se obtiene llamando a la función *Calcular\_Presión(ReadADC())*, sea menor a la *Presión\_Ajuste* programada. Adicionalmente en este ciclo *while*, el programa activa la alarma (siempre y cuando la prensa no halla sido abierta) mediante el relevo CA\_P5 (*Piloto\_Sirena* y *Sirena*), en caso de que la presión medida (*psi*), disminuya hasta estar por debajo del valor mínimo de presión permitido (*Presión\_Crítica\_L*).

Adicionalmente dentro de este ciclo *while*, se encuentra otro cual permite revisar el estado del pin RB0 por medio del cual, cuando la prensa se encuentra abierta totalmente, debería entrar a la rutina de introducción, pero al encender el sistema cuando la prensa esta abierta, este no entra a la rutina que esta se activa solo por el cambio de estado *H\_L* en el pin RB0, no por su estado en sí.

Seguidamente de estos dos ciclos, el programa verifica (al igual que en cada uno de los anteriores ciclos *while*) el estado de la señal del transmisor de presión (mediante la variable *SENSOR*) ya que de no hacerlo, en caso de alguna falla en este dispositivo el sistema permitiría el aumento sin control de la presión al tener en sus cálculos un valor de presión igual a cero (por la señal ausente del transmisor de presión). De manera que se verifica que siempre exista un valor en la señal analógica de entrada al micro de por lo menos 0,8 V, (o su equivalente en el dato del conversor: aproximadamente 150) lo cual indica que el transmisor se encuentra funcionando de manera correcta. En caso de que no se encuentre presente esta señal (por falla del transmisor o una conexión defectuosa de este), el sistema mostrara como código de señalización de esta falla, en cada uno de los display 7 segmentos cero en todos sus valores, de manera intermitente.

El cálculo de la medida de la presión en el sistema hidráulico, se realiza utilizando la función *Calcular\_Presión()*, a la cual se le pasa como argumento el valor devuelto por la función del compilador *Read\_ADC()*, valor que puede estar entre 0 y 1023 y que es proporcional al valor del voltaje presente en la entrada análoga AN0 del microcontrolador. En esta función implementada, el programa realiza la conversión del nivel de tensión en la entrada análoga AN0 del microcontrolador, convirtiéndola a un valor de presión, mediante la ecuación (3.4).

$$\text{Presión} = \frac{5}{1023} * \text{Dato} * 362.5 - 362.5 \quad (3.3)$$

$$\text{Presión} = 1,77 * \text{Dato} - 369,66 \quad (3.4)$$

Los valores en la anterior ecuación provienen de la recta de calibración del sensor de presión\*.

La función *Programar()*, la cual permite realizar la programación de los valores de *Presión\_Ajuste* y *Tolerancia*, y guardarlos en la memoria *EEPROM* del microcontrolador, se encuentra implementada al final del código. En esta función, inicialmente se desactivan los relevos CPP5 (*BOMBA\_HIDRAULICA*) y CPAJ (*PILOTO\_AJUSTANDO*), de manera que no se pueda cerrar la prensa mientras no se halla terminado de realizar la programación.

La finalización de la programación de los valores de estas variables, se encuentra condicionada en esta función, de manera que sea imposible iniciar el proceso de vulcanizado si se ha realizado una programación con valores inapropiados, por ejemplo un valor de *Tolerancia* > que el valor asignado a la *Presión\_Ajuste*, o un valor para la

---

\* El procedimiento de calibración se encuentra detallado en la sección 4.1.

*Tolerancia* < a 50 psi, así como los límites establecidos para estas los cuales se detallan más adelante.

### 3.5 EL PANEL DE CONTROL

El panel de control implementado para el sistema se muestra en la figura (40), donde se puede observar en todo momento el valor de la presión medida y la presión de ajuste programada. Adicionalmente, se indica por medio de un piloto de color verde, cuando el sistema se encuentra corrigiendo la presión de vulcanización y un piloto de color rojo el cual se enciende en caso de que se active la alarma cuando la presión de la prensa se encuentre por fuera de los límites (superior o inferior) permitidos.

**Figura 40. Vista frontal del panel de control del sistema de control de presión.**



**Fuente:** Los autores.

La Figura (41), muestra una vista interior del cofre, donde se pueden observar los diferentes dispositivos implementados, como son las tarjetas [P5\_01] y [P5\_02] así como los relevos electromecánicos.

**Figura 41. Vista interna del cofre metálico donde se instaló en sistema de control implementado.**



**Fuente:** Los autores

Las dimensiones físicas del sistema son alto 30 cm, ancho 50 cm y 20 cm de profundidad. Consta de diez pulsadores cuadrados de 11 mm lo suficientemente cómodos para la manipulación por parte de operario, y un pulsador circular encargado de parar la alarma de

22 mm. Dos pilotos de 16 mm y dos led's de 5 mm de colores verde y rojo. Dos displays 7 segmentos y cuatros dígitos, donde cada dígito de color rojo tiene 15 mm de alto, 11 mm de ancho.

### **3.6 PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

Para la puesta en funcionamiento del sistema de control de presión, es necesario primero encender la unidad hidráulica de la prensa No. 5. Esto se logra por medio del interruptor de llave ubicado en el panel de control eléctrico de la prensa en la parte superior izquierda. Una vez encendido, el sistema muestra en los 2 display los valores correspondientes a la última programación realizada, de manera que si el operario de la prensa, inicia el cierre de esta, el sistema de control de presión, permitirá el cierre de la prensa hasta alcanzar el valor de presión de ajuste correspondiente a la última programación realizada. De no haberse realizado ninguna programación con anterioridad o de encontrarse programados valores nulos tanto para la presión ajuste como para la tolerancia, el sistema no permitirá el cierre de la prensa.

La programación de los valores de *Presión Ajuste* y *Tolerancia* se realiza mediante los pulsadores *U, D, C, U* (*Unidades, Decenas, Centenas* y *unidades de Mil*), y una vez ajustados, se debe presionar el pulsador *ACEPTAR*. Esta programación únicamente se puede realizar mientras la prensa se encuentre totalmente abierta, y mientras se realiza el sistema no permite el cierre de la prensa. Adicionalmente, no se podrá cerrar la prensa si se realiza una programación inadecuada como por ejemplo un valor muy alto de presión, o un valor muy bajo de Tolerancia. Estos límites, se establecieron teniendo en cuenta la capacidad de la prensa y a los límites dados en las órdenes de producción de la empresa para esta máquina. Estos valores se muestran en la tabla 6.

**Tabla 6.** Valores máximos y mínimos de presión y tolerancia para la prensa de vulcanización No.5

VARIABLE	VALOR MÍNIMO (PSI)	VALOR MÁXIMO (PSI)
PRESIÓN	300	1000
TOLERANCIA	50	150

Como indicación de que se ha realizado una programación adecuada, se debe verificar que el piloto ajustando se encuentre encendido, de no ser así, se debe revisar la programación hecha ya que esto indica que se ha cometido un error en esta (programar un valor por fuera de los límites establecidos, o no programar alguno).

En caso de algún fallo el sistema de alimentación del sistema, este permanece por seguridad sin permitir el cierre y el aumento de presión en la prensa, y una vez se restablezca la alimentación, si la presión se encuentra por debajo del límite inferior permitido, el sistema automáticamente vuelve a realizar el ajuste de presión con los valores de *Presión Ajuste* y *Tolerancia* correspondientes a la última programación realizada.

En caso de que se active la alarma, ya sea por una caída sin control en la presión, o un aumento excesivo, mediante el pulsador **DETENER SIRENA**, el operario puede apagar la sirena y el piloto y debe avisar de manera inmediata al departamento de mantenimiento de la empresa, ya que esto indica que se ha presentado una falla ya sea en el sistema electrónico de control de presión o en el sistema eléctrico de control de la prensa.

El proceso detallado de programación del sistema de control de presión y su operación puede ser consultado en el **MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA DE CONTROL DE PRESIÓN** (Ver anexo D).

## 4. PRUEBAS Y RESULTADOS

### 4.1 CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN

Para el correcto funcionamiento del sistema se debe garantizar que las medidas de presión entregadas por este sean correctas. Es por esto, que inicialmente se realizó la calibración del sensor de presión utilizando en el sistema en el banco de pruebas de verificación para manómetros que se encuentra en el laboratorio de metrología de la empresa **icobandas s.a.** Este proceso consistió en aplicar un valor de presión a la entrada del transmisor, y medir el valor de corriente entregada por este. Los datos obtenidos se muestran en la tabla (7).

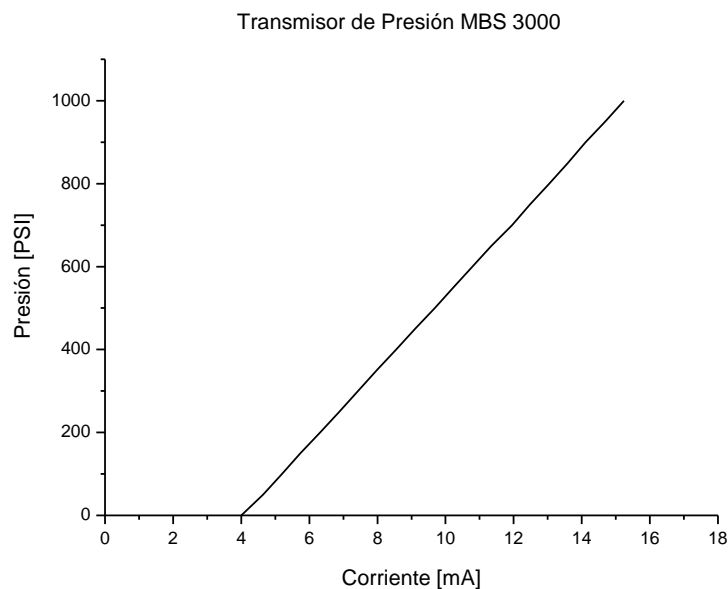
**Tabla 7.** Datos obtenidos en la calibración del sensor.

<b>Presión [psi]</b>	<b>Corriente [mA]</b>	<b>Presión [psi]</b>	<b>Corriente [mA]</b>
<b>0</b>	4	<b>550</b>	10,23
<b>50</b>	4,64	<b>600</b>	10,79
<b>100</b>	5,2	<b>650</b>	11,34
<b>150</b>	5,74	<b>700</b>	11,95
<b>200</b>	6,32	<b>750</b>	12,48
<b>250</b>	6,88	<b>800</b>	13,04
<b>300</b>	7,43	<b>850</b>	13,59
<b>350</b>	7,98	<b>900</b>	14,11
<b>400</b>	8,55	<b>950</b>	14,69
<b>450</b>	9,11	<b>1000</b>	15,24
<b>500</b>	9,69		



La gráfica de estos datos se muestra en la figura 42, donde podemos observar el comportamiento lineal que tiene el sensor en el rango de calibración seleccionado, el cual concuerda con lo especificado por el fabricante. Cabe destacar que a pesar de que el sensor tiene un rango entre 0 y 1450 psi, solo se realizó la calibración en un rango comprendido entre 0 y 1000 psi ya que este sensor trabajara en un rango entre 0 y 900 psi, el cual es el rango de la presión de vulcanización para las bandas que se vulcanizan la prensa No. 5.

**Figura 42. Curva característica del transmisor de presión Danfoss MBS 3000.**



**Fuente:** Los autores

A partir de los datos anteriormente graficados, se generó la ecuación de la recta característica del transmisor de presión.

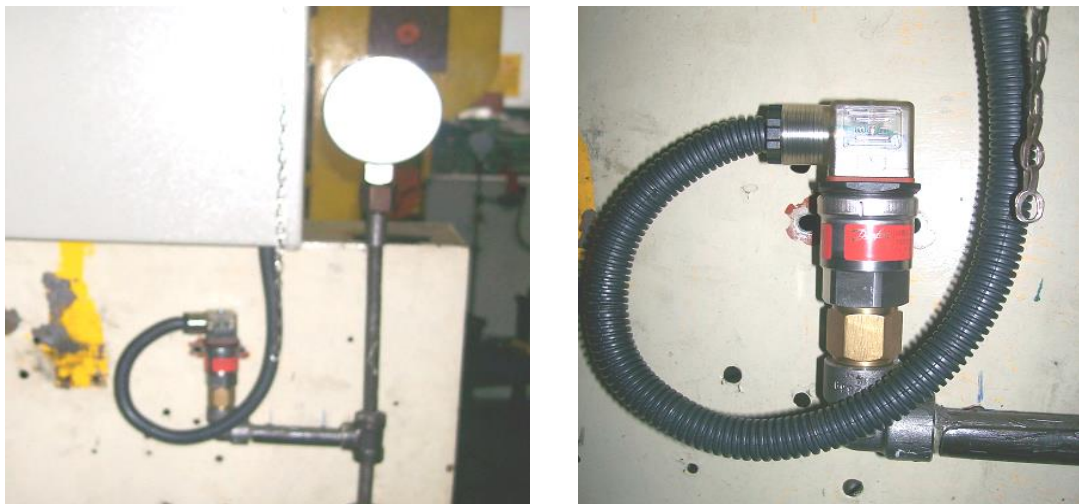
$$Y = (0.0112 \pm 1.691 \times 10^{-5}) \cdot X + 4.067 \pm 0.010 \quad (4.1)$$

donde  $X$  corresponde al valor de la corriente entregada por el transmisor en  $mA$  y  $Y$ , a el valor de la presión en  $psi$ .

#### 4.2 INSTALACIÓN DEL SISTEMA

El sistema se instaló en un cofre metálico de 50x30x20 cm, ubicado sobre el gabinete del control eléctrico de la prensa No. 5, de manera que estuviera en un lugar visible y de fácil acceso para el operario. El transmisor de presión, se ubicó en la parte posterior del compartimiento de control eléctrico de la prensa quedando a espaldas del panel de control implementado, ya que en este lugar se encuentra la señal hidráulica que también es medida por medio de un manómetro tipo burdon, el cual permite anteriormente era el único instrumento que le permitía al operario de la prensa verificar la medida de presión de la prensa. La ubicación del transmisor se puede observar en la figura (43).

**Figura 43. Ubicación de la toma de la señal hidráulica por parte del transmisor de presión y del manómetro tipo burdon.**



**Fuente:** Los autores

Para la alimentación del sistema se debió instalar un cableado independiente del sistema eléctrico de control de la prensa, debido a que este sistema presenta regularmente caídas de tensión, particularmente en el momento en que conmutan algunos de los contactores de activación de las electroválvulas. Además de esto se utilizó un regulador de 300 VA para garantizar que el voltaje de entrada de 115 VAC permaneciera regulado en todo momento, ya que la medida de presión entregada del sistema se podría ver afectada en caso de sobre tensiones en la línea de alimentación de este. Este regulador, además permitió agregar una protección extra a todo el sistema frente a cualquier sobre tensión de la red eléctrica.

### **4.3 PRUEBAS**

Una vez se encontraba instalado el sistema implementado en la prensa de vulcanización No. 5, se procedió a realizar algunas pruebas iniciales del sistema. Estas pruebas consistieron en programar en el sistema implementado diferentes valores, tanto para la presión de vulcanización como para la tolerancia de esta y poner en funcionamiento la maquina en modo automático. Era de vital importancia verificar que está realizara el proceso de desfuegos de manera autónoma, controlando la presión máxima que debía alcanzar. Adicionalmente, de esta manera se podía verificar que los relevos encargados de avisarle al sistema el momento de la apertura de la prensa, se encontraban funcionando correctamente.

Para realizar la prueba del sistema de corrección de presión, se programaron valores para la presión de vulcanización de 400, 600 y 800 psi, con un valor para la tolerancia de 50, 60 psi, colocando en funcionamiento la prensa en modo automático.

El resultado de cada una de estas pruebas fue muy satisfactorio, el sistema permitió en cada caso el aumento de la presión hidráulica de la prensa hasta el valor programado, en la figura (44), se muestra una imagen un instante después de que la prensa se ha cerrado, donde se puede observar que la prensa alcanzó un valor máximo de presión hidráulica de 400 psi,

(indicada en el display *PRESIÓN MEDIDA*) el cual concuerda con el valor programado (mostrado en el display *PRESIÓN AJUSTE*).

**Figura 44. Prueba del sistema de control de presión implementado programado con una Presión Ajuste de 400 psi.**



**Fuente:** Los autores

En la figura (45) se muestra el sistema en funcionamiento una vez han transcurrido 2 minutos aproximadamente y la presión ha disminuido hasta llegar a 350 psi, en este momento se enciende el *Piloto Ajustando*, en señal de que el sistema ha comenzado a comenzar a realizar la corrección en la presión de la prensa, para permitir que esta aumente nuevamente hasta alcanzar el valor programado (400 psi).

**Figura 45. Momento en el cual el sistema de control de presión va a realizar la corrección.**



**Fuente:** Los autores

Las pruebas realizadas con los otros valores para presiones de vulcanización de 600 y 800 psi fueron igualmente positivas. En las figuras (46) a (48) se pueden observar instantes en los cuales el sistema se encuentra controlando la presión de la prensa, con los valores de *Presión de Ajuste* y *Tolerancia* Programados.

**Figura 46. Prueba del sistema de control de presión implementado programado con una *PRESIÓN AJUSTE* de 600 psi, y una tolerancia de 60 psi.**



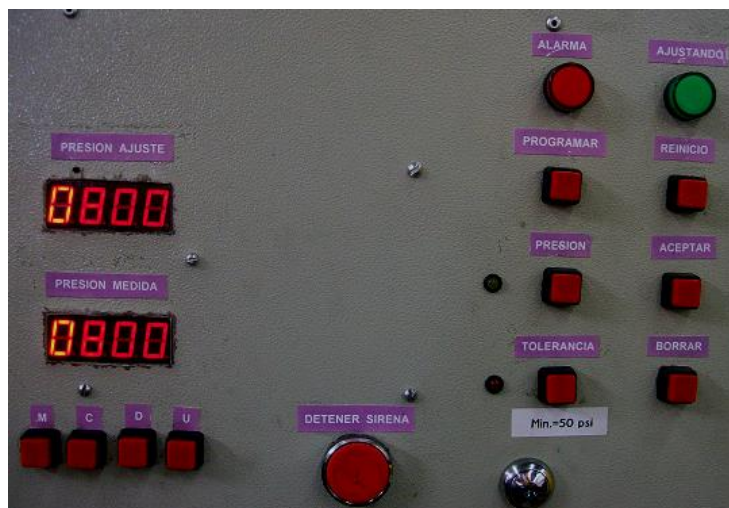
**Fuente:** Los Autores

**Figura 47. Momento en el cual el sistema de control de presión va a realizar la corrección debido a que la presión medida a alcanzado el mínimo valor permitido (540 psi).**



**Fuente:** Los autores

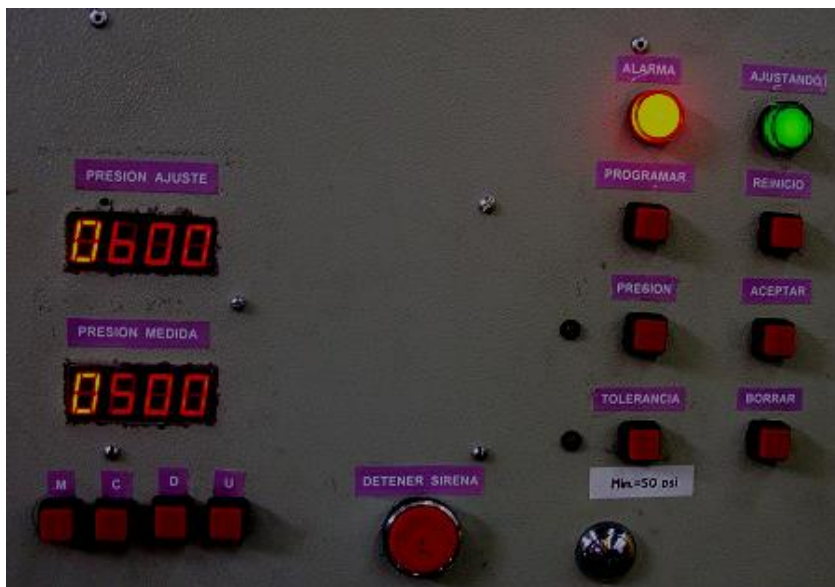
**Figura 48. Prueba del sistema de control de presión implementado programado con una *PRESIÓN AJUSTE* de 800 psi.**



**Fuente:** Los autores

Para realizar la prueba al sistema de activación de la alarma, la cual debía activarse en caso de que el sistema no pudiera realizar la corrección de presión por alguna falla en los sistemas de control hidráulico, eléctrico ó electrónico, se simularon estas posibles fallas abriendo una de las válvulas de paso del aceite hidráulico en la unidad de potencia, lo cual permite que el aceite fluya de regreso al tanque en todo momento, de manera que a pesar de que el microcontrolador enviara la orden de corregir la presión, esta tarea no pudiera realizarse.

Los resultados obtenidos fueron satisfactorios, debido a que la alarma se activó exactamente en el valor programado, como se muestra en la figura (49) tomada una vez se encendió el *Piloto\_Alarma*. El valor para la presión de vulcanización programado era de 600 psi, con una tolerancia de 50 psi y la presión medida se encuentra en 500 psi, que era el valor en el cual se debía activar la alarma (*Presión\_Ajuste - Tolerancia - 50*).



**Figura 49.** Imagen tomada luego de que se activara la alarma en el sistema por un descenso sin control en la presión hidráulica de la prensa.

**Fuente:** Los autores

## 5. CONCLUSIONES

- El objetivo fundamental de este proyecto fué diseñar e implementar un sistema de control electrónico programable de presión. Los resultados son muy satisfactorios, en el sentido que el sistema desarrollado es totalmente funcional. El sistema de control de presión implementado le permite a la empresa Icobandas S.A, realizar el proceso de vulcanización de las bandas de caucho con una tolerancia controlada en la presión de vulcanización.
- El sistema de control y supervisión implementado ha permitido que el proceso de vulcanizado se lleve a cabo bajo mejores condiciones, gracias a que este permite realizar la programación de los valores exactos de presión de vulcanización dados por la orden de producción y evitando que el valor de esta presión baje hasta valores que puedan afectar la calidad de los productos terminados.
- Las pruebas realizadas para verificar el funcionamiento del sistema de control de presión demostraron una alta velocidad de respuesta en el sistema, de manera que la presión en la prensa se controla en los valores programados al inicio del proceso de prueba.
- El sistema de control implementado permitió demostrar la aplicabilidad de los microcontroladores en el desarrollo la instrumentación del equipo, a bajo costo, propio para procesos industriales donde se requiere un controlador con un alto grado de robustez y confiabilidad.
- Los indicadores visuales y sonoros de la alarma, posibilitan alertar al operario de cualquier falla que se pueda presentar en el circuito hidráulico o eléctrico de manera



que pueda realizar las acciones de corrección de la falla ocurrida de manera inmediata, impidiendo que se produzca un daño irreparable en el equipo o en la banda que está en proceso de vulcanizado.

- El manual de usuario desarrollado le permite, tanto al operario de la máquina como a los encargados de realizar el mantenimiento de la máquina contar con una guía detallada del funcionamiento del sistema implementado y la función de cada uno de sus componentes.

## BIBLIOGRAFIA

[1] ÁNGULO J. y ÁNGULO I., MICROCONTROLADORES PIC, Diseño práctico de aplicaciones Primera parte. Ed. McGraw-Hill / Interamericana de España, S. A. U., Madrid. 2003.

[2] CREUS SOLÉ Antonio., Instrumentación Industrial, 6ª edición., Ed. Marcombo S.A., Barcelona, 1997. p. 97-99

[3] FLOWER LEIVA. Luis., Controles y automatismos eléctricos: Teoría y práctica., 1985., 276p

[4] HENRIQUEZ G., El ABC de la Instrumentación en el Control de Procesos Industriales. Ed. LIMUSA S.A de C.V., MEXICO, D.F., 2004. p. 198-200

[5] IBRAHIM. Dogan., AVANCED PIC MICROCONTROLLER PROJECTS IN C., Ed. Elsevier., Oxford, 2008. p. 43-93

[6] MICROCHIP TECHNOLOGY INC, PIC18FXX2 Data Sheet, High Performance, Enhanced Flash, Microcontroller with 10-Bit A/D, Microchip Technology Inc., EE.UU., Microchip Technology Incorporated, 2002.

Sitio web oficial:

<http://www.microchip.com>

Documento disponible en: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39564c.pdf>

[7] PALLÁS ARENY. Ramón., Sensores y acondicionadores de señal. 3 ed., Ed. Marcombo., Barcelona. 1998. 480p.

- [8] Pressure Transmitter for Industrial Applications Type MBS 3000. Internet:  
<http://www.ra.danfoss.com/TechnicalInfo/Literature/Manuals/04/ICPDP20A305.pdf>
- [9] PEATMAN. John., Embedded Design with the PIC18F452 Microcontroller. Ed. Prentice Hall, 2003., 5p, Internet: [www.picbook.com](http://www.picbook.com)
- [10] REESE. Robert. B., MICROPROCESSORS From Assembly Language to C Using the PIC 18Fxx2., Ed. Da Vinci Engineering Press., Hingham, Massachusetts., 2005., 665 p.
- [11] ROLDÁN VILORIA José., NEUMÁTICA, HIDRÁULICA Y ELECTRICIDAD APLICADA. Editorial Paraninfo, 1989. p. 141-149
- [12] ROYO. José., Manual de Tecnología del Caucho, Editado por Consorcio Nacional de Industriales del Caucho, Barcelona, 1989. p. 228-232, 406-410
- [13] VYCMEX., MANUAL DE HIDRÁULICA INDUSTRIAL. Mexico D.F. p. 9-1

## ANEXO A. DIAGRAMAS ELECTRÓNICOS

**Figura 50. Diagrama de conexiones del sistema de control implementado.**

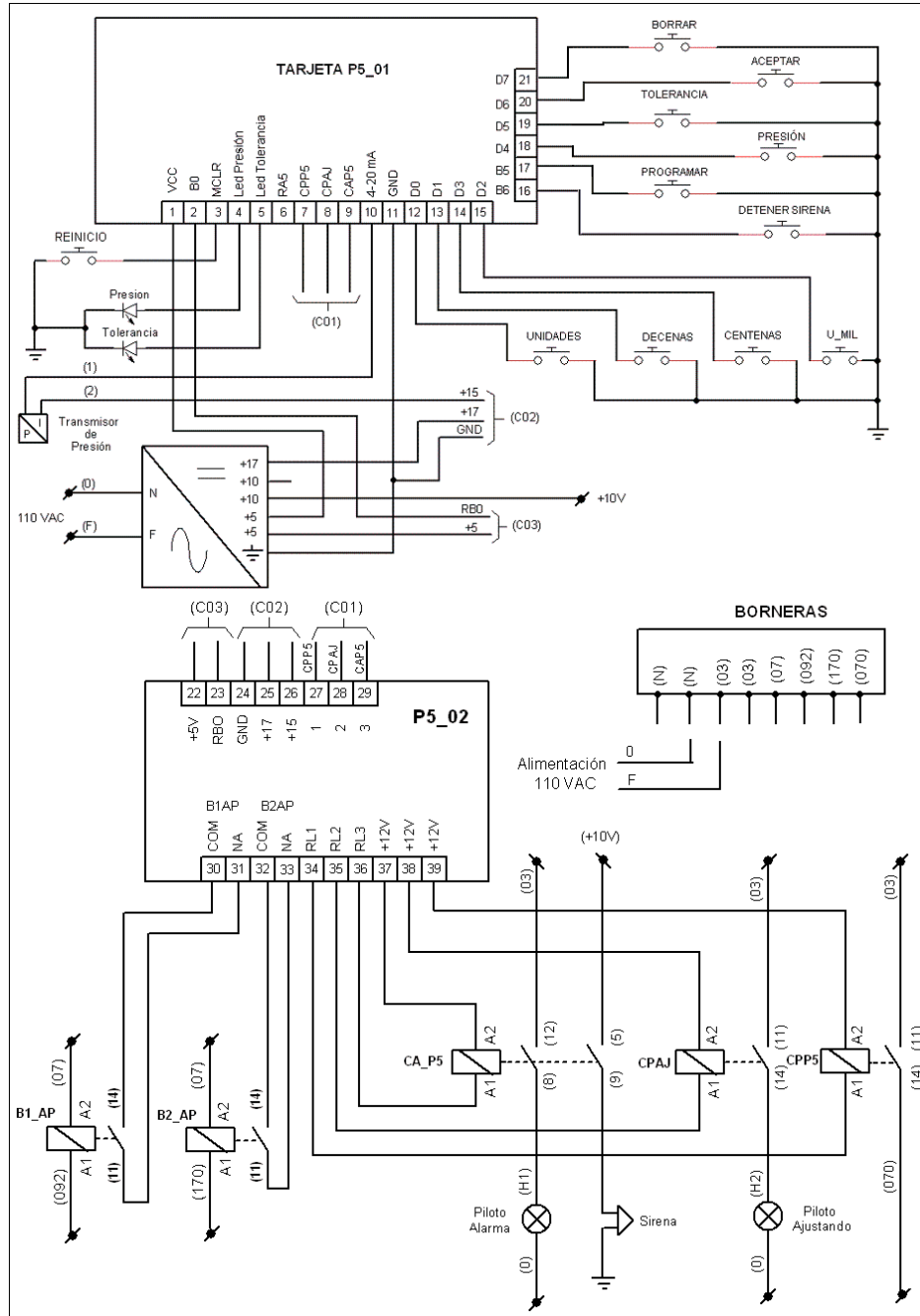


Figura 51. Circuito electrónico de la tarjeta impresa P5\_01.

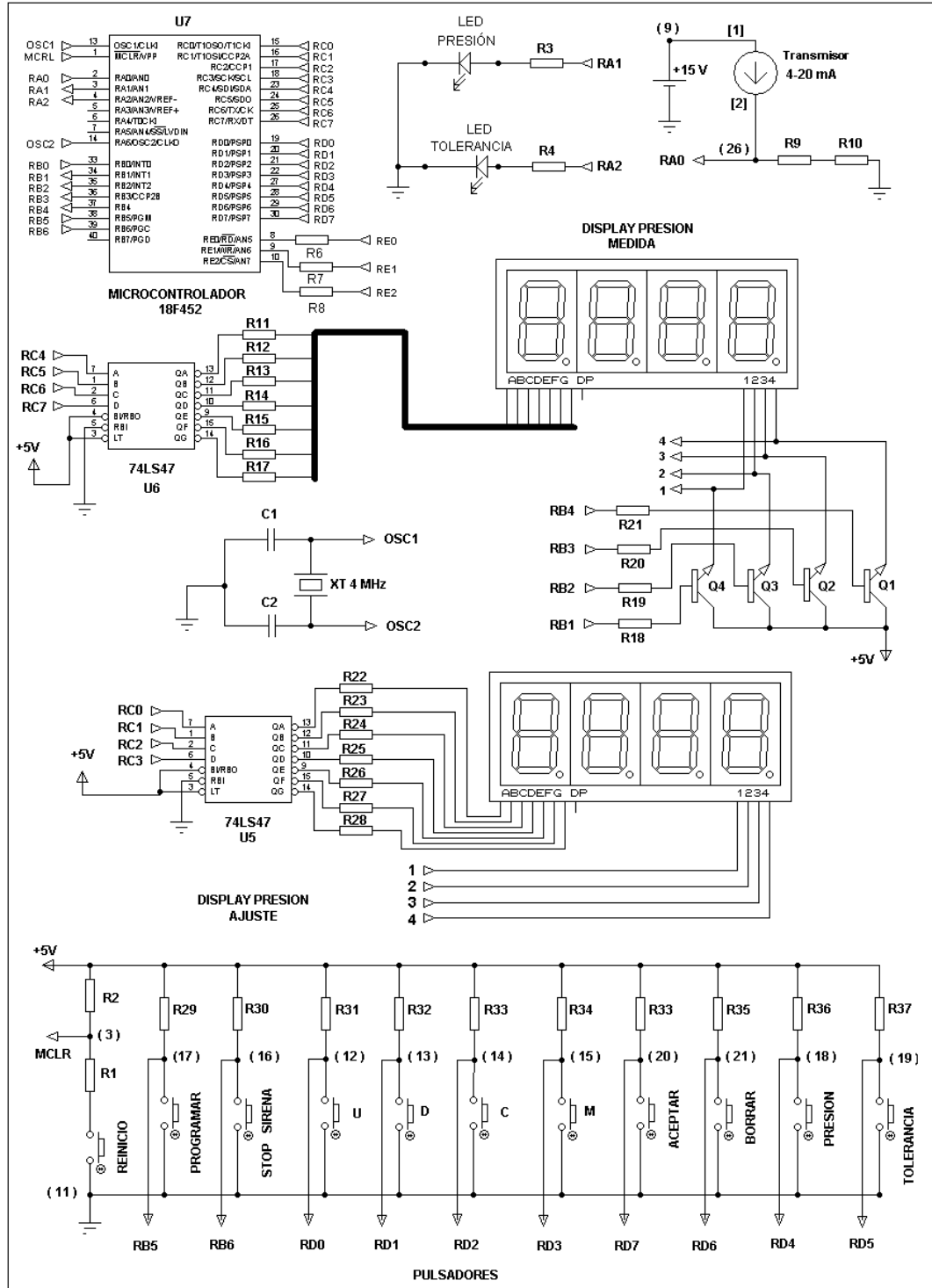
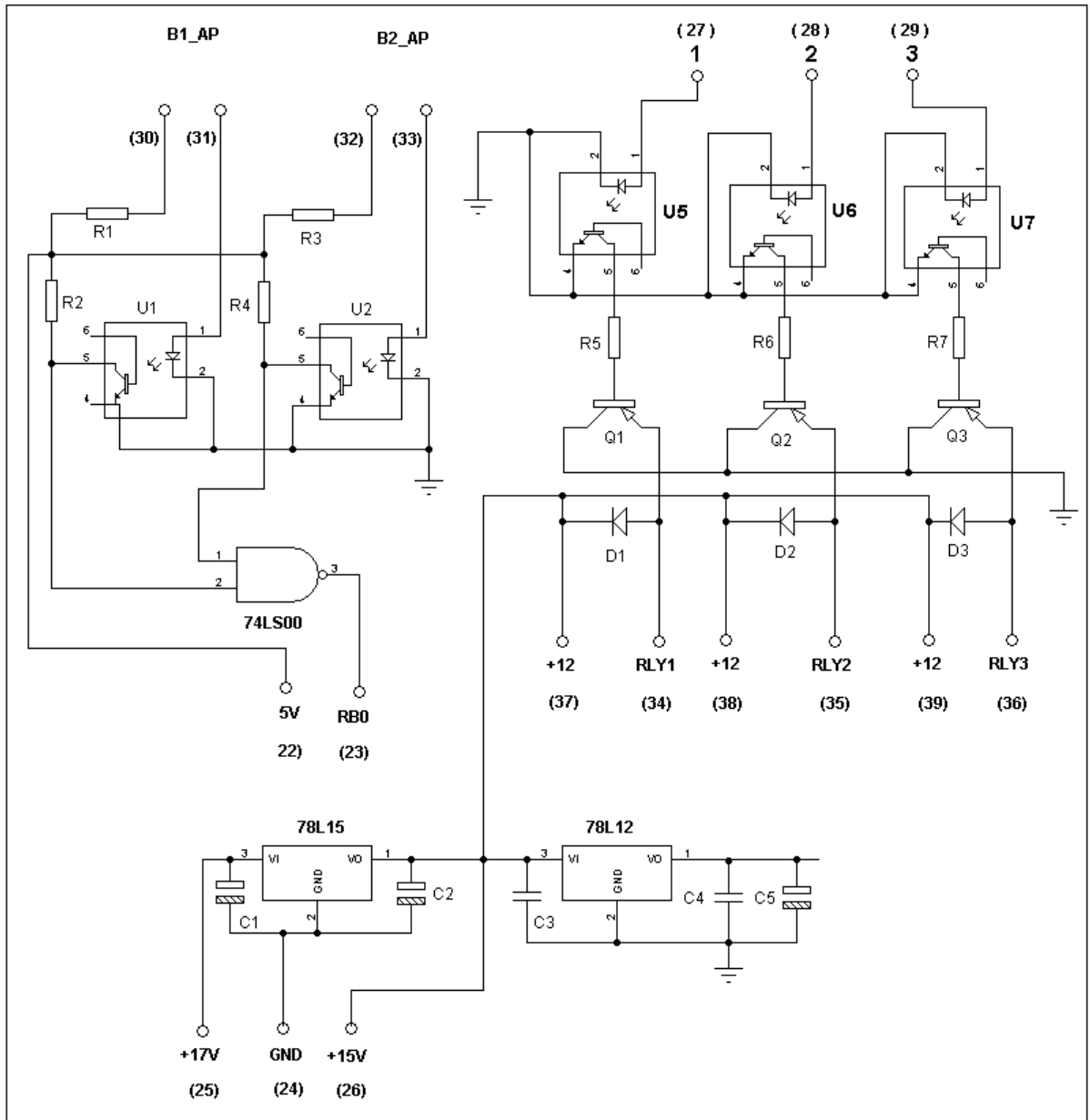


Figura 52. Circuito electrónico de la tarjeta impresa P5\_02.



## **ANEXO C. HOJA DE DATOS DEL TRANSMISOR ELECTRÓNICO DE PRESIÓN**







## ANEXO D. MANUAL DE USUARIO DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE CONTROL DE PRESIÓN.

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

<b>Voltaje de Alimentación</b>	110 VAC
<b>Máxima presión de operación<sup>1</sup></b>	1450 PSI
<b>Microprocesador</b>	8 bits, PIC 18F452, microchip
<b>Transmisor de presión</b>	DANFOSS MBS3000
<b>Fuente regulada de 110 VAC</b>	UPS40-2003-3
<b>Mini sirena</b>	12VDC

### PROTECCIONES

- Fusible de vidrio de 2A (entrada de fase en la fuente de alimentación).
- Protección contra sobrecarga y corto circuitos (en la fuente de alimentación).
- Alarma por caída sin control de presión en la prensa.
- Alarma por aumento de presión por encima de la presión de vulcanización en la prensa.
- Bloqueo del cierre de la prensa en caso de un fallo en el sistema electrónico o en el transmisor de presión.

### PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El sistema electrónico de control de presión funciona, a partir de un transmisor electrónico de y un microcontrolador, el cual con base a los valores programados para la *Presión de Ajuste* y la *Tolerancia* ejerce mediante el relevo CPP5 y el contactor PP5, una acción de control de tipo *ON-OFF* sobre la presión en la prensa hidráulica de vulcanización. Adicionalmente, el sistema genera

---

<sup>1</sup> Este valor corresponde al máximo de trabajo del transmisor y la tarjeta de adquisición.

una alarma en caso de que la presión de la prensa se encuentre 50 psi por debajo de la presión mínima de vulcanización permitida o 100 psi por encima de la presión de vulcanización. En cuanto a la programación de los valores de **Presión\_Ajuste** (presión de vulcanización) y **Tolerancia**, el sistema permite realizar la programación de estos valores, por seguridad únicamente mientras la prensa se encuentre **totalmente abierta**.

En caso de que se active la alarma, ya sea por una caída sin control en la presión, o un aumento excesivo, mediante el pulsador **DETENER SIRENA**, el operario puede apagar la sirena y el piloto **ALARMA** y debe informar de manera inmediata al Departamento de Mantenimiento de la empresa, ya que esto indica que se ha presentado una falla ya sea en el sistema electrónico de control de presión, el circuito hidráulico o en el sistema eléctrico de control de la prensa.

Antes de su puesta en marcha por primera vez, el sistema debe ser debidamente programado, ingresando los valores para la **Presión Ajuste** y la **Tolerancia**. Posteriormente, se debe verificar que se encuentre encendido el piloto **Ajustando**, lo cual indica que se ha realizado una programación dentro de los límites permitidos. Estos límites se encuentran descritos en la tabla 1, y para la modificación de estos es necesario realizar el cambio de los valores en el software del microcontrolador correspondiente a las variables **P\_max** y **P\_min**. Este ajuste, así como cualquier otro que se deba realizar a la programación del microcontrolador, requiere la utilización del programa MPLAB y el compilador CCS.

**Tabla 1.** Valores máximos y mínimos de Presión Ajuste y Tolerancia para la prensa de vulcanización No.5

VARIABLE	VALOR MÍNIMO (PSI)	VALOR MÁXIMO (PSI)
PRESIÓN	300	1000
TOLERANCIA	50	150

En caso de algún fallo el sistema de alimentación del sistema, este permanece por seguridad sin permitir el cierre y el aumento de presión en la prensa, y una vez se restablezca la alimentación, el sistema realiza la corrección si la presión medida se encuentra por debajo del límite inferior permitido (Presión Ajuste - Tolerancia). Esta corrección se realiza teniendo en cuenta los valores de *Presión Ajuste* y *Tolerancia* correspondientes a la última programación realizada.

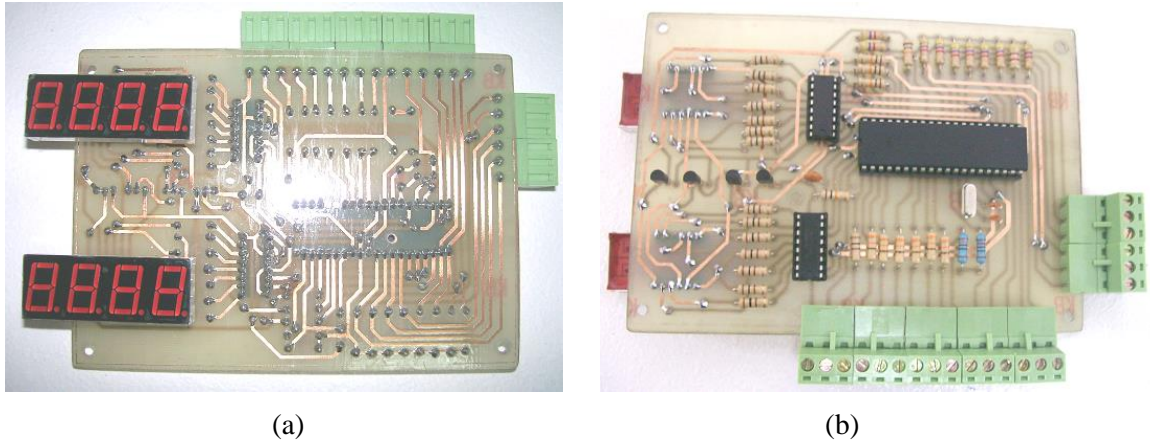
**Tabla 2.** Principales características del transmisor de presión Danfoss MBS 3000.

<b>Rango de medida</b>	0 – 1450 psi
<b>Precisión</b>	± 0.5% FS (typ)
<b>Señal de salida</b>	4 -20 mA
<b>Voltaje de alimentación</b>	10.5 – 28 VDC
<b>Respuesta en el tiempo</b>	< 4 ms
<b>Sobre presión (estática)</b>	≤ 6 x FS (máx. 1500 bar)
<b>Máximo Pico de presión</b>	≤ 6 x FS (máx. 2000 bar)
<b>Ciclos de trabajo ( 10 – 90 % F.S)</b>	>10 x 10 <sup>6</sup> ciclos
<b>Temperatura ambiente</b>	– 40 → + 85°C
<b>Histéresis y repetitividad</b>	≤ ± 0.1% FS

## DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA [P5\_01]

Una vista superior de esta tarjeta se muestra en la figura 2. Esta tarjeta se encuentra el microcontrolador utilizado, un PIC 18F452 de microchip, Este dispositivo se encarga de recibir la señal análoga de corriente (4 – 20mA) proveniente del transmisor electrónico de presión y teniendo en cuenta el valor recibido, controlar los actuadores del sistema a través de los puertos digitales de entrada y/o salida. El microcontrolador trabaja con un cristal oscilador de 4 MHz. La tarjeta se alimenta con +5VDC (Vcc) en el pin número 1, y la referencia (GND) en el pin número 11. La conversión de la señal análoga de corriente entregada por el transmisor a un valor digital de presión se realiza con una resolución de 10 bits.

**Figura 2. tarjeta electrónica [P5\_01] (a) Vista inferior (b) Vista superior.**



En la tabla 3 se puede observar una descripción de las funciones de cada uno de las borneras de esta tarjeta con sus respectivos niveles de tensión.

**Tabla 3.** Referencia de las borneras de la tarjeta electrónica [P5\_01].

BORNERA	NOMBRE	NIVEL DE TENSIÓN	FUNCIÓN
1	VCC	+5V	Alimentación de la tarjeta
2	RB0	+5V / + 0V	Señal de prensa abierta
3	MCLR	+5V	Reinicio del sistema
4	Led_Presión	+5V / + 0V	Encender led presión
5	Led_Tolerancia	+5V / + 0V	Encender led tolerancia
6	RA5	0V	Entrada auxiliar
7	CPP5	+5V / + 0V	Relevo CPP5 (Control presión)
8	CPAJ	+5V / + 0V	Activación del Piloto Ajustando
9	CAP5	+5V / + 0V	Activación de la alarma
10	4 – 20 mA	4 – 20 mA	Entrada de la señal del transmisor
11	GND	0V	Referencia

12	D0	+5V / + 0V	Pulsador Unidades [ <b>U</b> ]
13	D1	+5V / + 0V	Pulsador Decenas [ <b>D</b> ]
14	D3	+5V / + 0V	Pulsador Centenas [ <b>C</b> ]
15	D2	+5V / + 0V	Pulsador unidades de Mil [ <b>M</b> ]
16	B6	+5V / + 0V	Pulsador <b>DETENER SIRENA</b>
17	B5	+5V / + 0V	Pulsador <b>PROGRAMAR</b>
18	D4	+5V / + 0V	Pulsador <b>PRESIÓN</b>
19	D5	+5V / + 0V	Pulsador <b>TOLERANCIA</b>
20	D6	+5V / + 0V	Pulsador <b>ACEPTAR</b>
21	D7	+5V / + 0V	Pulsador <b>BORRAR</b>

#### **DESCRIPCIÓN DE LA TARJETA [P5\_02]**

Esta tarjeta se alimenta con dos señales de continua provenientes de la fuente regulada de alimentación del sistema, con +17 VDC (bornera 25) y +5 VDC (bornera 22), la referencia (0 VDC) se debe conectar a la bornera 24.

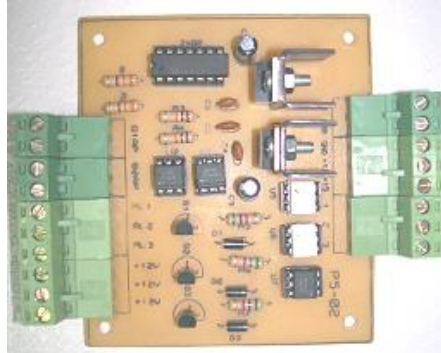
Las señales de control para los relevos **1, 2 y 3** (borneras 27, 28 y 29), provenientes de las borneras **7,8 y 9**, de la tarjeta principal y son las encargadas de controlar la conmutación (apertura o cierre) de los contactos N.A. de los relevos **CPP5** (control presión, bornera 27), **CPAJ** (control piloto ajustando, bornera 28) y **CAP5** (control alarma, bornera 29). Las referencias y características técnicas de los relevos pueden ser consultadas en la tabla 8 del anexo 3. En la tabla 4, se encuentra los valores de tensión para cada una de las borneras.

**Tabla 4.** Referencia de las borneras de la tarjeta electrónica [P5\_02].

<b>BORNERA</b>	<b>NOMBRE</b>	<b>NIVEL DE TENSIÓN</b>	<b>FUNCIÓN</b>
22	VCC	+5V	Alimentación
23	RB0	+5V / + 0V	Señal de apertura de la prensa
24	GND	0V	Referencia
25	+17V	+17V	Alimentación de la tarjeta
26	+15V	+15,0 V - +15,5 V	Alimentación del transmisor presión
27	1	+5V, 0V	Activación del relevo CPP5
28	2	+5V / + 0V	Activación del relevo CPAJ
29	3	Alarma ON - OFF	Activación del relevo CAP5
30	B1_AP	--	Contacto COM del relevo B1_AP
31	B1_AP	--	Contacto N.A. del relevo B1_AP
32	B2_AP	--	Contacto COM del relevo B2_AP
33	B2_AP	--	Contacto N.A. del relevo B2_AP
34	RL1	+5V / + 0V	Control del relevo CPP5
35	RL2	+5V / + 0V	Relevo CPAJ (piloto <i>AJUSTANDO</i> )
36	RL3	+5V / + 0V	Control de la Sirena y el piloto <i>ALARMA</i>
37	+12V	+12V	Referencia para el relevo <b>CPP5</b>
38	+12V	+12V	Referencia para el relevo <b>CPAJ</b>
39	+12V	+12V	Referencia para el relevo <b>CAP5</b>

Esta tarjeta permite el aislamiento opto acoplado entre de las señales de activación de las bobinas de los relevos CPP5, CPAJ, CAP5, B1\_AP y B2\_AP y las tarjetas electrónicas [P5\_01] y [P5\_02], por medio de los opto acopladores U1, U2, U5, U6 y U7, de manera se protege a las dos tarjetas (P5\_01 y P5\_02) de alguna corriente elevada que se pueda producir en caso de algún daño en las bobinas de los relevos.

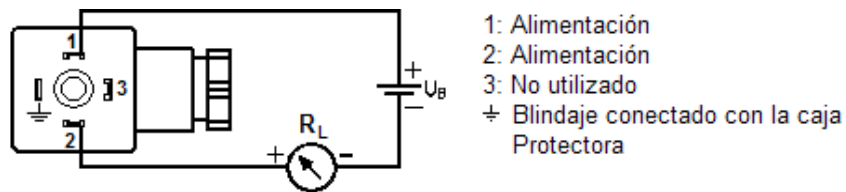
**Figura 4. Tarjeta de control de los relevos y regulación de voltaje [P5\_02].**



**CONEXIÓN DE LA ENTRADA DE SEÑAL PROVENIENTE DEL TRANSMISOR DE PRESIÓN DANFOSS MBS 3000**

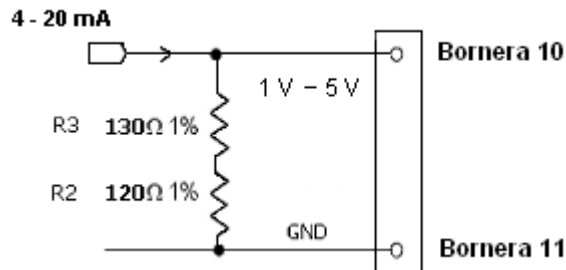
La bornera 9 de la tarjeta principal [P5\_01] corresponde a la entrada al microcontrolador de la señal análoga de corriente proveniente del transmisor de presión. A esta entrada se encuentran conectadas en serie las resistencias de precisión R9 ( $120\Omega$ ) y R10 ( $130\Omega$ ) de la tarjeta principal, esto con el fin de obtener una resistencia equivalente aproximadamente igual a  $250\Omega$  la cual se calculo teniendo en cuenta el voltaje máximo permitido por la entrada análoga del microcontrolador ( $+5V$ ) y los requerimientos del sensor, debido a que para el tipo de señal y conexión entregada por el transmisor ( $4-20\text{ mA}$  a dos hilos), el fabricante proporciona una ecuación para calcular el valor de la resistencia  $R_L$  ( $250\Omega$ , donde se convierte la señal de corriente a voltaje), teniendo en cuenta el valor de la fuente de alimentación del sensor ( $U_B$ ).

**Figura 6. Esquema de conexiones para un sensor con un conector tipo DIN 43650.**





**Figura 7.** Esquema de conexiones de la entrada analógica de corriente de 4 mA a 20 mA a la tarjeta P5\_01.



El calculo de  $R_L$  se realizo por medio de la siguiente ecuación.

$$R_L \leq \frac{U_B - 10.5}{0.02 A} [\Omega] \quad (1)$$

$$\frac{15.5 V - 10.5 V}{0.02 A} = 250 [\Omega] \quad (2)$$

**Tabla 5.** Datos obtenidos en la calibración del sensor.

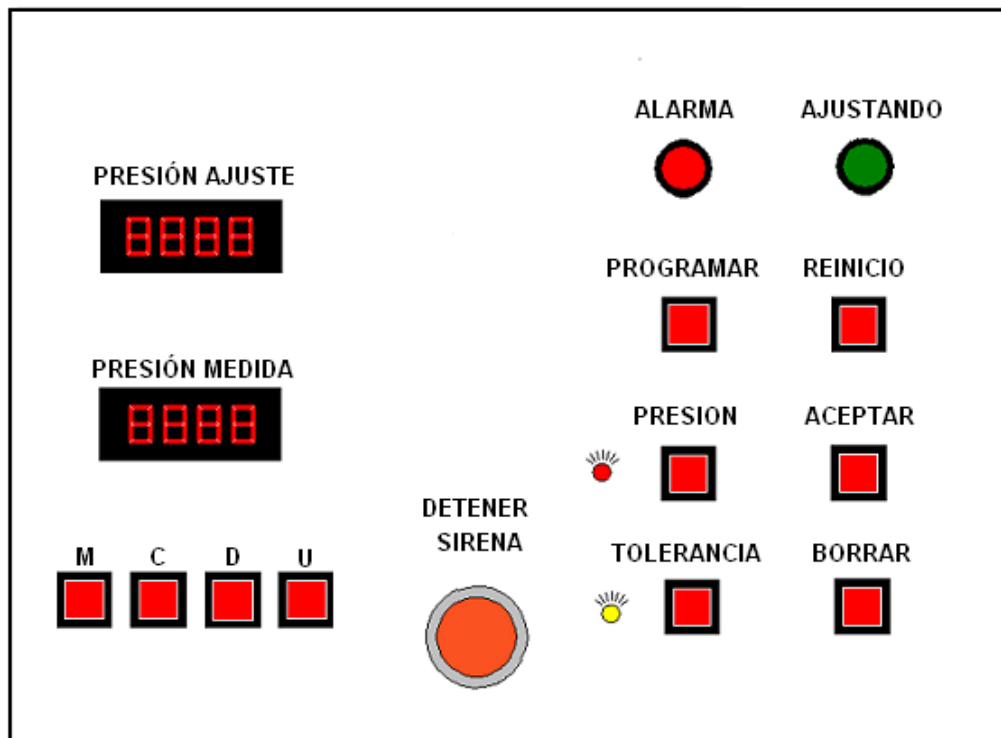
Presión (psi)	Corriente (mA)	Presión (psi)	Corriente (mA)	Presión (psi)	Corriente (mA)
<b>0</b>	4	<b>350</b>	7,98	<b>700</b>	11,95
<b>50</b>	4,64	<b>400</b>	8,55	<b>750</b>	12,48
<b>100</b>	5,2	<b>450</b>	9,11	<b>800</b>	13,04
<b>150</b>	5,74	<b>500</b>	9,69	<b>850</b>	13,59
<b>200</b>	6,32	<b>550</b>	10,23	<b>900</b>	14,11
<b>250</b>	6,88	<b>600</b>	10,79	<b>950</b>	14,69
<b>300</b>	7,43	<b>650</b>	11,34	<b>1000</b>	15,24

**NOTA:** para obtener el nivel de tensión en voltios equivalente a cada valor de presión dado, se debe multiplicar el valor de la corriente por 0,25 (valor tomado a partir de la ecuación dada por el fabricante)

### EL PANEL DE CONTROL Y LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA.

El panel de control se muestra en la figura 8, y este permite observar en todo momento el valor de la presión medida y la presión de ajuste programada. Adicionalmente, se indica por medio de un piloto de color verde, cuando el sistema se encuentra corrigiendo la presión de vulcanización o se puede cerrar la prensa, y un piloto de color rojo el cual se enciende en caso de que se active la alarma cuando la presión de la prensa se encuentre por fuera de los límites (superior o inferior) permitidos.

**Figura 8. Panel de control del sistema de supervisión y control de presión en la prensa #5.**



Para la puesta en funcionamiento del sistema de control de presión, es necesario primero encender la unidad hidráulica de la prensa 5. Esto se logra por medio del interruptor de llave ubicado en el panel de control eléctrico de la prensa en la parte superior izquierda. Una vez encendido, el sistema muestra en los 2 display los valores correspondientes a la última programación realizada, de manera que si se inicia inmediatamente el cierre de la prensa, el sistema de control de presión, realizara la corrección con los valores de la **Presión Ajuste** y **Tolerancia** correspondientes a la última programación realizada. De no haberse realizado ninguna programación con anterioridad o de encontrarse programados valores nulos tanto para la presión ajuste como para la tolerancia, el sistema no permitirá el cierre de la prensa y como indicación de esta situación, el piloto **AJUSTANDO**, no encenderá.

## **PROGRAMACIÓN DE LOS PARAMETROS DE VULCANIZACIÓN.**

A continuación se detalla el procedimiento a seguir para la programación en el sistema de los valores de presión ajuste y tolerancia.

1. El sistema se enciende por medio del interruptor del regulador (o multitoma) ubicado en la parte inferior de la caja de control eléctrico de la prensa 5, al hacer esto, los dos indicadores de cuatro dígitos (**PRESION MEDIDA** y **PRESION AJUSTE**) deben encender con cada dígito mostrando un valor inicial igual a los últimos valores programados. Si es la primera vez que se enciende el sistema posterior a una programación del microcontrolador, se observan valores aleatorios en los displays.
2. Si el sistema no detecta valores programados permitidos para la presión Ajuste y la Tolerancia, el piloto de color verde **AJUSTANDO** se debe encontrar apagado, indicando que no se ha encontrado programación alguna, o se ha realizado una programación por fuera de los límites permitidos. Para ver los valores máximo y mínimo permitidos para la **Presión Ajuste** y la **Tolerancia**, consultar la tabla 1 (pág. 4).

3. Para programar valores nuevos para la *Presión Ajuste* y la *Tolerancia*, inicialmente se debe presionar el pulsador **PROGRAMAR**, y posteriormente el pulsador **BORRAR**, de manera que se muestre en los dos display cero en cada uno de sus cuatro dígitos.
4. Para programar un valor de Presión Ajuste, se debe presionar el pulsador **PRESION**, verificando que el **led presión** que se encuentra al lado del pulsador este encendido.
5. Ingresar el valor de la presión de vulcanización utilizando los cuatro pulsadores **U**(unidades), **D** (decenas), **C** (centenas), **M** (unidades de mil). Este valor se mostrara en el display **PRESIÓN AJUSTE**, (*display superior*), una vez ajustado el valor a programar se debe presionar el pulsador **ACEPTAR** para que se guarde el valor. Al presionar el botón **ACEPTAR**, el led presión que se encontraba encendido deberá apagarse.
6. Para programar el valor de la tolerancia, presione el pulsador **TOLERANCIA**, verificando que el **led tolerancia** que se encuentra al lado del pulsador este encendido.
7. Ingresar el valor de la tolerancia en la presión de vulcanización utilizando los cuatro pulsadores **U**(unidades), **D** (decenas), **C** (centenas), **M** (unidades de mil). Mientras se está ajustando este valor, el valor de la tolerancia se mostrará en los cuatro display correspondientes a la Presión Medida. Una vez ajustado el valor que se quiere programar, se debe oprimir el pulsador **ACEPTAR**, para que el sistema almacene el dato. Al presionar el pulsador **ACEPTAR**, el led **Tolerancia** que se encontraba encendido deberá apagarse.
8. En caso de detectar algún error en los valores de **TOLERANCIA** o de **PRESION** ingresados, se debe presionar el botón **BORRAR**, el cual reiniciará los valores de **PRESION AJUSTE** y **TOLERANCIA** a cero, permitiendo ingresarlos de nuevo antes de iniciar el proceso de vulcanización.

9. Una vez se ha realizado la programación los dos valores (Presión de Ajuste y Tolerancia) de manera correcta (dentro de los límites establecidos) se debe encender el piloto **AJUSTANDO**, de no encender este piloto, lo cual indica que los valores programados se encuentran por fuera de los límites establecidos por la tabla 1, se debe realizar nuevamente todo el proceso de programación (regresar al paso 3).

10. Una vez se ha encendido el piloto **AJUSTANDO**, se puede dar inicio al proceso de vulcanizado.

El proceso de programación de los valores de Presión Ajuste y Tolerancia, únicamente es posible realizarlo mientras la prensa se encuentra **completamente abierta**, y por seguridad mientras este proceso se lleva a cabo no es posible cerrarla.

Para visualizar los valores programados de Presión Ajuste y Tolerancia, proceso que solo es posible mientras la prensa se encuentre **completamente abierta**, se debe presionar el pulsador **PROGRAMAR**, durante 1 segundo, de esta manera, en el display **PRESIÓN AJUSTE**, se mostrara el valor programado para la Presión Ajuste, y en el display **PRESIÓN MEDIDA**, se visualizara el valor programado para la Tolerancia.

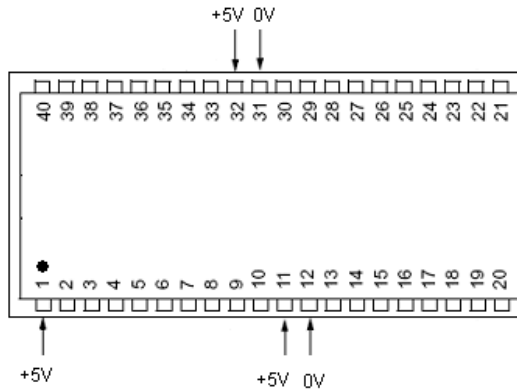
## GUIA PARA LA SOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Síntoma	Verificación y posible solución
No enciende el sistema.	<p><b>Falla en la alimentación de entrada del sistema.</b> Verificar los niveles de tensión en las bornas (0) y (F) el cual debe ser aproximadamente 110 VAC.</p> <p>Verifique que el regulador de tensión (o multitoma) ubicado en la parte inferior del gabinete del sistema de control eléctrico se encuentra energizado y funcionando de manera correcta.</p>

<p>No enciende el sistema.</p>	<p><b>Fuente de voltaje DC defectuosa.</b> Verificar que en el conector de 6 pines de salidas reguladas de la fuente DC, tomando como referencia (GND) el pin 5, se encuentran los siguientes voltajes.</p> <p><b>+12V, +5V, +5V, +GND, -5V.</b></p> <p>Si no se miden todos los voltajes anteriores, se debe reparar o cambiar la fuente de voltaje regulada por una de iguales características. (Tabla 8).</p>
	<p><b>Microcontrolador defectuoso o error en la programación.</b> El nivel de tensión DC entre la bornera 9 (GND) y la bornera 1 (vcc), debe ser <math>+5V \pm 0,3 V</math>.</p> <p>Retire el microcontrolador de su base en la tarjeta electrónica [P5_01] y proceda a comprobar los voltajes mostrados en la figura 9. Si a pesar de haber comprobado que el voltaje de entrada (vcc) es correcto y los niveles de tensión en la base del microcontrolador indicados en la figura 2 del anexo 1, el problema persiste, vuelva a programar el microcontrolador y reinicie el sistema. Si no se soluciona el problema, cambie el microcontrolador por otro debidamente programado con la referencia <b>18F452 de microchip</b>.</p>
<p>La presión mostrada en el display <b>PRESIÓN MEDIDA</b> difiere en más de 10 psi con la presión indicada en el manómetro de la prensa</p>	<p><b>Falla en la alimentación del transmisor de presión.</b> Mida el valor de tensión entre las borneras 24(-) y 26(+) de la tarjeta [P5_02], el cual debe ser aproximadamente <math>+15,5V \pm 0,3 V</math>. Si este voltaje no está presente o esta por fuera de la tolerancia, revise el estado de esta tarjeta verificando los niveles de tensión presentes en cada bornera de acuerdo a la tabla 4.</p> <p><b>Prueba para el transmisor.</b> Para esto, verifique que un aumento en la presión hidráulica, se ve reflejado en un aumento de voltaje medido entre las borneras 11(-) y 10 (+) (tarjeta [P5_01]). El nivel de voltaje medido debe ser aproximadamente 1V para una presión de 0 psi y 3,52 V para una presión de 900 psi. (Ver tabla 5).</p> <p><b>Resistencias defectuosas.</b> Verifique que el valor de la resistencia (R9 y R10) de entrada de la señal del transmisor en la tarjeta [P5_01], sea de 250 <math>\Omega</math> aproximadamente. Si este valor no corresponde al señalado anteriormente, cambie las dos resistencias buscando obtener un valor de estas en serie lo más cercano posible a 250<math>\Omega</math>.</p>

<p>No cierra la prensa aunque se encuentran encendidos los display.</p>	<p><b>Programación incorrecta.</b> Verifique que se encuentra encendido el piloto <i>AJUSTANDO</i>, lo cual indica (si la prensa está abierta) que el sistema se encuentra programado de manera correcta. Si el este piloto no enciende, asegúrese de que los valores programados para la <i>presión ajuste</i> y la <i>tolerancia</i>, se encuentran dentro de los límites establecidos (Ver tabla 1). Para esto presione el pulsador <i>PROGRAMAR</i> durante 1 segundo. El valor de la <i>Presión Ajuste</i> se mostrara en el display <i>PRESIÓN AJUSTE</i>, y el valor de la <i>tolerancia</i> se mostrara en el display <i>PRESIÓN MEDIDA</i>.</p>
	<p><b>Relevo CPP5 defectuoso, mal conectado.</b> Inicialmente revise las conexiones de este relevo, tomando como guía el diagrama de conexiones del sistema de control de presión. Si no se encuentra ninguna anomalía, mida el nivel de tensión entre las borneras 34(-) y 39(+) de la tarjeta [P5_02], el nivel de tensión medido debe ser aproximadamente +12 VDC. Si el piloto <b>AJUSTANDO</b> se encuentra encendido, y se ha verificado el valor de tensión en las borneras 34 y 39, y este relevo no se activa, reemplacelo por uno de iguales características. (Ver la tabla 8.)</p>
<p>Los dos display muestran cero en todos sus dígitos de manera intermitente</p>	<p><b>Transmisor de presión defectuoso o mal conectado.</b> Si los display encienden de manera intermitente, indica que no le esta llegando a la bornera 10 de la tarjeta [P5_01] la señal de corriente proveniente del transmisor de presión.</p> <p>Verifique el estado de las conexiones del transmisor de presión y la alimentación de este, para esto mida el nivel de tensión entre las borneras 26 (+) y 24 (-) de la tarjeta [P5_02], el cual debe ser aproximadamente 15,5 VDC. De no encontrarse este valor, verifique el estado de la tarjeta [P5_02] tomando como referencia los niveles de tensión (ver tabla 4).</p>
<p>Los dos display muestran cero en todos sus dígitos de manera intermitente</p>	<p><b>Prueba para el transmisor.</b> Para esto, verifique que un aumento en la presión hidráulica, se ve reflejado en un aumento de voltaje medido entre la borna 11(-) y 10 (+) (tarjeta [P5_01]). El nivel de tensión medido debe ser aproximadamente 1V DC para una presión de 0 psi y 3,52 V DC para una presión de 900 psi. (Ver tabla 5).</p> <p>De no encontrarse los niveles de tensión, verifique el valor de las resistencias R9 (120 Ω) y R10 (130 Ω) de acuerdo al diagrama electrónico del sistema mostrado en el Anexo A.</p>

**Figura 9. Pines de la base del microcontrolador.** Los voltajes se miden tomando como referencia alguno de los pines marcados con 0V.



## LISTA DE ELEMENTOS DE LAS TARJETAS IMPRESAS

**Tabla 6.** Tarjeta de circuito impreso [P5\_01]

Código	Descripción y/o características	Referencia
<b>C1, C2</b>	Condensador cerámico de 22 pF	
<b>Display 1 y 2</b>	Display de ánodo común, 4 dígitos,	
<b>Q1, Q2, Q3, Q4</b>	Transistor bipolar PNP	4N3904
<b>R1</b>	Resistencia de 100 $\Omega$ , 5%	
<b>R2</b>	Resistencia de 10 k $\Omega$ , 5%	
<b>R3 a R8</b>	Resistencia de 330 $\Omega$ , 5%	
<b>R9</b>	Resistencia de precisión, 120 $\Omega$ , 1%	
<b>R10</b>	Resistencia de precisión, 130 $\Omega$ , 1%	
<b>R11 a R17</b>	Resistencia de 100 $\Omega$ , 5%	
<b>R18 a R21</b>	Resistencia de 10 k $\Omega$ , 5%	
<b>R22 a R28</b>	Resistencia de 100 $\Omega$ , 5%	
<b>R29 a R38</b>	Resistencia de 4,7 k $\Omega$ , 5%	
<b>U5, U6</b>	Decodificador BCD a 7 segmentos	74LS47
<b>U7</b>	Microcontrolador PIC de microchip	18F452
<b>XT</b>	Cristal oscilador de 4 MHz	



**Tabla 7.** Tarjeta de circuito impreso [P5\_02]

<b>Código</b>	<b>Descripción y/o características</b>	<b>Referencia</b>
<b>C1</b>	Condensador electrolítico de 1 $\mu$ F, 16V	
<b>C2, C3, C4</b>	Condensador Cerámico de 0,1 $\mu$ F	
<b>C5</b>	Condensador electrolítico de 47 $\mu$ F, 16V	
<b>D1, D2, D3</b>	diodo	1N4007
<b>Q1, Q2, Q3</b>	Transistor bipolar NPN	2N3906
<b>R1, R2</b>	Resistencia de 330 $\Omega$ , 5%	
<b>R3, R4,</b>	Resistencia de 10 K $\Omega$ , 5%	
<b>R5, R6, R7</b>	Resistencia de 10 K $\Omega$ , 5%	
<b>U1, U2</b>	Optoacoplador	4N35
<b>U3</b>	Regulador de voltaje de +15 VDC	LM7815
<b>U4</b>	Regulador de voltaje de +12 VDC	LM7812
<b>U5, U6, U7</b>	Optoacoplador	4N35
<b>U8</b>	circuito integrado (compuerta NAND)	74LS00

**Tabla 8.** Otros componentes electrónicos.

<b>Código</b>	<b>Descripción y/o características</b>	<b>Referencia</b>
<b>CPP5</b>	Relevo miniatura, 5 pines, bobina 12 VDC, 1 contacto SPDT, 10 A, base para riel omega.	HF115F / 012-1Z
<b>CPAJ</b>	Relevo miniatura, 5 pines, bobina 12 VDC, 1 contacto SPDT, 10 A, base para riel omega.	HF115F / 012-1Z
<b>CAP5</b>	Relevo 8 pines planos, 2 contactos SPDT, 7 A, base para riel omega.	
<b>B1_AP</b>	Relevo miniatura, 5 pines, bobina 230 VAC, 1 contacto SPDT, 10 A, base para riel omega.	HF115F -A / 230-1Z
<b>B2_AP</b>	Relevo miniatura, 5 pines, bobina 230 VAC, 1 contacto SPDT, 10 A, base para riel omega.	HF115F -A / 230-1Z
	Fuente Regulada de voltaje, entrada 110 / 230 VAC; salidas -5V, +5V, +12V	UPS40-2003-3