

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Electrónica

**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

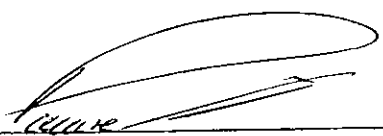


Guatemala
2003

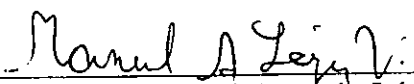


**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

Vo. Bo. :

(f) 
Ing. Gonzalo Palaréa Murga

Tribunal:

(f) 
Dr. Ing. Manuel Antonio López Valdéz

(f) 
Ing. Cristián Rossi Sosa

(f) 
Ing. Gonzalo Palaréa Murga

Fecha de aprobación: 24 de Junio de 2003

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Electrónica

Control de flujo y presión de líquidos y gases en una torre empacada con seguimiento de temperatura

Trabajo de Graduación presentado para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

CARLOS RAFAEL TERCERO VILLAGRÁN

Guatemala
2003

PREFACIO

El presente trabajo tiene como objetivo el diseño y poner en funcionamiento un circuito y algoritmo capaz de controlar de forma semiautomática y automática una torre empacada, con la finalidad de evaluar la eficiencia en la puesta en marcha de este equipo industrial al ser utilizado de forma manual, semiautomática y automática.

En el capítulo II se hace una descripción del funcionamiento de la torre empacada para la transferencia de masa entre un gas y un líquido. Seguidamente en lo capítulo III se muestra el diseño de las válvulas construidas para la realización del presente proyecto.

En el capítulo IV y V se presenta el circuito diseñado, los transductores elegidos para el seguimiento de parámetros y los programas desarrollados que permiten el control de la torre empacada en forma manual, semiautomática y automática.

Al modificar la torre empacada con el circuito, transductores y válvulas diseñadas se obtiene un equipo versátil para el usuario debido a las distintas formas de uso que ofrece.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	ii
LISTA DE CUADROS	v
LISTA DE GRÁFICOS	vi
RESUMEN	viii

Capítulos

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	3
III. APLICACIÓN DE LA TORRE EMPACADA EN LA INDUSTRIA	4
A. Uso de la torre empacada en la transferencia de masa	4
B. Presentación de la torre empacada.....	4
C. Procedimiento del funcionamiento de la torre empacada	6
IV. VÁLVULAS	7
A. Características de las válvulas.....	7
B. Servomotor Hi-Tec 35735S	7
C. Estructura de las válvulas.....	8
V. TARJETA CONTROLADORA	9
A. Selección del microcontrolador.....	9
B. Descripción de modos de operación	10
1. Manual.....	10
2. Semiautomático.....	10
3. Automático	10
C. Dispositivos de entrada y salida	11
1. Introducción.....	11
2. Sensores transductores de presión.....	11
3. Sensor transductor de temperatura.....	12
4. Relé para bomba de agua.....	13

5. Servomotores de las válvulas y fuente de poder.....	14
6. Pantalla de cristal líquido	16
7. Teclado	18
8. Puerto serial	19
D. Elaboración del circuito impreso.....	21
VI. PROGRAMAS	23
A. Programa en lenguaje de ensamblador para el microcontrolador	23
1. Introducción	23
2. Explicación	23
3. Diagramas de flujo	25
B. Programa en Visual Basic 5.0 para la interfaz con el usuario en la computadora ...	29
1. Introducción	29
2. Explicación	29
3. Diagramas de flujo	33
VII. RESULTADOS	35
A. Metodología para la obtención de datos	35
B. Datos obtenidos	35
C. Discusión de resultados obtenidos.....	41
VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	44
A. Conclusiones	44
B. Recomendaciones	45
IX. BIBLIOGRAFÍA	46
X. APÉNDICES	47
APÉNDICE A: Diagrama completo de la torre empacada	48
APÉNDICE B: Diagrama completo de la tarjeta controladora	49
APÉNDICE C: Código en lenguaje de ensamblador elaborado para el microcontrolador 16F877 de la tarjeta controladora	50
APÉNDICE D: Código en lenguaje Visual Basic 5.0 para el envío de comandos desde la computadora al microcontrolador 16F877 para el control de la torre empacada a través del puerto serial.....	69
APÉNDICE E: Glosario	78

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
5.1: Función y símbolo de los pines de la pantalla de cristal líquido.....	17
5.2: Función de teclas pin correspondiente y conexión al microcontrolador .	18
5.3: Lista de comandos enviados por la computadora por el puerto serial.....	19
5.4: Datos enviados por el microcontrolador a la computadora por el puerto serial	20
7.1: Tiempos y caudal de líquido para control manual en región de inundación.....	35
7.2: Tiempos y caudal de líquido para control semiautomático en región de inundación.....	36
7.3: Tiempos y caudal de líquido para control automático en región de inundación.....	36
7.4: Tiempos y caudal de líquido para control manual en región de inundación.....	37
7.5: Tiempos y caudal de líquido para control semiautomático en región de inundación.....	37
7.6: Tiempos y caudal de líquido para control automático en región de inundación.....	38

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
1.1: Torre empacada	2
4.1: Vista frontal y lateral de las válvulas	8
5.1: Diagrama del circuito de soporte del sensor de presión barométrica.....	12
5.2: Diagrama del circuito de soporte del sensor de temperatura.....	13
5.3: Diagrama de conexión del relé de la bomba de agua al microcontrolador	14
5.4: Diagrama de la fuente de poder	15
5.5: Diagrama de conexión de los servomotores al microcontrolador.....	16
5.6: Ejemplo de despliegue en la pantalla de cristal líquido	16
5.7: Diagrama del circuito de interfaz serial.....	20
5.8: Vista frontal y lateral derecha de la consola de mando.....	22
5.9: Vista lateral izquierda de la consola de mando.....	22
5.10: Vista interior de la consola de mando	22
6.1: Diagrama de flujo de rutinas generales dentro del microcontrolador	25
6.2: Diagrama de flujo de comandos desde el puerto serial	26
6.3: Diagrama flujo de comandos desde el teclado.....	27
6.4: Diagrama de flujo de las interrupciones del convertidor análogo digital.	28
6.5: Iniciación del programa	30
6.6: Control manual.....	31
6.7: Control semiautomático.....	32
6.8: Control automático	32
6.9: Diagrama reflujo de rutinas generales dentro de la computadora.....	33
6.10: Diagrama reflujo de la rutina de control automático	34
7.1: Gráfica de comparación de tiempos de colocación por los tres distintos métodos en región de inundación.....	38
7.2: Gráfica de comparación de caudal de líquido por los tres distintos métodos en región de inundación.....	39
7.3: Gráfica de comparación de tiempos de colocación por los tres distintos métodos en región de inicio de recargo.....	39
7.4: Gráfica de comparación de caudal de líquido por los tres distintos métodos en región de recargo	40

7.5: Gráfica de comparación de tiempos promedio de colocación por los tres distintos métodos en dos regiones distintas.....	40
7.6: Gráfica de comparación de caudal promedio por los tres distintos métodos en dos regiones distintas	41

RESUMEN

El proyecto expuesto a continuación es un estudio de la automatización de una torre empacada cuyo diseño original fue modificado con válvulas eléctricas controladas por una señal modulada por ancho de pulso ("pulse wide modulation" PWM) y una consola de mando que permite el control manual, semiautomático y automático de la torre empacada. Se le da a través de la consola al usuario una interfaz en la computadora personal ("personal computer" PC) para controlar la torre y permite estudiar el tiempo que le toma llevarla a dos regiones de funcionamiento distintas por los tres métodos de operación.

I. INTRODUCCIÓN

La automatización de procesos industriales tiene por objetivo aumentar la eficiencia de procesos, reduciendo su costo y proporcionando una solución adecuada a sus requerimientos.

Tómese como ejemplo el control de una torre empacada, este equipo es utilizado en la industria para la transferencia de masa entre un gas y un líquido (vip 1.1 y apéndice A). Esta torre consiste básicamente en un cilindro hueco de vidrio relleno de empaques. El líquido se esparce desde la parte superior de la misma cubriendo la mayor área posible del empaque y saliendo por la base de la torre. El gas es introducido desde la parte inferior y asciende produciendo transferencia de masa al hacer contacto con el líquido esparcido sobre empaque hasta salir por la parte superior de la torre.

Inicialmente se debe verificar que las llaves de paso estén cerradas para luego arrancar la bomba que alimenta al sistema; después se abre la llave del gas a un caudal fijo y el caudal del líquido se aumenta gradualmente hasta obtener una caída de presión entre la parte superior e inferior de la torre de tal forma que se llegue a un máximo de transferencia de masa y la inundación en la torre sea mínima.

Con este proyecto se pretende automatizar dicho proceso con la ayuda de microcontroladores y una computadora como interfaz con el usuario. Se realizará primero una verificación del estado de la torre, verificando el estado de la bomba y de las válvulas. Si las condiciones son adecuadas entonces se procederá a solicitar al usuario el caudal de gas a ser fijado para que el microcontrolador opere las válvulas hasta obtener la caída de presión deseada. El usuario podrá poner a funcionar la torre automáticamente, la podrá controlar desde la computadora o manualmente según lo desee.

Con la realización de este proyecto se comprobó la variación en la eficiencia al utilizar las tres formas de manejo antes expuestas en distintas regiones de funcionamiento de la torre, también se obtuvo una solución a bajo costo de la automatización de este proceso.

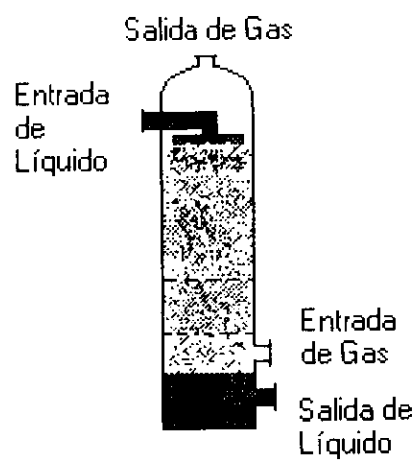


Figura 1.1: Torre Empacada

II. OBJETIVOS

El objetivo general de este proyecto es poner en funcionamiento un circuito y un programa que permitan controlar automáticamente la caída de presión en la torre fijando únicamente el flujo de gas, que el usuario pueda manipular las válvulas desde la computadora para controlar personalmente la caída de presión y además permita al usuario controlar la caída de presión independientemente del circuito; de esta forma se podrá comparar la eficiencia de las tres formas de realizar el mismo proceso.

Los objetivos específicos de este proyecto son:

- Ejecutar un control electrónico para el usuario de la entrada de líquido a la torre empacada.
- Ejecutar un control electrónico para el usuario de la entrada de gas a la torre empacada.
- Visualizar en una computadora una gráfica de caída de presión en la torre empacada.
- Permitir al usuario escoger entre el funcionamiento de la torre con control manual, semiautomático y automático
- Comparar la eficiencia entre las tres formas de realizar el proceso.
- Visualizar en la computadora una gráfica de temperatura dentro de la torre empacada.

III. APLICACIÓN DE LA TORRE EMPACADA EN LA INDUSTRIA

A. Uso de la torre empacada en la transferencia de masa

Para el marco de este proyecto se puede definir la transferencia de masa como un proceso por medio del cual se disuelve un soluto de un fluido para que sea absorbido por otro, disminuyendo así la concentración de soluto en el primer fluido y aumentándola en el segundo al finalizar el proceso (Treybal, 1980:1).

Es de interés en la industria el uso de la transferencia de masa para lograr transferir un soluto de un medio a otro en los procesos químicos. Existen varios equipos industriales capaces de llevar a cabo la transferencia de masa entre los que se puede citar las torres de paredes mojadas, las torres y cámaras de aspersión y las torres empacadas (Treybal, 1980:211).

Las torres empacadas logran llevar a cabo este proceso al ofrecer un contacto continuo entre un líquido y un gas por medio de una superficie grande inmersa en un flujo a contracorriente entre los dos fluidos (Treybal, 1980:213).

B. Presentación de la torre empacada

Como se puede apreciar en la figura 1.1 y de forma más detallada en el apéndice A se establece un flujo a contracorriente en la torre al tener la entrada de gas en la parte inferior y la de líquido en la superior. Al fijar la velocidad del gas de entrada a la torre y aumentar el flujo del líquido que ingresa a la misma se produce una caída de presión en el gas (Treybal, 1980:218).

Se pueden ahora distinguir tres estados de la torre: primeramente cuando el caudal de líquido es lo suficientemente bajo para que la cantidad de líquido en el lecho empacado sea constante con respecto a los cambios de la velocidad del gas, aunque esta cantidad aumente con el flujo del líquido, el segundo estado es conocido como región de recargo donde la cantidad de líquido retenido aumenta rápidamente con los cambios de flujo de gas y la caída de presión aumenta rápidamente, y el tercer estado es llamado zona de inundación donde el gas arrastra gran cantidad de líquido a la parte superior de la torre inundándola y la caída de presión del gas aumenta muy rápidamente (Treybal, 1980:218).

La mayoría de torres empacadas trabajan justo por debajo de la región de recargo, por lo que para encontrar dicha región al operar una de estas torres es necesario contar con una válvula que controle el flujo de líquido dentro de la torre, otra para el flujo de gas y dos sensores de presión para detectar las variaciones en la presión del gas y del líquido. Estos sensores se ubican en las entradas de fluidos a la torre (Treybal, 1980:219).

Como se aprecia en el apéndice A, es deseable controlar el estado de la bomba que alimenta a la torre de líquido y también son necesarios rotámetros para saber el caudal de líquido y de gas que circulan por las tuberías. Es deseable para los cálculos posteriores de la transferencia de masa saber la temperatura interna de la torre para obtener mejores cálculos en la transferencia de masa.

La torre empacada estudiada es la que se encuentra instalada en el laboratorio de operaciones unitarias de la Universidad del Valle de Guatemala, como características específicas de la misma se puede mencionar que tiene una entrada para aire proveniente del compresor de aire del edificio donde está instalada y una entrada de gas proveniente de un cilindro. Cada entrada de gas posee un rotámetro para saber el flujo circulante por la misma. Además posee un sistema de tanque y bomba de líquidos que le da la capacidad de hacer circular agua o una solución de forma constante por el sistema de líquidos de la torre. La bomba que acciona el sistema de líquidos es de 1/8 de caballo y de 220VAC.

El empaque de la torre es al azar, es decir, está distribuido aleatoriamente a lo largo de la torre. El material utilizado para el mismo es tubería de CPVC de ¼" por 1" de largo. Por ser de CPVC tiene más resistencia a temperaturas y a sustancias corrosivas que los plásticos convencionales.

C. Procedimiento del funcionamiento de la torre empacada

Para poner a funcionar la torre empacada se utiliza el siguiente algoritmo:

- Se cierran todas las válvulas.
- Se enciende la bomba de líquido y el compresor de aire.
- Se establece un caudal de gas fijo con el que se va a trabajar utilizando el rotámetro respectivo.
- Se aumenta el caudal de líquido hasta ver una caída de presión en la parte inferior de la torre que represente la frontera de zona de recargo.

IV. VÁLVULAS

A. Características de las válvulas

De la localización del punto de trabajo de la torre se ve la necesidad de construir válvulas que puedan ser abiertas y cerradas gradualmente por un circuito para controlar de una manera precisa el paso de fluidos por la misma. En una torre empacada se pueden utilizar válvulas tipo bola o de compuerta, debido a que los otros tipos producen demasiada turbulencia en el fluido, produciendo efectos no deseados para el proceso. Se escogió la válvula tipo bola por pasar de abierto a cerrado en un cuarto de vuelta.

El tamaño de la válvula fue reducido hasta $\frac{1}{2}$ " para minimizar la fuerza ejercida por el motor y a la vez la corriente consumida por el mismo. Es posible la utilización de este diámetro de válvula debido a que el proceso no se ve alterado por el diámetro de las mismas y las tuberías pueden adaptarse a ellas.

B. Servomotor Hi-Tec 35735S

Se seleccionó un servomotor por cumplir con las características de movimiento requeridas por la válvula de bola y por sus características eléctricas y de control. Este motor posee una terminal de alimentación (Vcc) de 5VDC, tierra y la señal de control. Esta última es una señal modulada por ancho de pulso ("pulse wide modulation" PWM) de amplitud 5V y 400Hz de frecuencia. Con esta alimentación se puede obtener un tiempo de respuesta de 0.24 seg/90 grados y un torque de 16 Kg/cm y su señal de control puede provenir de un microcontrolador.

Entre otras características posee un disipador de calor para el exceso de temperatura producido al estar activo por largo tiempo. Sus engranajes internos son de metal para evitar desperfectos en los mismos al ser sometidos a una alta torsión. Además este modelo provee una protección contra el polvo y salpicaduras de agua.

C. Estructura de las válvulas

Se escogieron válvulas de PVC por ofrecer una menor fricción que las metálicas y a la vez ser más fáciles de adaptar al servomotor seleccionado. La parte superior de la válvula fue unida por medio de tornillos a la cabeza giratoria del servomotor, luego este sistema fue puesto en una montura para que el servomotor hiciera girar la válvula.

El material que se utilizó para la construcción de la montura de las válvulas fue Ensipro por ser un polímero resistente a las deformaciones, a las temperaturas a las que podría llegar el disipador de calor del servomotor y a rupturas. Además este material posee la característica de ser maquinable, es decir que puede ser barrenado, cortado con sierra, limado, pulido y atornillado sin que se raje.

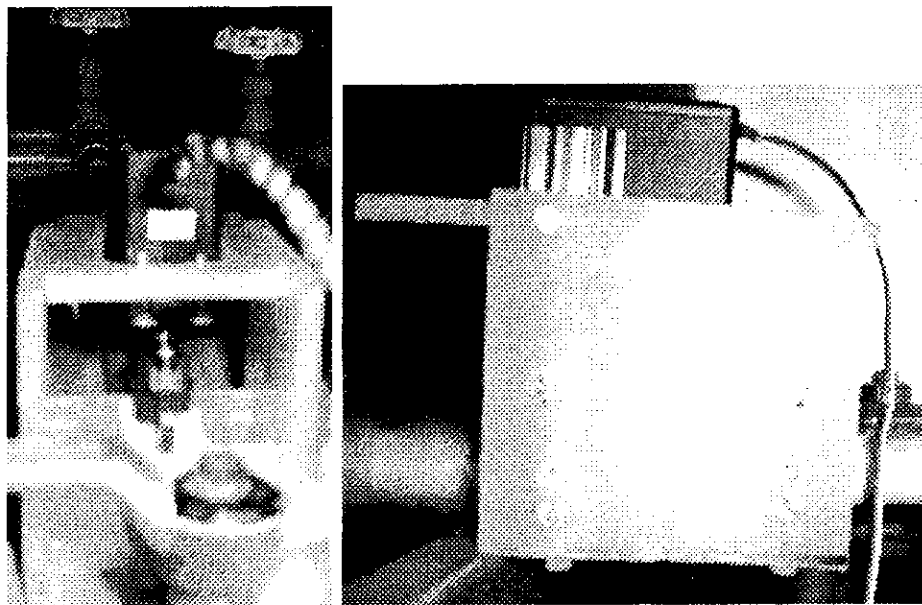


Figura 4.1: Vista frontal y lateral de las válvulas

V. TARJETA CONTROLADORA

A. Selección del microcontrolador

Se utilizó el circuito integrado programable (“programmable integrated circuit” PIC) 16F877 por tener implementadas dos salidas de PWM para controlar los servomotores usados en la construcción de las válvulas. Además este microcontrolador ofrece cinco entradas analógicas que son necesarias para leer la salida de los circuitos transductores de presión y de temperatura. Por otra parte posee un módulo de transmisión y recepción serial asíncrona y un puerto paralelo esclavo para poder comunicarse con la computadora, y un módulo de comunicación para ser montado en una red. Además este es un circuito integrado de 40 terminales (pines) por lo que ofrece varias posibilidades de conectar sus periféricos.

Se utilizó una frecuencia de 4 MHz en el reloj del microcontrolador debido a que los servomotores requieren una frecuencia en su señal de PWM de 400 Hz y esta frecuencia no puede ser generada si el 16F877 trabaja a con su máxima velocidad de reloj de 20 MHz. Para generar este tren de pulsos se utilizó un oscilador de lógica de transistor transistor (“transistor transistor logic” TTL) de 4 MHz por ofrecer una señal de salida más limpia que los cristales.

En su configuración no se activaron los módulos de programación en voltajes bajos (“Low voltage programming”, LVP), ni el de depuración dentro del circuito (“In circuit debugger” ICD) por consumir pines y recursos de procesamiento dentro del microcontrolador y no ser de utilidad en este proyecto. Se activó el temporizador de arranque (“Power up timer” PWRT) para esperar que se estabilice la fuente al encender el circuito antes de que el microcontrolador inicie la ejecución de su programa. El oscilador se configuró en alta velocidad por utilizarse una señal de 4 MHz como señal de reloj. El temporizador “Watch Dog” (WDT) no fue activado.

B. Descripción de modos de operación

1. Manual

En este modo de operación la tarjeta controladora abre completamente las válvulas eléctricas permitiendo controlar por completo los caudales de líquido y gas por las válvulas manuales.

2. Semiautomático

Antes de operar la tarjeta controladora en modo semiautomático se debe calibrar el máximo caudal a circular por cada una de las tuberías con las válvulas manuales dejando las válvulas eléctricas abiertas. Luego de haber cerrado las válvulas eléctricas se puede controlar el caudal que circula por las tuberías abriendo y cerrando las válvulas eléctricas gradualmente de forma independiente. La válvula eléctrica de la tubería de gas puede variar el caudal en un rango de 50 litros por minuto a intervalos de 5 litros por minuto. La eléctrica de la tubería de líquido puede variar el caudal en un rango de 5 galones por minuto a intervalos de 0.25 galones por minuto.

3. Automático

El modo de control automático lleva a la torre a una caída de presión deseada aumentando cada 10 segundos el caudal de líquido que entra a la torre. Este modo debe de ser activado luego de establecer el caudal de gas objetivo. El sistema detecta la presión en la entrada de gas a la torre, cuando éste llega al nivel deseado por el usuario el proceso se detiene.

C. Dispositivos de entrada y salida

1. Introducción

En la presente sección se describen los periféricos utilizados por el microcontrolador para obtener los datos de presión y temperatura, para controlar las válvulas y ofrecer al usuario dos interfaces para controlar el equipo. En el apéndice B se muestra un diagrama completo de la tarjeta controladora.

2. Sensores transductores de presión

Se utilizaron los sensores de presión Fujikura FPM-07PG con las siguientes características de operación:

- Rango de presión: 0-7 psi
- Presión máxima tolerada: 10.5 psi
- Corriente de excitación: 1.5 mA
- Resistencia del puente: $5\text{ k}\Omega \pm 1\text{ k}\Omega$
- Temperatura de Operación: -20 a 100 grados centígrados
- Rango de temperaturas con compensación: 0 a 50 grados centígrados
- Compatibilidad con el medio: líquidos y gases no corrosivos
- Precisión: $\pm 0.5\%$ a plena escala

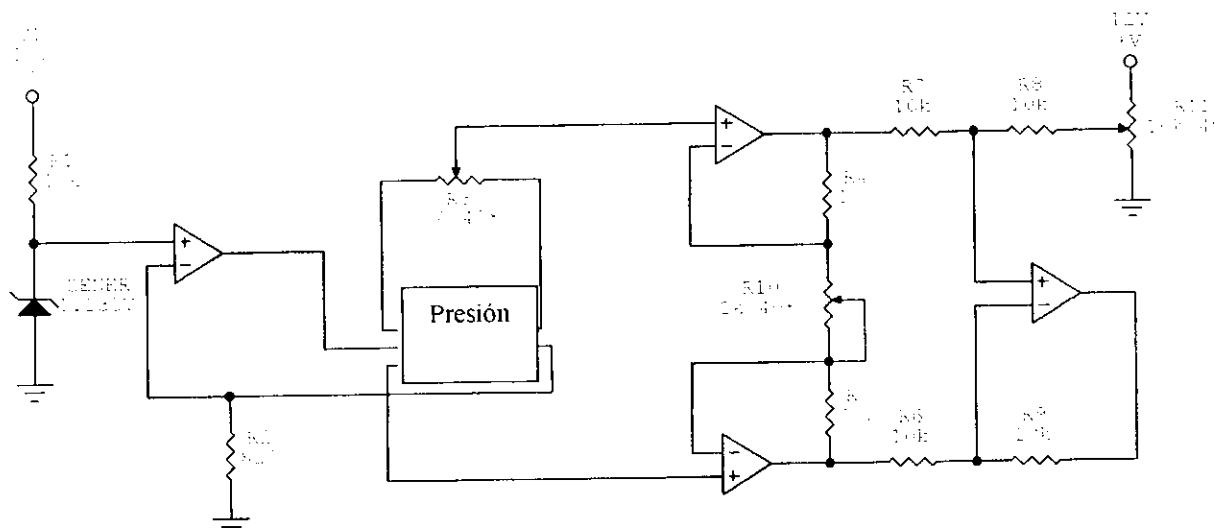


Figura 5.1: Diagrama del circuito de soporte del sensor de presión barométrica

3. Sensor transductor de temperatura

Se seleccionó el diodo Zener LM335 por ofrecer una salida con un voltaje proporcional a la temperatura y una variación de 10 mV por grado centígrado, esto nos permite detectar una variación de 0.25 grados centígrados al utilizar la resolución de 10 bits del convertidor análogo digital del microcontrolador con referencia de voltaje de 5 V para el rango superior y de 0 V para el inferior.

Características de operación:

- Rango de operación: -20 a 100 grados centígrados
- Voltaje de salida: 10 mV/K
- Error: Menos de 1 grado centígrado en un rango de 100 grados centígrados
- Corriente de operación: 0.4 a 5 mA
- Voltaje de Salida: 2.98 V a 25 grados centígrados

El circuito de soporte utilizado incluye una fuente constante de corriente para minimizar los errores por variación de corriente y se agregó un potenciómetro para calibrar adecuadamente el sensor.

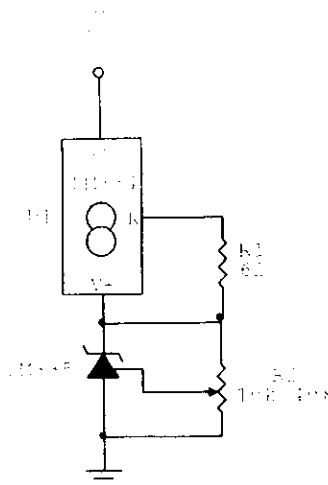


Figura 5.2: Diagrama del circuito de soporte del sensor de temperatura

4. Relé para bomba de agua

La bomba a controlarse es de 220 VAC y consume un máximo de seis amperios en el arranque y su consumo nominal es inferior a un amperio. Es necesario activar la bomba con una salida digital del microcontrolador, para aislar el voltaje de alimentación de la bomba con los de la tarjeta controladora se utiliza un relé normalmente abierto con un voltaje de activación en su bobina de 12 VDC y con una tolerancia de 10 amperios a 220VAC en su contactor.

Como las salidas digitales del microcontrolador tienen un nivel de cero VDC o cinco VDC dependiendo de su estado, es necesario transformar sus voltajes de salida en cero VDC y 12 VDC de una forma segura para el microcontrolador. Esto se logra utilizando un acople óptico y un interruptor controlado por voltaje para proveer la corriente necesaria de activación del relé.

Se utilizó el siguiente circuito de soporte:

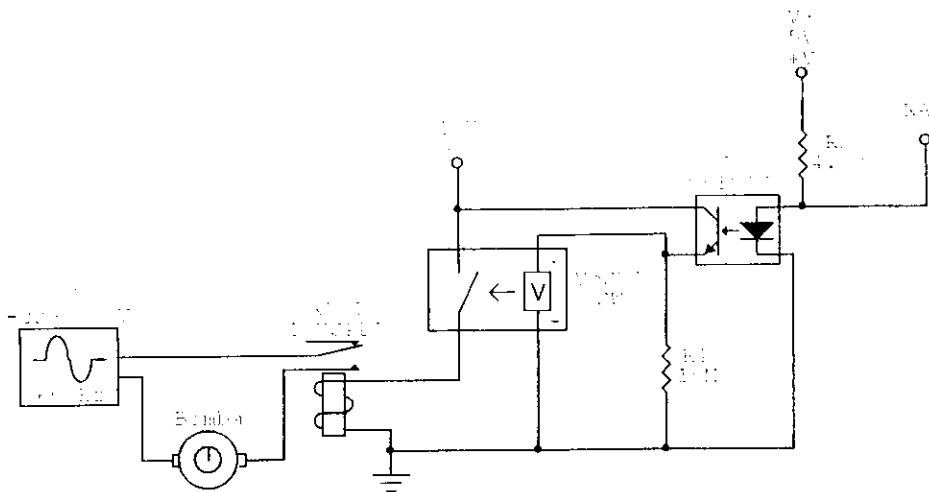


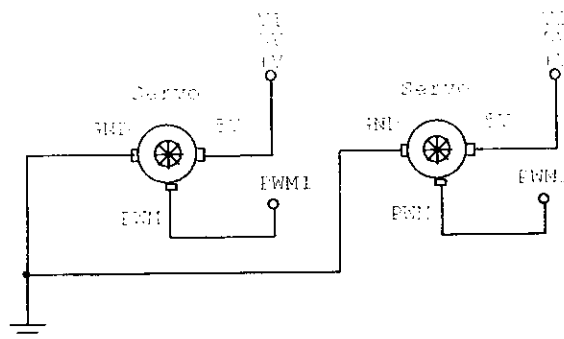
Figura 5.3: Diagrama de conexión del relé de la bomba de agua al microcontrolador

5. Servomotores de las válvulas y fuente de poder

Como se mencionó anteriormente estos motores requieren una alimentación de 5VDC y una señal de PWM para controlar su posición. El consumo de corriente de estos motores es proporcional a la torsión que realizan para colocar la válvula en la posición deseada. Las válvulas ofrecen mayor fricción al terminar de cerrarse o al empezar a abrirse por lo que sus motores consumen la mayor cantidad de corriente en estos puntos. El consumo de cada servomotor varía desde los 200 mA al estar totalmente abierta la válvula a los 1.2 amperios al estar cerrada, dándonos un consumo de hasta 2.4 amperios en el circuito de 5VDC.

Si se utiliza un mismo circuito para alimentar los motores y el microcontrolador, se corre el riesgo de disminuir considerablemente el nivel de voltaje de la fuente durante el proceso y de introducir ruido producido por los servomotores en la alimentación del microcontrolador, produciendo así un error en el muestreo de las señales provenientes de los sensores transductores por la variación del nivel máximo de referencia en los convertidores análogo digitales del microcontrolador y además produciendo comportamientos anómalos en la rutina de ejecución del microcontrolador por las variaciones en su nivel de alimentación.

Figura 5.5: Diagrama de conexión de los servomotores al microcontrolador



6. Pantalla de cristal líquido

Se decidió utilizar una pantalla de cristal líquido (“Liquid crystal display” LCD) para hacer una interfaz de salida en la consola de control, en éste se despliega la temperatura dentro de la torre en grados centígrados y una precisión de 0.25 grados centígrados (T), la presión en la parte superior de la torre (P1) y la presión en la parte inferior de la torre (P2) en unidades de presión arbitrarias, el estado de la bomba de agua (B), el porcentaje de apertura de la válvula de gas (V1) y el porcentaje de apertura de la válvula de líquido (V2).

T:24.5	P1:160	P2:150
B:OFF	V1:099	V2:099

Figura 5.6: Ejemplo de despliegue en la pantalla de cristal líquido.

Se utilizó un pantalla de cristal liquido marca Ampire modelo AC-202AYTLY con las siguientes características:

- Dos líneas de 20 caracteres cada una con luz de fondo color amarillo verde formada por un arreglo de diodos emisores de luz ("Light emitting diode" LED)
- Controlador KS0066U o equivalente
- No necesita circuito compensador de voltaje de alimentación por variación de temperatura.
- Pantalla tipo STN color amarillo verde.
- Temperatura de operación: 0 a 50 grados centígrados.
- Voltaje de alimentación y manejo: 4.75 a 5.25 V
- Consumo de corriente del LCD: 1.7 mA
- Consumo de corriente de la luz de fondo: 500 mA

Tabla 5.1: Función y símbolo de los pines de la pantalla de cristal líquido

Número	Símbolo	Función
1	Vss	Tierra (0V)
2	Vdd	Alimentación (5V)
3	Vo	Contraste
4	RS	Datos / Comando
5	R/W	Lectura / Escritura
6	E	Señal de Activación
7	DB0	Bus de datos
8	DB1	Bus de datos
9	DB2	Bus de datos
10	DB3	Bus de datos
11	DB4	Bus de datos
12	DB5	Bus de datos
13	DB6	Bus de datos
14	DB7	Bus de datos
15	LED_A	Alimentación luz de fondo
16	LED_K	Tierra luz de fondo

7. Teclado

Se completó la interfaz con el usuario de la consola de control con un teclado de 12 teclas, este cuenta con 13 pines para su funcionamiento. Fueron activadas todas las teclas excluyendo la de asterisco (*) que usaba una configuración distinta. El resto de teclas forman un interruptor entre uno de los pines y el común (pin número 8).

Para detectar el momento en que el usuario presiona una tecla se creó una rutina que pone cada pin del teclado (exceptuando el común) en el nivel de voltaje lógico alto por un pequeño intervalo de tiempo. Al ser presionada una tecla este nivel lógico se traslada al pin común del teclado; éste, al estar conectado al puerto RB0 del microcontrolador produce una interrupción en la ejecución del programa y ejecuta una rutina para detectar cuál de los pines del teclado estaba en nivel alto y así saber qué tecla fue presionada.

Tabla 5.2: Función de teclas pin correspondiente y conexión al microcontrolador

Tecla	Pin No.	Puerto en 16F877	Función
#	13	RC5	Ninguna función asignada
1	1	RB7	Abre válvulas completamente
2	5	RB3	Enciende y apaga la bomba
3	11	RD5	Cierra válvulas completamente
4	2	RB6	Detiene todo proceso
5	6	RB2	Incrementa caudal de válvula de gas
6	10	RD6	Disminuye caudal de válvula de gas
7	3	RB5	Incrementa caudal de válvula de líquido
8	7	RB1	Ninguna función asignada
9	12	RD4	Ninguna función asignada
B	9	RB4	Disminuye caudal de válvula de líquido

8. Puerto serial

La interfaz principal con el usuario se encuentra en una computadora. Se decidió utilizar el módulo de comunicación serial asíncrona del microcontrolador para conectar la tarjeta controladora al puerto serial RS-232 de la computadora por consumir pocos pines y a la vez menos recursos dentro del microcontrolador. Se configuró el módulo de comunicación serial asíncrona a una velocidad de 9600 bps, sin ningún tipo de control de flujo, con 8 bits de datos, sin bit de paridad y uno de parada.

Al llegar un comando proveniente de la computadora al pin de recepción del microcontrolador se produce una interrupción en la ejecución y se inicia una rutina que reconoce el comando enviado y luego ejecuta la rutina deseada por el usuario o por la rutina de ejecución automática de la computadora. Cuando llega el primer comando se activa la rutina de transmisión de datos a la computadora dentro del ciclo infinito del programa del microcontrolador y al llegar el comando que indica un fin de la conexión, ésta se desactiva para hacer más eficiente la ejecución de este ciclo en el microcontrolador.

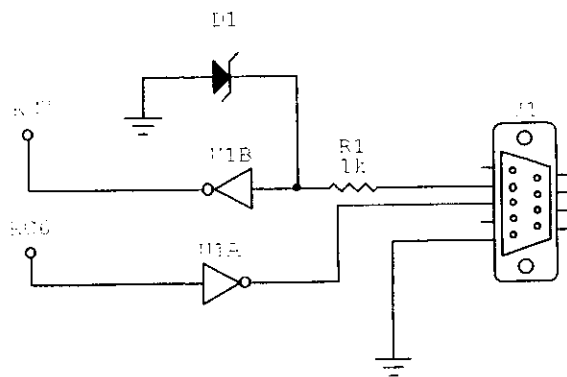
Tabla 5.3: Lista de comandos enviados por la computadora por el puerto serial

Comando	Función
0	Alarma
1	Enciende la bomba
2	Apaga la bomba
3	Incrementa caudal de válvula de gas
4	Disminuye caudal de válvula de gas
5	Incrementa caudal de válvula de líquido
6	Disminuye caudal de válvula de líquido
7	Cierra completamente las válvulas
8	Pide refrescar datos de la computadora
9	Abre completamente las válvulas
10	Detiene todo proceso y conexión

Tabla 5.4: Datos enviados por el microcontrolador a la computadora por el puerto serial

Orden en la trama	Dato
1	Cero, dato de sincronia
2	Temperatura
3	Presión en la parte superior de la torre
4	Presión en la parte inferior de la torre
5	Caudal en la válvula de gas
6	Caudal en la válvula de líquido
7	Estado de bomba y alarma

Figura 5.7: Diagrama del circuito de interfaz serial



Para la conexión de la computadora con la tarjeta de control es necesario utilizar un cable serial cruzado con conectores DB-9 hembras.

D. Elaboración del circuito impreso

Del diagrama del apéndice B elaborado en Circuit Maker 2000 se creó el archivo de tarjeta de circuito impreso ("Printed circuit board" PCB) para ser trabajado en Trax Maker. No se pudo utilizar el trazador automático de este programa debido a los múltiples componentes especiales como los potenciómetros de precisión, sensores de presión, sensor de temperatura e interruptores cuyos empaquetados no aparecían en el archivo PCB y en el archivo de lista de mallas ("netlist") generado por Circuit Maker 2000 .

El circuito impreso se elaboró con los archivos tipo Gerber y de barrenado creados por Trax Maker al finalizar el proceso de trazado. El circuito impreso fue finalmente perforado y fresado en una placa de cobre de 20 cm X 20 cm, con una broca de 32 mils y una fresa 24 mils de diámetro. La distancia mínima obtenida entre dos conductores de cobre fue de 25 mils.

Para facilitar la reparación del circuito impreso en un futuro se utilizaron para todos los circuitos integrados con más de 6 pines conectores tipo DIP del tamaño del circuito integrado. Cabe mencionar que el cobre restante sobre la placa fue conectado a la terminal central del transformador, a la tierra física de la toma de corriente y al nivel de referencia de los circuitos de corriente directa.

Para facilitar el cambio de algún sensor, motor, teclado, pantalla de cristal líquido, conector DB9 del puerto serial, se utilizaron conectores tipo SIP o conectores de presión para liberar o conectar de forma rápida los componentes antes mencionados de la tarjeta principal.

- Cabe hacer mención que se dejaron los pines RC3 y RC4 para permitir una integración a una red de microcontroladores usando el protocolo I2C en el futuro.

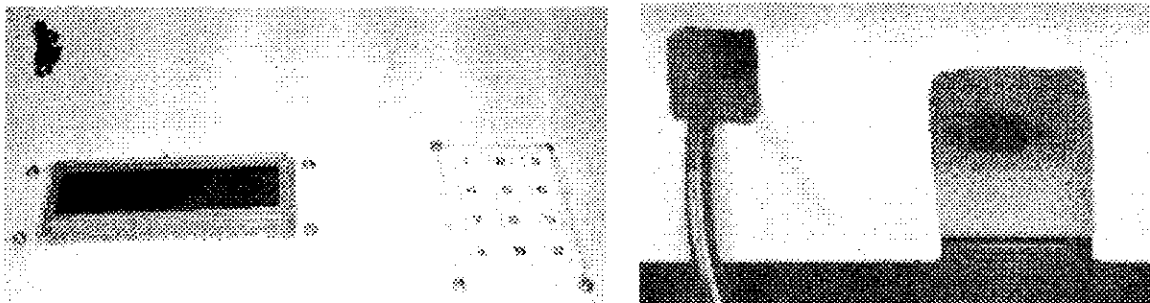


Figura 5.8: Vista frontal y lateral derecha de la consola de mando

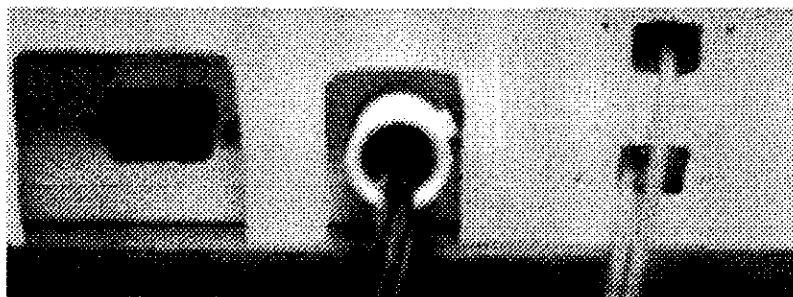


Figura 5.9: Vista lateral izquierda de la consola de mando

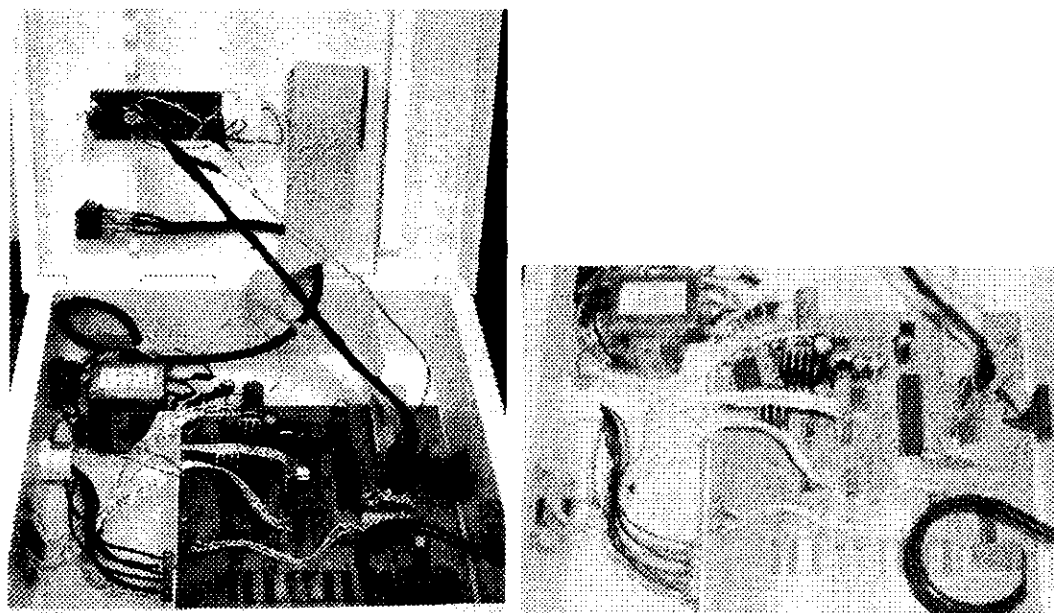


Figura 5.10: Vista interior de la consola de mando

VI. PROGRAMAS

A. Programa en lenguaje de ensamblador para el microcontrolador

1. Introducción

Este programa fue creado para controlar desde el microcontrolador PIC 16F877 todos los dispositivos de entrada y salida de la tarjeta controladora de forma más eficiente posible y permitiendo el control manual, automático y semiautomático de la torre empacada.

2. Explicación

El programa fue ideado originalmente para poder funcionar de manera independiente de la computadora en sus tres modalidades: manual, semiautomático y automático. De esta forma se obtenía una consola para controlar la torre de tres formas con dos interfaces con el usuario.

Lamentablemente al probar la rutina de control automático dentro del microcontrolador aparecían errores de desborde en la pila, esto se debe a que las rutinas de despliegue en el la pantalla de cristal líquido ocupan cuatro niveles en la pila y es llamada cada vez que se modifica un dato desde otra rutina. No era recomendable reducir el número de niveles en la rutina de despliegue debido a que ésta se volvería ineficiente.

Por las razones expuestas en el párrafo anterior se decidió programar únicamente las rutinas de control manual y semiautomático en el microcontrolador y dejar la rutina de control automático para la computadora. Sólo el control manual y el semiautomático pueden ser utilizados desde el teclado de la consola de forma independiente de la computadora.

Después de iniciarse el microcontrolador se queda en una rutina infinita dónde sube el nivel de voltaje en un pin del teclado a la vez y envía los datos a la computadora si se encuentra conectado a ella con el programa de Visual Basic 5.0 activado. En este momento espera interrupciones desde el convertidor análogo digital, el teclado o el puerto serial para ejecutar el la rutina deseada por el usuario o para actualizar los datos.

El código detallado de este programa puede verse de forma detallada en el apéndice C.

3. Diagramas de flujo

Figura 6.1:
Diagrama de flujo de rutinas generales dentro del microcontrolador

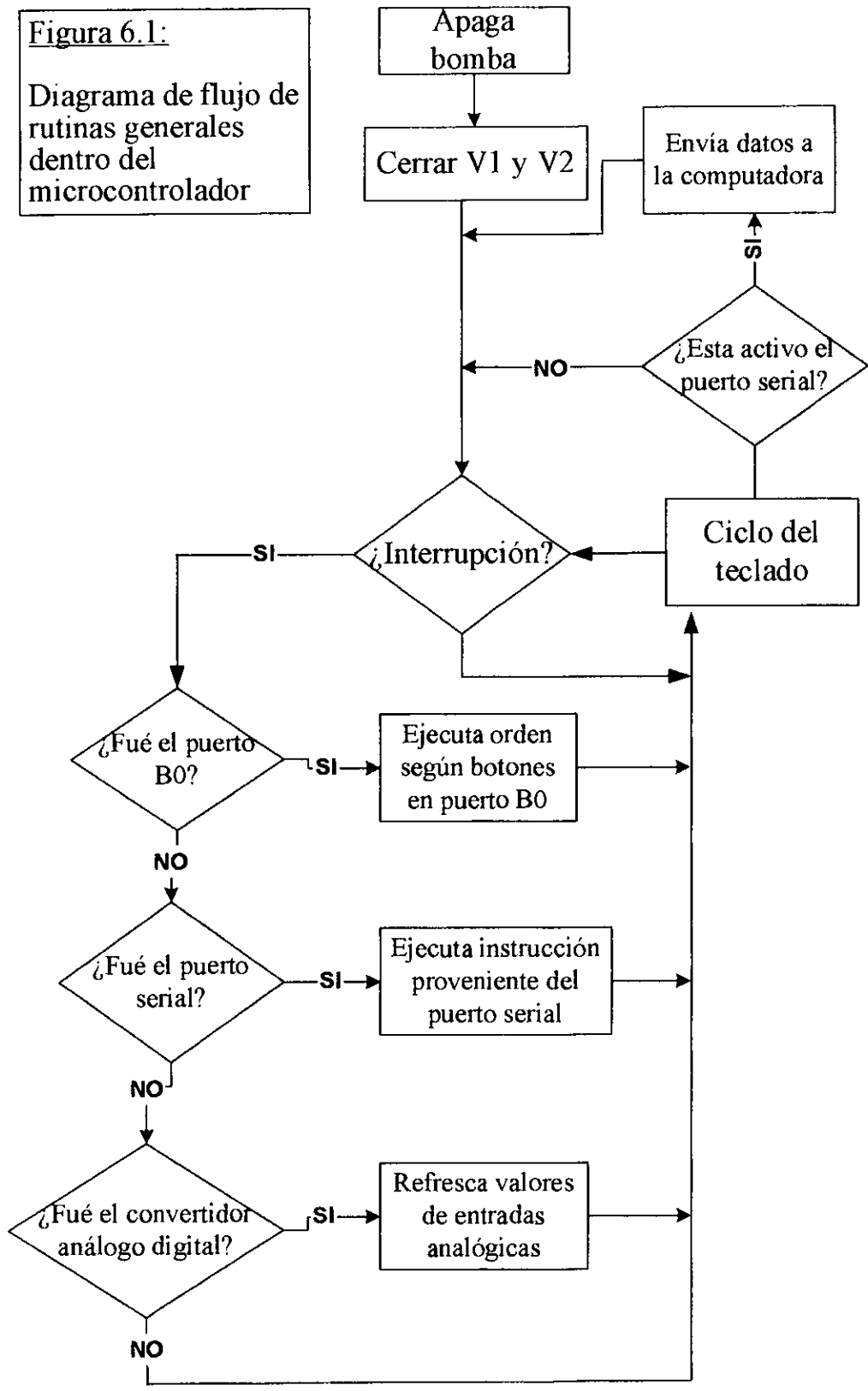


Figura 6.2:
Diagrama de flujo de comandos desde el puerto serial

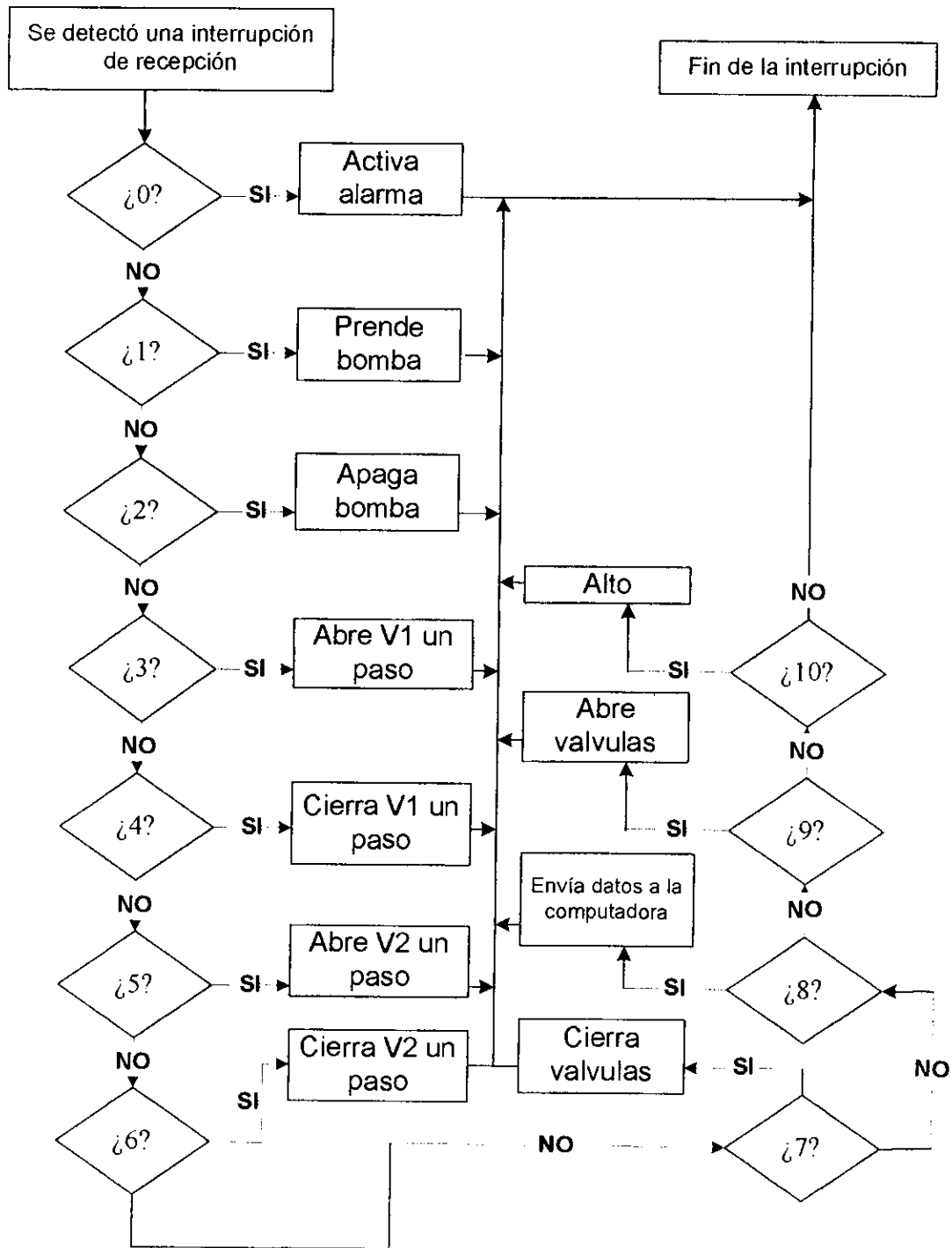


Figura 6.3:

Diagrama flujo de comandos desde el teclado

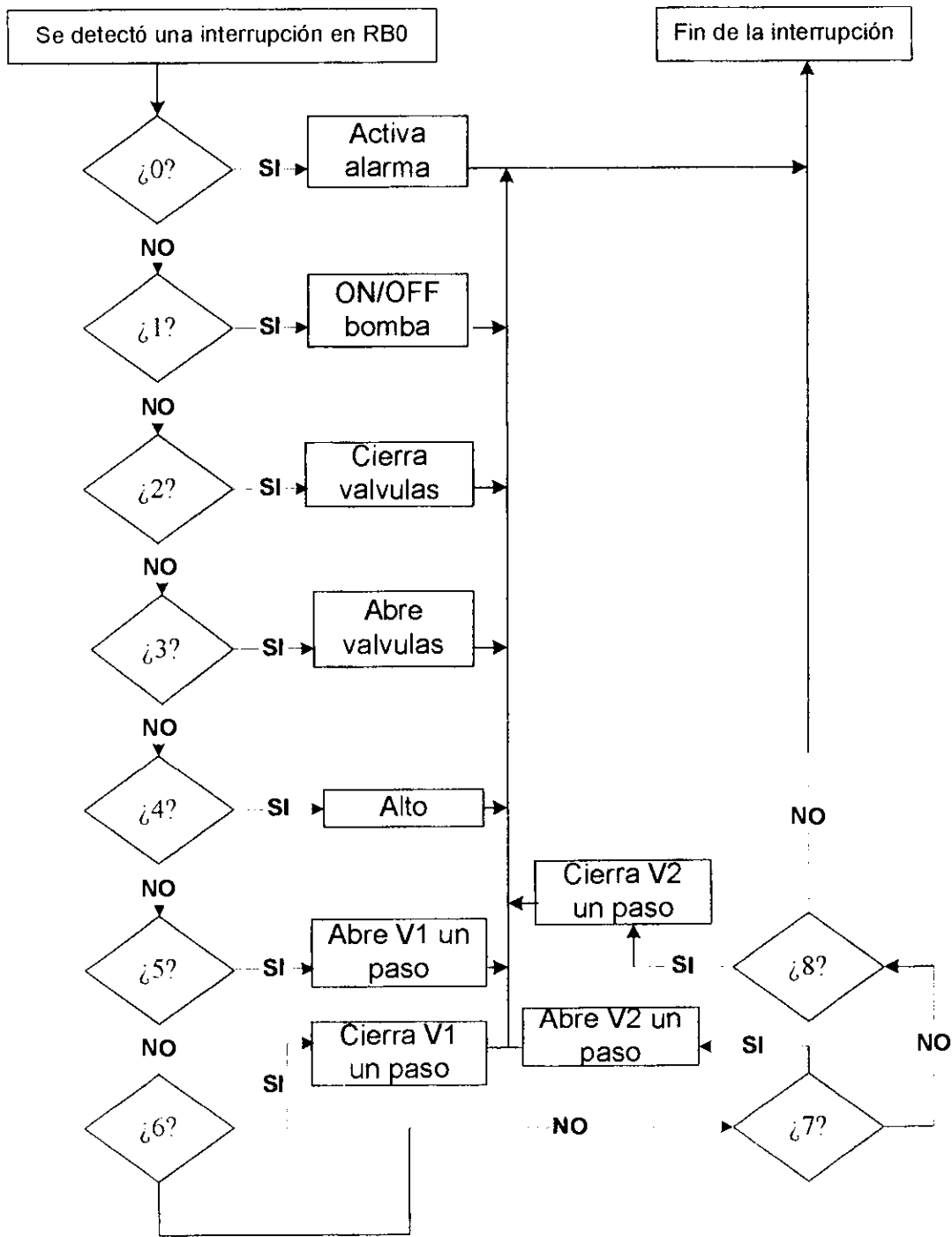
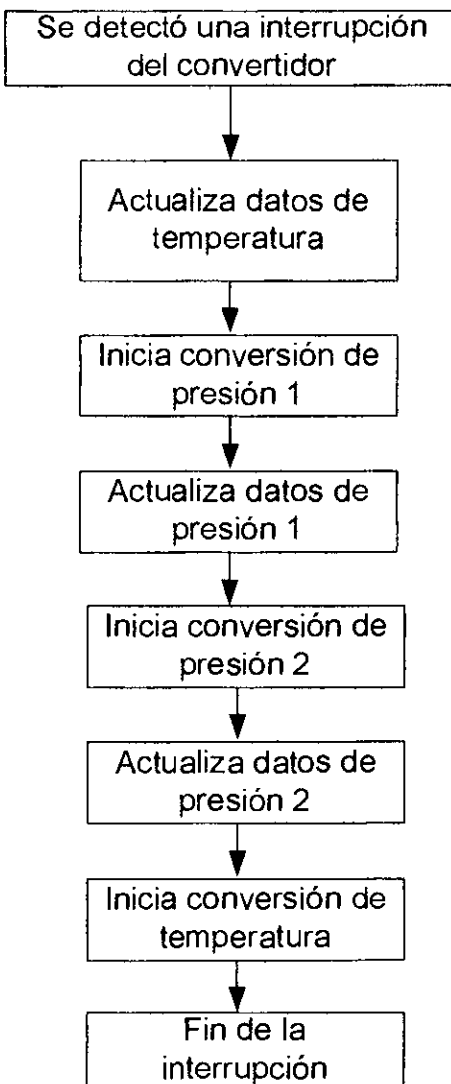


Figura 6.4:

Diagrama de flujo de las interrupciones del convertidor análogo digital



Nota: La velocidad de conversión para P1 y P2 es inferior que para temperatura

B. Programa en Visual Basic 5.0 para la interfaz con el usuario en la computadora

1. Introducción

Este programa fue diseñado para manejar el microcontrolador al enviarle comandos a su módulo serial asíncrono para que este ejecute rutinas para mover las válvulas, cambiar de estado la bomba y recibir datos de los sensores transductores. Este programa ofrece al usuario una forma más cómoda de activar las rutinas de control manual, semiautomática y adicionalmente le da la opción de usar el control automático.

2. Explicación

Este programa, al activarse, envía al microcontrolador una señal que le indica que está esperando datos, el microcontrolador le enviará datos provenientes de sus entradas analógicas, registros de posición de válvulas, estado de bomba y alarma.

El programa de la computadora despliega los datos provenientes de las entradas analógicas en columnas, dándonos una imagen clara de los niveles de temperatura, presión y diferencia de presión en la torre empacada. El estado de la bomba es representado por un dibujo de una bomba con y sin flujo de líquido, y el porcentaje de apertura de las válvulas es representado por unas barras que aumentan su ancho según la apertura de las válvulas, así como una etiqueta con el porcentaje de apertura.

Ofrece un selector de opciones para poner a funcionar la torre empacada en sus distintas formas, también tiene varios botones para enviar en cualquier momento los comandos de cerrar las válvulas, alarma, detener y salir. Este último comando, al ser

enviado, desactiva el envío de datos a la computadora por parte del microcontrolador y cierra las válvulas.

Al cambiar el selector de posición aparecen y desaparecen rótulos, botones y etiquetas para mostrar al usuario que se ha cambiado de modalidad. Cuando se activa el control semiautomático aparecen cuatro botones en forma de flecha para indicar al usuario cómo puede variar sus válvulas, estos desaparecen al activarse el control automático y aparece el caudal de gas objetivo. Este último desaparece al activarse el control manual.

El programa tiene varios temporizadores para solicitar datos al microcontrolador, mantener la rutina de control automático, evitar llevar la torre empacada a la zona de inundación y actualizar las gráficas. El código de este programa se puede ver de forma detallada en el apéndice D.

Figura 6.5: Iniciación del programa

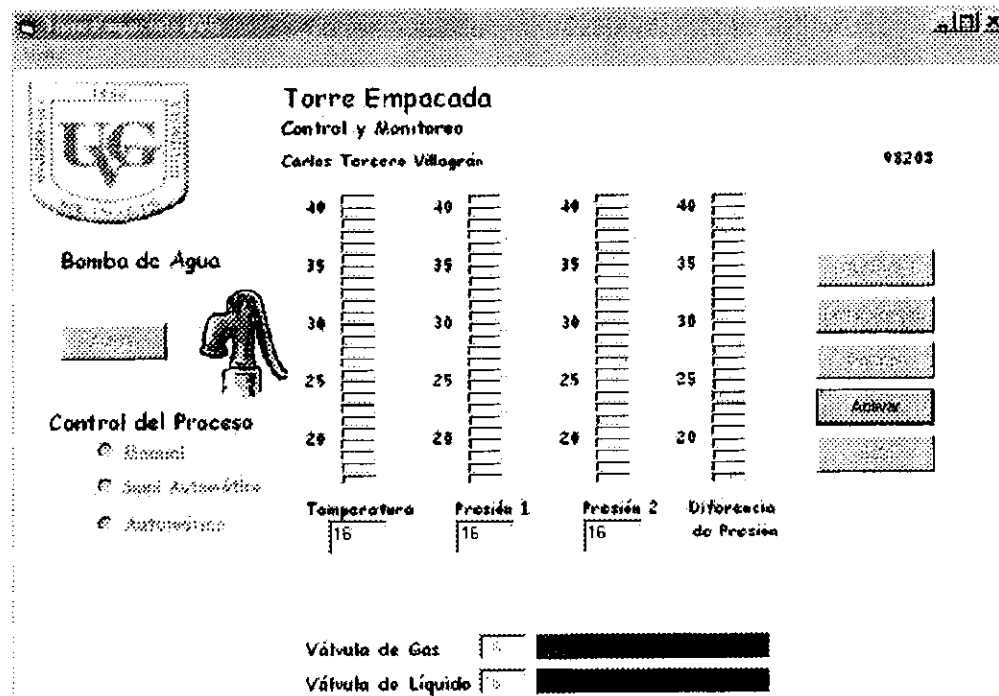


Figura 6.6: Control manual

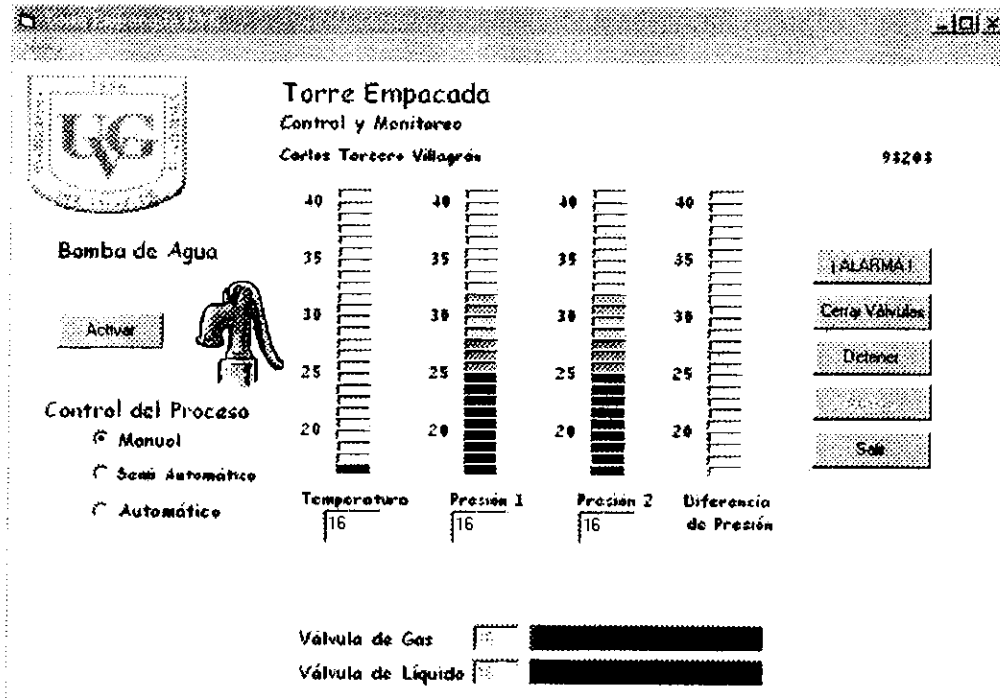


Figura 6.7: Control semiautomático

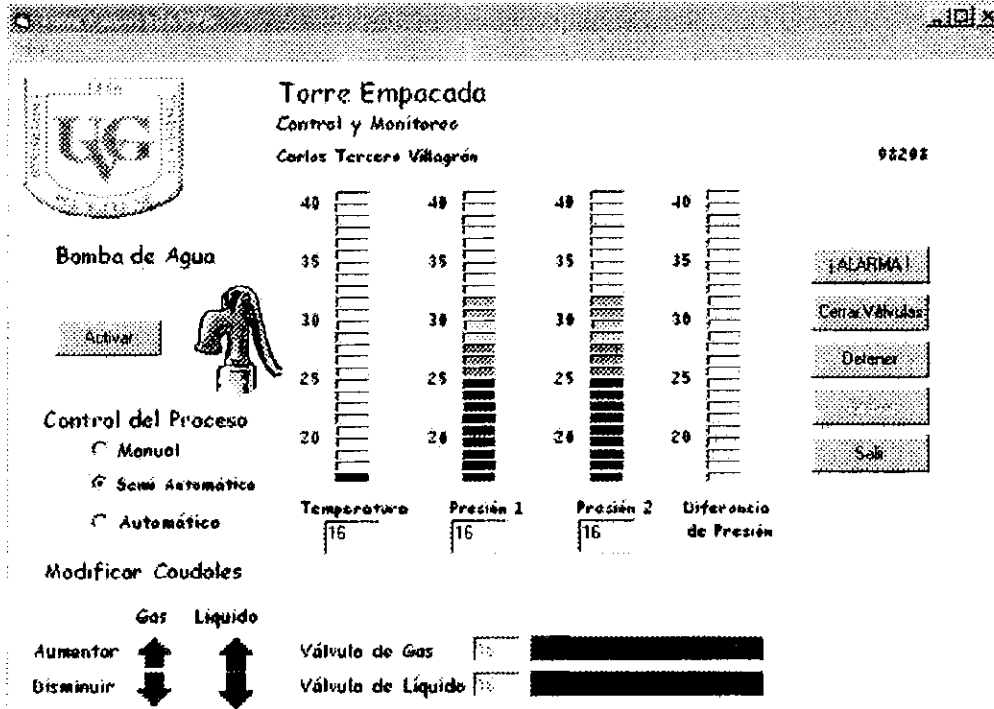
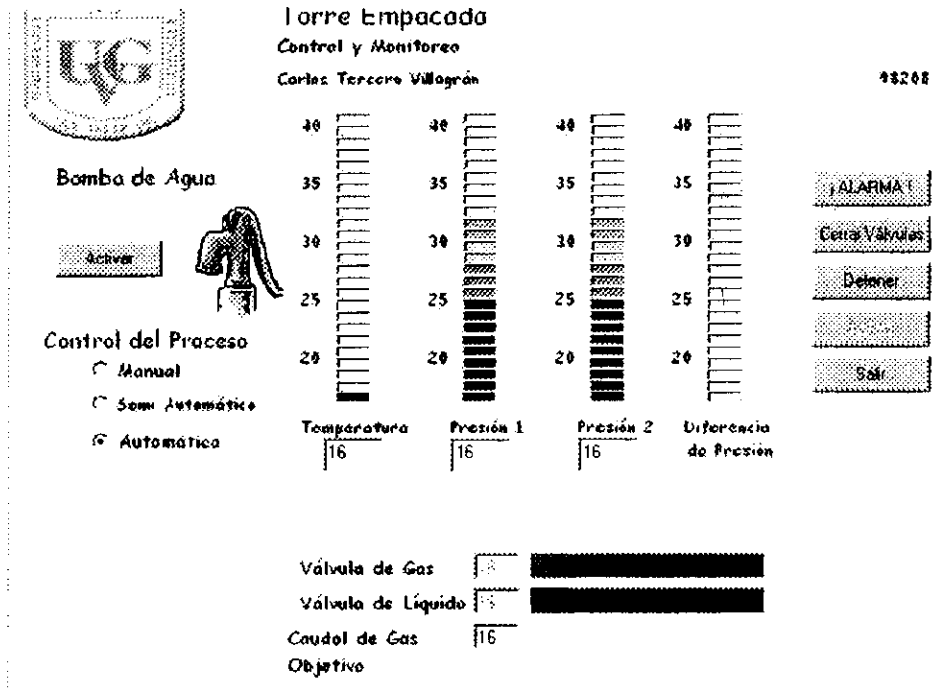


Figura 6.8: Control automático



3. Diagramas de flujo

Figura 6.5:

**Diagrama reflujo de rutinas
generales dentro de la computadora**

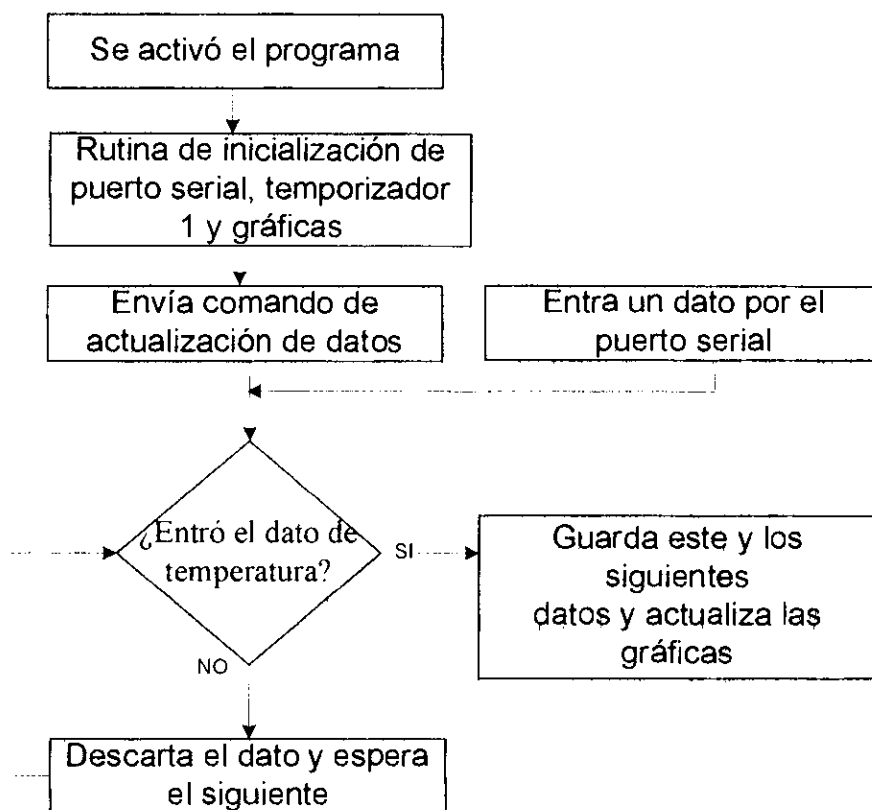
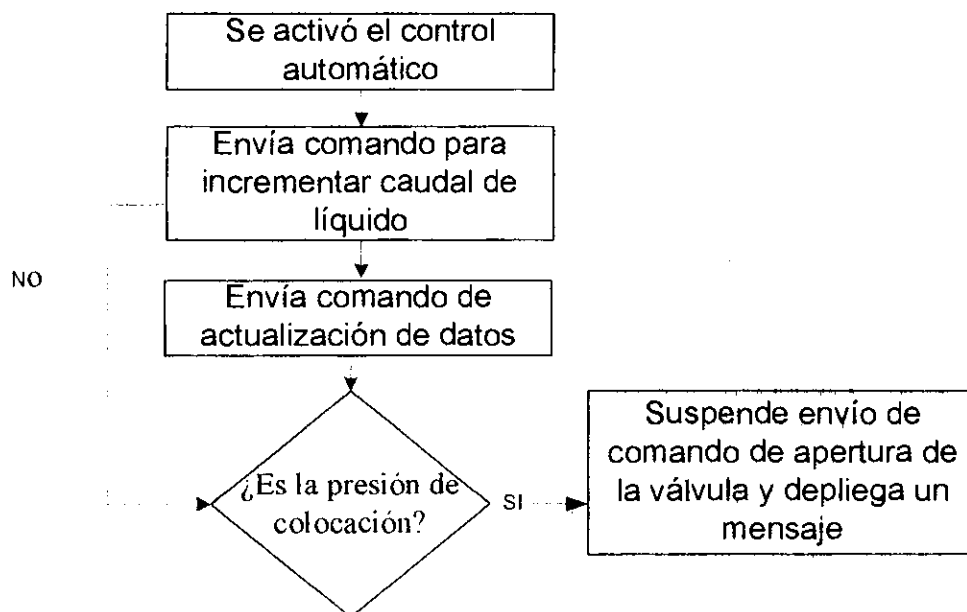


Figura 6.6:**Diagrama reflujo de la
rutina de control automático**

VII. RESULTADOS

A. Metodología para la obtención de datos

El principal objetivo de este proyecto es la comparación de la eficiencia de la torre empacada al ser manejada de la forma manual, semiautomática y automática. Luego de haber construido los circuitos y equipo necesario para el funcionamiento de los tres procesos se procedió a llevar a la torre a la zona de inundación y luego al inicio de la zona de recargo de las tres formas distintas.

Para los tres procesos se inició con las válvulas de gas y líquido cerradas y con la bomba apagada. Luego se procedió a colocar el caudal de gas a 130 litros por minuto, después se activó la bomba de agua y finalmente se graduó la válvula de líquido hasta obtener la caída de presión deseada. Cada proceso se repitió 10 veces para cada proceso en cada región, y se midió el tiempo tomado para obtener la caída de presión deseada en la torre y el caudal de líquido obtenido.

B. Datos Obtenidos

Tabla 7.1: Tiempos y caudal de líquido para control manual en región de inundación.

Control manual			
Caudal de gas litros por minuto			130
Prueba #	Tiempo (s)	Caudal de líquido (gpm)	
1	124.35	3.5	
2	211.53	3.75	
3	151.67	3.8	
4	130.95	3.8	
5	165.79	3.75	
6	148.01	3.5	
7	169.67	3.25	
8	147.85	3.25	
9	199.67	3.25	
10	150.7	3.25	
Promedio	160.019	3.51	

Tabla 7.2: Tiempos y caudal de líquido para control semiautomático en región de inundación.

Control semiautomático		
Caudal de gas litros por Minuto		130
Prueba #	Tiempo (s)	Caudal de líquido (gpm)
1	99.33	3.125
2	96.98	3.5
3	81.49	3.5
4	79.37	3.75
5	83	3.5
6	104.39	3.5
7	103.73	3.5
8	110.55	3.5
9	112.81	3.5
10	91.26	3.5
Promedio	96.291	3.4875

Tabla 7.3: Tiempos y caudal de líquido para control automático en región de inundación.

Control automático		
Caudal de gas litros por minuto		130
Prueba #	Tiempo (s)	Caudal de líquido (gpm)
1	81.51	3.75
2	102.35	4
3	91.76	3.75
4	90.53	3.75
5	97.84	3.75
6	88.55	3.75
7	96.76	4
8	91.57	4
9	87.71	3.75
10	87.64	4
Promedio	91.622	3.85

Tabla 7.4: Tiempos y caudal de líquido para control manual en región de inundación.

Control manual			
Caudal de gas litros por minuto			130
Prueba #	Tiempo (s)	Caudal de líquido (gpm)	
1	103.3	2.25	
2	85.21	2	
3	98.26	2	
4	101.33	2.25	
5	107.57	2	
6	87.35	2	
7	89.79	1.9	
8	151.51	2.25	
9	113.51	2	
10	86.49	1.75	
Promedio	102.432	2.04	

Tabla 7.5: Tiempos y caudal de líquido para control semiautomático en región de inundación.

Control semiautomático			
Caudal de gas litros por minuto			130
Prueba #	Tiempo (s)	Caudal de líquido (gpm)	
1	70.71	2	
2	75.26	2.25	
3	62.79	2	
4	72.71	2	
5	61.92	2	
6	73.46	2	
7	92.85	2	
8	72.23	2	
9	62.3	2	
10	65.23	2	
Promedio	70.946	2.025	

Tabla 7.6: Tiempos y caudal de líquido para control automático en región de inundación.

Control automático		
Caudal de gas litros por minuto		130
Prueba #	Tiempo (s)	Caudal de líquido (gpm)
1	60.4	2.25
2	51.76	2
3	59.1	2.25
4	47.37	2
5	48.15	2
6	51.18	2
7	59.07	2.25
8	58.59	2.25
9	48.14	2
10	69.92	2.75
Promedio	55.368	2.175

Figura 7.1: Gráfica de comparación de tiempos de colocación por los tres distintos métodos en región de inundación

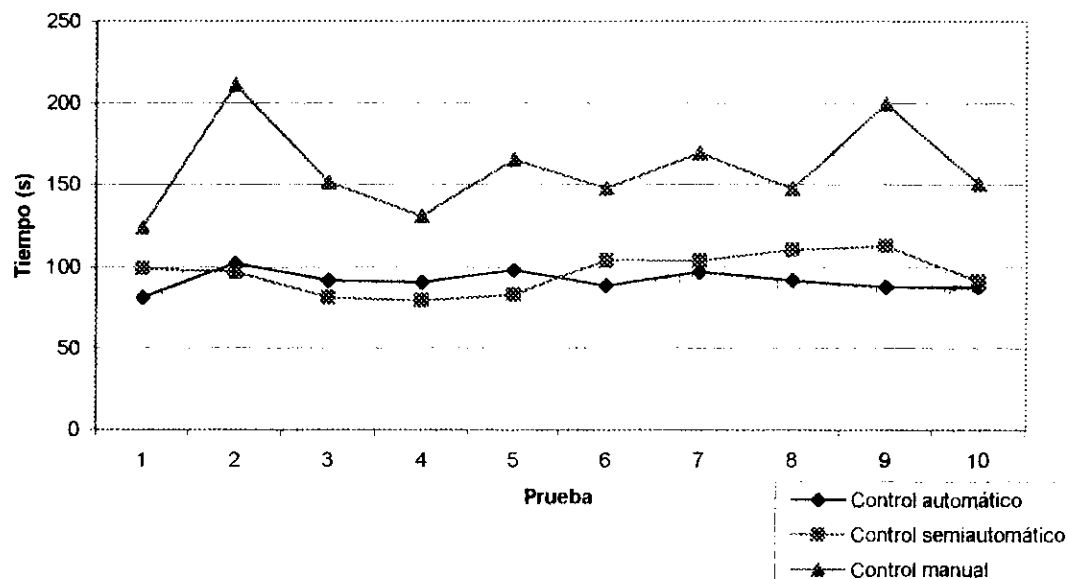


Figura 7.2: Gráfica de comparación de caudal de líquido por los tres distintos métodos en región de inundación

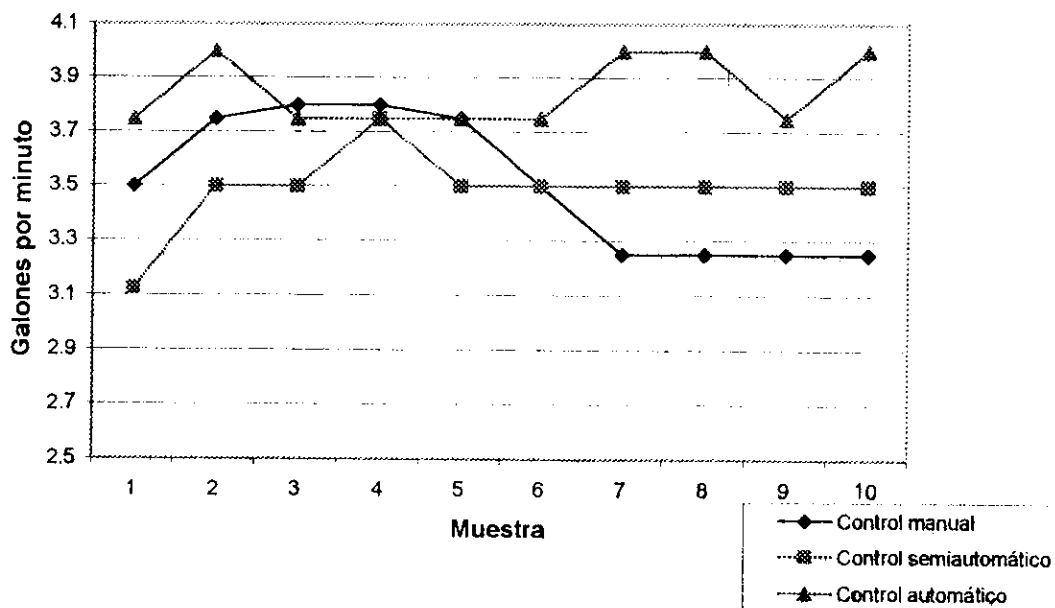


Figura 7.3: Gráfica de comparación de tiempos de colocación por los tres distintos métodos en inicio de recargo

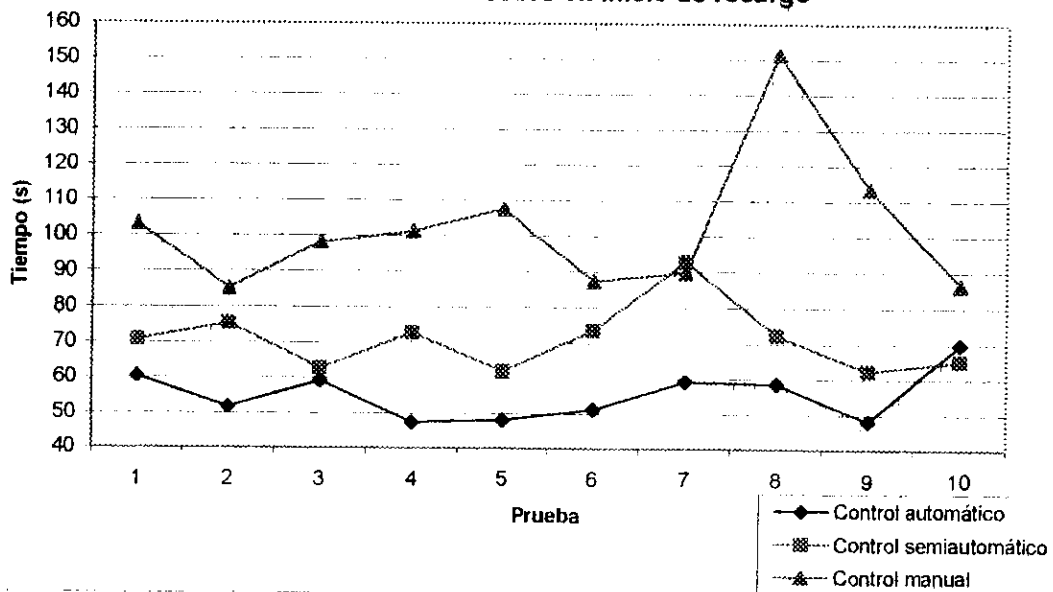


Figura 7.4: Gráfica de comparación de caudal de líquido por los tres distintos métodos en inicio de recargo

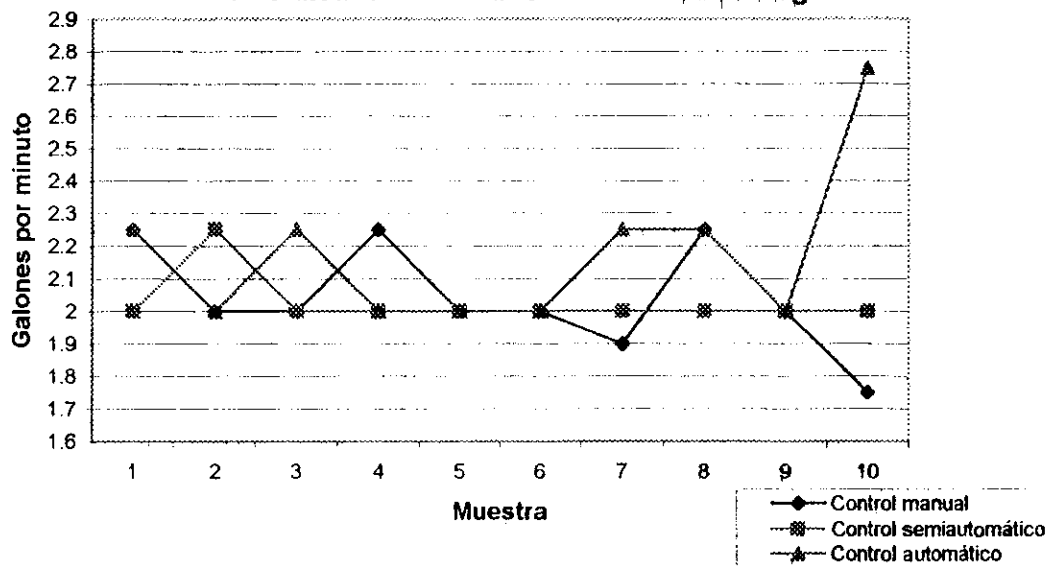


Figura 7.5: Gráfica de comparación de tiempos promedio de colocación por los tres distintos métodos en dos regiones distintas

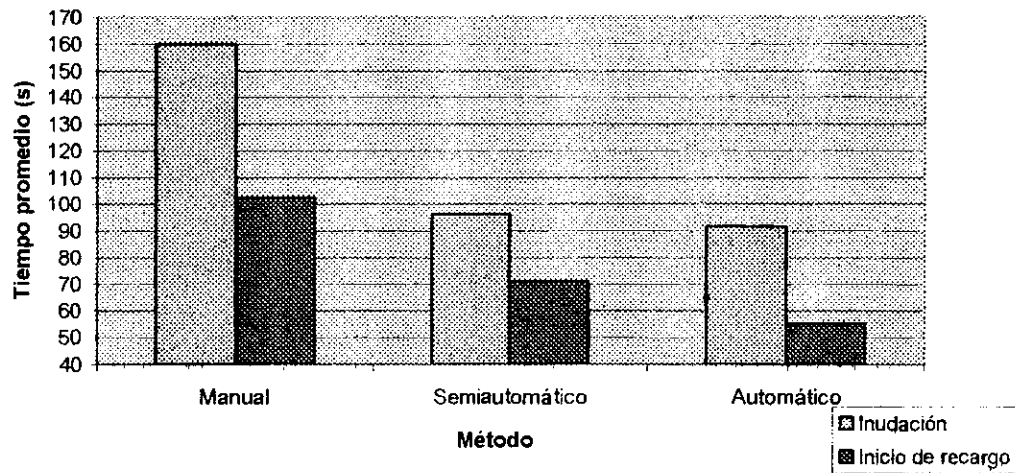
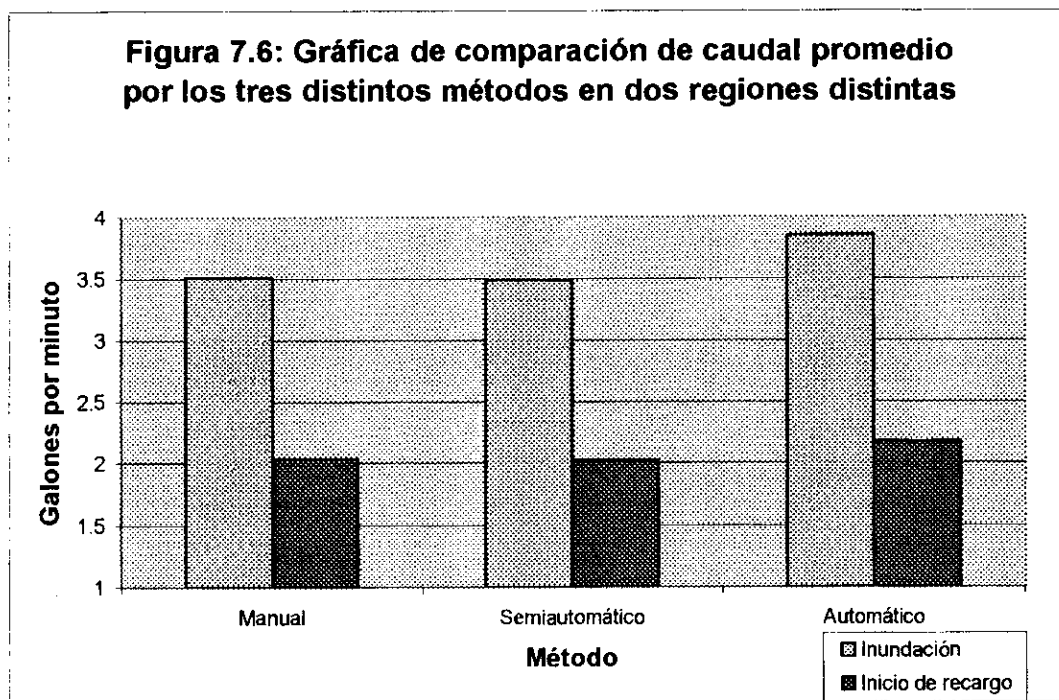


Figura 7.6: Gráfica de comparación de caudal promedio por los tres distintos métodos en dos regiones distintas



C. Discusión de resultados obtenidos

Como se puede apreciar en las figuras 7.1 y 7.5 se mejoró en un 40% el tiempo de colocación al utilizar la colocación semiautomática con respecto a la manual, por otra parte la colocación automática mejora el tiempo de colocación en un 43% con respecto a la colocación manual en la región de inundación. Se puede ver que la diferencia entre la colocación semiautomática y automática no es significativa en la región de inundación.

Si se observan las figuras 7.3 y 7.5 se puede apreciar que en el inicio de la región de recargo existe una mejora del 31% en la colocación semiautomática y una del 46% en la colocación automática, dando así una apreciable diferencia del 15% entre la colocación automática y semiautomática. Puede notarse en la figura 7.5 que la eficiencia de la colocación semiautomática aumenta para la región de inundación con respecto a la de inicio de recargo y mientras que la colocación automática es más eficiente en la región de inicio de recargo que en la de inundación.

La disminución del tiempo de colocación en ambas regiones para los métodos de control semiautomático y automático puede ser atribuida a la utilización de válvulas proporcionales controladas por PWM y la interfaz de la computadora dando un control más sencillo y preciso que el obtenido con las válvulas manuales.

Se puede ver que la diferencia entre el control semiautomático y automático es muy poco significativa en la región de inundación y significativa en la región de inicio de recargo, la razón de esto puede ser que la rutina de control automático no se encuentre en su punto óptimo de trabajo al ser utilizada en la región de inundación. Al comparar las figuras 7.2 y 7.6 se observa que el caudal de líquido obtenido para el control automático es un 9% superior comparado con los otros métodos de control en la zona de inundación, lo que sugiere que el sistema se está colocando por encima del caudal de líquido objetivo. Mientras que en las figuras 7.4 y 7.6 se puede ver que no existe una diferencia apreciable entre los caudales de líquido obtenido para los tres métodos en la región de inicio de recargo, por lo que se puede decir que los tres métodos trabajaron de forma satisfactoria.

Vale la pena señalar que al sistema le toma más tiempo colocarse en la región de inundación que en la de inicio de recargo, la diferencia entre el proceso automático y semiautomático no es apreciable en la región de inundación mientras que en la de inicio de recargo la diferencia entre dichos métodos sí es considerable. Se podría entonces sugerir que el factor humano influyó menos significativamente en el tiempo de colocación en la región de inundación para el método semiautomático debido a que el tiempo de reacción del ser humano se hizo menos apreciable por el aumento en la duración del proceso, dando así una diferencia poco significativa entre los métodos de control automático y semiautomático en la región de inundación y una diferencia apreciable en la región de inicio de recargo.

Es de utilidad señalar que en el diseño expuesto en el apéndice A todas las válvulas que controlan el paso de líquido se encuentran en la parte inferior de la torre, esto implica que tanto las válvulas manuales como las eléctricas no afectan de manera inmediata el caudal de líquido que ingresa a la torre, existe un tiempo de reacción para que este caudal sea modificado en la entrada de la torre. Este tiempo de reacción podría ser eliminado colocando las válvulas en la entrada de líquido a la torre; únicamente podría hacerse esta modificación para la válvula eléctrica ya que no representaría ningún problema para el usuario la ubicación de las mismas.

Al reducir los tiempos de reacción del sistema puede llegarse a obtener una diferencia más significativa entre el control semiautomático y automático en ambas regiones porque esto haría que el tiempo de reacción del humano fuera más significativo con respecto al del control automático. Por otra parte aumentaría de manera considerable también la diferencia entre el tiempo de colocación manual y los otros dos métodos debido a que en el control manual todas las válvulas y sensores deben estar al alcance de la mano y a vista del usuario.

Cabe mencionar que las válvulas se mueven por pasos dados por la resolución de su señal de mando, éste es un aspecto que debe mejorarse debido a que es deseable que estos pasos sean lo menos notorios posibles al leer el flujo que pasa por los rotámetros.

VIII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

A. Conclusiones

1. Las válvulas proporcionales controladas por PWM y la interfaz en la computadora mejoraron de forma significativa el tiempo de colocación de la torre.
2. El tiempo de colocación para el control manual fue significativamente más grande que el semiautomático en las regiones de inundación e inicio de recargo.
3. El tiempo de colocación para el control manual fue significativamente más grande que el automático en las regiones de inundación e inicio de recargo.
4. La diferencia entre el control semiautomático y automático no fue significativa en la zona de inundación.
5. El tiempo de colocación para el control semiautomático fue significativamente más grande que el automático en la región de inicio de recargo.
6. El control automático se colocó más cerca de la región de inundación de la torre que los otros métodos para el estudio en la región de inundación.
7. Los tres métodos estudiados se colocaron en el mismo punto en la región de inicio de recargo.

B. Recomendaciones

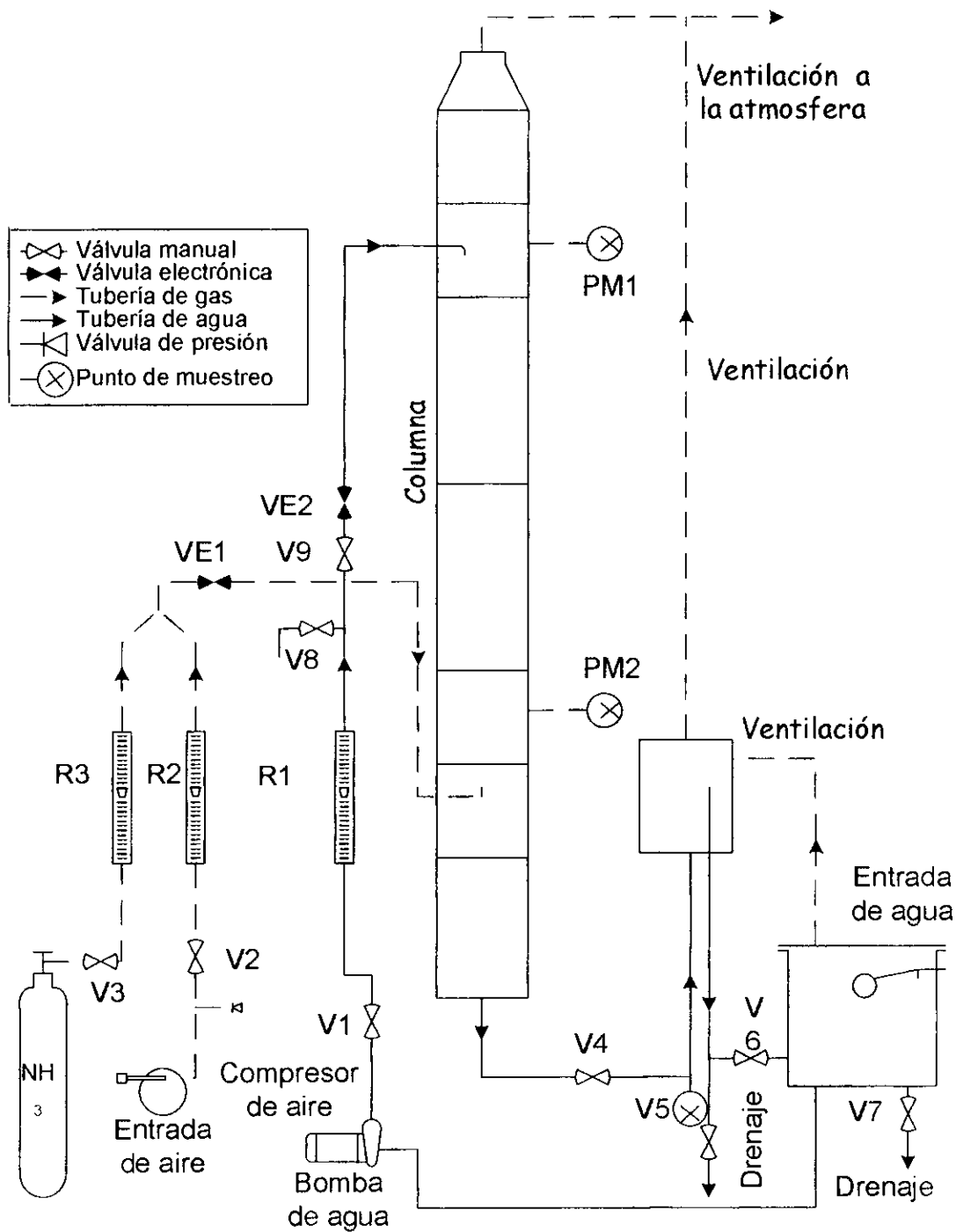
1. Modificar el filtro digital para mejorar el tiempo de colocación automática del sistema en la región de inundación.
2. Aumentar la resolución de la señal de mando de los servomotores de las válvulas.
3. Realizar un estudio con varias personas que lleven la Torre empacada a su punto de trabajo para comparar de una forma más variada la influencia del factor humano en el control semiautomático.
4. Instalar la válvula eléctrica para el control de flujo de líquido en la parte superior de la torre.
5. Desarrollar el programas y circuitos para el acople de la tarjeta controladora en una red I2C de microcontroladores.

IX. BIBLIOGRAFÍA

Treybal, Robert. 1980. *Mass-Transfer operations*. 3era ed. Nueva York, McGraw-Hill inc. 784 págs.

X. APÉNDICES

APÉNDICE A: DIAGRAMA COMPLETO DE LA TORRE EMPACADA



APÉNDICE C: CÓDIGO EN LENGUAJE DE ENSAMBLADOR ELABORADO PARA EL PIC 16F877 DE LA TARJETA CONTROLADORA

```

*****
: PROYECTO: Contol de flujo de liquidos y gases en una
: Torre empacadacon monitoreo de temperatura
: PIC 16F877
: Carlos Tercero Villagrán 98208
*****
LIST p=16F877
#include "P16F877.INC"

__CONFIG __CP_OFF & __WDT_OFF & __PWRTE_ON & __HS_OSC
*****
:
: DECLARACIÓN DE VARIABLES
*****
CBLOCK 0x69
    unidades
    centenas
    decenas
    P1          :ADC1 Presión 1
    P2          :ADC3 Presión 2
    T           :ADC0 Temperatura
    auto        :0->Colocación Automática desactivada
    cmd         :Comando desde Teclado o PC
    cont        :Contador de usos multiples
    edu         :Control de Centenas DEcenas y Unidades para LCD
    mul         :Variable de la rutina de multiplicación
    autotemp    :Variable temporal para el teclado
    almbb       :Estado bomba y alarma
    esp1
    csp2
    autocont    :Variable para control de rutina automático
    asch
    ascl
    ptl
    pth
ENDC
ORG 0
GOTO inicio

```

```

*****
:
:               RUTINA DE INTERRUPTS
:
*****
      ORG      4
interrupt:
      BCF      INTCON.GIE
      BANKSEL  PIR1
serial:
      BTFSS   PIR1.RCIF      :Verifica interrupto de RS232
      GOTO    adcin
      CALL    rs232
      GOTO    finint
adcin:
      BTFSS   PIR1.ADIF      :Verifica si es interrupto del ADC
      GOTO    teclado
      CALL    settemp :Registra temperatura
      GOTO    finint
teclado:
      CALL    espera
      BTFSS   INTCON.INTF    :Verifica interrupto de Teclado
      GOTO    inint
      CALL    tec
finint:
      BANKSEL  PIE1
      BSF     PIE1.RCIE
      BCF     PIE1.TXIE
      BSF     PIE1.ADIE      :Habilita Interrupt de ADCs
      BANKSEL  PIR1
      BCF     PIR1.ADIF      :Limpia bandera de conversión
      BCF     INTCON.INTF    :Limpia bandera de RB0
      BSF     INTCON.INTE    :Habilita Interrupt Externo
      BSF     INTCON.PEIE    :Habilitación de Interrupts Perifericos
      BSF     INTCON.GIE     :Habilita Interruptos
      RETFIE

```

```

*****
:
:               RUTINA PRINCIPAL
:
*****
inicio:

```

```

      BANKSEL  TRISA
      MOVLW   B'001011'    : Puerto de entradas análogas de sensores
      MOVWF   TRISA        : (T, P y digitales). bomba. 7 Segmentos
      MOVLW   B'0000001'   : Puerto de teclado. RBO Interrupto
      MOVWF   TRISB
      MOVLW   B'10000000'  : Puerto del USART. PWM (válvulas).
      MOVWF   TRISC        : Teclado
      MOVLW   B'00000000'  : Puerto Teclado y display
      MOVWF   TRISD
      MOVLW   B'000'       : LCD
      CLRF    TRISE

```

MOVLW	B'0000100'	: Configurar 3 entradas Análogas con
MOVWF	ADCON1	: justificación izquierda
MOVLW	.25	: Configurar modulo USART
MOVWF	SPBRG	: 9600 bps. asincrono. high speed.
BSF	TXSTA.TXEN	: Activar Transmisión de datos
BCF	TXSTA.SYNC	: Activar Recepción de datos
BSF	TXSTA.BRGH	: Configuración de velocidad
BANKSEL	PORTA	: Banco 0
BSF	RCSTA.CREN	: Activa Recepción continua
BSF	RCSTA.SPEN	
MOVLW	B'0111111'	: ctiva TMR2 para PWM pre16 post7
MOVWF	T2CON	
BANKSEL	PR2	
MOVLW	.156	: Periodo máximo en timer 2
MOVWF	PR2	
BANKSEL	CCP1CON	
BCF	CCP1CON..4	
BCF	CCP1CON..5	
BCF	CCP2CON..4	
BCF	CCP2CON..5	: Inicio de ciclo de trabajo en ambos PWMs
MOVLW	.63	
MOVWF	CCPR1L	
MOVLW	B'1111'	: Activa PWM1
MOVWF	CCP1CON	
MOVLW	.77	
MOVWF	CCPR2L	
MOVLW	B'1111'	: Activa PWM2
MOVWF	CCP2CON	
CALL	inton	
CALL	inilecd	
CALL	espera3	
CALL	ldref	
BCF	PORTA.4	: Apaga bomba
CLRF	atmbb	: Limpia bandcras
CLRF	autocont	
SLP:		
CALL	ciclotec	
BTFS	almbb..2	
CALL	snd	
BTFS	autocont.1	
CALL	autozet	
MOVLW	B'10011001'	: Inicia conversión de ADC1
MOVWF	ADCON0	
BSF	ADCON0.GO	
GOTO	SLP	

```

*****
:
:   RUTINA QUE HABILITA INTERRUPTS Y LIMPIA BANDERAS
:
*****

```

```

inton:

```

```

    BANKSEL    PIE1
    BSF        PIE1.RCIE
    BCF        PIE1.TXIE
    BSF        PIE1.ADIE           :Habilita Interrupto de ADCs
    BANKSEL    PIR1
    BCF        PIR1.ADIF          :Limpia bandera de conversión
    BCF        INTCON.INTF        :Limpia bandera de RB0
    BSF        INTCON.INTE        :Habilita Interrupto Externo
    BSF        INTCON.PEIE        :Habilitación d Interruptos Periféricos
    BSF        INTCON.GIE         :Habilitación Global de Interruptos
    RETURN

```

```

*****
:
:   RUTINA QUE REGISTRA LA TEMPERATURA Y PRESIONES
:
*****

```

```

settemp:

```

```

    MOVF       ADRESH.W
    MOVWF     T
    BANKSEL   ADCON1
    MOVLW    B'10000100'
    MOVWF    ADCON1           : Guarda 8 bits + significativos en T
    BANKSEL   ADCON0
    MOVLW    B'10000001'     : Configura ADC canal 0
    MOVWF    ADCON0
    MOVLW    .130           : Despliega T en LCD
    CALL     cmdlcd
    MOVF     T.w
    CALL     envcd
    BSF      ADCON0.GO       : Inicia conversion
    BTFSC    ADCON0.GO
    GOTO     $-1

```

```

    MOVLW    .137           : Despliega P1 en LCD
    CALL     cmdlcd
    MOVF     PI.w
    CALL     envcd
    BANKSEL   ADRESL
    MOVF     ADRESL.W
    BANKSEL   ADCON0
    MOVWF    PI             : Guarda 8 bits - significativos en P1
    MOVLW    B'10001001'    : Configura ADC canal 1 Right Justified
    MOVWF    ADCON0
    BSF      ADCON0.GO       : Inicia conversion
    BTFSC    ADCON0.GO
    GOTO     $-1

```

```

BANKSEL    ADRESL
MOVF       ADRESL.W
BANKSEL    ADCON0
MOVWF     P2           : Guarda 8 bits - significativos en P2
MOVLW     .144        : Despliega P2 en LCD
CALL      cmdlcd
MOVF      P2.w
CALL      envcd
BANKSEL    ADCON1
MOVLW     B'0000100'  : Configura ADC Canal 3
MOVWF     ADCON1
BANKSEL    ADCON0
MOVLW     B'10011001'
MOVWF     ADCON0
BSF       ADCON0.GO   : Inicia conversión
RETURN

```

```

*****
:                               RUTINA DE CONTROL DESDE PC
*****

```

```

rs232:
MOVF      RCREG.W
MOVWF     cmd         : Variable de control cargada con datos del puerto
CLRF      autocont
CLRWF     cmd.0
SUBWF    STATUS.Z
BTFSK    alarma      : Llama a función de alarma
CALL     alarma

MOVLF     .1
SUBWF    cmd.0
BTFSK    STATUS.Z
GOTO     rs1
BSF      PORTA..4     : Enciende bomba
BSF      almbb..1
CALL     lcdbb

rs1:     MOVLW     .2
SUBWF    cmd.0
BTFSK    STATUS.Z
GOTO     rs2
BCF      PORTA..4     : Apaga Bomba
BCF      almbb..1
CALL     lcdbb

rs2:     MOVLW     .3
SUBWF    cmd.0
BTFSK    STATUS.Z
GOTO     rs3
CALL     pwm_linc     : Abre un paso Válvula 1

rs3:     MOVLW     .4
SUBWF    cmd.0
BTFSK    STATUS.Z
GOTO     rs4
CALL     pwm_ldec     : Cierra un paso Válvula 1

```

rs4:	MOVLW SUBWF BTSS GOTO CALL	.5 cmd.0 STATUS.Z rs5 pwm2inc	: Abre un paso Válvula 2
rs5:	MOVLW SUBWF BTSS GOTO CALL	.6 cmd.0 STATUS.Z rs6 pwm2dec	: Cierra un paso Válvula 2
rs6:	MOVLW SUBWF BTSS GOTO CALL	.7 cmd.0 STATUS.Z rs7 cerrar	: Cierra completamente ambas válvulas
rs7:	MOVLW SUBWF BTSS GOTO BSF	.8 cmd.0 STATUS.Z rs8 almbb..2	:Envía datos a la PC
rs8:	MOVLW SUBWF BTSS GOTO CALL	.9 cmd.0 STATUS.Z rs9 abrir	: Abre completamente ambas válvulas
rs9:	MOVLW SUBWF BTSS GOTO CALL BCF	.10 cmd.0 STATUS.Z rs10 stop almbb..2	: Detiene todo proceso :Suspende transmisión de datos a la PC
rs10:	MOVLW SUBWF BTSS RETURN MOVF MOVWF BSF RETURN	.11 cmd.0 STATUS.C cmd.W auto autocont.1	: Activa rutina de control automático

```

*****
:
:                               RUTINA DE MULTIPLICACIÓN POR 10
:
*****
por10: CLRf          mul
        CLRw
        ADDWF      cont.w
        BTFSS     STATUS.Z    ;Si cont es 0 se sale
        GOTO     midmult
        GOTO     finmult

midmult:
        MOVLW     .10         ; Si no lo multiplica por 10
        ADDWF     mul.l
        DECF      cont.l
        BTFSC     STATUS.Z
        GOTO     finmult
        GOTO     midmult

finmult:
        MOVF      mul.w
        MOVWF     cont
        RETURN

```

```

*****
:
:                               RUTINA DE CONTROL DESDE TECLADO
:
*****
tcc:
        BTFSS     autocont..0    ;*-Shift
        GOTO     ecmid
        CLRf     cont
        BTFSC     PORTB.4        ;0
        GOTO     tecfin
        INCF     cont.l

        BTFSC     PORTB.7        ;1
        GOTO     tecfin
        INCF     cont.l

        BTFSC     PORTB.3        ;2
        GOTO     tecfin
        INCF     cont.l

        BTFSC     PORTD.5        ;3
        GOTO     tecfin
        INCF     cont.l

        BTFSC     PORTB.6        ;4
        GOTO     tecfin
        INCF     cont.l

        BTFSC     PORTB.2        ;5
        GOTO     tecfin
        INCF     cont.l

        BTFSC     PORTD.6        ;6
        GOTO     tecfin
        INCF     cont.l

```

```

    BTFSC    PORTB.5           :7
    GOTO     tecfin
    INCF     cont.1

    BTFSC    PORTB.1           :8
    GOTO     tecfin
    INCF     cont.1

    BTFSC    PORTD.4           :9
    GOTO     tecfin
    BTFSS    PORTC.5           :#
    GOTO     tecfin
    MOVF     autotemp.W
    MOVWF    auto
    BSF      autocont.1
    BCF      autocont.0
    RETURN

tecfin:
    CLRW
    ADDWF    cdu.0
    BTFSS    STATUS.Z
    GOTO     tecdec
    CALL    por10
    CALL    por10
    MOVF     cont.W
    MOVWF    autotemp
    INCF     cdu.1
    RETURN

tecdec:
    MOVLW    .1
    SUBWF    cdu.0
    BTFSS    STATUS.Z
    GOTO     tecun
    CALL    por10
    MOVF     cont.W
    ADDWF    autotemp.1
    INCF     cdu.1
    RETURN

tecun:
    MOVF     cont.W
    ADDWF    autotemp.1
    CLRF
    RETURN

tecmid:
    BTFSC    PORTD.4           :9-Llama a función de alarma
    CALL    alarma
    BTFSC    PORTB.7           :1-Llama a función de control manual
    CALL    abrir
    BTFSC    PORTB.3           :2-Enciende/apaga la bomba
    CALL    btoggle
    BTFSC    PORTD.5           :3-Cierra completamente ambas válvulas
    CALL    cerrar
    BTFSC    PORTB.6           :4-Detiene todo proceso
    CALL    stop
    BTFSC    PORTB.2           :5-Abre un paso Válvula 1
    CALL    pwm1inc
    BTFSC    PORTD.6           :6-Cierra un paso Válvula 1

```

```

CALL      pwm1dec
BTFSC    PORTB.5      :7-Abre un paso Válvula 2
CALL      pwm2inc
BTFSC    PORTB.1      :8-Cierra un paso Válvula 2
CALL      pwm2dec
BTFSS    PORTC.5      :#-Activa colocación automática
RETURN
BSF      autocont..0
RETURN

*****
:
:          RUTINA DE ALARMA
:
*****
alarma:
BCF      PORTA..4
BCF      almbb..1
CLRF     auto
MOVLW   .63
MOVWF   CCPR1L
CALL    espera
MOVLW   .77
MOVWF   CCPR2L
BSF     almbb..0
CLRF   autocont
RETURN

*****
:
:          RUTINA DE CONTROL DE LA BOMBA DESDE TECLADO
:
*****
btoggf:
CLRF     autocont:Si la bomba esta prendida la apaga
BTFSS   almbb..1
GOTO    bfin
BCF     PORTA..4
BCF     almbb..1
CALL    lcdbb
RETURN

bfin:
BSF     PORTA..4      :Y si apagada la enciende
BSF     almbb..1
CALL    lcdbb
RETURN

*****
:
:          RUTINA DE INCDREMENTO PWMI
:
*****
pwm1inc:
CLRF     autocont      : Cierra un paso válvula 1
MOVLW   .96
SUBWF   CCPR1L,0
BTFSC   STATUS.C
RETURN
MOVLW   .1
ADDWF   CCPR1L.1
MOVLW   .201
CALL    cmdlcd
MOVF    CCPR1L,w
CALL    envcdu
RETURN

```

```

*****
:
:                               RUTINA DE INCDREMENTO PWM2
:
*****
pwm2inc:
    CLRF          autocont: Cierra un paso válvula 2
    MOVLW        .110
    SUBWF        CCPR2L.0
    BTFSC        STATUS.C
    RETURN
    MOVLW        .1
    ADDWF        CCPR2L.1
    MOVLW        .208
    CALL         cmdlcd
    MOVF         CCPR2L.w
    CALL         envcdi
    RETURN

*****
:
:                               RUTINA DE DECREMENTO PWM1
:
*****
pwm1dec:
    CLRF          autocont          : Abre un paso válvula 1
    MOVLW        .63
    SUBWF        CCPR1L.0
    BTFSS        STATUS.C
    RETURN
    MOVLW        .1
    SUBWF        CCPR1L.1
    MOVLW        .201
    CALL         cmdlcd
    MOVF         CCPR1L.w
    CALL         envcdi
    RETURN

*****
:
:                               RUTINA DE DECREMENTO PWM2
:
*****
pwm2dec:
    CLRF          autocont          : Abre un paso válvula 2
    MOVLW        .77
    SUBWF        CCPR2L.0
    BTFSS        STATUS.C
    RETURN
    MOVLW        .1
    SUBWF        CCPR2L.1
    MOVLW        .208
    CALL         cmdlcd
    MOVF         CCPR2L.w
    CALL         envcdi
    RETURN

```

```

*****
:
:           RUTINA DE CIERRE DE VALVULAS
:
*****

```

```
cerrar:
```

```

CLRF      autocont
MOVLW    .63
MOVWF    CCPR1L
MOVLW    .201
CALL     cmdlcd
MOVF     CCPR1L,w
CALL     envcd
MOVLW    .77
MOVWF    CCPR2L
MOVLW    .208
CALL     cmdlcd
MOVF     CCPR2L,w
CALL     envcd
RETURN

```

```

*****
:
:           RUTINA DE STOP
:
*****

```

```
stop:
```

```

CLRF      autocont
BCF       PORTA..4
CALL     cerrar
BCF       almbb..1
BCF       almbb..0
CALL     lcdbb
RETURN

```

```

*****
:
:           RUTINA DE APERTURA DE VALVULAS O CONTROL MANUAL
:
*****

```

```
abrir:
```

```

CLRF      autocont
MOVLW    .96
MOVWF    CCPR1L
MOVLW    .201
CALL     cmdlcd
MOVF     CCPR1L,w
CALL     envcd
MOVLW    .110
MOVWF    CCPR2L
MOVLW    .208
CALL     cmdlcd
MOVF     CCPR2L,w
CALL     envcd
RETURN

```

```

*****
:
:           RUTINA DE ENVIO POR EL RS232
:
*****

```

```
snd:
```

```

CLRW
CALL     send
MOVF    T.W      :Envía la Temperatura
CALL     send
MOVF    P1.W     :Envía Presión I

```

```

CALL      send
MOVWF    P2.W      :Envía Presión 2
CALL      send
MOVWF    CCPR1L.W :Envía Caudal 1
CALL      send
MOVWF    CCPR2L.W :Envía Caudal 2
CALL      send
MOVWF    almbb.W  :Envía Estado de Alarma y Bomba
CALL      send
RETURN

*****
:
:          RUTINA QUE ENVIA W AL TX RS232
:
*****
send:
MOVWF    TXREG
snd1:    BTFSS    PIR1.TXIF
        GOTO     snd1
MOVWF    TXREG
snd2:    BTFSS    PIR1.TXIF
        GOTO     snd2
        CALL    espera3
RETURN

*****
:
:          RUTINA DE ESPERA
:
*****
espera:  :GOTO    finesp
MOVWF    B'11111111'
MOVWF    esp1
iniesp:  DECF     esp1.1
        BTFSC    STATUS.Z
        GOTO     finesp
MOVWF    B'11111111'
MOVWF    esp2
midesp:  NOP
        NOP
        NOP
        NOP
        DECFSZ   esp2.1
        GOTO     midesp
        GOTO     iniesp
finesp:  RETURN

*****
:
:          RUTINA DE ESPERA LENTA
:
*****
espera3:
        :GOTO    finesp2
MOVWF    .100
MOVWF    esp1
iniesp3:
        DECF     esp1.1
        BTFSC    STATUS.Z
        GOTO     finesp3
MOVWF    .100
MOVWF    esp2
midesp3:

```

```

DECFSZ    esp2.1
GOTO      midesp3
GOTO      iniesp3
finesp3:
RETURN
*****
:          RUTINA DE PARA DETECTAR TECLA ACTIVA
*****
ciclotec:

BSF       PORTB.7           ;1-Control Manual
CALL      wait
BCF       PORTB.7
BSF       PORTB.3           ;2-Enciende/apaga la bomba
CALL      wait
BCF       PORTB.3
BSF       PORTD.5           ;3-Cierra completamente ambas válvulas
CALL      wait
BCF       PORTD.5
BSF       PORTB.6           ;4-Detiene todo proceso
CALL      wait
BCF       PORTB.6
BSF       PORTB.2           ;5-Abre un paso Válvula 1
CALL      wait
BCF       PORTB.2
BSF       PORTD.6           ;6-Cierra un paso Válvula 1
CALL      wait
BCF       PORTD.6
BSF       PORTB.5           ;7-Abre un paso Válvula 2
CALL      wait
BCF       PORTB.5
BSF       PORTB.1           ;8-Cierra un paso Válvula 2
CALL      wait
BCF       PORTB.1
BSF       PORTD.4           ;9-Activa colocación automática
CALL      wait
BCF       PORTD.4
BSF       PORTC.5
CALL      wait
BCF       PORTC.5
BSF       PORTB.4
CALL      wait
BCF       PORTB.4
RETURN

wait:
NOP
NOP
RETURN

```

```

*****
:
:           RUTINA DE CONTROL AUTOMATICO
:
*****
autoset:
    RETURN
    MOVF      auto.W
    MOVWF     CCPR1L
asl:   BCF      PIE1.ADIE

    MOVLW    B'10011001'      : Inicia conversion de ADC1
    MOVWF    ADCON0
    BSF      ADCON0.GO
    BTFSC    ADCON0.GO
    GOTO     $-1
    CALL     settemp
    MOVF     P2.w
    SUBWF    P1.0
    MOVWF    cont
    MOVLW    .100
    SUBWF    cont
    BTFSS    STATUS.C
    RETURN
    CALL     pwm2inc
    GOTO     asl

```

```

*****
:
:           RUTINA PARA MOVER DATO AL LCD
:
*****
datlcd:
    BSF      PORTA.5
    MOVWF    esp1
    BCF      PORTD.0
    BCF      PORTD.1
    BCF      PORTD.2
    BCF      PORTD.3
    BCF      PORTC.0
    BCF      PORTE.0
    BCF      PORTE.1
    BCF      PORTE.2

    MOVWF    esp1
    BTFSC    esp1.0      :Traslada W a los pines del LCD
    BSF      PORTD.0
    BTFSC    esp1.1
    BSF      PORTD.1
    BTFSC    esp1.2
    BSF      PORTD.2
    BTFSC    esp1.3
    BSF      PORTD.3
    BTFSC    esp1.4
    BSF      PORTC.0
    BTFSC    esp1.5
    BSF      PORTE.0
    BTFSC    esp1.6
    BSF      PORTE.1
    BTFSC    esp1.7
    BSF      PORTE.2

```

```

BSF      PORTA.2
NOP
BCF      PORTA.2
BTFSC   almbb.1
BSF      PORTA.4
RETURN

```

```

*****
:
:          RUTINA PARA MOVER COMANDO AL LCD
:
*****

```

```
cmdlcd:
```

```

BCF      PORTA.5          :Baja linea de RS
MOVWF   esp1
BCF      PORTD.0          :Prepara pines para nuevo dato
BCF      PORTD.1
BCF      PORTD.2
BCF      PORTD.3
BCF      PORTC.0
BCF      PORTE.0
BCF      PORTE.1
BCF      PORTE.2
MOVWF   esp1
BTFSC   esp1.0           :Traslada W a los pines del LCD
BSF      PORTD.0
BTFSC   esp1.1
BSF      PORTD.1
BTFSC   esp1.2
BSF      PORTD.2
BTFSC   esp1.3
BSF      PORTD.3
BTFSC   esp1.4
BSF      PORTC.0
BTFSC   esp1.5
BSF      PORTE.0
BTFSC   esp1.6
BSF      PORTE.1
BTFSC   esp1.7
BSF      PORTE.2
BSF      PORTA.2
NOP
BCF      PORTA.2
BSF      PORTA.5
BTFSC   almbb.1
BSF      PORTA.4
RETURN

```

```

*****
:
:                               RUTINA PARA INICIALIZAR LCD
:
*****

```

```

inilcd:
    MOVLW    .63           : Enciende LCD 2 líneas y 8 bits
    CALL     cmdlcd
    CALL     espera3
    MOVLW    .15           : Activa el cursor. con blinking
    CALL     cmdled
    CALL     espera3
    MOVLW    .1            : Limpia pantalla LCD
    CALL     cmdlcd
    CALL     espera3
    MOVLW    .6            : modo de Incremento y shift activado
    CALL     cmdlcd
    RETURN

```

```

*****
:
:                               RUTINA PARA ACTUALIZAR LCD
:
*****

```

```

lcdref:
    MOVLW    .2            : Despliega T
    CALL     cmdled
    MOVLW    HIGH M1
    MOVWF    pth
    MOVLW    LOW M1
    MOVWF    ptl
    CALL     envmm
    MOVF     T.w
    CALL     envcdn

    MOVLW    HIGH M2           : Despliega P1
    MOVWF    pth
    MOVLW    LOW M2
    MOVWF    ptl
    CALL     envmm
    MOVF     P1.w
    CALL     envcdn

    MOVLW    HIGH M3           : Despliega P2
    MOVWF    pth
    MOVLW    LOW M3
    MOVWF    ptl
    CALL     envmm
    MOVF     P2.w
    CALL     envcdn

    MOVLW    HIGH M4           : Espacio en blanco
    MOVWF    pth
    MOVLW    LOW M4
    MOVWF    ptl
    CALL     envmm

    MOVLW    HIGH M5           : Despliega B
    MOVWF    pth
    MOVLW    LOW M5
    MOVWF    ptl
    CALL     envmm

```

```

CALL      lcdbb
MOVLW    HIGH M6           : Despliega V1
MOVWF    pth
MOVLW    LOW M6
MOVWF    ptl
CALL     envmm
MOVF     CCPR1L.w
CALL     envcdh
MOVLW    HIGH M7           : Despliega V2
MOVWF    pth
MOVLW    LOW M7
MOVWF    ptl
CALL     envmm
MOVF     CCPR2L.w
CALL     envedu
RETURN

```

```

:*****
:      RUTINA DE ENVIO DE CDU Y CONVERSION DE W A UDC
:*****

```

envcdh:

```

MOVWF    cont
CLRF     unidades
CLRF     decenas
CLRF     centenas
INCF     unidades

```

udcmid:

```

MOVF     cont.w
BTFSS   STATUS.Z
GOTO    udc0
CLRF    unidades
GOTO    udc1

```

udc0:

```

DECF     cont
BTFSC   STATUS.Z
GOTO    udc1
INCF     unidades           :Ciclo que separa en Unidades Decenas y Centenas
MOVLW   .10
SUBWF   unidades.w
BTFSS   STATUS.Z
GOTO    udc0
CLRF    unidades
INCF    decenas.l
MOVLW   .10
SUBWF   dccenas.w
BTFSS   STATUS.Z
GOTO    udc0
CLRF    decenas
INCF    centenas.l
GOTO    udc0

```

udc1:

```

MOVLW   .48
ADDWF   centenas.0
CALL    datlcd
MOVLW   .48
ADDWF   decenas.0

```

```

CALL    datlcd
MOVLW  .48
ADDWF  unidades.0
CALL    datlcd
RETURN

```

```

*****
:
:          RUTINA DE ENVIO DE CADENA DE CARACTÉRES
:
*****

```

```

envmm:
    BANKSEL    EEADR
    MOVF       pth.w
    MOVWF     EEADRH
    MOVF       ptl.w
    MOVWF     EEADR
    BSF        STATUS.RP0    :BANCO 3!
    BSF        EECON1.EEPGD
    BSF        EECON1.RD
    NOP
    NOP
    BCF        STATUS.RP0    :BANCO 2!
    MOVF       EEDATA.w
    MOVWF     ascl
    MOVF       EEDATH.w
    MOVWF     asch
    BCF        STATUS.RP1    :BANCO 0
    RLF        ascl.0
    RLF        asch.1
    BCF        asch..7
    BCF        ascl..7
    MOVLW     .36
    SUBWF     asch.w
    BTFSS     STATUS.Z
    GOTO      siga
    BTFSC     STATUS.C
    GOTO      fincad
siga:    MOVF       asch.w
    CALL      datlcd
    MOVLW     .36
    SUBWF     ascl.w
    BTFSS     STATUS.Z
    GOTO      siga2
    BTFSC     STATUS.C
    GOTO      fincad
siga2:   MOVF       ascl.w
    CALL      datlcd
    INCF     ptl.1
    BTFSC     STATUS.Z
    INCF     pth.1
    GOTO     envmm
fincad:
    RETURN

```

```

*****
:
: DISPLAY DE ESTADO DE BOMBA EN LCD
:
*****

```

```

lcdbb:
    MOVLW    .194
    CALL     cmdlcd
    BTFSS    almbb.1
    GOTO     lcdbb2
    MOVLW    HIGH M8
    MOVWF    pth
    MOVLW    LOW M8
    MOVWF    ptl
    CALL     envmm
    RETURN

```

```

lcdbb2:
    MOVLW    HIGH M9
    MOVWF    pth
    MOVLW    LOW M9
    MOVWF    ptl
    CALL     envmm
    RETURN

```

```

*****
:
: MENSAJES LCD
:
*****

```

```

M1    DA    "T:$"
M2    DA    " P1:$"
M3    DA    " P2:$"
M4    DA    " *****$"
M5    DA    "B:$"
M6    DA    " V1:$"
M7    DA    " V2:$"
M8    DA    "ON $"
M9    DA    "OFF$"
      END

```

APÉNDICE D: CÓDIGO EN LENGUAJE VISUAL BASIC 5.0 PARA EL ENVÍO DE COMANDOS DESDE LA COMPUTADORA AL PIC 16F877 PARA EL CONTROL DE LA TORRE EMPACADA A TRAVÉS DEL PUERTO SERIAL

```

*****
'
'      PROYECTO: Control de flujo de líquidos y gases en una
'      Torre empacada con monitoreo de temperatura
'
'      Carlos Tercero Villagrán 98208
*****
Dim cont4 As Integer      'Variables Globales
Dim cont5 As Integer
Dim Control As Integer
*****
Function BI(cont1) As Integer  'Actualiza barra temperatura
For cc1 = 0 To cont1 Step 1

    If cc1 < 25 Then
Label6(cc1).BackColor = 192  'Colorea datos y pinta de blanco el resto
    End If
    If cc1 < 19 Then
Label6(cc1).BackColor = 33023
    End If
    If cc1 < 14 Then
Label6(cc1).BackColor = vbYellow
    End If
    If cc1 < 12 Then
Label6(cc1).BackColor = vbGreen
    End If

    If cc1 < 9 Then
Label6(cc1).BackColor = vbBlue
    End If
Next cc1

For cc1 = cont1 To 24 Step 1
Label6(cc1).BackColor = vbWhite
Next cc1
End Function

```

```

*****
Function B2(cont2) As Integer          'Actualiza barra Presion1
For cc2 = 0 To cont2 Step 1
    If cc2 < 25 Then
        Label7(cc2).BackColor = 192
    End If
    If cc2 < 19 Then
        Label7(cc2).BackColor = 33023
    End If
    If cc2 < 14 Then
        Label7(cc2).BackColor = vbYellow
    End If
    If cc2 < 12 Then
        Label7(cc2).BackColor = vbGreen
    End If
    If cc2 < 9 Then
        Label7(cc2).BackColor = vbBlue
    End If
Next cc2

For cc2 = cont2 To 24 Step 1
Label7(cc2).BackColor = vbWhite
Next cc2
End Function
*****
Function B3(cont3) As Integer          'Actualiza barra Presion2
For cc3 = 0 To cont3 Step 1
    If cc3 < 25 Then
        Label8(cc3).BackColor = 192
    End If
    If cc3 < 19 Then
        Label8(cc3).BackColor = 33023
    End If
    If cc3 < 14 Then
        Label8(cc3).BackColor = vbYellow
    End If
    If cc3 < 12 Then
        Label8(cc3).BackColor = vbGreen
    End If
    If cc3 < 9 Then
        Label8(cc3).BackColor = vbBlue
    End If
Next cc3

For cc3 = cont3 To 24 Step 1
Label8(cc3).BackColor = vbWhite
Next cc3
End Function
*****

```

```

Function dif(cont2, cont3) As Double 'Actualiza barra de diferencia de Presiones
prom = Sqr((cont2 - cont3) ^ 2)
For cc5 = 0 To prom Step 1
    If cc5 < 15 Then
        Label10(cc5).BackColor = 192
    End If
    If cc5 < 10 Then
        Label10(cc5).BackColor = 33023
    End If
    If cc5 < 6 Then
        Label10(cc5).BackColor = vbYellow
    End If
    If cc5 < 3 Then
        Label10(cc5).BackColor = vbGreen
    End If
    If cc5 < 1 Then
        Label10(cc5).BackColor = vbBlue
    End If
Next cc5
For cc5 = prom To 24 Step 1
Label10(cc5).BackColor = vbWhite
Next cc5
End Function
*****
Function run() As Integer          'Rutina de actualización de pantalla

Static cont1 As Integer
Static cont2 As Integer
Static cont3 As Integer

cont1 = Text1 - 15      'Modifica datos provenientes del puerto serial
cont2 = Text2/10-14
cont3 = Text3/10-14
If (cont1 < 0) Then
    cont1 = 0
End If
If (cont2 < 0) Then
    cont2 = 0
End If
If (cont3 < 0) Then
    cont3 = 0
End If
Call B1(cont1)
Call B2(cont2)
Call B3(cont3)
Cont2=(Cont2+14)*10    'Regresa datos a estado original
Cont3=(Cont3+14)*10
Call dif(cont2, cont3)
Check2.Value = 0
If Control = 1 Then    'Enclave para selección de control
    Option1.Value = True
    Option2.Value = False

```

```

Option3.Value = False
Elseif Control = 2 Then
Option2.Value = True
Option1.Value = False
Option3.Value = False
Elseif Control = 3 Then
Option2.Value = False
Option1.Value = False
Option3.Value = True
End If
Check2.Value = 1
End Function
*****
Private Sub Activar_Click()           'Rutina de inicialización
MSComm1.Settings = "9600,n,8,1"
MSComm1.InputLen = 0
MSComm1.InputMode = comInputModeBinary
MSComm1.PortOpen = True
Command8.Visible = False
Command2.Visible = True
Call run
End Sub
*****
Private Sub SND()                   'Envia dato por puerto serial
Dim Buffer As Variant
Buffer = Chr$(Text5)
MSComm1.Output = Buffer
MSComm1.Output = Buffer
End Sub
*****
Private Sub Command1_Click()
Text5 = 7   'Comando detener
Call SND   'Cierra Válvulas
Text5 = 2
Call SND   'Apaga Bomba
End Sub
*****
Private Sub Command2_Click()
Text5 = 7   'Comando salir
Call SND   'Cierra Válvulas
Text5 = 2
Call SND   'Apaga Bomba
MSComm1.PortOpen = False
End
End Sub
*****
Private Sub Command3_Click()         'cerrar válvulas
tempo = Text5
Text5 = 7
Call SND
Text5 = tempo
End Sub
*****
Private Sub Command4_Click() 'ALARMA ACTIVADA
tempo = Text5
Text5 = 0

```

```

Call SND
Text5 = tempo
End Sub
*****
Private Sub Command5_Click()
If Check1.Value = 1 Then
    tempo = Text5
    Text5 = 1
    Call SND          'Control Manual de la bomba
    Text5 = tempo    'de Agua
    Check1.Value = 0
Else
    tempo = Text5
    Text5 = 2
    Call SND
    Text5 = tempo
    Check1.Value = 1
End If
End Sub
*****
Private Sub Command6_Click() 'Rutina de Activación
Timer1.Enabled = True
End Sub
Private Sub Command8_Click()
MSComm1.Settings = "9600.n.8.1"
MSComm1.InputLen = 0
MSComm1.InputMode = comInputModeBinary
MSComm1.PortOpen = True
Timer1.Enabled = True
Command1.Enabled = True
Command2.Enabled = True
Command3.Enabled = True
Command4.Enabled = True
Command5.Enabled = True
Command8.Enabled = False
Option1.Enabled = True
Option2.Enabled = True
Option3.Enabled = True
Text4 = 4
Call run
End Sub
*****
Private Sub Image2_Click()          'Caudal de gas aumenta
tempo = Text5
Text5 = 3
Call SND
Text5 = tempo
End Sub
*****
Private Sub Image3_Click()          'Caudal de gas disminuye
tempo = Text5
Text5 = 4
Call SND
Text5 = tempo
End Sub
*****

```

```

Private Sub Image4_Click()                'Caudal liquido aumenta
tempo = Text5
Text5 = 5
Call SND
Text5 = tempo
End Sub
*****
Private Sub Image5_Click()                'Caudal liquido disminuye
tempo = Text5
Text5 = 6
Call SND
Text5 = tempo
End Sub
*****
Private Sub MSComm1_OnComm()              'Rutina de recepción de datos
Dim rec As Variant
Static cont As Integer
rec = MSComm1.Input
If cont = 0 Then
    If Val(rec(0)) <> 0 Then
        cont = 0
        GoTo fins
    ElseIf cont = 0 Then
        cont = cont + 1
    End If
ElseIf cont = 1 Then                       'Temperatura
    Text1 = Val(rec(0))
    Text1 = Text1 - 117
    cont = cont + 1
ElseIf (cont = 2) Then                     'Presión 1
    Text2 = Val(rec(0))
    Text2 = (255 - Text2) * 2.465
    cont = cont + 1
ElseIf (cont = 3) Then                     'Presión 2
    Text3 = Val(rec(0))
    Text3 = (255 - Text3) * 2.465
    cont = cont + 1
ElseIf (cont = 4) Then                     'Caudal 1
    Text6 = (Val(rec(0)) - 63) * 3
    cont = cont + 1
ElseIf (cont = 5) Then                     'Caudal 2
    Text7 = (Val(rec(0)) - 77) * 3
    cont = cont + 1
ElseIf (cont = 6) Then                     'Alarma & Estado Bomba
    cont4 = Val(rec(0))
    cont = 0
    If (cont4 = 5) Then
        Label1(6).Visible = True
        Image6.Visible = True
    Else
        Label1(6).Visible = False
        Image6.Visible = False
    End If
End If

```

```

    If (cont4 = 4 Or cont4 = 5) Then
        Command5.Caption = "Activar"
        Image8.Visible = False
        Image7.Visible = True
    ElseIf cont4 = 6 Then
        Command5.Caption = "Detener"
        Image8.Visible = True
        Image7.Visible = False
    End If
Else
    cont = 0
End If
Inrs:
End Sub
*****
Private Sub Option1_Click()                'Activa control Manual
    If Check2.Value = 1 Then
        Option1.Value = True
        Option2.Value = False
        Option3.Value = False
        Image5.Enabled = False
        Image2.Enabled = False
        Image3.Enabled = False
        Image4.Enabled = False
        Text6.Enabled = False
        Text8.Visible = False
        Frame1.Visible = True
        Label4.Visible = False
        Text8.Locked = False
        Timer2.Enabled = False
        Text5 = 9
        Call SND
        Control = 1
    End If
End Sub
*****
Private Sub Option2_Click()                'Activa control semiautomático
    If Check2.Value = 1 Then
        Option2.Value = True
        Option1.Value = False
        Option3.Value = False
        Image5.Enabled = True
        Image2.Enabled = True
        Image3.Enabled = True
        Image4.Enabled = True
        Text6.Enabled = False
        Control = 2
        Text8.Visible = False
        Text8.Locked = False
        Timer2.Enabled = False
        Label4.Visible = False
        Frame1.Visible = False
    End If
End Sub

```

```

*****
Private Sub Option3_Click()                                'Activa control automático
If Check2.Value = 1 Then
Option3.Value = True
Option2.Value = False
Option1.Value = False
Image5.Enabled = False
Image2.Enabled = False
Image3.Enabled = False
Image4.Enabled = False
Text8.Visible = True
Text8 = Text6
Text8.Locked = True
Label4.Visible = True
Frame1.Visible = True
Control = 3
Timer2.Enabled = True
End If
End Sub
*****
Private Sub Salir_Click()                                'Rutina de salida
Text5 = 7
Call SND      'Cierra Válvulas
Text5 = 2
Call SND      'Apaga Bomba
MSComm1.PortOpen = False
End
End Sub
*****
Private Sub Timer1_Timer()                               'Rutina que solicita actualización de
Static tempo As Integer                                'datos al PIC
cont = 0
'GoTo ft
tempo = Text5
Text5 = 8
Call SND
Text5 = tempo
Timer1.Enabled = False
Call run
ft:
End Sub
*****
Private Sub Timer2_Timer()                               'Rutina de control automático
If (Text3 < 315) Then
tempo = Text5
Text5 = 5
Call SND
Text5 = tempo
End If
If (Text3 > 315) Then
Timer2.Enabled = False
MsgBox ("¡La Torre ha sido colocada satisfactoriamente!")
End If

```

```
End Sub
*****

Private Sub Timer3_Timer()
    If (Text3 > 400) Then
        tempo = Text5
        Text5 = 0
        Call SND
        Text5 = tempo
    End If
End Sub
*****

Private Sub Timer4_Timer()      ' Actualiza despliegue de gráficas de caudales
    Dim tt
    tt = Text6
    If (tt > 0) Then Frame2.Width = (tt * 2415) / 99
    tt = Text7
    If (tt > 0) Then Framc3.Width = (tt * 2415) / 99
End Sub
*****
```

APÉNDICE E: GLOSARIO

bit:	Unidad de medida de información equivalente a la elección entre dos posibilidades igualmente probables.
bps:	Unidad usada para medir la velocidad de transmisión de señales telegráficas y telefónicas correspondientes a 1 bit por segundo.
CPVC:	Tubería de "Chloratined PolyVinyl Chloride"
DB-9:	Conector de comunicación estándar de nueve pines.
DIP:	Empaquetado de componentes electrónicos para desarrollo de aplicaciones.
gpm:	Galones por minuto.
Hz:	Unidad de medida de frecuencia correspondiente a un ciclo por segundo.
I2C:	Protocolo de comunicación serial.
Interfaz:	Zona de comunicación o acción de un sistema sobre otro.
K:	Grados Kelvin, utilizados para expresar una temperatura absoluta.
LED:	"Light Emmiting Diode", diodo emisor de luz.
mA:	Unidad de medida de corriente correspondiente a 1×10^{-3} amperios.
MHz:	Unidad de medida de frecuencia correspondiente a 1×10^6 Hz.
Microcontrolador:	Microcomputadora de una sola pastilla.
mils:	Unidad de medida de longitud correspondiente a 1×10^{-3} pulgadas.
mV:	Unidad de medida de voltaje correspondiente a 1×10^{-3} voltios.
PC:	"Personal Computer", computadora personal.

PIC:	“Programmable Integrated Circuit”, circuito integrado programable, todos los microcontroladores son circuitos integrados programables.
Pin:	Terminal de conexión de empaquetados de componentes electrónicos.
psi:	“Pounds per Square Inch”, libras por pulgada cuadrada.
PVC:	Tubería de “PolyVinyl Chloride”
PWM:	“Pulse Wide Modulation”, modulación por ancho en un tren de pulsos.
Rotámetro:	Instrumento de medición para un caudal de un fluido en una tubería.
RS-232:	Protocolo estándar de transmisión serial.
Servomotores:	Motor eléctrico con giro de 180 grados, se posiciona según una señal de mando de tipo PWM.
SIP:	Conector formado por una o dos hileras de pines sobre un circuito impreso.
TTL:	Tipo de componentes electrónicos que se activan con una diferencia de potencial de cinco voltios. Siglas en inglés de lógica de transistor transistor.
V:	Abreviatura de voltios, unidad de medida de diferencia de potencial.
VAC:	Voltaje alterno.
Vcc:	Voltaje de alimentación.
VDC:	Voltaje continuo.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

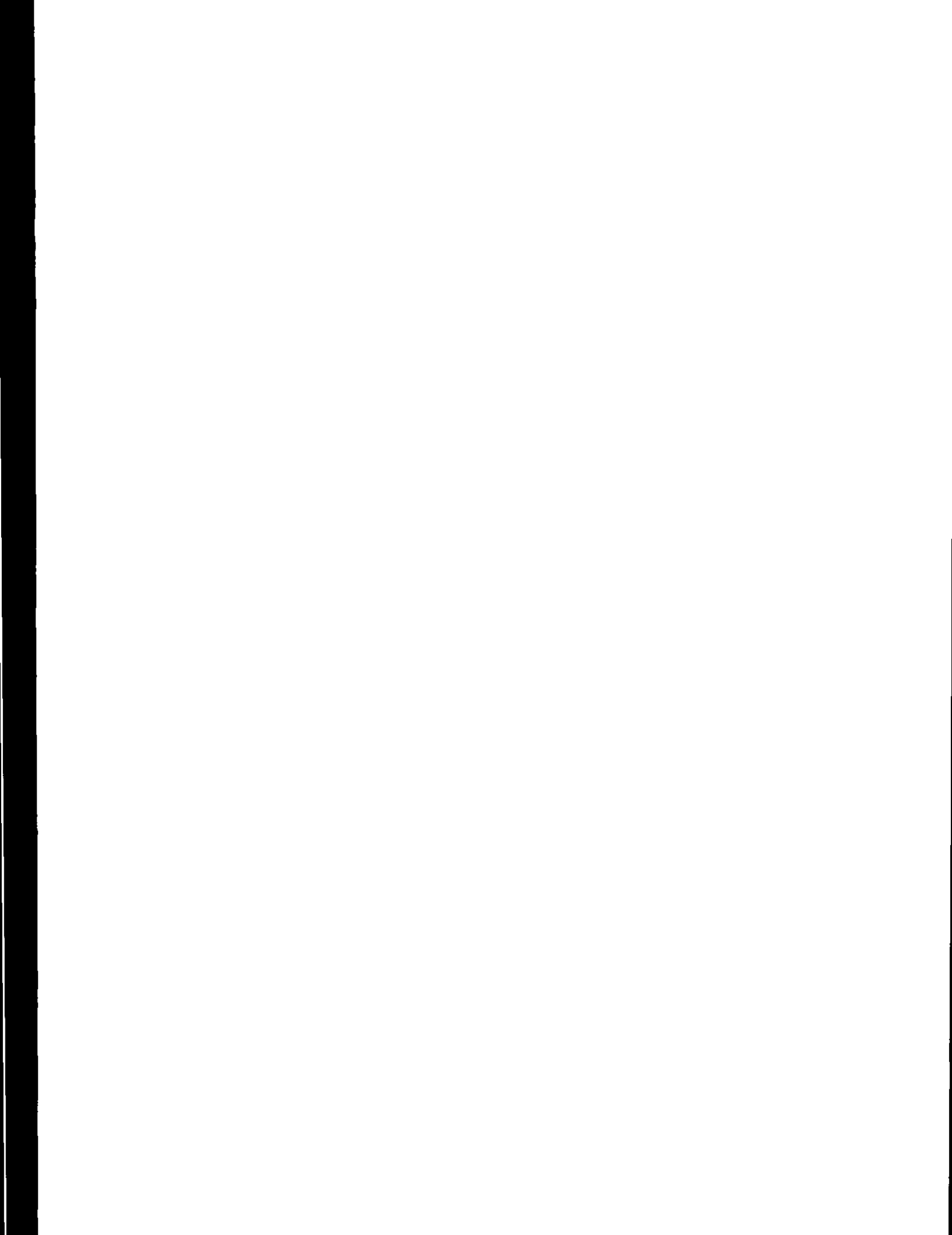
Departamento de Ingeniería Electrónica

**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

Manual de operación

Anexo al trabajo de graduación presentado para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala
2003



**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

Manual de operación

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Electrónica

**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

Manual de operación

CARLOS RAFAEL TERCERO VILLAGRÁN

Anexo al trabajo de graduación presentado para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala
2003

CONTENIDO

Capítulos	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ESPECIFICACIONES	2
A. Formas de operación	2
B. Entradas.....	2
C. Salidas	4
D. Interfaces.....	5
1. Interfaz de la computadora.....	5
a. Instalación del programa.....	5
b. Panel de control	6
c. Unidades del despliegue	11
2. Teclado y pantalla de cristal líquido.....	11
a. Panel de control	11
b. Unidades del despliegue	12
E. Alimentación	12
F. Limitaciones del diseño.....	13
III. OPERACIÓN	14
A. Instalación del equipo	14
B. Control desde la computadora.....	15
1. Control manual.....	15
2. Control semiautomático	15
3. Control automático	15
C. Control desde la consola	16
D. Recomendaciones	16

LISTA DE FIGURAS

Figura	Página
2.1: Vista lateral izquierda de la de mando.....	3
2.2: Vista frontal y lateral derecha de la consola de mando	3
2.3: Iniciación del programa	6
2.4: Control manual	8
2.5: Control semiautomático.....	9
2.6: Control automático	10
2.7: Ejemplo de despliegue en la pantalla de cristal líquido.....	12

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal que persigue este manual de operación de la consola de control de la torre empacada es brindar al usuario una presentación clara y resumida del funcionamiento de la misma, así como los aspectos a considerarse para obtener mejores resultados en la operación del equipo.

Se explicarán en el mismo las partes que componen la consola de control, las distintas formas de manejar el equipo, el procedimiento necesario para su puesta en marcha, así como las recomendaciones y precauciones a tomarse para el uso del equipo.

II. ESPECIFICACIONES

A. Formas de operación

La tarjeta controladora de la consola de control de la torre empacada permite controlar su funcionamiento de tres formas distintas en dos interfaces para proporcionar al usuario varios métodos de trabajo. La interfaz más cómoda para el usuario se encuentra en el programa Torre Empacada instalado en una computadora y proporciona los métodos de control manual, semiautomático y automático, además esta interfaz provee información numérica y gráfica sobre el estado de la torre en todo momento. En caso de no contarse con una computadora la consola puede ser manejada sin ella a través del teclado y la pantalla de cristal líquido que posee, esta interfaz provee los datos de estado de la torre en forma numérica y proporciona el método de control manual y semiautomático al enviar comandos a la tarjeta controladora desde el teclado.

B. Entradas

Para tomar datos del equipo a controlarse y recibir las instrucciones del usuario la consola debe contar con puertos de entrada, entre ellos se encuentra el sensor de temperatura, los sensores de presión, el teclado y el puerto serial de la computadora.

El sensor de temperatura se encuentra unido a la tarjeta por medio de tres cables calibre 16 que entran a la misma a través de la tubería de ½" que se encuentra en el costado izquierdo de la consola. Este sensor tiene forma alargada y se inserta dentro de la torre empacada en el mismo punto donde se toma la muestra de presión del gas que entra a la torre.

Los dos sensores de presión se encuentran ubicados en el costado izquierdo de la consola cerca de la esquina inferior de la misma, a estos se les conecta una manguera de 3 milímetros de diámetro interno unida a los sistemas de toma de muestras de presión dentro de la torre. **La utilización de gases y líquidos corrosivos afectará el funcionamiento de los sensores de presión.**

En la esquina superior del costado izquierdo se encuentra la alimentación de la consola, ésta se conecta a la red eléctrica en un tomacorrientes con tierra física. La consola está diseñada para una red eléctrica con un voltaje alterno de **60 Hz** de frecuencia y **110 V** de amplitud.

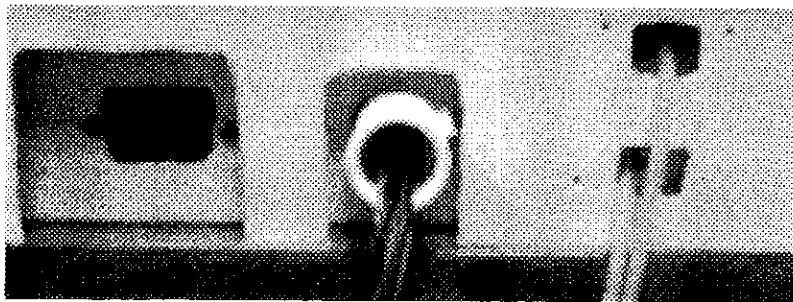


Figura 2.1: Vista lateral izquierda de la consola de mando

El teclado se encuentra en la parte central de la carátula de la consola para el fácil manejo de ella sin hacer uso de la computadora y proporcionando los métodos de control manual y semiautomático.

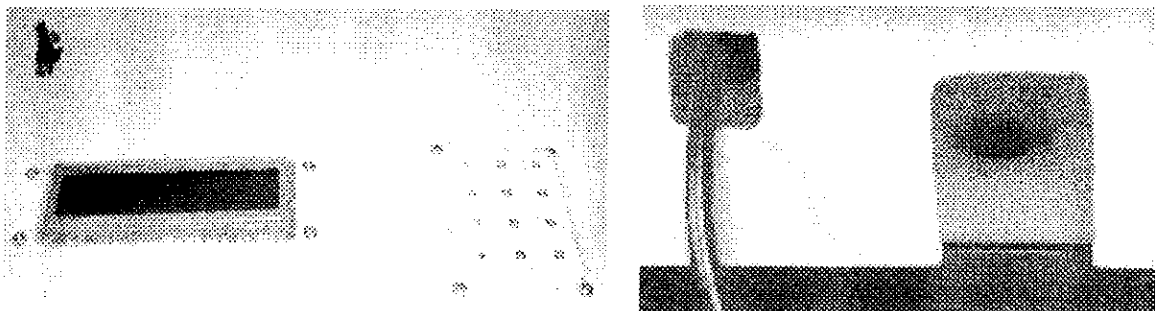


Figura 2.2: Vista frontal y lateral derecha de la consola de mando

La conexión con la computadora se lleva a cabo a través del puerto serial RS-232, este se encuentra localizado en la parte central del costado derecho de la consola. El cable a utilizarse en esta conexión es **un serial hembra hembra cruzado de 9 pines**. Cabe mencionar que este puerto es bidireccional, en él entran los comandos provenientes de la computadora a la tarjeta controladora y sale la información necesaria para la elaboración de la interfaz gráfica en la computadora.

C. Salidas

Para tomar acciones sobre el equipo y desplegar información la consola debe tener puertos de salida, entre ellos se encuentran la pantalla de cristal líquido, el puerto serial, las válvulas proporcionales controladas por PWM y el relé que activa la bomba de agua.

La pantalla de cristal líquido se encuentra en el centro de la carátula de la consola al lado izquierdo del teclado y provee al usuario en forma numérica los datos de estado del equipo.

En la tubería de ½" que se encuentra en el lado izquierdo de la consola salen seis cables calibre 16 unidos en tríos por conectores, ellos brindan la alimentación y la señal de mando a las válvulas proporcionales controladas por PWM.

En la esquina inferior del lado derecho sale un cable negro que termina en una espiga de tomacorriente de dos puntas, ésta es la salida del relé que activa la bomba de agua desde la consola por lo **que no debe ser conectado a ningún tomacorriente que no sea el que se encuentra junto al interruptor manual de la bomba de agua**.

D. Interfaces

1. Interfaz de la computadora

Esta interfaz provee al usuario el método de control manual, semiautomático y automático de una forma gráfica utilizando únicamente el ratón de la computadora, además al activarse éste, provee un seguimiento de la temperatura dentro de la torre, la presión en la parte superior e inferior de la torre así como la diferencia entre las mismas, el estado de la bomba de agua y detecta un exceso en la caída de presión en la parte inferior de la torre poniendo en estado de alarma al sistema.

a. Instalación del programa

Para instalar en una computadora con sistema operativo MS Windows 98 en adelante el programa Torre Empacada desde la unidad de disco compacto seguir los pasos descritos a continuación:

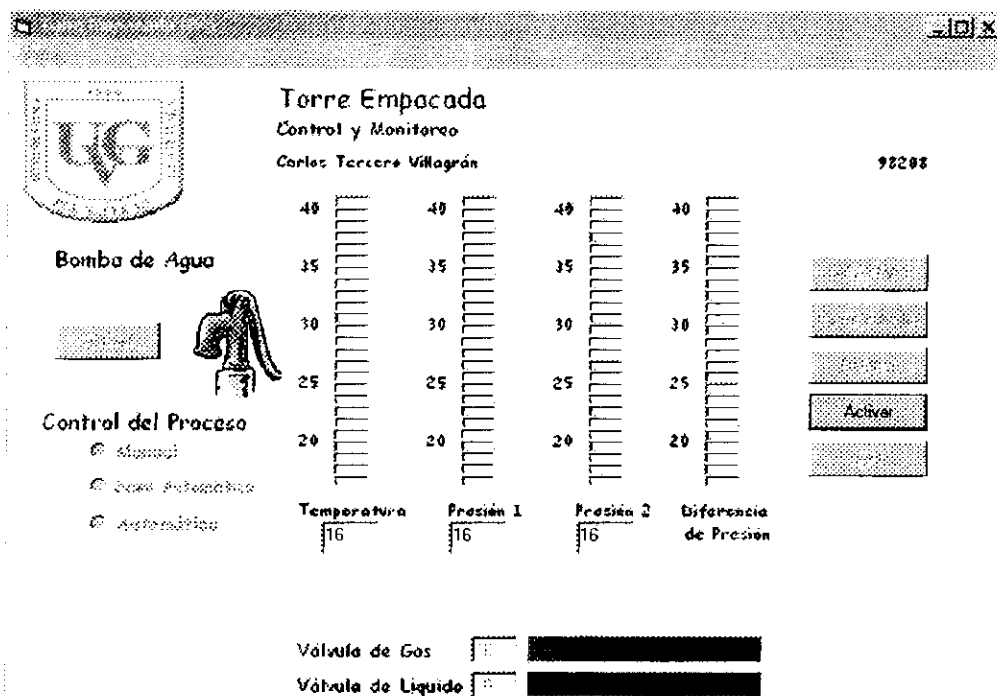
- Acceder a la unidad de disco compacto desde el icono de "Mi PC".
- Ingresar a la carpeta Torre Empacada
- Correr el archivo con nombre "setup"
- Seguir las instrucciones de este programa

Para correr el programa ingresar en el menú de inicio a programas, luego de la instalación aparecerá en este lugar el icono del programa Torre Empacada que ejecuta el programa.

b. Panel de control

El programa Torre Empacada puede ser iniciado sin necesidad de que se encuentre encendida la consola de control, sin embargo, ésta se debe encontrar conectada. Al iniciar el programa aparece la siguiente pantalla:

Figura 2.3: Iniciación del programa



Después de encender la consola puede procederse a activar la recepción y envío de datos oprimiendo el botón de activar. En este momento empiezan a recibirse datos de la consola de control y se activan los botones para el envío de comandos y selección de método de utilización.

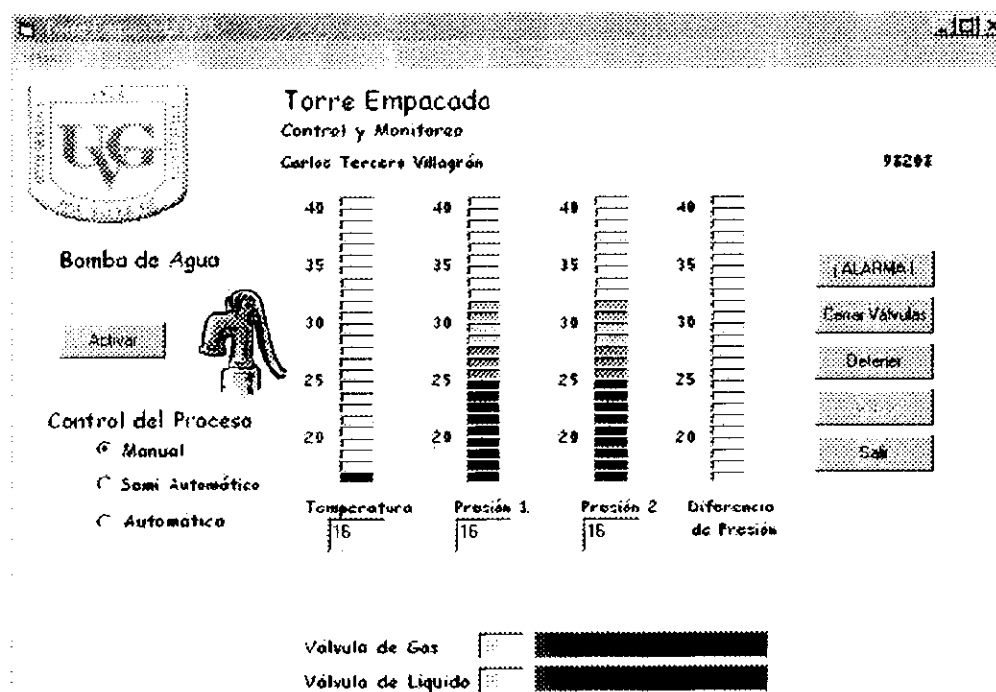
Comandos activos:

- **¡ALARMA!:** Apaga bomba de agua, cierra las válvulas, despliega un mensaje de suspensión de procesos. Al activarse este estado el usuario es obligado a acercarse a la consola para efectuar las correcciones necesarias porque sólo puede ser desactivado al oprimir la tecla 4 en el teclado de la consola. Este comando puede ser enviado por el programa al detectar una caída de presión grande en la parte baja de la torre.
- **Cerrar Válvulas:** Cierra completamente ambas válvulas en cualquier momento de todo proceso. Nota: Para abrir completamente las válvulas sólo se debe pasar el selector de métodos a modo manual.
- **Detener:** Cierra completamente ambas válvulas y apaga la bomba de agua.
- **Salir:** Cierra completamente ambas válvulas y apaga la bomba de agua, desactiva la transmisión de datos desde la consola y termina el programa.
- **Activar:** Enciende la bomba de agua en cualquier momento
- **Detener:** Apaga la bomba de agua en cualquier momento.

El selector de control de proceso tiene tres opciones para el control del equipo:

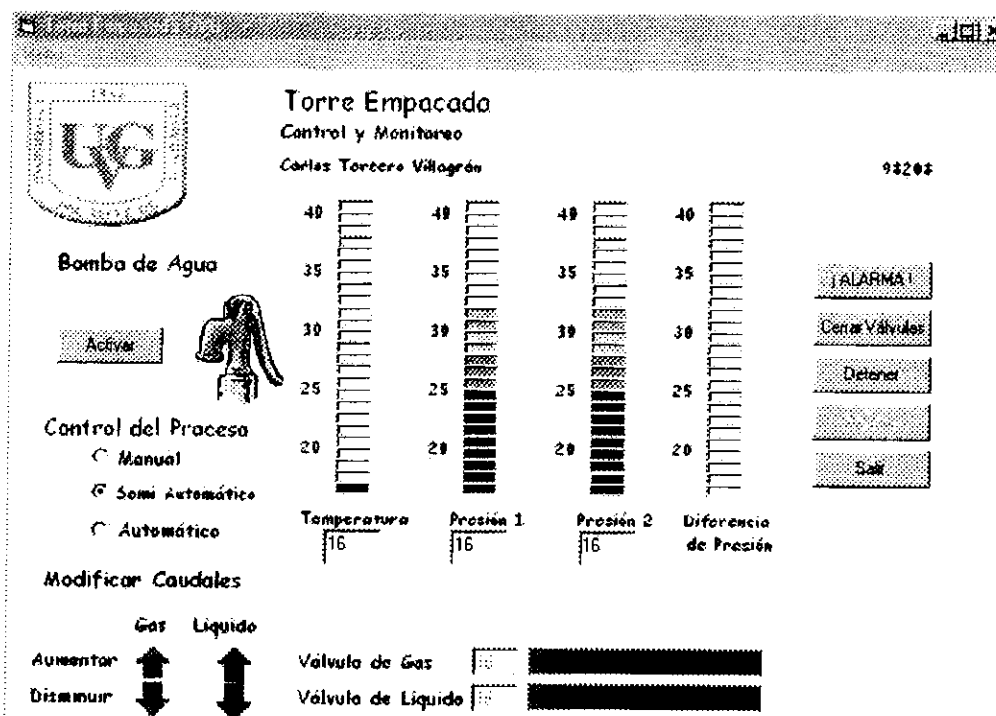
- **Manual:** Abre completamente las válvulas permitiendo al usuario utilizar las válvulas convencionales sin ninguna interferencia de la consola. La transmisión de datos es continua y los parámetros de la torre pueden seguir siendo leídos desde la computadora.

Figura 2.4: Control manual



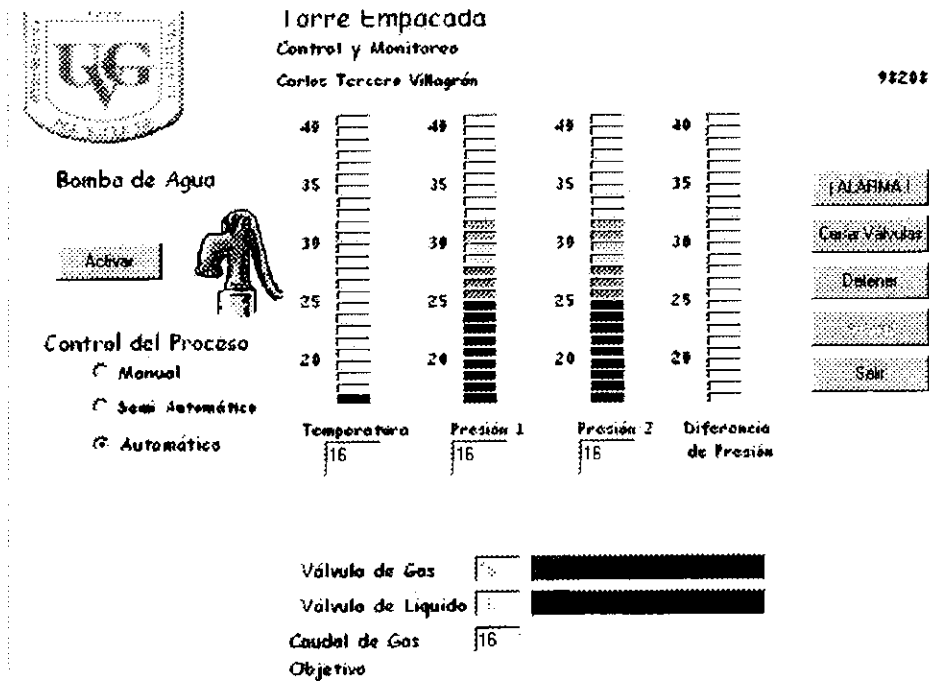
- **Semiautomático:** Permite modificar la apertura de las válvulas a gusto del usuario presionando las flechas rojas para el caudal de gas y las azules para el caudal de líquido. Estas flechas aparecen al ser posicionado en este modo el selector de método, y desaparecen cuando se cambia de modo.

Figura 2.5: Control semiautomático



- **Automático:** Es necesario colocar el caudal de gas deseado con el método semiautomático y activar la bomba antes de activar este método. Al ser activado aparece una etiqueta con la caída de presión buscada para el caudal de gas, este parámetro puede cambiarse con las flechas que aparecen junto a él. La rutina de control automático aumenta el caudal de líquido gradualmente hasta obtener la caída de presión objetivo. Al cambiar el selector de posición se desactiva la rutina de control automático y desaparece la etiqueta con la caída de presión objetivo.

Figura 2.6: Control automático



c. Unidades del despliegue

Las unidades de la temperatura son grados centígrados, la unidades de las columnas de presión están dadas en milímetros de agua con respecto a la atmósfera, la diferencia de presión es la resta de las columnas de presión 1 y de presión 2, la apertura de las válvulas está dada en porcentaje. La de presión 1 es la presión barométrica en la parte superior de la torre y la de presión 2 presión barométrica en la parte inferior de la misma.

2. Teclado y pantalla de cristal líquido

Ésta es una interfaz secundaria a utilizarse cuando no sea posible la utilización de una computadora o no se desee hacer uso de la misma para los controles manuales y semiautomáticos.

a. Panel de control

El control de esta interfaz está dado por el teclado que ofrece los siguientes comandos:

- 1- Abre las válvulas completamente.
- 2- Enciende la bomba si está apagada y la apaga si está encendida.
- 3- Cierra las válvulas completamente
- 4- Cierra las válvulas completamente y apaga la bomba. Saca a la tarjeta controladora del modo de alarma.
- 5- Abre un paso la válvula de gas.
- 6- Cierra un paso la válvula de gas.
- 7- Abre un paso la válvula de líquido.
- 8- Cierra un paso la válvula de líquido.
- 9- Activa la alarma.

b. Unidades del despliegue

T:24.5	P1:160	P2:150
B:OFF	V1:099	V2:099

Figura 2.7: Ejemplo de despliegue en pantalla de cristal líquido

Se decidió utilizar una pantalla de cristal líquido para hacer una interfaz de salida en la consola de control, en este se despliega la temperatura dentro de la torre en grados centígrados y una precisión de 0.25 grados centígrados (T), la presión en la parte superior de la torre (P1) y la presión en la parte inferior de la torre (P2) en unidades de presión arbitrarias, el estado de la bomba de agua (B), el porcentaje de apertura de la válvula de gas (V1) y el porcentaje de apertura de la válvula de líquido (V2).

E. Alimentación

La consola está diseñada para una red eléctrica con un voltaje sinusoidal de **60 Hz** de frecuencia y **110 VAC** de amplitud. Esta debe de ser conectada a través de la terminal macho de tres pines que se encuentra en esquina superior del lado izquierdo de la consola. El tomacorriente debe tener una tierra física para obtener mejores resultados.

LA ESPIGA QUE SALE DE LA ESQUINA INFERIOR DERECHA NO DEBE CONECTARSE EN NINGÚN TOMACORRIENTES, VER SECCIÓN 2.C

F. Limitaciones del diseño

La válvula de líquido provee un control de caudal de líquido de 1.5 galones por minuto a los cinco galones por minuto con una resolución de 0.25 galones por minuto por paso.

La válvula de gas provee un control de caudal de gas en un rango de 50 litros por minuto con una resolución de cinco a diez litros por minuto. El máximo de este rango puede estar localizado entre los 100 y los 250 litros por minuto.

Los sensores de presión y temperatura deben estar bien calibrados para un buen desempeño.

III. OPERACIÓN

A. Instalación del equipo

El equipo fue diseñado para poderse desacoplar de la torre empacada y ser almacenado en otro lugar, para esto cuenta con varias terminales para los sensores y válvulas que permiten su rápida instalación y desinstalación.

El lugar donde se instale la consola debe estar protegido del líquido que pueda salpicar la torre durante su funcionamiento. Los pasos a seguirse para su instalación se exponen a continuación:

- Conectar los sensores de presión, P1 a la parte superior de la torre y P2 a la parte inferior de la torre por medio de mangueras y conectores.
- Conectar el cable etiquetado con V1 a la válvula de gas, los conectores casan a la perfección y no se necesita forzarlos para lograr la conexión.
- Conectar el cable etiquetado con V2 a la válvula de líquido, los conectores casan a la perfección y no se necesita forzarlos para lograr la conexión.
- Conectar la espiga de cordón negro y dos terminales con el tomacorriente que se encuentra al lado derecho del interruptor manual de la bomba de agua.
- Conectar el puerto serial a la computadora con un cable cruzado hembra hembra DB9.
- Introducir el sensor de temperatura a la torre.
- Conectar a un tomacorriente de 110VAC con tierra física la terminal de la esquina superior izquierda.
- Encender la consola con el interruptor de la esquina superior derecha de la carátula.

B. Control desde la PC

Para obtener una información más detallada sobre comandos y funcionamiento del programa ver sección II.D.1.

1. Control manual

Luego de inicializar el programa y activar la transmisión de datos colocar el selector de control de proceso en la posición manual. En este punto las válvulas eléctricas no interfieren con las válvulas manuales.

2. Control semiautomático

Luego de inicializar el programa y activar la transmisión de datos, colocar el selector de control de proceso en la posición semiautomático. Aquí se puede modificar el caudal de líquido y gas moviendo gradualmente las válvulas a voluntad del usuario.

3. Control automático

Luego de iniciar el programa y activar la transmisión de datos, colocar el selector de control de proceso en la posición semiautomático y colocar el caudal de gas a utilizarse, luego activar la bomba de agua y cambiar el selector a la posición automático. Aquí puede modificarse la presión objetivo en la parte inferior de la torre, éste está predeterminado para llevar a la zona de inicio de carga a la torre con un caudal de gas de 130 litros por minuto.

C. Control desde la consola

Para obtener una información más detallada sobre comandos y funcionamiento de la interfaz ver sección 2.D.2.

1. Control manual

Luego de encender la consola, presione la tecla 1 para activar este control. En este punto las válvulas eléctricas no interfieren con las válvulas manuales.

2. Control semiautomático

Éste se logra luego de activar la consola, al modificar el caudal de gas desde el teclado moviendo gradualmente esta válvula con las teclas 5 y 6 y modificar en forma gradual el caudal de líquido con las teclas 7 y 8. La información de l estado de la torre puede leerse desde la pantalla de cristal líquido.

D. Recomendaciones

- No utilizar líquidos y gases corrosivos con el equipo.
- Verificar el estado de los cables de conexión de la pantalla de cristal líquido en el interior de la consola en caso de que la pantalla despliegue información errónea.
- No conectar el relé a ningún tomacorriente.
- En la zona de inicio de recarga funciona de forma superior el control automático con un caudal de gas de 130 litros por minuto.
- El control automático y semiautomático funcionan con la misma eficiencia en la región de inundación y con un caudal de gas de 130 litros por minuto.
- Mantener las válvulas eléctricas abiertas cuando no se use el equipo par evitar el recalentamiento del mismo.

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Electrónica

**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

Manual del técnico

Anexo al trabajo de graduación presentado para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala
2003



**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

Manual del técnico

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades

Departamento de Ingeniería Electrónica

**Control de flujo y presión de líquidos y gases en
una torre empacada con seguimiento de
temperatura**

Manual del técnico

CARLOS RAFAEL TERCERO VILLAGRÁN

Anexo al trabajo de graduación presentado para optar al grado
académico de Licenciado en Ingeniería Electrónica

Guatemala
2003

CONTENIDO

Capitulos	Página
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ESPECIFICACIONES	2
A. Diagrama de la tarjeta controladora	2
B. Periféricos al microcontrolador	3
1. Sensores transductores de presión	3
2. Sensor transductor de temperatura	4
3. Relé para bomba de agua	5
4. Servomotores de las válvulas	6
5. Pantalla de cristal liquido	8
6. Teclado	9
7. Puerto serial	11
C. Alimentación	13
D. El microcontrolador	14
III. MANTENIMIENTO	15
A. Fallas más probables y su solución	15
1. La pantalla de cristal líquido despliega caracteres erróneos	15
2. El teclado no responde	15
3. El sistema no sale de el modo de alarma	15
4. El programa de la computadora se bloquea	15
5. La consola no detecta a la computadora	15
6. La rutina de control automático no se coloca adecuadamente	16
7. Una válvula no responde	16
8. La consola no enciende	16
9. Se conectó la salida del relé a un tomacorriente convencional	16
10. El sensor de temperatura no responde	16
11. El sensor de presión no responde	16
B. Mantenimiento preventivo	17

LISTA DE TABLAS Y FIGURAS

Tabla	Página
2.1: Conexión de pines de la tarjeta al sensor de presión	4
2.2: Orden de conexión de los cables de las válvulas en la tarjeta.....	8
2.3: Función y símbolo de los pines de la pantalla de cristal líquido.....	9
2.4: Función de teclas pin correspondiente y conexión al microcontrolador	10
2.5: Lista de comandos enviados por la computadora por el puerto serial.....	11
2.6: Datos enviados por el microcontrolador a la computadora por el puerto serial	12

Figura	Página
2.1: Diagrama completo de la tarjeta controladora	2
2.2: Diagrama del circuito de soporte del sensor de presión barométrica.....	3
2.3: Diagrama del circuito de soporte del sensor de temperatura	5
2.4: Diagrama de conexión del relé de la bomba de agua al microcontrolador.....	6
2.5: Diagrama de conexión de los servomotores al microcontrolador	7
2.6: Ejemplo de despliegue en la pantalla de cristal líquido.....	8
2.7: Diagrama del circuito de interfaz del puerto serial	12
2.8: Diagrama de la fuente de poder.....	14
3.1: Vista interior de la consola de mando	17

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo principal que persigue este manual del técnico de la consola de control de la torre empacada es brindar a la persona destinada a mantener y reparar el equipo una guía para llevar a cabo esta tarea de una forma más sencilla. Al escribir este manual se considera que el técnico ha leído de forma completa el manual de operación.

Se explicarán en el mismo las partes que componen la consola de control, las distintas formas de manejar el equipo, el procedimiento necesario para su puesta en marcha, así como las recomendaciones y precauciones a tomarse para el mantenimiento y reparación del equipo.

II. ESPECIFICACIONES

A. Diagrama de la tarjeta controladora

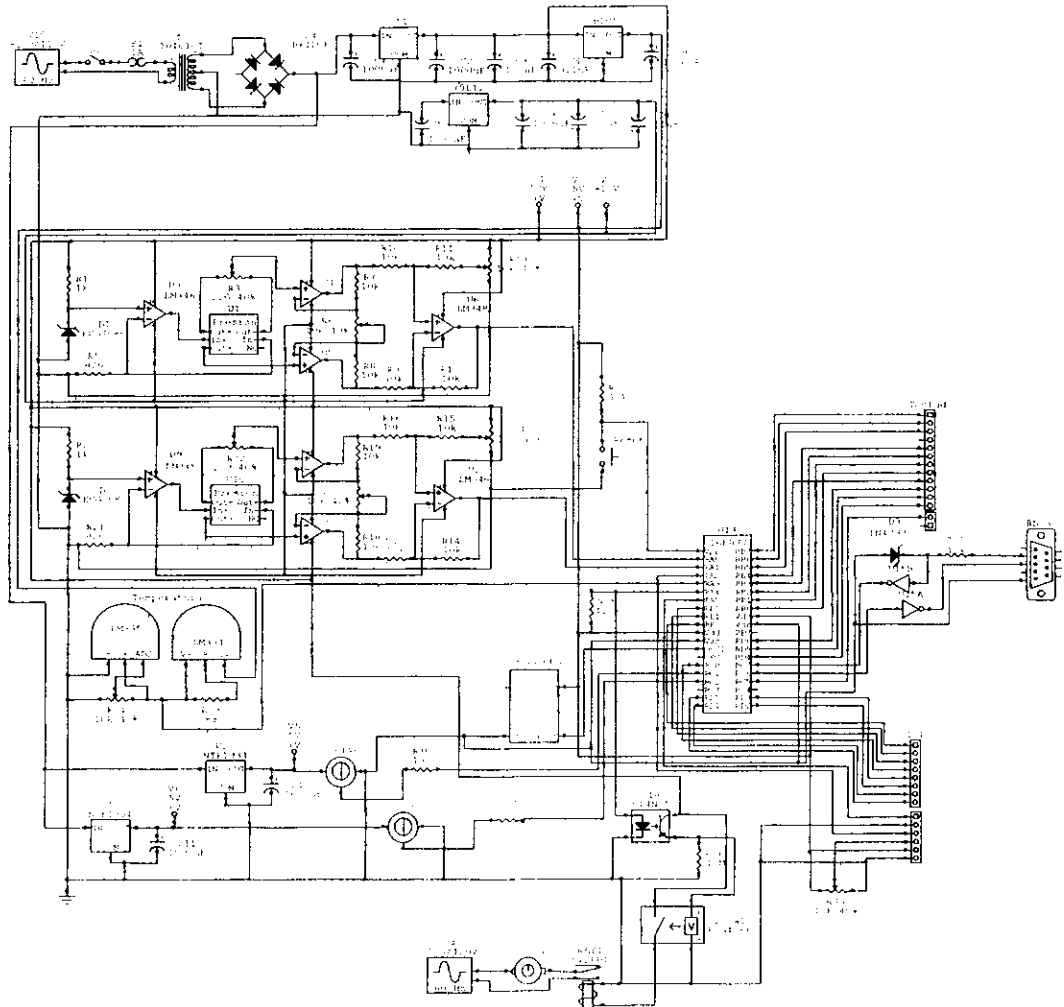


Figura 2.1: Diagrama completo de la tarjeta controladora

La conexión de estos sensores a la torre está dada por medio de mangueras plásticas y varios conectores, los sensores se conectan a la consola por medio de conectores SIP de cinco pines, el orden de los pines en la tarjeta según los pines de salida del sensor es la siguiente:

Tabla 2.1: Conexión de pines de la tarjeta al sensor de presión

Número de pin en la tarjeta	Número de pin en el sensor
1	1
2	2
3	3
4	6
5	5

2. Sensor transductor de temperatura

Se seleccionó el LM335 por ofrecer una salida con un voltaje proporcional a la temperatura y una variación de diez milivoltios por grado centígrado, esto nos permite detectar una variación de 0.25 grados centígrados al utilizar la resolución de diez bits del convertidor análogo digital del PIC 16F877 con referencia de voltaje de cinco voltios para el rango superior y de cero voltios para el inferior.

Características de operación:

- Rango de operación: -20 a 100 grados centígrados
- Voltaje de salida: 10 mV/K
- Error: Menos de 1 grado centígrado en un rango de 100 grados centígrados
- Corriente de operación: 0.4 a 5 mA
- Voltaje de Salida: 2.98 V a 25 grados centígrados

El circuito de soporte utilizado incluye una fuente constante de corriente para minimizar los errores por variación de corriente y se agregó un potenciómetro para calibrar adecuadamente el sensor. El sensor se introduce en la torre en la parte inferior de la misma, los cables que llevan la alimentación y compensación del sensor se conectan a la consola por medio de conectores de presión, éstos se unen a la tarjeta controladora con un conector SIP 3, el pin 2 es el cátodo del diodo Zener, el pin 1 es la terminal para ajustar el nivel de voltaje y el ánodo es el pin 3. (Esta configuración es válida para la tarjeta y el conector de presión).

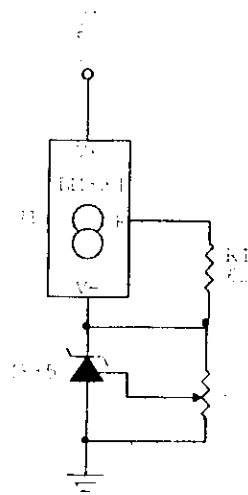


Figura 2.3: Diagrama del circuito de soporte del sensor de temperatura

3. Relé para bomba de agua

La bomba a controlarse es de 220 VAC y consume un máximo de 6 amperios en el arranque y su consumo nominal es inferior a un amperio. Es necesario activar la bomba con una salida digital del microcontrolador, para aislar el voltaje de alimentación de la bomba con los de la tarjeta controladora se utiliza un relé normalmente abierto con un voltaje de activación en su bobina de 12 VDC y con una tolerancia de diez amperios a 220VAC en su contactor.

Como las salidas digitales del microcontrolador tienen cero o cinco voltios dependiendo de su estado lógico, es necesario transformar sus voltajes de salida en cero y 12 voltios de una forma segura para el microcontrolador. Esto se logra utilizando un acople óptico y un interruptor controlado por voltaje para proveer la corriente necesaria de activación del relé.

Se utilizó el siguiente circuito de soporte:

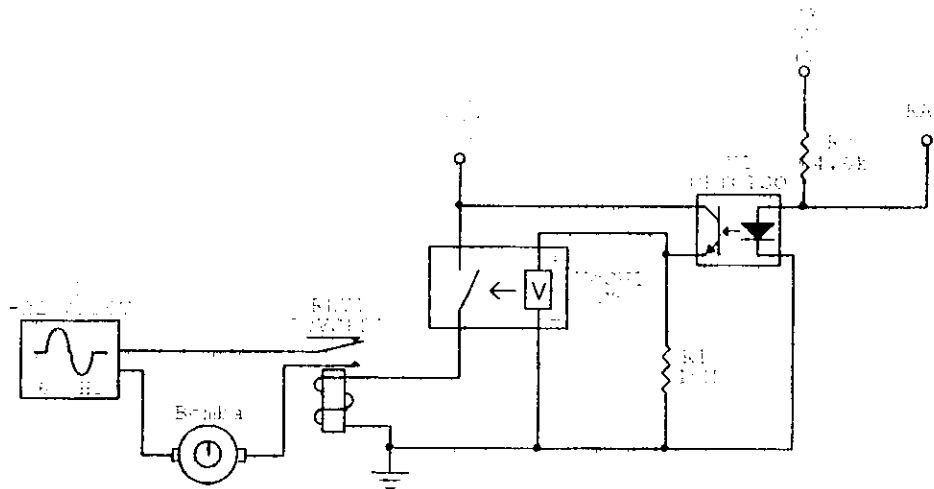


Figura 2.4: Diagrama de conexión del relé de la bomba de agua al microcontrolador

Para conectar la salida del relé a la alimentación de la bomba se utiliza una espiga y un tomacorriente convencional por lo que no se debe conectar ningún otro aparato a ese tomacorriente ni la espiga de salida del relé a un tomacorriente convencional. El relé está conectado en paralelo al interruptor manual por lo que si uno de ellos está prendido no se puede apagar la bomba con el otro.

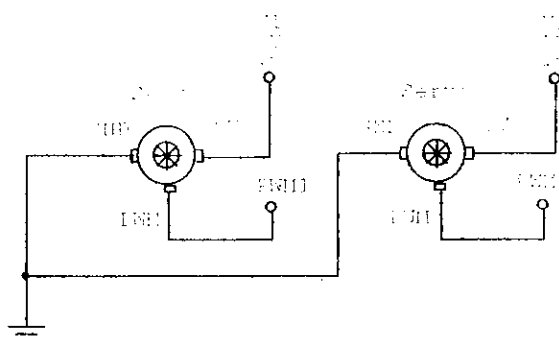
4. Servomotores de las válvulas

Los servomotores requieren una alimentación de 5VDC y una señal de PWM para controlar su posición. El consumo de corriente de estos motores es proporcional a la torsión que realizan para colocar la válvula en la posición deseada.

Las válvulas ofrecen mayor fricción al terminar de cerrarse o al empezar a abrirse por lo que sus motores consumen la mayor cantidad de corriente en estos puntos. El consumo de cada servomotor varía desde los 200 miliamperios al estar totalmente abierta la válvula a los 1.2 A al estar cerrada, dándonos un consumo de hasta 2.4 A.

Las salidas de señal tipo PWM del microcontrolador se conectaron con una resistencia de $100\ \Omega$ a las entradas de señal de los servomotores debido a que ellos cuentan un circuito interno con transistores de efecto de campo para no consumir demasiada corriente de su señal de mando y aislar por medio del campo eléctrico su alimentación y su mando. La resistencia de $100\ \Omega$ se colocó con el fin de limitar la corriente proveniente del microcontrolador.

Figura 2.5: Diagrama de conexión de los servomotores al microcontrolador



En las válvulas el cable rojo es la alimentación es de 5VDC, el negro es tierra y el de otro color es de la señal de mando. Los servomotores están conectados a la tarjeta por medio de tres cables calibre 16 cada uno, estos entran por la tubería de $\frac{1}{8}$ " en el lado izquierdo de la consola. Estos se unen a la consola por medio de conectores de presión, no se debe tomar la alimentación de las dos válvulas de un mismo conector debido que cada una proviene de reguladores de voltaje distintos.

Tabla 2.2: Orden de conexión de los cables de las válvulas en la tarjeta

Número de conector	Cable
1	PWM V1
2	5VDC
3	Tierra
4	PWM V2
5	5VDC
6	Tierra

5. Pantalla de cristal líquido

Se utilizó una pantalla de cristal líquido marca Ampire modelo AC-202AYTLY con las siguientes características:

- 2 líneas de 20 caracteres cada una
- Luz de fondo color amarillo verde formada por un arreglo de diodos emisores de luz.
- Controlador KS0066U o equivalente
- No necesita circuito compensador de voltaje de alimentación por variación de temperatura.
- Pantalla tipo STN color amarillo – verde.
- Temperatura de operación: 0 a 50 grados centígrados.
- Voltaje de alimentación y manejo: 4.75 a 5.25 V
- Consumo de corriente de la pantalla: 1.7 mA
- Consumo de corriente de la luz de fondo: 500 mA

T:24.5	P1:160	P2:150
B:OFF	V1:099	V2:099

Figura 2.6: Ejemplo de despliegue en la pantalla de cristal líquido.

Tabla 2.3: Función y símbolo de los pines de la pantalla de cristal líquido

Número	Símbolo	Función
1	Vss	Tierra (0V)
2	Vdd	Alimentación (5V)
3	V ϕ	Contraste
4	RS	Datos / Comando
5	R/W	Lectura / Escritura
6	E	Señal de activación
7	DB0	Bus de datos
8	DB1	Bus de datos
9	DB2	Bus de datos
10	DB3	Bus de datos
11	DB4	Bus de datos
12	DB5	Bus de datos
13	DB6	Bus de datos
14	DB7	Bus de datos
15	LED_A	Alimentación luz de fondo
16	LED_K	Tierra luz de fondo

El orden de los pines no fue alterado en la tarjeta controladora, la alimentación para la luz de fondo no se conectó a los pines 15 y 16 sino a las terminales A K de la pantalla.

6. Teclado

Se completó la interfaz con el usuario de la consola de control con un teclado de 12 teclas, este cuenta con 13 pines para su funcionamiento. Fueron activadas todas las teclas excluyendo la de asterisco (*) que usaba una configuración distinta. El resto de teclas forman un interruptor entre una de los pines y el común (pin número 8).

Para detectar el momento en que el usuario presiona una tecla se creó una rutina que pone cada pin del teclado (exceptuando el común) en el nivel de voltaje lógico alto por un pequeño intervalo de tiempo. Al ser presionada una tecla, este nivel lógico se traslada al pin común del teclado, éste al estar conectado al puerto RB0 del microcontrolador, produce una interrupción en la ejecución del programa y ejecuta una rutina para detectar cuál de los pines del teclado estaba en nivel alto y así saber qué tecla fue presionada.

Tabla 2.4: Función de teclas pin correspondiente y conexión al microcontrolador

Tecla	Pin No.	Puerto en 16F877	Función
#	13	RC5	Ninguna función asignada
1	1	RB7	Abre válvulas completamente
2	5	RB3	Enciende y apaga la bomba
3	11	RD5	Cierra válvulas completamente
4	2	RB6	Detiene todo proceso
5	6	RB2	Incrementa caudal de válvula de gas
6	10	RD6	Disminuye caudal de válvula de gas
7	3	RB5	Incrementa caudal de válvula de líquido
8	7	RB1	Disminuye caudal de válvula de líquido
9	12	RD4	Ninguna función asignada
B	9	RB4	Activa alarma

En todos los pines a excepción del ocho debe verse una señal cuadrada de ciclo de trabajo corto si el microcontrolador está trabajando adecuadamente y si no existen cortos entre dichos pines y tierra. El orden de los pines en la tarjeta controladora es el mismo que en el teclado, para unirlos se utiliza un cable con conectores SIP 13 hembra.

7. Puerto serial

La interfaz principal con el usuario se encuentra en una computadora, se decidió utilizar el módulo serial asincrono del PIC 16F877 para conectar la tarjeta controladora al puerto serial RS-232 de la computadora por consumir pocos pines y a la vez menos recursos dentro del microcontrolador. Se configuró el módulo serial asincrono a una velocidad de 9600 bps, sin ningún tipo de control de flujo, con ocho bits de datos, sin bit de paridad y uno de parada.

Al llegar un comando proveniente de la computadora a pin de recepción del microcontrolador se produce una interrupción en la ejecución y se inicia una rutina que reconoce el comando enviado y luego ejecuta la rutina deseada por el usuario o por la rutina de ejecución automática de la computadora. Cuando llega el primer comando se activa la rutina de transmisión de datos a la computadora dentro del ciclo infinito del programa del microcontrolador y al llegar el comando que indica un fin de la conexión, ésta se desactiva para hacer más eficiente la ejecución de este ciclo en el microcontrolador.

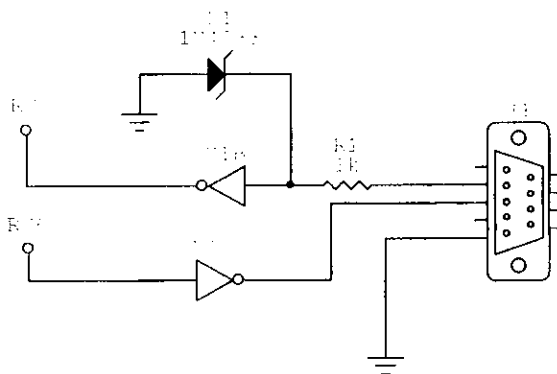
Tabla 2.5: Lista de comandos enviados por la computadora por el puerto serial

Comando	Función
0	Alarma
1	Enciende la bomba
2	Apaga la bomba
3	Incrementa caudal de válvula de gas
4	Disminuye caudal de válvula de gas
5	Incrementa caudal de válvula de liquido
6	Disminuye caudal de válvula de liquido
7	Cierra completamente las válvulas
8	Pide refrescar datos de la computadora
9	Abre completamente las válvulas
10	Detiene todo proceso y conexión

Tabla 2.6: Datos enviados por el microcontrolador a la computadora por el puerto serial

Orden en la trama	Dato
1	Cero, dato de sincronía
2	Temperatura
3	Presión en la parte superior de la torre
4	Presión en la parte inferior de la torre
5	Caudal en la válvula de gas
6	Caudal en la válvula de líquido
7	Estado de bomba y alarma

Figura 2.7: Diagrama del circuito de interfaz del puerto serial



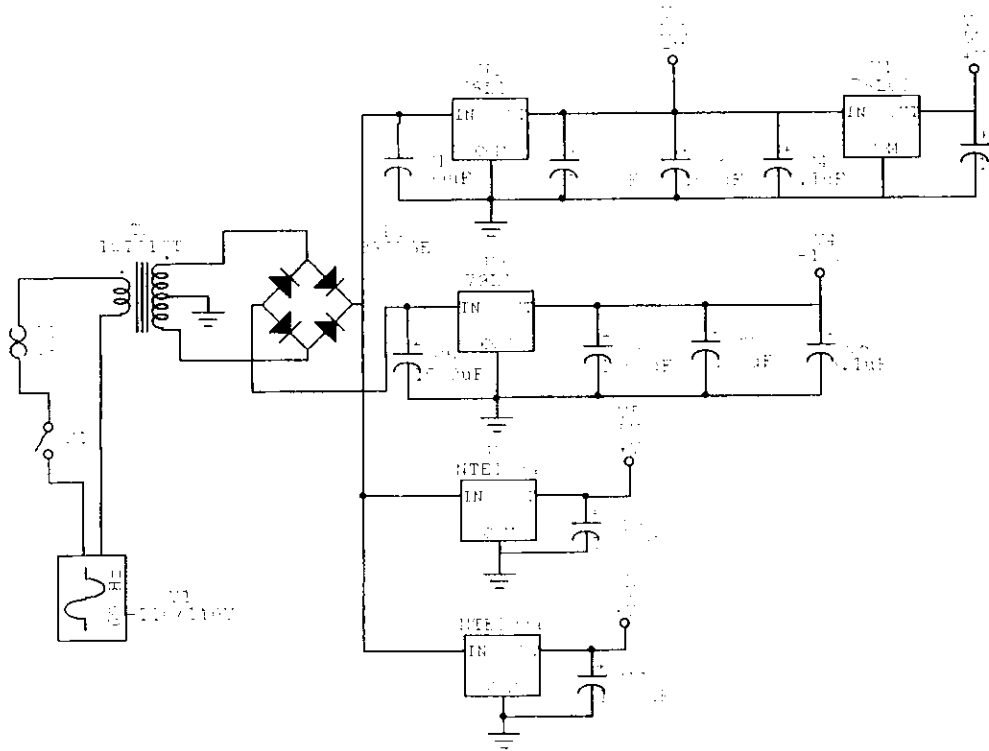
Para la conexión de la computadora con la tarjeta de control es necesario utilizar un cable serial cruzado con conectores DB-9 hembras. El orden en los pines de la tarjeta es: pin 1 transmite datos el microcontrolador, pin 2 recibe datos de la computadora y pin 3 tierra; mientras que en el conector DB9: en el pin 2 recibe datos de la computadora, pin 3 transmite datos el microcontrolador y pin 5 tierra.

C. Alimentación

Si se utiliza un mismo circuito para alimentar los motores y el microcontrolador, se corre el riesgo de disminuir considerablemente el nivel de voltaje de la fuente durante el proceso y de introducir ruido producido por los servomotores en la alimentación del microcontrolador. Produciendo así un error en el muestreo de las señales provenientes de los sensores transductores por la variación del nivel máximo de referencia en los convertidores analógicos digitales del microcontrolador y además produciendo comportamientos anómalos en la rutina de ejecución del microcontrolador por las variaciones en su nivel de alimentación.

Al considerar los factores expuestos anteriormente se optó por construir una fuente de voltaje con un transformador 10:1 de 3 amperios y un rectificador de 3 amperios y con reguladores de voltaje independientes para cada servomotor, para el microcontrolador y demás circuitos integrados tipo TTL y para los amplificadores operacionales. Para los amplificadores operacionales, el microcontrolador y circuitos integrados tipo TTL se utilizaron reguladores con capacidad de un amperio mientras que para los servomotores se utilizó un regulador de cinco voltios y dos amperios para cada uno.

Figura 2.8: Diagrama de la fuente de poder



D. El microcontrolador

El microcontrolador utilizado es el PIC 16F877 de la Microchip, se utilizó una frecuencia de 4 MHz en su el reloj debido a que los servomotores requieren una frecuencia en su señal de PWM de 400 Hz y está frecuencia no puede ser generada si el microcontrolador trabaja a con su máxima velocidad de reloj de 20 MHz. Para generar este tren de pulsos se utilizó un oscilador tipo TTL de 4 MHz por ofrecer una señal de salida más limpia que los cristales.

La señal más notoria para detectar el buen funcionamiento del microcontrolador es que el relé emite dos sonidos al encender la consola. El microcontrolador se encuentra montado en un conector DIP40, es de tipo flash por lo que su memoria de programa puede reescribirse.

III. MANTENIMIENTO

A. Fallas más probables y su solución

1. La pantalla de cristal líquido despliega caracteres erróneos

Verifique dentro de la consola la conexión de todos los pines a la consola, este error se presenta al abrir la tapa de la consola. Verifique que los cables no se hayan dañado con el calor de la fuente. Si los caracteres desplegados son una línea de cuadros indica que la pantalla de cristal líquido funciona correctamente pero no recibe datos ni comandos del microcontrolador.

2. El teclado no responde

Verifique la integridad del cable que lo une con la tarjeta. Limpie el circuito impreso. Si no se compone re programe el microcontrolador.

3. El sistema no sale de el modo de alarma

Presione el botón 4 del teclado. Reinicie la consola.

4. El programa de la computadora se bloquea

Puede ser por el envío de un dato erróneo desde el microcontrolador o ruido en el cable del puerto. Verifique la conexión entre la computadora y la consola.

5. La consola no detecta a la computadora

Verifique la conexión entre la computadora y la consola. Verifique que el cable utilizado sea Serial DB9 cruzado. Verifique la integridad del cable que une el conector con la tarjeta. Quite el microcontrolador, cortocircuite los pines 25 y 26, prenda la consola y pruebe la conexión serial con una sesión de "Hyperterminal", si la sesión funciona verifique el estado del microcontrolador.

6. La rutina de control automático no se coloca adecuadamente

Calibre la rutina de colocación. Verifique que las válvulas estén conectadas adecuadamente, verifique que el sensor de presión P1 esté conectado a la parte superior de la torre y el otro a la parte inferior y que ambos trabajen adecuadamente.

7. Una válvula no responde

Verifique que el cable que lleva alimentación, tierra y señal esté conectado adecuadamente y pertenezca a la válvula correspondiente. Verifique que el microcontrolador envíe la señal de PWM. Verifique el funcionamiento del servomotor con una fuente de poder y un generador de funciones.

8. La consola no enciende

Verifique conexión a la red eléctrica. Verifique estado de fusible y fuente de poder. Verifique estado interno de la tarjeta.

9. Se conectó la salida del relé a un tomacorriente convencional

Hubo un corto circuito en el relé, probables fallas en el sistema de 12VDC, acople óptico, interruptor controlado por voltaje y microcontrolador.

10. El sensor de temperatura no responde

Verificar que su voltaje en la resistencia de 68Ω sea inferior a los tres voltios. Verificar que no existan cortocircuitos entre los cables del sensor. Calibrar el sensor. Cambiar el sensor.

11. El sensor de presión no responde

Calibrar sensor. Verificar estado físico del sensor. Verificar si no ingresó líquido a la consola.

B. Mantenimiento preventivo

- Limpiar la consola por dentro.
- Verificar estado físico de sensores y fusible.
- La pantalla de cristal líquido debe marcar un número alrededor de 160 para ambos sensores de presión al estar conectados sólo a la atmósfera.
- Ajustar potenciómetro del sensor de temperatura.
- Verificar estado de los cables y conexiones.
- Verifique las señales provenientes del microcontrolador y la señal de reloj de 4MHz del mismo.

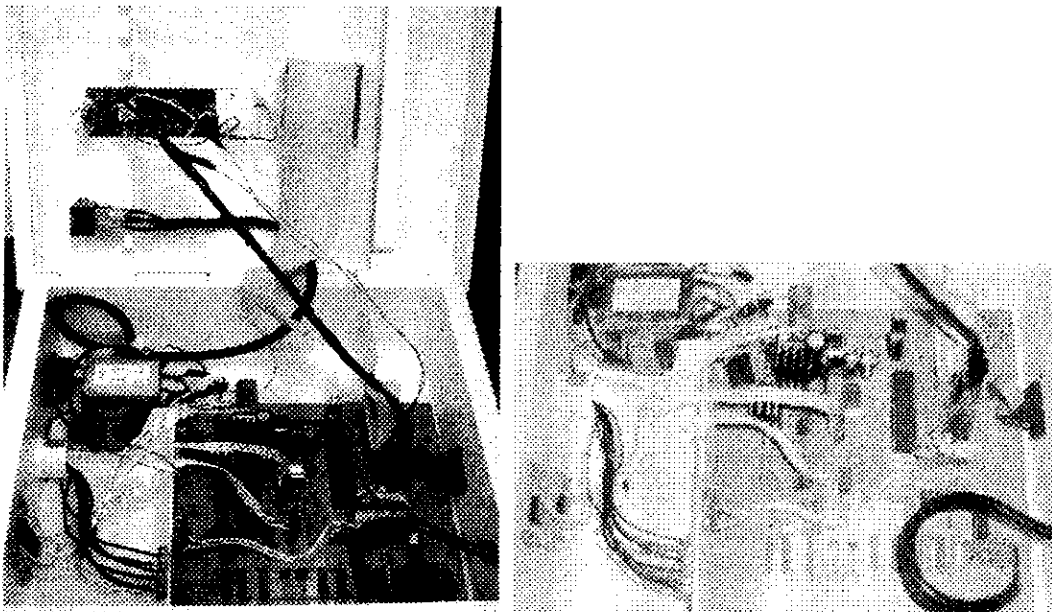


Figura 3.1: Vista interior de la consola de mando