

**UNIVERSIDAD MICHOACANA
DE SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA

**SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO DE
TEMPERATURA APLICADO A UN DESHIDRATADOR**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO ELECTRICISTA**

**PRESENTA
FERNANDO GUZMÁN DÍAZ.**

**ASESOR:
ING. ENRIQUE MANUEL BÁEZ GARCÍA.**

ENERO 2011

AGRADECIMIENTOS

- A mis papás Sra. Estela Díaz Vega y Sr. Baltasar Guzmán Álvarez por todo su amor y creer siempre en mí.
- A mis hermanos Lic. Alfredo Guzmán Díaz y Lic. Baltasar Guzmán Díaz por los consejos que siempre me dan en el momento preciso.
- A mis cuñadas Lic. Ana Luisa Avalos Mendoza, Biol. Alejandra Gálvez y mis sobrinos Augusto, Luisa y Dante.
- A mí tía Sra. Rey Díaz Vega, por la paciencia y cariño que me tiene.
- A mis abuelitos Sra. Sofía Álvarez Fernández, Sr. Gregorio Guzmán Loeza, Sra. Asunción Vega Toledo y Sr. Erasmo Díaz Díaz, por darme sus bendiciones y llenarme de buenas vibras.
- A mí asesor de tesis Ing. Enrique Manuel Báez García por su disposición y realización de este proyecto.
- A mi amigo Oscar Pérezvelez Mendoza por su valioso tiempo, su disposición y sus consejos aportados.
- A mis amigos, F. M. Salvador Villalpando, Lic. Salvador Chávez, Arq. Antonio Sarabia, Arq. Gamaliel Tena, Mauricio Pantoja y a Ing. Cesar Avalos Contreras.

DEDICATORIA

A mis padres

Estela Díaz Vega

y

Baltasar Guzmán Álvarez

RESUMEN

Este trabajo de tesis se enfoca en la construcción e implementación del Control de Temperatura en el diseño de un Deshidratador.

Existe gran cantidad y variedad de deshidratadores en el mercado; pocos deshidratadores están enfocados en tener un control de temperatura para el deshidratado, en el caso de que tenga control de temperatura estos son para uso casero o de escala industrial.

Este trabajo tiene la finalidad de medir y controlar la temperatura interna de un deshidratador que es diseñado y construido para una producción media. El control a implementar es del tipo Encendido/Apagado dado por un microcontrolador, cuenta con parámetros que el usuario puede ajustar en cualquier momento formando una histéresis en el ciclo de trabajo; únicamente funciona con energía eléctrica más no solar.

Un sensor de temperatura cierra el sistema de control; la introducción de los parámetros esta dado por la incorporación de cinco pulsadores donde dichos datos son visualizados mediante una interfaz modo texto en un LCD así como de la Temperatura actual en el proceso de deshidratación; la fuente de calor a controlar es un sistema de microclima que emplea una resistencia térmica y un ventilador.

CONTENIDO

Agradecimientos.....	II
Dedicatoria.....	III
Resumen.....	IV
Lista de Figuras.....	VIII
Lista de Tablas.....	XII
Lista de Símbolos y Abreviaciones.....	XIII

Capítulo 1. Introducción

1.1 Antecedentes, Descripción General del Problema.....	1
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Justificación.....	3
1.4 Metodología.....	3
1.5 Contenido de la tesis.....	4

Capítulo 2. Antecedentes

2.1 El Control.....	6
2.1.1 Control de Temperatura.....	7
2.1.2 Control de Temperatura en Lazo Abierto.....	8
2.1.3 Control de Temperatura en Lazo Cerrado.....	8
2.1.4 Tipos de Controles en Sistema de Lazo Cerrado.....	10
2.2 Medición de la Temperatura.....	12
2.3 Antecedentes en Controles de Temperatura.....	14
2.4 Antecedentes en Deshidratadores Eléctricos.....	17
2.5 La Deshidratación.....	20
2.5.1 Secado Solar.....	22
2.5.2 Deshidratador de Aire Forzado.....	23
2.5.3 Deshidratador de Combustión.....	23
2.5.4 Deshidratadores Eléctricos.....	24

Capítulo 3. Descripción del equipo Deshidratador

3.1	Selección de Materiales.....	26
3.2	Material.....	26
3.3	Dimensiones del Deshidratador.....	27
3.4	Construcción del Deshidratador.....	29
3.5	Forro Aislante en caras internas del Deshidratador.....	30
3.6	Guías de Bastidores.....	31
3.7	Bastidor.....	31
3.8	Unidad Calefactor.....	33

Capítulo 4. Construcción, Desarrollo del Programa e Implementación del Sistema de Control Eléctrico–Electrónico de Temperatura aplicado a un Deshidratador (CETDX).

4.1	Diagrama en Bloques del CETDX.....	34
4.2	Microcontrolador PIC16F877A.....	35
4.3	Disposición del Microcontrolador PIC16F877A.....	39
4.4	Sensor de Temperatura estándar: LM35.....	41
4.5	Desarrollo del CETDX.....	42
4.5.1	Conexión del Sensor al Microcontrolador PIC16F877A	43
4.5.2	Conexión del Microcontrolador y el Teclado.....	44
4.6	Conexión del Microcontrolador y el LCD.....	45
4.7	Circuitos Eléctricos para Alimentar y Activar la Unidad Cale- Factor.....	46
4.7.1	Activación de los Relevadores K1 y K2 para puesta en operación de las resistencia calefactoras R12 y R13.....	47
4.7.2	Activación del Motor Ventilador.....	48
4.8	Fuentes de Voltaje.....	49
4.8.1	Fuente de Alimentación para el CETDX.....	49
4.8.2	Fuente de Alimentación para el Circuito Armador de los	

Relevadores.....	50
4.9 Lista de Material y Símbolos en CETDX.....	51
4.10 Circuito del Control Implementado en CETDX.....	53
4.11 Programa Desarrollado para el CETDX.....	56
 Capítulo 5 PRUEBAS Y RESULTADOS	
5.1 Prueba en Protoboard.....	60
5.2 Diseño del Circuito para el CETDX.....	60
5.3. Prueba Eléctrica-Electrónica y de Funcionamiento.....	60
5.4. Prueba del CETDX Sin Carga en el Deshidratador.....	63
5.5. Prueba del CETDX Con Carga en el Deshidratador.....	63
 Conclusiones y Trabajos Futuros	
Conclusiones.....	67
Trabajos Futuros.....	69
 Apéndice	
A Componentes Electrónicos Implementados en el CETDX.....	70
B Programa Implementado en el CETDX.....	84
 Referencias.....	 94

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1.- Diagrama en bloques del control en un sistema.....	7
Figura 2.2.- Diagrama en Bloques de un Control en Lazo Abierto.....	8
Figura 2.3.- Diagrama en Bloques del Control en Lazo Cerrado.....	9
Figura 2.4.- Diagrama en Bloques para un Sistema de Control de Temperatura Realimentación con Datos del Sensor.....	9
Figura 2.5.- Diagrama en Bloques de un control de Temperatura con Histéresis Todo/Nada.....	10
Figura 2.6.- Histéresis de un Control Todo/Nada.....	11
Figura 2.7.- Gráfica de puesta en operación de un Control Todo/Nada.....	11
Figura 2.8.- Diagrama Esquemático del Control de Temperatura.....	13
Figura 2.9.- Diagrama de Bloques del Acondicionador de la Señal para Procesarla.....	13
Figura 2.10.- Diagrama en Bloques para la Medición en un Sistema.....	13
Figura 2.11.- Control de Temperatura encendido/apagado con DS18B20...	14
Figura 2.14.- Deshidratador Eléctrico Sin Control Automático.....	18
Figura 2.15.- Deshidratador Eléctrico Excalibur 3900.....	19
Figura 2.16.- Secado Solar.....	22
Figura 2.17.- Malla para Secado Directo.....	22

Figura 2.18.- Deshidratador de Aire Forzado.....	23
Figura 2.19.- Deshidratador de Combustión.....	23
Figura 2.20.- Deshidratador tipo Vagón.....	24
Figura 2.21.- Deshidratador de Arcones Múltiples.....	24
Figura 2.22.- Deshidratador Eléctrico.....	25
Figura 3.1.- Dimensiones de Armazón para el Deshidratador.....	28
Figura 3.2.- Referencia Real de la Estructura Metálica.....	28
Figura 3.3.- Cortes del MDF para las paredes del Deshidratador.....	29
Figura 3.4.- Caras laterales con placa metálica adherida con adhesivo al MDF.....	30
Figura 3.5.- Guías de Bastidores en cara lateral del Deshidratador.....	31
Figura 3.6.- Bastidores.....	32
Figura 3.7.- Vista lateral del Deshidratador y Disposición de los Bastidores.....	32
Figura 3.8.- Unidad Calefactor Montado en el Deshidratador.....	33
Figura 4.1.- Diagrama en Bloques del CETDX.....	35
Figura 4.2.- Empaquetado PDIP del PIC16F877A.....	36
Figura 4.3.- Diagrama Esquemático del CETDX.....	39
Figura 4.4.- Configuración física del los pines de LM35.....	42
Figura 4.5.- Configuración típica del LM35.....	42

Figura 4.6.- Conexión entre el Sensor y μ C.....	43
Figura 4.7.- Conexión entre el μ C y el Teclado.....	44
Figura 4.8.- Conexión entre el μ C y el LCD.....	46
Figura 4.9.- Activación de Relevadores para puesta en operación de las Resistencias Calefactoras.....	47
Figura 4.10.- Circuito de Activación del Motor Ventilador M.....	48
Figura 4.11.- Fuente de Voltaje para el CETDX.....	49
Figura 4.12.- Fuente de Alimentación para el Circuito Armador de los Relevadores.....	50
Figura 4.13.- Circuito para el CETDX elaborado en el programa Eagle 4.11.....	53
Figura 4.14.- Circuito Impreso para el CETDX.....	53
Figura 4.15.- Disposición de Componentes en el Circuito del CETDX.....	54
Figura 4.16.- Circuito Implementado y Revelado en Placa Fenolica.....	55
Figura 4.17.- Disposición de los Componentes en su Lugar y Espacio en CETDX.....	55
Figura 4.18.- Diagrama en Bloques del Programa para el CETDX.....	57
Figura 4.19.- Carátula de Información en el Display del CETDX.....	58
Figura 4.20.- Diagrama de Flujo de puesta en operación del CETDX.....	59
Figura 5.1.- Información desplegada en el Display del CETDX.....	61

Figura 5.2.- CETDX.....	62
Figura 5.3.- Gráfica Temperatura Vs Tiempo, puesto en operación el CETDX con producto a deshidratar.....	65

LISTA DE TABLAS

Tabla 4.1.- Características del μ C PIC16F877A.....	37
Tabla 4.2.- Disposición del μ C PIC16F877A.....	40
Tabla 4.3.- Sensores Estándar en el Mercado.....	41
Tabla 4.4.- Configuración de los pines en LCD.....	45
Tabla 4.5a.- Lista de Material y Simbología empleado en el CETDX.....	51
Tabla 4.5b.- Lista de Material y Simbología empleado en el CETDX.....	52
Tabla 4.6.- Comportamiento Lógico del CETDX.....	59
Tabla 5.1.- Temperatura Vs Tiempo en prueba realizada.....	64
Tabla 5.2.- Periodo de Tiempo y Estado del CETDX en prueba.....	65

LISTA DE SÍMBOLOS Y ABREVIACIONES

7805	Regulador de Voltaje
μC	Microcontrolador
4N35	Acopladores Ópticos de Fines Generales del Fototransistor
A/D	Analógico / Digital
AN(0-3)	Puerto A con pines del 0 al 3 convertidores de A/D
C(1-10)	Capacitor del 1 al 10
CCP	Módulo de Captura y Comparación
CETDX	Control Eléctrico-Electrónico de Temperatura para el Deshidratador
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CMOS	Complementary Metal-Oxide-Semiconductor
D(1-8)	Diodo del 1 al 8
e(t)	señal de error
E/S	Entrada/Salida
ECG	Manual para reemplazos de Semiconductores
EEPROM	Erasable Programmable Read Only Memory
F(1-2)	Fusible del 1 al 2
FAO	Organización para la Agricultura y la Alimentación
GND	Referencia de tierra
GND2	Neutro
H / L	Alto / Bajo
Hz	Hertz
I	Integral
I/O	Entrada/Salida
I2C	Inter-Integrated Circuit
ISCP	Programación y Depuración serie "in-Circuit"
K(1-2)	Relevador del 1 al 2
Khz	Kilohertz

Kp	Ganancia Proporcional
Kw / hr	Kilowatt / hora
L	Voltaje de Línea
LACETEL	Instituto de Investigación y Desarrollo de Telecomunicaciones
LCD	Liquid Crystal Display
Led	Diodo emisor de Luz
LM35	Sensor de Temperatura
M	Motor Ventilador
m(t)	salida del controlador
mA	Miliamper
MCLR	Master Clear
<i>MDF</i>	Medium Density Fiberboard
MhZ	Megahertz
ms	Milisegundos
MSSP	Master Synchronous Serial Port
N	Neutro
ns	nanosegundos
OR	Compuerta Lógica O
OSC1	Entrada de Oscilador de Cristal
OSC2	Salida de Oscilador de Cristal
<i>P</i>	Proporcional
PC	Computadora Personal
<i>PD</i>	Proporcional-Derivativo
PDIP	Plastic Dual In Line Package
<i>PI</i>	Proporcional-Integral
<i>PID</i>	Proporcional-Integral-Derivativo
PVC	es el producto de la polimerización del monómero de cloruro de vinilo a policloruro de vinilo
PWM	modulación por ancho de pulsos

Q(1-8)	Transistor del 1 al 8
R(1-28)	Resistencia de la 1 a la 28
RA(0-7)	Puerto A pines del 0 al 7
RB(0-7)	Puerto C pines del 0 al 7
RC(0-7)	Puerto B pines del 0 al 7
relé	Relevador
RISC	Reduced Instruction Set Computer
RS232	Protocolo de Comunicación Serie
S1-S5	Pulsadores del 1 al 5
SPI	Serial Peripheral Interfase
TC	Triac
THV	Control high voltaje test
T _{MAX}	Temperatura Máxima
T _{MIN}	Temperatura Mínima
TR	Transformador Reductor
USART	Universal Synchronous/Asynchronous Receiver Transmitter
VCC1	+5 Volts de Corriente Continua uno
VCC2	-12 volts de corriente continua
Vdd	Fuente positiva para pines lógicos y de I/O
Vpp	Entrada de voltaje de programación
Vs	Versus
Vss	Referencia de tierra
W	Watt
XL	Cristal Oscilador
XOR	Compuerta Lógica O exclusiva
Ω	Ohm

CAPÍTULO 1

Introducción

En este capítulo se detallan los aspectos que son tomados en cuenta para el desarrollo del proyecto que se presenta:

- La motivación por la cual se elige este tema.
- Los fundamentos que lo sustentan.
- Los objetivos que se persiguen para este proyecto.
- La metodología a emplear.

Estos aspectos son mostrados en los subtemas que a continuación se exponen.

1.1 Antecedentes, Descripción General del Problema.

Existe gran cantidad y variedad de deshidratadores en el mercado, aunque pocos están enfocados a tener un control electrónico de temperatura para el deshidratado, o definitivamente si tienen son para uso casero o industrial, pero no para un deshidratado de producción media.

Un sistema básico de deshidratado, a nivel casero puede construirse de madera contrachapada, lámina de metal, un ventilador pequeño, cinco bombillas con soporte de porcelana y tamices metálicos; estantes para cinco bastidores; el ventilador y la lámina de metal que reviste el compartimiento inferior, contribuyen a la conducción de calor ascendente a través de la cámara, todo esto sin contar con un control automático de temperatura digitalizado.

El Centro Internacional de Agricultura Tropical presenta su deshidratador eléctrico. El secado tiene flujo horizontal de aire caliente debido a una resistencia eléctrica tipo resorte de 100 voltios y un ventilador que introduce el aire hacia el interior, contiene cuatro

bastidores horizontales y con salida en el extremo opuesto forzando la salida de aire húmedo. Este prototipo carece de un termostato y por ende de un control de Encendido/Apagado que automatice el proceso de control para la temperatura.

El esquema de un control automático de temperatura mostrado por José Ma. Angulo, Susana Romero e Ignacio Angulo en su libro PIC diseño práctico de aplicaciones, consta de un Microcontrolador I/O, sensor de temperatura, conversor de analógico a digital, un calefactor, un relevador que ponga en marcha la calefacción, un ventilador y una pantalla LCD.

1.2 Objetivo

El objetivo de este proyecto de tesis es construir e implementar un control de temperatura para el diseño de un deshidratador para una producción media. No se verá un control de potencia, sino un sistema de control Encendido/Apagado dado por una histéresis debida a una entrada de referencia y la señal que viene del sensor, implementando éste en el deshidratador. Los objetivos para este proyecto son:

- Diseño y construcción del deshidratador.
- Uso de microcontrolador para el diseño del sistema de control de temperatura.
- Uso de materiales disponibles en el mercado.
- De fácil uso y poco mantenimiento.

Con este proyecto se espera darle una extensa difusión a los sistemas de control, que no por ser de simple proceso, éste pueda automatizarse y tener una mejoría del desarrollo en la producción.

1.3 Justificación

A través del tiempo el hombre ha utilizado el deshidratado como forma de preservar los excedentes de las cosechas de alimentos en tiempos de abundancia, para los tiempos de escasez. Entre las formas básicas de deshidratado se encuentra: la solar (secado al sol), químicas (inmersas en sal o sílice), y más novedosas secado a gas y eléctricas, esta última es una de las más empleadas para pequeñas y medianas producciones en las cuales comunmente el deshidratador no cuenta con un control de temperatura.

Al no haber en el mercado un deshidratador con control de temperatura de proporciones medianas de producción, se toma la tarea de diseñar y construir este proyecto, con miras a beneficiar a todo aquel producto que sea susceptible de ser deshidratado.

1.4 Metodología

La primera decisión importante tomada es el tipo de control a emplear en el sistema de control de temperatura para el deshidratado, obtener un control que sea de simple manejo. Revisar en el mercado local que Microcontrolador es la mejor opción tanto en costo como en su operación y funcionalidad para que el control este supeditado a la necesidad del usuario, este Microcontrolador deberá de incluir un puerto con convertidor de Analógico a Digital ya que muchos de estos cuentan con este conversor ya integrado en su diseño, dicho puerto recibe la señal analógica de un sensor para ser convertida a digital. El sensor debe ofrecer una fácil implementación; continuando con la señal adquirida, ésta se comparará con una referencia dada por un máximo y un mínimo, obteniendo así una histéresis, logrando el control de la temperatura.

Considerando el deshidratador como una cámara de calor, con un flujo de aire caliente como entrada y una salida que retira el aire húmedo, el proyecto se enfoca en un control Encendido/Apagado de lazo cerrado dependiente de la temperatura, que enciende y apaga el calefactor y el ventilador que introduce el aire caliente forzandolo dentro de la cámara de deshidratado.

El proyecto de Control Eléctrico–Electrónico de Temperatura es conformado por tres etapas necesarias para su desarrollo en el diseño y construcción del deshidratador:

- Diseño del Circuito de control.
- Desarrollo del programa.
- Implementación de la etapa de Potencia.

1.5 Contenido de la tesis

Este trabajo de tesis se encuentra dividida en 5 capítulos y referencias bibliográficas, pretendiendo que se encuentre en este trabajo una referencia ordenada y fácil de cada tema, para consulta de trabajos futuros.

En el Capítulo 1, se da una breve introducción a este trabajo. Se menciona a otros dispositivos como antecedente que han trabajado con la misma finalidad a ésta. Se describe el objetivo, una justificación, metodología que describe el proyecto y la descripción por capítulos.

En el Capítulo 2, se hace mención de otros proyectos y dispositivos que existen en el mercado para el control de temperatura que son viables para ser empleados en el control de deshidratadores, el deshidratado, conceptos básicos de la teoría de los deshidratadores, técnicas y tipo de deshidratadores.

En el Capítulo 3, se muestra el proceso de construcción del deshidratador, así como los datos técnicos tomados en cuenta en el desarrollo.

En el Capítulo 4, Se hace una descripción por bloques del control de temperatura para el deshidratador; mención de datos técnicos de los componentes implementados en el circuito de control de temperatura; descripción de las rutinas y datos de operación necesarios para el desarrollo del programa y su aplicación.

En el Capítulo 5. Se presenta el caso de estudio utilizando el control de temperatura para el deshidratador, realizando pruebas y manifestando los resultados.

Conclusiones Generales.

Trabajos Futuros.

CAPÍTULO 2

Antecedentes

Este capítulo da a conocer todos los elementos técnicos y variables que han de tomarse en cuenta para el diseño, implementación y construcción del Control Eléctrico- Electrónico de Temperatura para el Deshidratador.

El tratar de mantener una temperatura en ciertos rangos ha sido muy importante para el ser humano desde el descubrimiento del fuego, de manera directa el ser humano actuaba como controlador al percibir la mayor o menor intensidad del fuego, trataba de mantener cierto nivel con la finalidad de conservar una temperatura deseada.

2.1 El Control

Se tiene conocimiento de que los sistemas de control automático fueron utilizados hace más de 2000 años, los avances se fueron dando a través del tiempo. Desde el reloj de agua de vitruvius y atribuido a Ktesibius (270 A.C.), otros hechos relevantes de este periodo incluyen a Rene-Antonie Ferchault (1683-1757) quien propuso un control automático de temperatura para incubadoras basado en el invento de Cornelius Drebbel (1572-1663), Bonnemain (1736-1819) se basa para el control en sensores y actuadores de expansión diferencial y diferentes metales. De 1935 a 1950 se tienen desarrollos en el campo teórico y se planea el control automático, durante la década de 1940, se incrementaron en número y utilidad los métodos matemáticos y analíticos, con el mayor uso de la transformada de Laplace y el plano de frecuencia compleja, lugar geométrico de la raíces, se hizo posible la utilización de las computadoras analógicas y digitales como componentes de control. Con el paso de los años se han ido optimizando las técnicas de control, y gracias al desarrollo de la computadora digital y microcontroladores se han planteado diferentes tipos de control en sistemas compuestos, así como de controladores. [Nise, 2004]

En la actualidad los sistemas de control cuya función principal es modificar la dinámica del sistema, se han categorizado básicamente en dos grupos, lazo abierto y lazo cerrado. A su vez estos se pueden clasificar según el tipo de energía usada en su funcionamiento, en controladores neumáticos, hidráulicos o electrónicos. El tipo de controlador a utilizar depende de la naturaleza de la planta y sus condiciones de funcionamiento, inclusive consideraciones de seguridad, costo, disponibilidad, confiabilidad, precisión, peso y tamaño.

Entre los diversos controladores disponibles comercialmente se encuentran aquellos que por su simplicidad tanto de implementación como de su estructura son muy utilizados en enceres domésticos como planchas y refrigeradores, encontrándolos también tan complejos y sofisticados que pueden etiquetar tu nombre en uno de tus cabellos. Para este caso de estudio son tomados en cuenta dos conceptos en particular que están relacionadas entre sí, pero son conceptos diferentes el calor y la temperatura.

2.1.1. Control de Temperatura.

Los Controles de temperatura son dispositivos reguladores de temperatura donde el operador introduce una consigna para el sistema de control que tiene respuesta en algún proceso o en una planta con un fin determinado Figura 2.1.

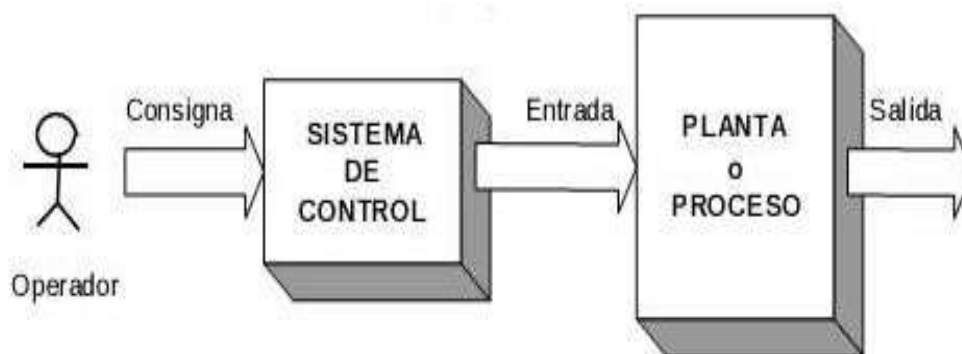


Figura 2.1.- Diagrama en Bloques del Control en un Sistema.

2.1.2. Control de Temperatura en Lazo Abierto.

En este sistema de control se entrega una cierta cantidad de energía constante o variable para lograr una temperatura prefijada aproximada, o una variación de temperatura según una ley determinada. Cualquier variación de las condiciones del elemento a controlar, no será corregida por no disponer de conocimiento directo de la temperatura a controlar, Figura 2.2.

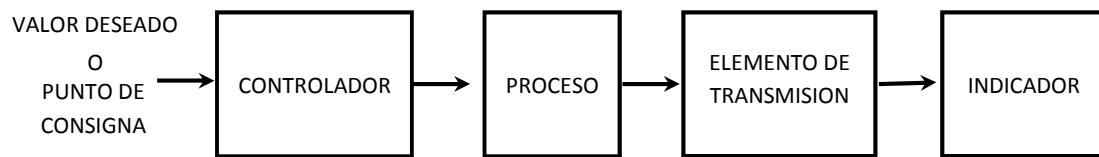


Figura 2.2.- Diagrama en Bloques de un Control en Lazo Abierto.

2.1.3 Control de Temperatura en Lazo Cerrado.

En estos sistemas, para que la temperatura del elemento a controlar sea el requerido, se deben mantener una cierta cantidad de parámetros de elementos periféricos en valores predeterminados, a fin de que la energía calorífica entregada, produzca los efectos deseados sobre el proceso a controlar.

Se entrega una cierta cantidad de energía que será dependiente de la diferencia de temperatura real del elemento a controlar y de la temperatura prefijada, esto es que existe una realimentación de datos que son tomados en cuenta para el control, Figura 2.3.

Una manera sencilla y segura de lograr una temperatura deseada en el control de temperatura para el proceso o la planta, es aplicar un sensor sobre éste y con los datos obtenidos, realimentar el sistema a fin de aplicar energía calorífica o sustraer la necesaria para lograr el resultado requerido Figura 2.4.

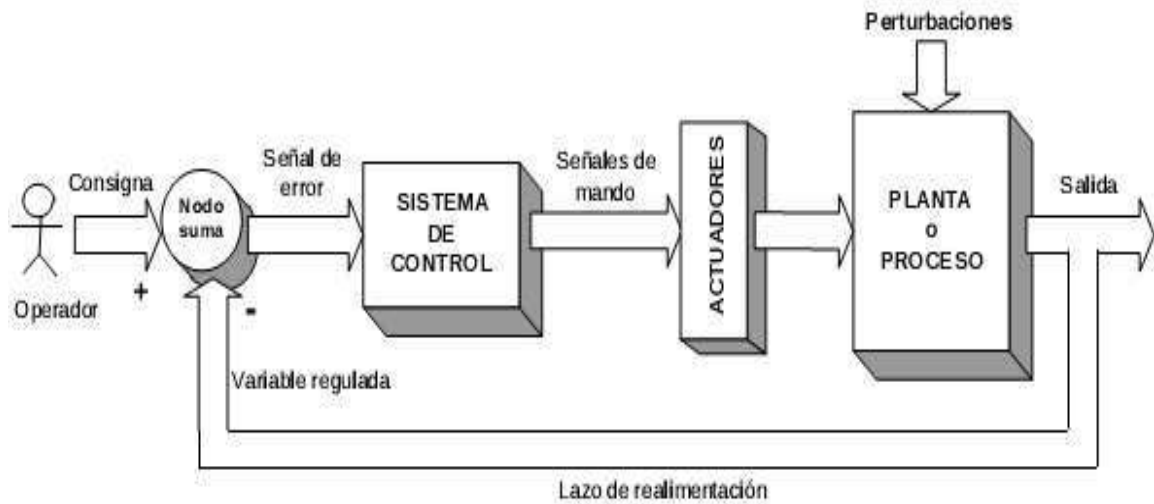


Figura 2.3.- Diagrama en Bloques del Control en Lazo Cerrado.

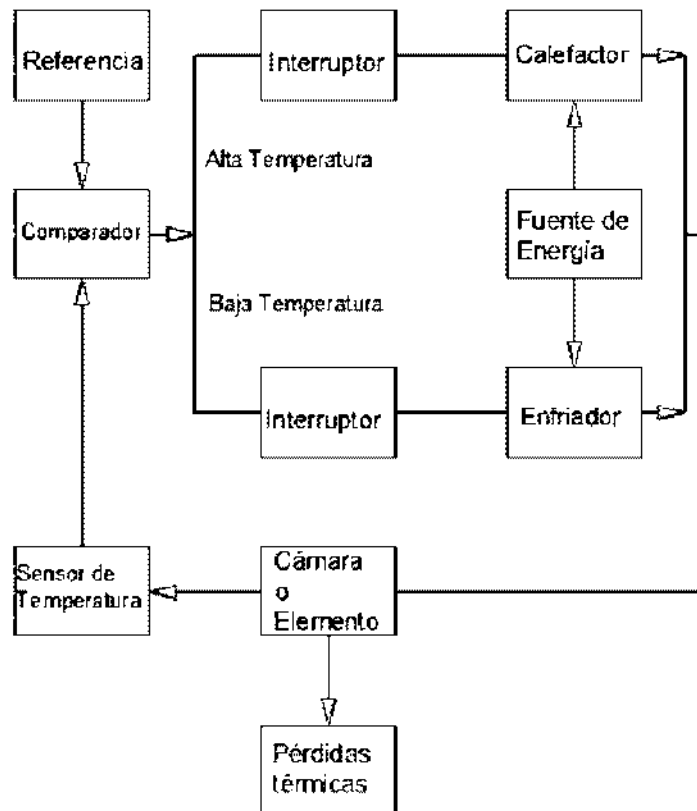


Figura 2.4.- Diagrama en Bloques para un Sistema de Control de Temperatura con Realimentación con Datos del Sensor.

2.1.4 Tipos de Control en Sistemas de Lazo Cerrado.

Dependiendo de la estrategia con la que se genere la acción de control en el error se puedan clasificar los controladores automáticos en:

- Controlador Encendido/Apagado.

En un control Todo/Nada la salida toma únicamente dos valores: Encendido o Apagado. Cuando la temperatura es mayor a la deseada, la salida se apaga en el caso de sistemas de calentamiento o se enciende en el caso de sistemas de enfriamiento. Cuando es menor, toma el valor opuesto.

Los controles de este tipo cuentan con histéresis o banda muerta para evitar que la salida sea inestable cuando la temperatura se acerque al valor deseado. Figura 2.6 y su comportamiento se observa gráficamente en operación ver Figura 2.7.

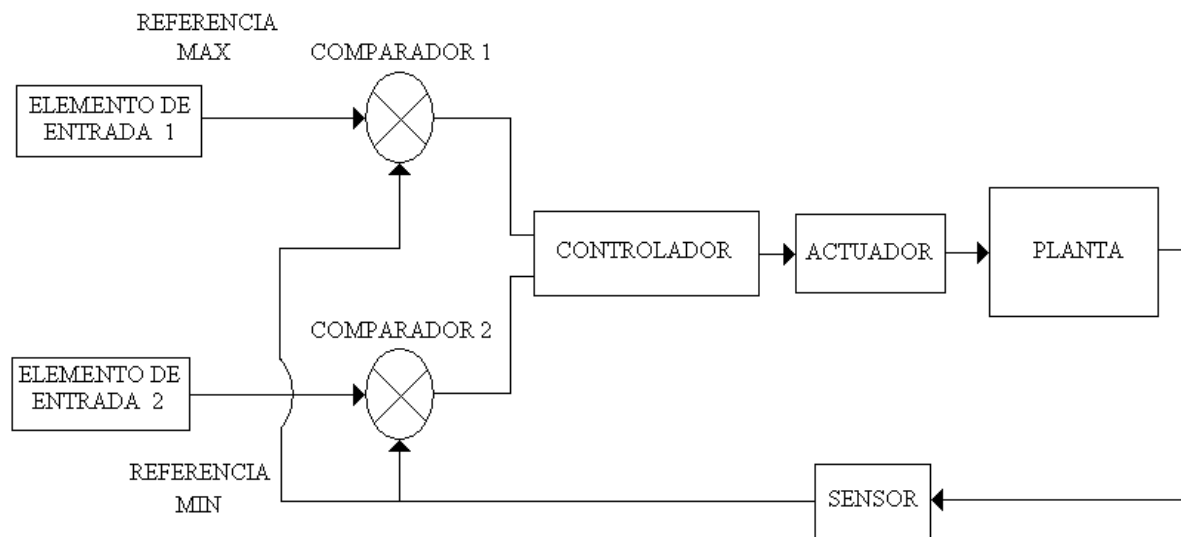


Figura 2.5.- Diagrama en Bloques de un control de Temperatura con Histéresis Todo/Nada.

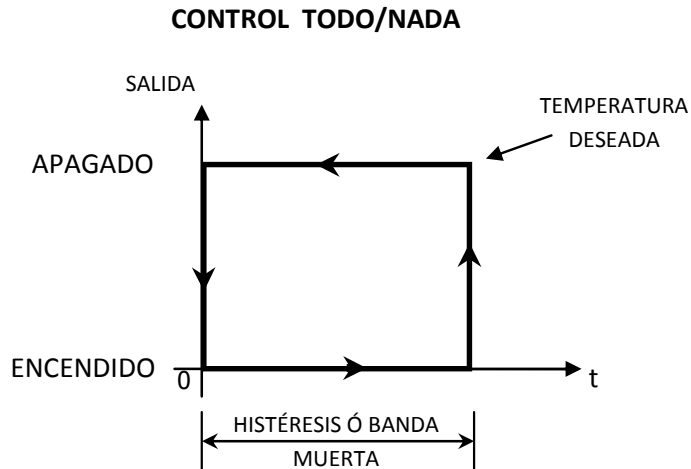


Figura 2.6.- Histéresis de un Control Todo/Nada.

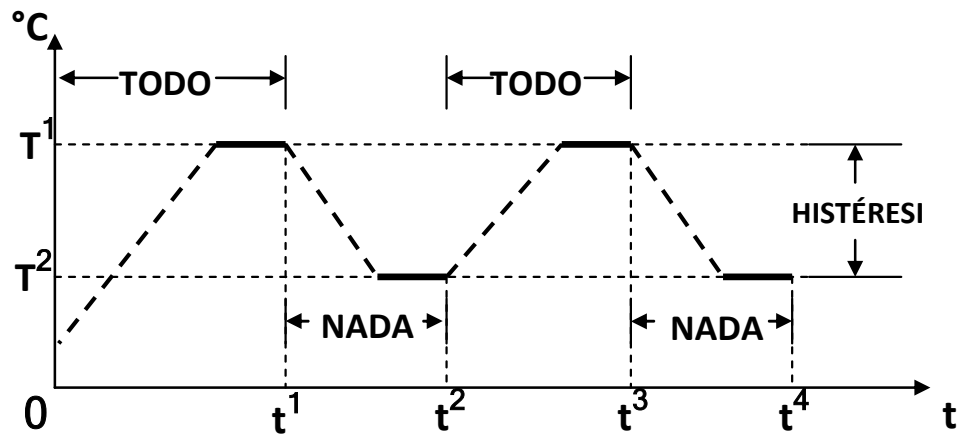


Figura 2.7.- Gráfica de puesta en operación de un Control Todo/Nada.

- Controlador Proporcional (P).

Para esta acción de control la relación entre la salida del controlador $m(t)$ y la señal de error actuante $e(t)$ es: $u(t) = K_p * e(t)$, donde K_p se considera como la ganancia proporcional.

- Controlador Integral (I).

Esta acción de control produce una señal cuya rapidez es proporcional a la magnitud del error, “a grandes errores correcciones rápidas”, pero produce respuestas arrastradas y largas oscilaciones.

- Controlador Proporcional-Integral (PI).

Este tipo de control produce una acción una reacción rápida en la respuesta del sistema, aplican las ventajas de cada uno de los controladores.

- Controlador Proporcional-Derivativo (PD).

La acción derivativa da una respuesta proporcional a la derivada del error (velocidad de cambio del error). Añadiendo esta acción de control a las anteriores se elimina el exceso de oscilaciones, ya que anticipa el error y actúa en función del error que iría a ocurrir y la respuesta es más rápida.

- Controlador Proporcional-Integral-Derivativo (PID).

Combina las ventajas de cada una de las tres acciones de control individuales.

- Control Difuso.

Refiere principalmente al control de procesos por medio de descripciones lingüísticas difusas. El fin del controlador es incorporar el conocimiento de un experto humano en el algoritmo de control, el cual operará en intervalos discretos de tiempo.

2.2 Medición de la Temperatura

La Figura 2.8, muestra un diagrama esquemático del control de temperatura de un horno eléctrico, la temperatura del horno eléctrico se mide mediante un termómetro, que es un dispositivo analógico. La temperatura analógica se convierte a una digital mediante un acondicionador de la señal eléctrica (convertidor A/D) Figura 2.9. La temperatura digital se introduce a un controlador mediante una interface. Esta temperatura digital se compara con una temperatura que se ingresa mediante un programa y si hay una discrepancia (error) el controlador envía una señal al calefactor; a través de un actuador (relevador), para hacer que la temperatura del horno adquiriera el valor deseado.

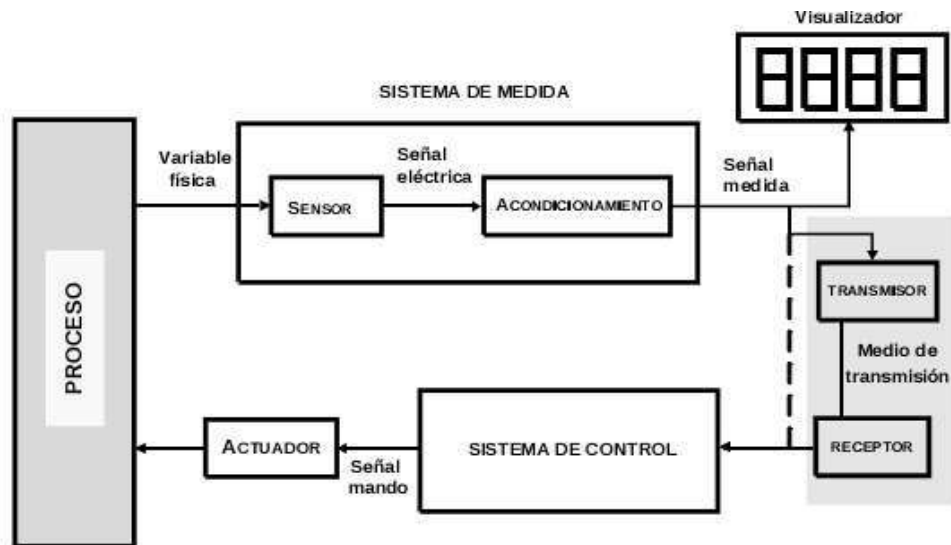


Figura 2.8.- Diagrama Esquemático del Control de Temperatura.

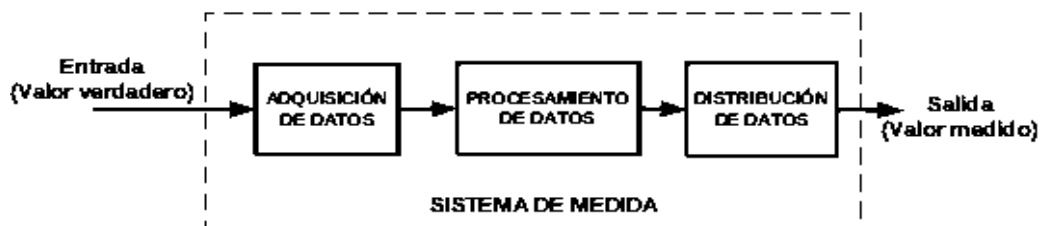


Figura 2.9.- Diagrama de Bloques del Acondicionamiento de la Señal para procesarla.

En general todo proceso es susceptible a tener una discrepancia en su sistema o proceso por la cual al estar en constante medición del proceso se puede tener un control que minimice el error actuante en él, Figura 2.10.

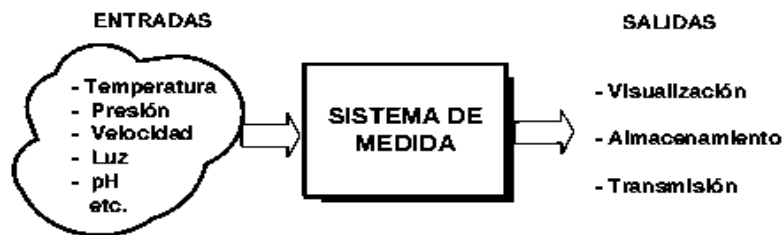


Figura 2.10.- Diagrama en Bloques para la Medición en un Sistema.

2.3 Antecedentes en Controles de Temperatura.

- **Control de Temperatura on-off con DS18B20 (para edupic 16f84).**

Moisés Rafael y Nancy Carolina Gutiérrez Damián, desarrollaron un control de temperatura Encendido/Apagado, usando la tarjeta EDUPIC16f84 que controla el Encendido y Apagado de un foco de halógeno, sensando su temperatura el DS18B20 Figura 2.11, aunque es implementado didácticamente, es definido por sus autores como un control de simple emulación e implementación para la industria.

Como características implementadas en el control desarrollado, son el LCD, dos botones (switch) que selecciona entre tres modos de operación, un zumbador que se activa cuando esta en función la fuente calorífica. Modo uno de trabajo simplemente muestra la temperatura leída por el sensor DS18B20. Modo dos establece manualmente la temperatura deseada. Modo tres hace el control Encendido/Apagado, emplea en margen de histéresis para el Encendido y Apagado. [puntoflotante 2010]

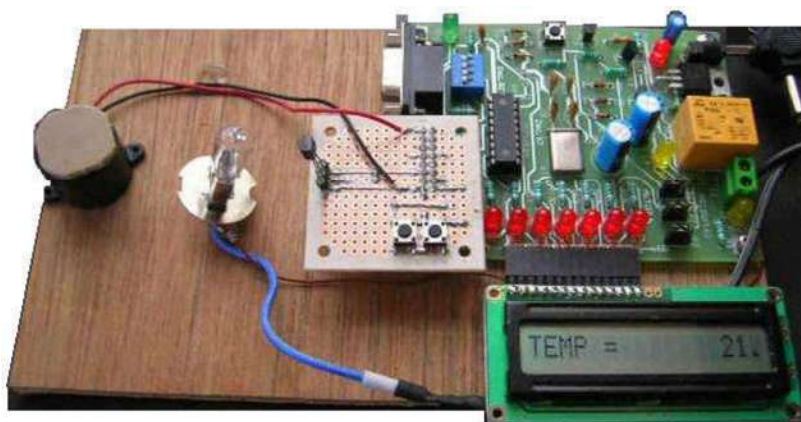


Figura 2.11.- Control de Temperatura Encendido/Apagado con DS18B20.

- **Adquisición y Visualización de datos por Pantalla LCD.**

José Ma. Angulo, Susana Romero e Ignacio Angulo en su libro PIC diseño práctico de aplicaciones, en su sección de adquisición de datos y visualización de datos por pantalla LCD presenta el esquema de su control automático de temperatura que consta de un Microcontrolador PIC I/O, sensor de temperatura, convertidor de Analógico a Digital

(A/D), un calefactor, un relevador que pone en marcha la calefacción, un ventilador y una pantalla LCD. El sistema de control planteado controla el valor de la temperatura, de manera que cuando pase por debajo de un valor prefijado se active un relé que emula la puesta en operación de la calefacción y cuando aumente por encima de un valor máximo prefijado activa un motor a modo de ventilador. Visualizando por un LCD dicha temperatura y los márgenes de operación. [Angulo et al. 2000]

- **Termostato Electrónico con PIC y LCD.**

Pablo Canello en su portal de tecnología de habla hispana comparte su Termostatos desarrollado con un microcontrolador el PIC16F870 el cual dispone en su interior de un convertidor de Analógico a Digital de 10 bits de resolución.

Emplea el LM35 como sensor de temperatura. Cuatro pulsadores permiten establecer el punto de activación y desactivación del relé. Estos parámetros se almacenan automáticamente en la EEPROM interna del PIC por lo que no deben ser recargados al quitar la corriente. El LCD, una pantalla de 2 líneas x 16 caracteres indica en su parte superior la temperatura actual medida y en su parte inferior los parámetros inferior y superior. Un zumbador (del tipo con oscilador) pita por 100ms cada vez que se presiona un pulsador.

Su funcionamiento actúa si la temperatura cae por debajo del límite inferior activando el relé. Si la temperatura sobrepasa el límite superior se desactiva el relé. Dado que ambos puntos son seteables logra un punto de histéresis deseado. [pablin 2009].

- **Control de Temperatura 4 Sensores.**

Federico Barchini da a conocer su proyecto de control de temperatura con cuatro sensores controlados por un microcontrolador PIC16F876 Figura 2.12 y definiendo los parámetros desde la PC. Activa y desactiva el actuador para obtener la temperatura deseada, cuenta con un LCD 2X16 y con el protocolo RS232 se comunica con la PC mediante la comunicación USART del PIC. Usa el LM35 para sensar la temperatura y el diodo LM336 para tener un

voltaje de referencia acompañado de un preset para alcanzar la tensión necesaria.
[irresistible_en_línea 2009]

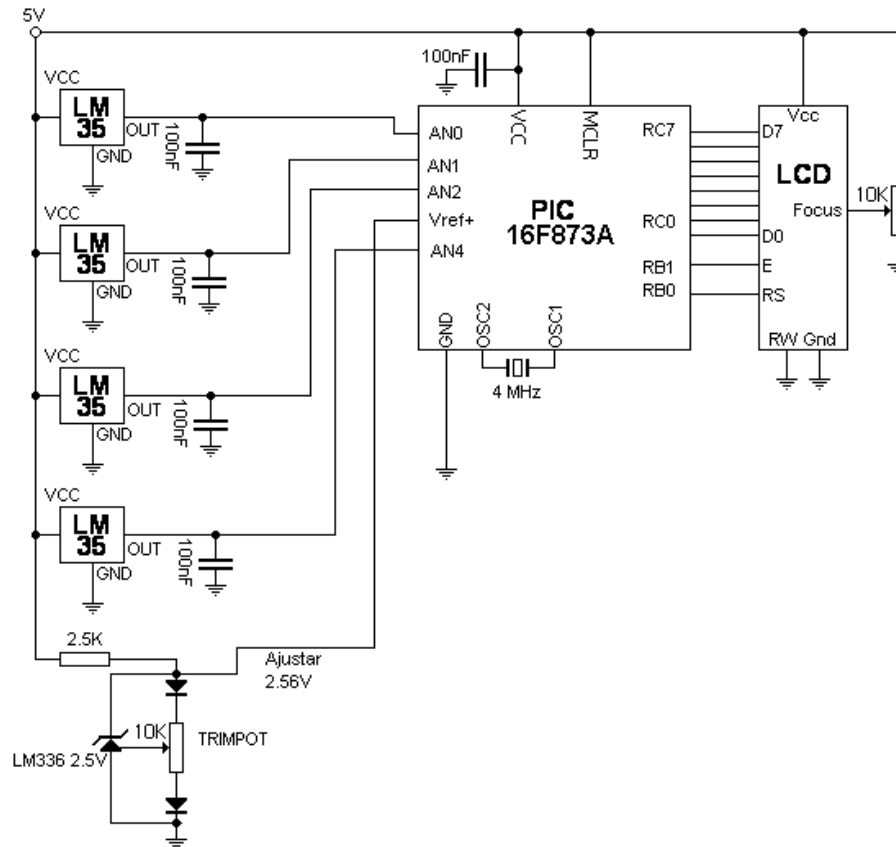


Figura 2.12.- Diagrama del Control de Temperatura 4 sensores.

- **Diseño y Obtención del Control de Temperatura CTE200.**

La Unidad de Ciencia y Técnica de Base LACETEL Pinar del Río, Cuba, por medio del Instituto de Investigación y Desarrollo de Comunicaciones presenta su diseño e implementación del control de temperatura CTE200 Figura 2.13.

Este modelo lo denominan para uso industrial en la medición, indicación digital y control de la temperatura en procesos tecnológicos industriales, aplicando el microcontrolador PIC16C73B. Tiene un rango de medición de 0 a 200°C, con una exactitud de $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$, utilizando como sensor de temperatura un termo-resistencia PT100, se energiza con una tensión de 220V AC. Incluye un circuito de medición con Puente de Wheastone que

compensa la longitud de los conductores de la PT100, amplificadores operacionales de instrumentación con ganancia diferencial (OP7), ajuste del potenciómetro de la ganancia y del cero de la lectura, uso del convertidor A/D LTC1286 con protocolo de conexión serie, un teclado para programar la temperatura de control, los valores del error de la calibración por software y el valor de la histéresis del control. Emplea memoria X24C16 para almacenar y recuperar los datos programados.



Figura 2.13.- Control de Temperatura CTE200.

2.4 Antecedentes en Deshidratadores Eléctricos.

En la construcción del deshidratador con las características necesarias para implementar el control en el proyecto de tesis se presentan algunos modelos como el presentado por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), que presenta su prototipo del deshidratador eléctrico y el deshidratador Excalibur 3900.

- **Deshidratador Eléctrico desarrollado por el CIAT.**

El deshidratador del CIAT tiene flujo horizontal de aire caliente debido a una resistencia eléctrica tipo resorte de 100 Voltios y un ventilador que introduce el aire hacia el interior Figura 2.14, luego por las cuatro bastidores horizontales de doble malla galvanizada con fruta cortada a deshidratar y con una salida en el extremo opuesto forzando la salida de aire húmedo. Construido de madera comprimida de $\frac{1}{2}$ pulgadas de grosor, 72 pulgadas de largo, 23 de ancho y 23 de alto. Este prototipo carece de un termostato y por ende de un control de Encendido/Apagado que automatice el proceso de control de la Temperatura.



Figura 2.14.- Deshidratador Eléctrico Sin Control Automático

El CIAT observó que son necesarios los cambios, el cual propone bajo sus observaciones, pruebas y resultados los siguientes puntos para la mejora de su futuro prototipo [alianzasdeaprendizaje 2009].

- Cambiar la resistencia eléctrica de 110 V a 220 V.
- Forrar con una lámina metálica el interior del encapsulado.

- Aumento en el número de batidores para el mejor aprovechamiento de la energía generada.
- Agrandar la salida de aire húmedo para mejorar la uniformidad de secado de la fruta.
- Uso de cables aislantes para la resistencia eléctrica para evitar el sobrecalentamiento y quemaduras.
- Incluir un termómetro como mínimo para hacer un registro.
- Incluir un termostato para regular la temperatura.

- **Deshidratador Eléctrico Excalibur 3900.**

Se describe comercialmente para una producción profesional y de un alto volumen de producción, cuenta con regulador de temperatura, Figura 2.15. Cuenta con un Temporizador y un programador. Interiormente dispone de 9 bastidores de 38 X 38 cm, sus dimensiones son 31.8 cm de altura por 43.2 de ancho por 48.3 cm de profundidad, ventilador de 18 cm y motor de 600 Watts 210-220 V / 60 Hz. Su peso es de 10 Kg. Su costo oscila en los €249,13 más los gastos de envío [100x100chef, 2009].



Figura 2.15.- Deshidratador Eléctrico Excalibur 3900.

2.5 La Deshidratación.

La deshidratación se refiere a la pérdida excesiva de agua y sales minerales de un cuerpo [Wikipedia, 2009].

Una forma de aprovechar los excedentes de las cosechas es utilizar el hidratado como medio de conserva para guardar alimentos sobrantes de los momentos de abundancia, para los tiempos de escasez.

Desde hace muchos años, no se sabe exactamente cuando, el ser humano inicio el deshidratado de los alimentos. Probablemente por accidente, alguien dejó un alimento o fruta expuesta al sol y notó que se había secado pero que aún era comestible.

La eliminación del agua en los alimentos se aplica a los términos de Secado y deshidratación pero en la tecnología de los alimentos el termino secado se refiere a la desecación natural Figura 2.16, como la que se obtiene exponiendo el producto a la acción del sol y el de deshidratación designa el secado por medios artificiales, como la exposición del producto a una corriente de aire caliente.

La deshidratación implica el control sobre las condiciones climáticas dentro de una cámara o el control de un micro medio circulante, el secado solar a la intemperie presenta algunos problemas que hace esta operación no siempre recomendable para la producción en escala. Entre ellos; la carencia de control del proceso, duración de tiempo de secado, alto costo de mano de obra, requerimiento de grandes áreas, infestación de insectos, falta de protección ante lluvia y mezcla con viento y otros materiales extraños. Los alimentos secados en una deshidratadora pueden tener mejor calidad que los secados al sol. Se necesita menos terreno para la actividad deshidratadora.

Hay varias técnicas para deshidratar, la más económica y que no necesita de energía eléctrica es la que utiliza el sol como fuente de calor. Aunque en casos de deshidratado a gran escala como en deshidratadoras industriales, utiliza resistencia eléctrica como fuente

de calor, y un ventilador para hacer circular el aire caliente y de esta forma extraer el agua de los alimentos en un tiempo menor y más uniforme.

Al deshidratar los alimentos se logra:

1. Inhibir el efecto de los microorganismos y enzimas, logrando con esto que se puedan almacenar por un tiempo mayor.
2. Se logra reducir el peso de los alimentos, y por lo mismo su transportación se favorece.
3. Se obtiene la transformación de los alimentos, esto es, una textura diferente además de su aroma. [recetas.aquiguatemala, 2009].
4. Concentra los nutrientes, con una baja pérdida de vitaminas, pues los productos nunca están expuestos a altas temperaturas.
5. El poder alimenticio es casi igual al de los frutos frescos, aunque hay que considerar que igualmente son mucho más ricos en calorías, lo que hay que considerar a la hora de establecer dietas equilibradas.

Por este motivo, los productos deshidratados son muy adecuados en situaciones donde el bajo peso de los alimentos sea esencial, como ocurre para excursionistas y escaladores, o cuando se intenta abastecer de urgencia a poblaciones que han sufrido una tragedia, como a las víctimas de terremotos, o en campamentos de refugiados en zonas de difícil acceso. En estos casos, alimentos deshidratados envasados al vacío, pueden ser una dieta de subsistencia muy eficaz. Siempre debemos tener en casa alimentos deshidratados envasados al vacío para nuestra comida en excursiones, y como reserva de alimentos en caso de emergencias. [Felixmaocho.wordpress, 2009].

En esencia un deshidratador es un aparato que aprovecha la energía calorífica para calentar aire, provocando por convección, una corriente de aire caliente que pasa entre los productos colocados en su camino, secándolos, y arrastrando la humedad al exterior. Hay variedad de

modelos y sistemas, pero en esencia, todos contienen el mismo proceso fundamental. [Felixmaocho 2009].

2.5.1. Secado Solar.

El producto se seca usando la radiación solar directa o indirecta, Figura 2.16. El método más simple de secado solar consiste en colocar el producto a secar directamente sobre una superficie negra y plana; el sol y el viento secarán la cosecha [FAO 2010]

Un método sencillo para la construcción de un secador directo es a partir de una malla metálica enmarcada que al colocarse sobre bloques de madera u hormigón permite la circulación de aire por debajo del producto Figura 2.17 [FAO 2010].

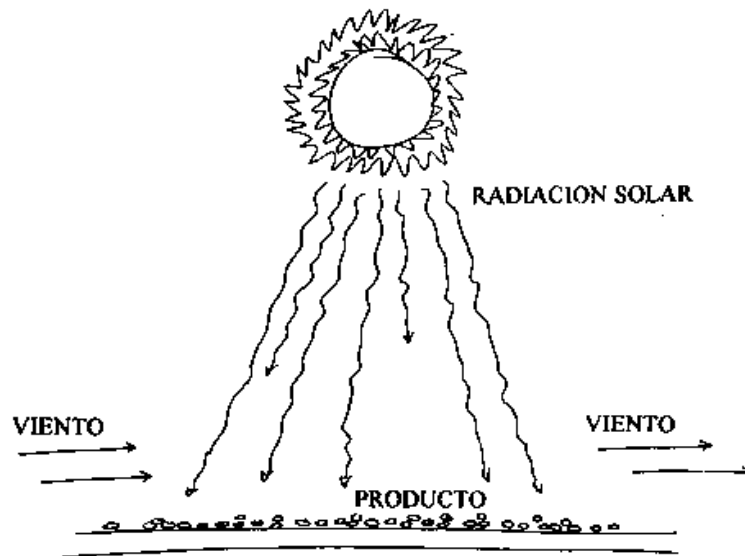


Figura 2.16.- Secado Solar

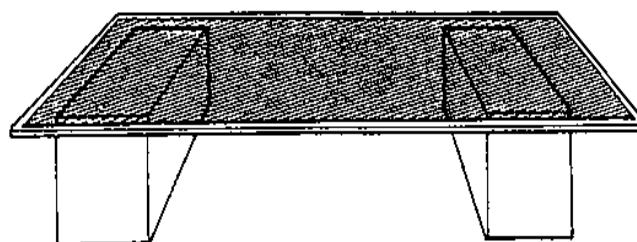


Figura 2.17.- Malla para Secado Directo.

2.5.2 Deshidratadores de Aire Forzado.

El deshidratador combina un flujo constante de aire con una fuente externa de calor. La base de la cámara en la que se coloca el producto a secar se cubre con una lámina de metal horadada o listones de madera. Entre el horno y la cámara existe un ventilador que impulsa el aire caliente a través del producto Figura 2.18 [FAO 2010].

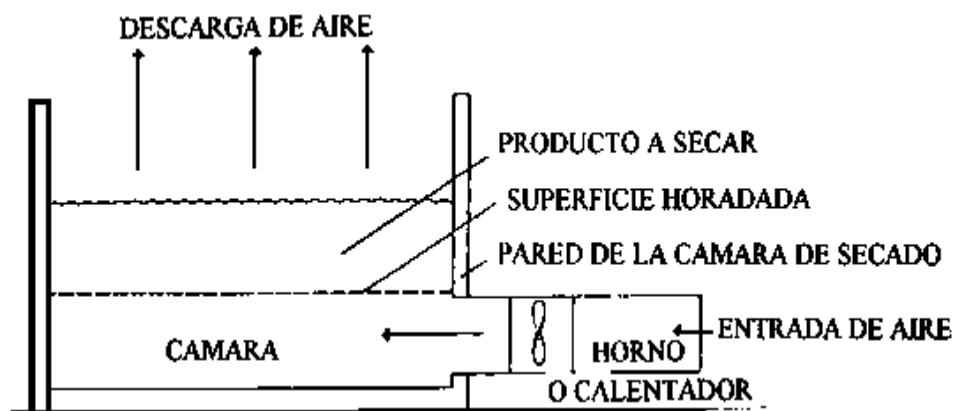


Figura 2.18.- Deshidratador de Aire Forzado.

2.5.3 Deshidratadores de Combustión.

El deshidratador para grandes cantidades consta de un ventilador axial y funciona por combustión de queroseno o diesel Figura 2.19.

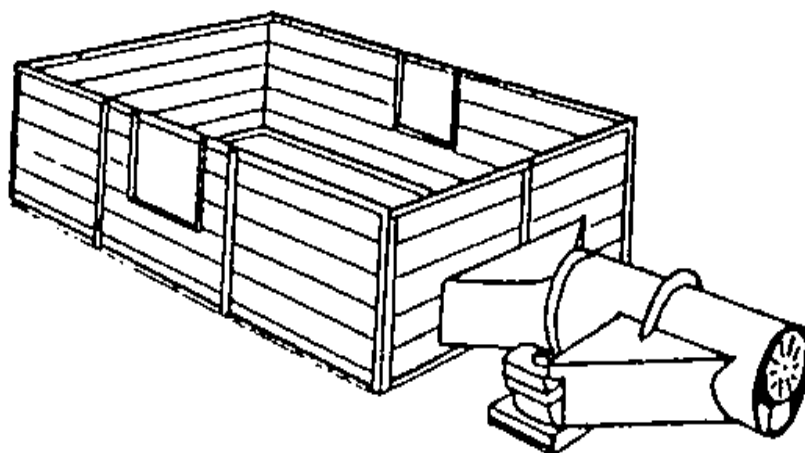


Figura 2.19.- Deshidratador de Combustión.

Para secar pequeños volúmenes, son usados dos tipos de deshidratadores. Un vagón (furgón, carro) con piso horadado que se puede transportar desde el campo conectándose posteriormente al quemador portátil para el secado del lote Figura 2.20. El segundo tipo es un deshidratador estacionario, conocido como deshidratador de "arcones múltiples" Figura 2.21, esta diseñado para mover aire caliente a lo largo de una cámara situada debajo de una plataforma fija: los arcones individuales de nueces se colocan sobre la plataforma y se secan con el aire caliente que sube por el piso horadado [FAO 2010].

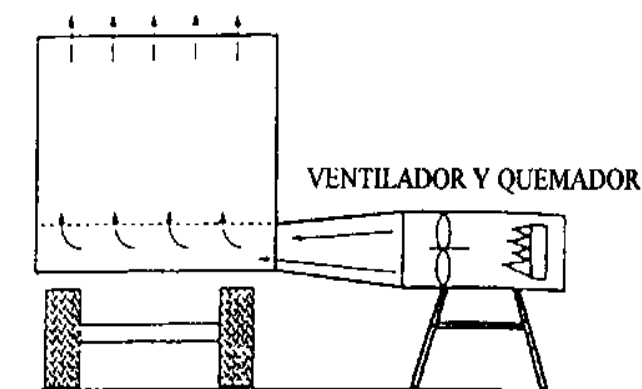


Figura 2.20.- Deshidratador tipo Vagón

PLATAFORMA DE ARCONES DE SECADO

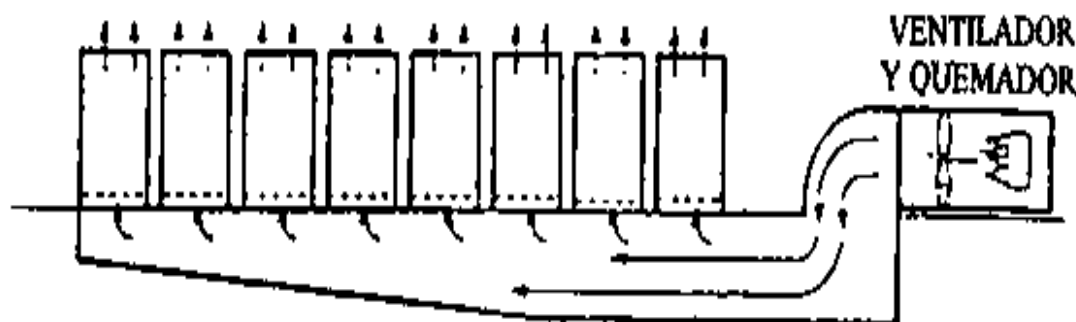


Figura 2.21.- Deshidratador de Arcones Múltiples.

2.5.4 Deshidratadores Eléctricos.

Un deshidratador eléctrico básico puede construirse de madera contrachapada, lámina de metal, un ventilador pequeño, cinco bombillas con soporte de porcelana y tamices metálicos Figura 2.22. El secador mostrado a continuación es de aprox. 80 cm (32

pulgadas) de largo por 53 cm (21 pulgadas) de ancho y 76 cm (30 pulgadas) de alto. Contiene estantes para cinco bastidores. El ventilador y la lámina de metal que reviste el compartimiento inferior contribuyen a la conducción de calor ascendente a través de la cámara [FAO 2010].

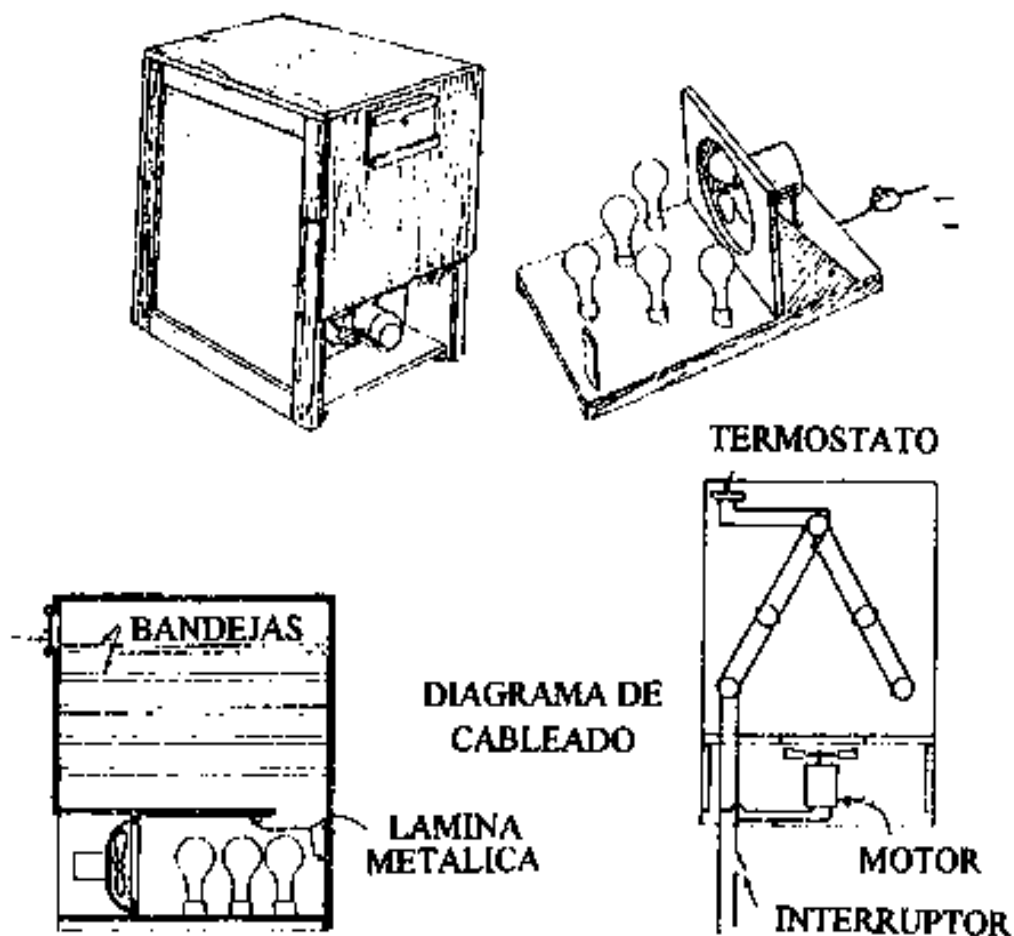


Figura 2.22.- Deshidratadores Eléctricos.

CAPÍTULO 3

Descripción del equipo Deshidratador

Este capítulo describe los materiales empleados y la construcción del diseño propuesto para el deshidratador, así como los pasos que se deben tomar en cuenta para ello.

3.1 Selección de Materiales

Construcción de una estructura metálica capaz de mantener armado el deshidratador, la estructura es soldada para darle mayor resistencia.

Las dimensiones de la estructura no son tomadas arbitrariamente ya que se piensa en el máximo aprovechamiento de los materiales a utilizar para la construcción del proyecto, esto es, partiendo de las paredes del deshidratador se resuelve utilizar materiales aislantes que proporcione una temperatura constante y lo mas lineal posible dentro del deshidratador a armar sin importar en gran medida la temperatura del exterior.

El producto seleccionado para las paredes del deshidratador esta hecho en base de partículas de madera y colas especiales, prensadas en condiciones de presión y temperatura controlada, denominado MDF (Medium Density Fiberboard) por sus siglas en ingles. Son construidas con medidas estándares por la cual de ahí se parte para la construcción de mencionada estructura metálica que soportara el deshidratador.

3.2 Material

- 19 m de tubo de hierro con medidas de 1 ½" x ¾".
- 5 m de perfil en 45° de 1 ½".
- 4 bisagras para soldar.

- 3 placas de MDF con medidas 2.44 m x 1.22 m x 0.015 m y 800 Kg/m³ de densidad.
- 100 m en rollo de película metálica.
- ½ Lt. Adhesivo.
- 18 m de perfil en aluminio en 45° de 2”.
- 30 pijas de 1 ½”.
- 1 tubo de sellador de silicón.
- ½ m de tubo de PVC de 1 ½”.
- 2 codos de PVC de 1 ½”.
- 40 m perfil para mosquetero
- 12.3 m de malla galvanizada.

3.3 Dimensiones del Deshidratador.

Tomadas en cuenta las dimensiones de las placas de MDF y evitando los menores cortes posibles en la placa, el esqueleto del deshidratador tendrá las medias mostradas en la Figura 3.1 y ensamblada. La estructura se muestra en la Figura 3.2 y las dimensiones del deshidratador se mencionan a continuación, definiendo en un sistema de coordenadas para el deshidratador, lo largo esta en el eje de X, altura en el eje de Y y la profundidad en el eje de Z:

- En la parte trasera es de 140 cm de altura por 122 cm de largo.
- Para que tenga una circulación de la temperatura siempre ascendente, la parte frontal se diseña con una altura adicional de 10 cm por la cual permite un flujo constante y ascendente de la parte trasera hacia la frontal, de tal manera que sus dimensiones frontales son de 150 cm de altura por 122 cm de largo.

- La profundidad es de 81 cm y de altura 1.40 cm en la parte trasera y 150 cm en la frontal.
- Un volumen de 12.352 m^3 de aire seco dentro del deshidratador.
- El área por cada bastidor es de 8.26 m^2 para un total de 82.6 m^2 al implementar los 10 bastidores.

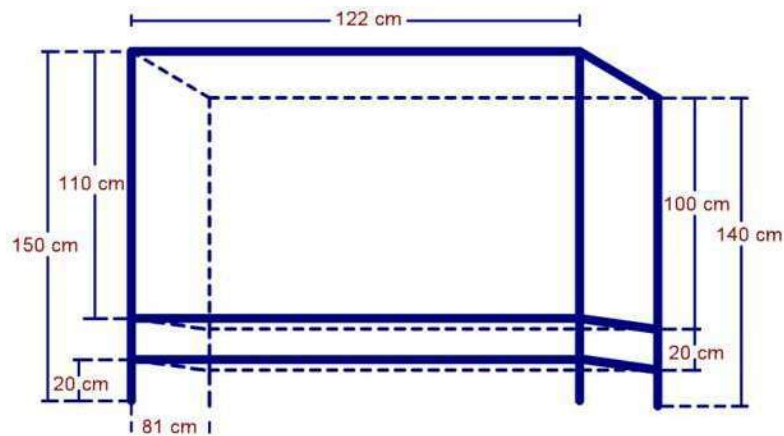


Figura 3.1.- Dimensiones del Armazón para el Deshidratador.



3.2 Figura.- Referencia Real de la Estructura Metálica.

3.4 Construcción del Deshidratador.

Se realizan medidas y cortes en la placa del MDF para las caras que componen el deshidratador, se toma en cuenta principalmente la parte de abajo que será la base, y se prueba colocándola en su posición para ver si calza perfectamente o si es que se le tiene que hacer alguna rebaja a algún borde para que calce en ella.

Colocada la base, se hace el corte de la cara trasera, ya que los cortes de ésta y la base son las que ocupara toda la extensión de la estructura de cada cara mencionada, probada ésta, se mide el espacio que hay entre la cara trasera tomando en cuenta el espesor del block de MDF colocado anteriormente y frontal para así hacer los cortes de las caras laterales derecha e izquierda del deshidratador.

Una vez realizada la prueba en lo ancho de las caras laterales en la estructura se hace un corte en diagonal, siendo 10 cm más alto el perfil que da hacia la cara frontal de la parte trasera, esto en cada una de las caras laterales Figura 3.3.



Figura 3.3.- Cortes del MDF para las paredes del Deshidratador.

Es tomada la medida para el área de arriba, y se prueban los cortes realizados, ésta tiene como base los perfiles de las placas antes cortadas pero en la parte frontal no tiene donde sujete su peso por lo cual es necesario colocar una pequeña ceja donde repose y no se pandee la placa.

Se toma en cuenta la estatura media de una persona para las dimensiones aplicadas para el deshidratador, esto es, que la altura máxima sea una medida que no se complique acceder a la parte superior y que con la altura mínima no se complique o realice trabajo mayor para acceder a las zonas inferiores; su largo y ancho es de una medida tal que, sea fácil para una sola persona sujetar los bastidores donde se colocara el producto.

3.5 Forro Aislante en caras internas del Deshidratador.

Tomadas en cuenta todas las paredes no móviles del deshidratador, se procede a adherirle con una cola especial una película metálica en las paredes internas del mismo dejando secar por un tiempo aproximadamente de 24 horas, al realizar esta acción representa mayor eficiencia térmica y mecánica porque tapa cualquier defecto o porosidad del MDF y la limpieza en el interior del deshidratador resulta más fácil Figura 3.4.



Figura 3.4.- Caras laterales con placa metálica adheridas con adhesivo al MDF.

3.6 Guías de Bastidores.

Terminado el forrado interior del deshidratador se procede a poner guías que soportarán los bastidores contenedores del producto a deshidratar, la guía es el perfil con ángulo de 90° con 2" de ancho en cada cara, la longitud esta supeditada al ancho del deshidratador, tiene una separación entre guías de 9 cm que permite el fácil flujo de aire entre charolas, con un máximo de 10 bastidores Figura 3.5.



Figura 3.5.- Guías de Bastidores en cara lateral del Deshidratador.

3.7 Bastidor

Los bastidores son de un armazón metálico rígido que da soporte a la malla galvanizada colocada en el área conformada por el bastidor, sus dimensiones son de 118 cm de largo por 70 cm de profundidad mostrada en la Figura 3.6, donde el área por cada bastidor es de 8.26 m² y un total en el área de 82.6 m², tomando como referencia la cochera estándar de una casa con medidas de 3 m por 5 m tendríamos un cupo de 5.5 veces el área de una cochera en el interior del deshidratador, además comparando con los deshidratadores de referencia en el Capítulo 2, el área que abarca el Excalibur 9000 es de

12.9 m² y el del CIAT es de 40.3 m² por lo tanto es visible la diferencia en el área de estos tres modelos.

El bastidor tiene una profundidad de 70 cm con la finalidad de dejar 1 cm intercalado entre cada bastidor, así pues el segundo bastidor queda a una distancia de 1 cm separado de la puerta seguido del tercer bastidor con una separación de 2 cm de la puerta y así sucesivamente hasta llegar al decimo bastidor Figura 3.7, conformando con esto un escalonamiento para que el aire circule por debajo y sobre cada bastidor.

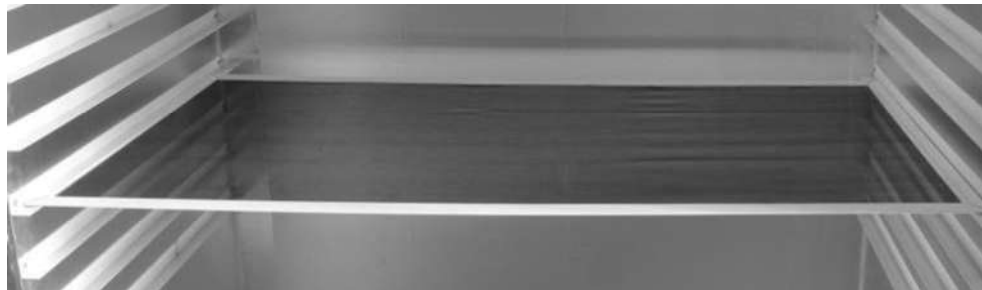


Figura 3.6.- Bastidor.

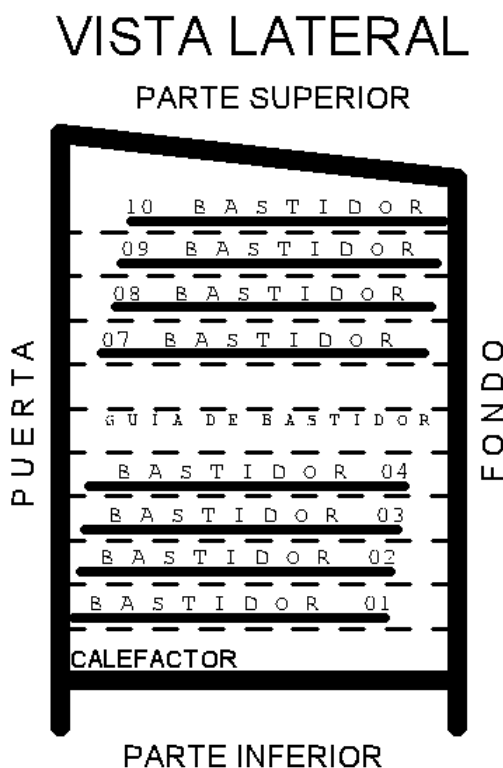


Figura 3.7.- Vista lateral del Deshidratador y Disposición de los Bastidores.

3.8 Unidad Calefactor.

La unidad calefactor se localiza en la parte frontal inferior del deshidratador como se muestra en la Figura 3.8, es elaborada su base donde esta montada y recubierta para evitar que los líquidos que escurran de la material a deshidratar produzca un corto circuito, tomará aire frio del exterior y lo calentará introduciéndolo dentro del deshidratador.



Figura 3.8.- Unidad Calefactor Montado en el Deshidratador.

CAPÍTULO 4

Construcción, Desarrollo del Programa e Implementación del Sistema de Control Eléctrico-Electrónico de Temperatura Aplicado a un Deshidratador (CETDX).

En este capítulo se muestra el desarrollo del circuito aplicado y su programa para al Control de Temperatura del Deshidratado, así como la estructura general del mismo.

Se parte de tres etapas en las cuales la primera etapa consta del sensado y control de la temperatura interna del deshidratador, la segunda etapa consta del conmutado en la parte de potencia y la tercera etapa el programa a implementar para lograr el control del proceso de deshidratación.

4.1 Diagrama en Bloques del CETDX.

El esquemático muestra en forma general los bloques y las interconexiones del CETDX, véase en Figura 4.1, como se puede apreciar en el esquemático, el microcontrolador (μC) posee todo el control sobre los demás bloques que componen al CETDX; el sensado es localizado dentro del deshidratador, éste nos permite tener en tiempo real la temperatura del proceso interno de la cámara deshidratadora, mandando los datos al μC para determinar su control todo/nada del CETDX; el Manejador de Potencia espera la señal del μC para interactuar con el switch y la Unidad Calefactor; Relevador, que tiene como objetivo energizar el Encendido/Apagado de la Unidad Calefactor; La cámara del deshidratador es donde sucede el proceso que se quiere controlar; la parte de visualización conformado por el LCD, nos muestra en modo texto las condiciones de

temperatura, tanto en tiempo real como las predeterminadas por el usuario para la puesta en función del CETDX.

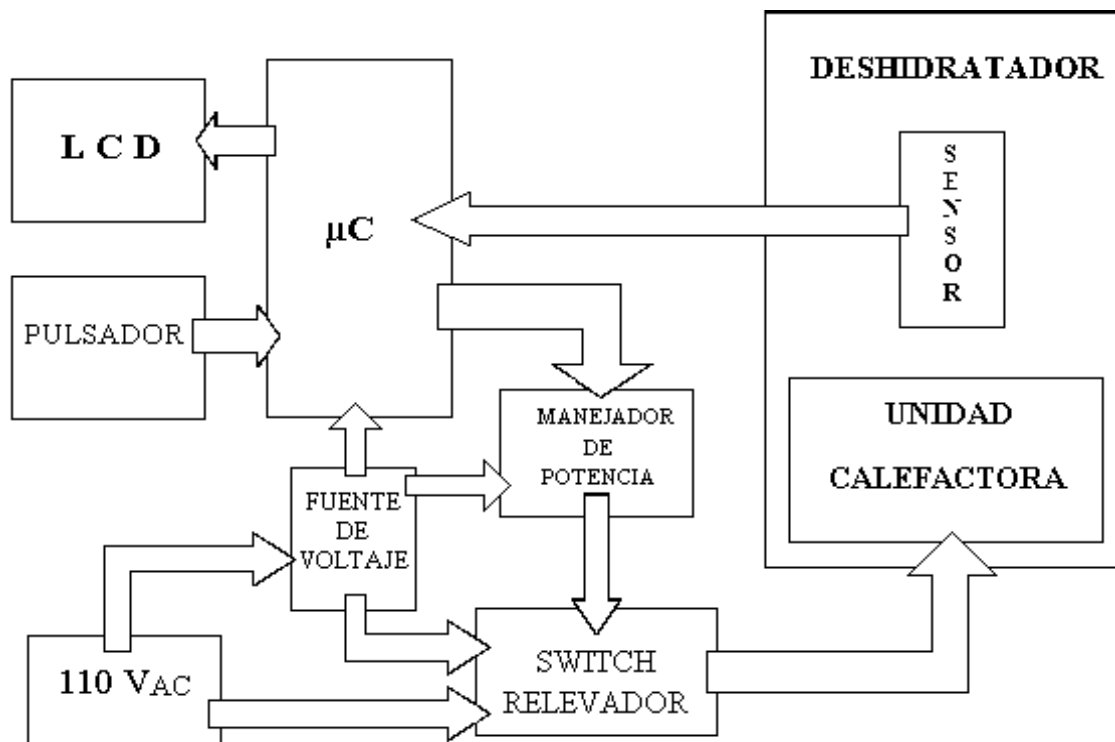


Figura 4.1.- Diagrama en Bloques del CETDX.

Los pulsadores nos permiten comandar los parámetros que ejecutara μC .

La fuente de poder suministra la corriente necesaria y voltaje requerido para el funcionamiento de todo el sistema del CETDX; 110VAC es el voltaje de línea que se necesita para surtir a la fuente de poder y a la unidad calefactor.

4.2 Microcontrolador PIC16F877A

El Microcontrolador (μC) PIC16F87XA de Microchip pertenece a una gran familia de μC 's de 8 bits que tiene como características generales que los distinguen de otras familias:

- Arquitectura Harvard.
- Tecnología RISC.
- Tecnología CMOS.

La ficha técnica del μ C PIC16F87XA es mostrada en el Apéndice A.

Los empaquetados de estos μ C tienen variantes especialmente en lo relativo a las dimensiones del espesor en el empaquetado, el usado para este proyecto de tesis es el de tipo PDIP (Plastic Dual In Line Package) mostrado en la Figura 4.2.

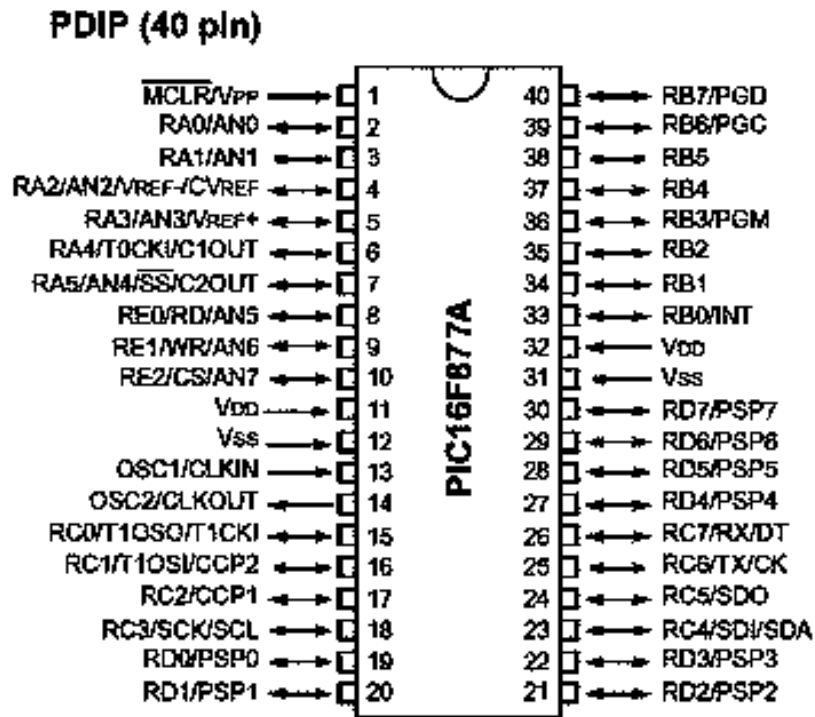


Figura 4.2.- Empaquetado PDIP del PIC16F877A.

Las características generales del μ C PIC16F877A son:

- Tecnología RISC.
- 35 instrucciones.
- Las instrucciones se ejecutan en un ciclo de reloj, excepto los saltos que requieren dos
- Frecuencia de operación de 0 a 20 Mhz.
- Opciones de selección del oscilador.
- Programación y depuración serie “In-Circuit” (ISCP a través de dos patitas.)
- Rango de voltaje de operación de 2.0 a 5.5 Volts.

- Alta disipación de corriente de la fuente: 25 mA.
- Bajo consumo de potencia:
 - Menos de 0.6 mA a 3V, 4 Mhz.
 - 20 μ A a 3V, 32 KHz.

Algunas de las características relevantes en este μ C son mostradas en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1.- Características del μ C PIC16F877A.

MEMORIA PROGRAMABLE (FLASH)	14336 Bytes
	8192 X 14 Palabras
MEMORIA DE DATOS	256 Bytes EEPROM
	368 Bytes RAM
CONVERTIDOR A/D	8 (10 bits)
BOD (Detección de baja tensión)	SI
LÍNEAS E/S	33
COMUNICACIÓN SERIE	USART/MSSP
CCP	2
TEMPORIZADORES	1-16 bit, 2-8 bit, 1-WDT
FRECUENCIA MAXIMA Mhz.	20
ICSP (Programación Serie en Circuito)	SI
ENCAPSULADOS	40P, 44L, 44PQ, 44PT
FUENTE DE INTERRUPCIÓN	14
COMUNICACIÓN PARALELO	SI

La memoria Flash de los μC soportan hasta 1000 operaciones de escritura/borrado, mediante un proceso totalmente eléctrico que no precisa sacar el μC de su zócalo. Esta característica hace a esta memoria ideal en los ambientes de diseño y educacional. Además tiene una capacidad de 4K y 8K palabras de 14 bits, sin cambiar la estructura interna del procesador y conservando el mismo repertorio de instrucciones.

La memoria EEPROM para datos que tienen los μC soporta 100,000 operaciones de grabado borrado.

Se considera al PIC16F877A dentro de las cuatro familias de μC de gama alta por tener 16 niveles de pila, 4 vectores de interrupción y 58 instrucciones de 16 bits.

Este tipo de μC 's incorporan los siguientes recursos:

- 1) Dos módulos CCP. Estos módulos son capaces de capturar y compartir impulsos. La captura se efectúa con una precisión de 12.5ns. y una resolución de 16 bits. Además, la selección PWM varía la anchura de los pulsos.
- 2) Comunicación serie. Esta familia de μC admite dos tipos de comunicación serie. La típica USART, orientada a la comunicación entre subsistemas o máquinas (RS-232) y la MSSP, destinada a la comunicación entre distintos circuitos integrados y que admite el protocolo I2C y SPI.
- 3) Comunicación paralelo. El protocolo PSP es más rápido que la comunicación serie, pero hipoteca muchas líneas de E/S: ocho de la puerta D y tres de control de la puerta E.
- 4) Convertidor A/D. Este μC tiene un Convertidor Analógico/Digital de 10 bits, con 8 canales de entrada en los μC de 40 patitas.

4.3 Disposición del Microcontrolador PIC16F877A

Sin menospreciar las etapas siguientes a ésta, la etapa principal es donde se encuentra el μC , la razón por la cual se comenta es porque carga con la responsabilidad de todo lo referente al control de las demás etapas.

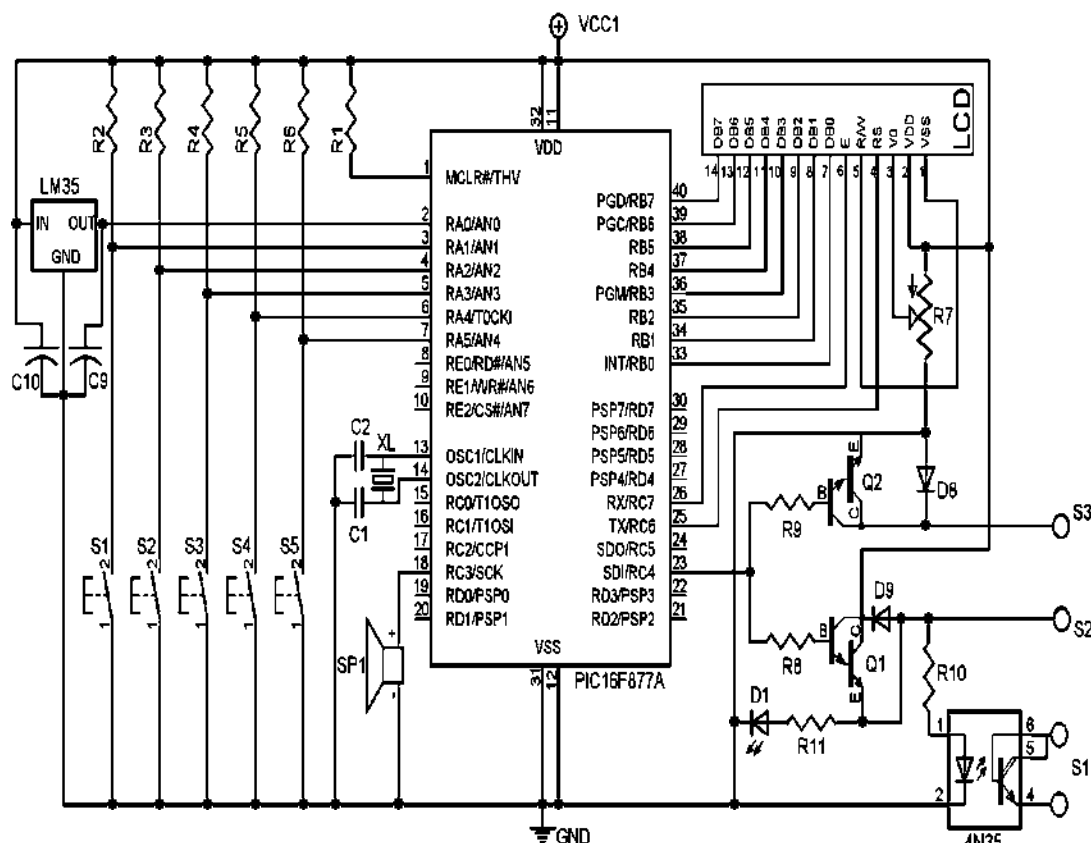


Figura 4.3.- Diagrama Esquemático del CETDX.

En la Figura 4.3, es mostrado el control del CETDX en el diagrama esquemático y sus conexiones entre sus componentes como son: el μ C PIC16F877A, cristal oscilador XL, sensor de temperatura LM35, zumbador SP1 (opcional), 5 pulsadores S1-S5, un LCD, salida del control opto aislada 4N35, Led indicador de estado D1, driver de salida Q1 y Q2.

Tabla 4.2.- Disposición del μ C PIC16F877A.

PIN	NOMBRE DEL PIN	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	MCLR/Vpp/THV	E/P	Entrada del Master clear (Reset) o entrada de voltaje de programación o modo de control high voltaje test
11 y 32	Vdd		Fuente positiva para los pines lógicos y de I/O
12 y 31	Vss		Referencia de tierra para los pines lógicos y de I/O
13	OSC1	E	Entrada del oscilador de cristal
14	OSC0	S	Salida del oscilador de cristal
La siguiente conexión permite la conversión del dato Analógico a Digital.			
2	RA0	E	Conectado a V_{out} del sensor LM35
Las siguientes conexiones incrementan o decrecen los límites de operación de la fuente calorífica.			
3	RA1	E	Conectado a S1 que incrementa el límite inferior de la Histéresis.
4	RA2	E	Conectado a S2 que decrece el límite inferior de la Histéresis.
5	RA3	E	Conectado a S3 que incrementa el límite superior de la histéresis
6	RA4	E	Conectado a S4 que decrece el límite superior de la histéresis.
7	RA5	E	Conectado a S5 que incrementa en múltiplos de 10 ambos límites.
Los siguientes pines están conectados con el LCD.			
26	RC6	S	Conectado a E (señal de habilitación) pin 6 del LCD
25	RC7	S	Conectado a RS (selector de dato/comando) pin 4 del LCD
33	RB0	S	Líneas de bus de datos para la interfaz de 8 bits conectados del pin 7 al 14 sucesivamente en el LCD.
34	RB1	S	
35	RB2	S	
36	RB3	S	
37	RB4	S	
38	RB5	S	
39	RB6	S	
40	RB7	S	
La siguiente conexión es para el zumbador.			
22	RC3	S	Conexión al zumbador
La siguiente conexión activa a la circuitería de manejo de potencia.			
23	RC4	S	Conexión a manejador de potencia.

En la Tabla 4.2 es mostrada la disposición de μC para el control de cada puerto usado en el proyecto, mencionando la función que desempeña en el proyecto pin por pin y su disposición para con los otros dispositivos del CETDX.

4.4 Sensor de Temperatura estándar: LM35.

Los sensores analógicos ampliamente utilizados entre otros, son los de temperatura. En el mercado existen muchos modelos de sensores de temperatura y su elección depende de diversos parámetros, como puede ser el rango de temperaturas que sean capaces de admitir, la precisión necesaria, el costo, la resistencia que debe presentar a ciertas condiciones ambientales, etc.

En la Tabla 4.3 se presentan los valores de algunos de estos sensores.

Tabla 4.3.- Sensores Estándar en el Mercado.

SENSOR	RANGO	INCREMENTO	PROPIEDADES
LM335A	-40° C - 100° C	10 mV/°C	
PRC100	-40° C - 150° C	0° C - 100 W 100° C - 138 W	Precisión debido a su comportamiento lineal Resistente.
PT100	-50° C - 500° C	100W - 0° C	Reducido tamaño y rápida respuesta
PTC (Coeficiente de temperatura positivo)	Diferentes	Baja resistencia a baja temperatura y aumenta rápidamente al superar la temperatura de referencia.	En circuito de aviso. Protección contra sobretensión y sobrecorriente
NTC (Coeficiente de temperatura negativo)	Diferentes	Alta resistencia a baja temperatura y al contrario	Buena fiabilidad a bajo costo. Muy empleados en electrodomésticos.
Termopar tipo N	-50° C - 400° C		Altas temperaturas. Elevada vida útil. Espacio reducido.

El sensor analógico a emplear es el LM35, se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el TO-92 del manual ECG, de igual forma que un típico transistor con 3 patas Figura 4.4, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo Figura 4.5. No requiere de calibración externa, este sensor cuenta con un margen de error de $\pm \frac{1}{4}^{\circ}\text{C}$ con un rango de -55 a $+150^{\circ}\text{C}$, donde obtenemos un factor de escala de $+10.0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ y una corriente de drenaje de $60\text{ }\mu\text{A}$, con baja impedancia de salida de $0.1\text{ }\Omega$ por cada 1 mA .

Con el LM35 de izquierda a derecha los pines son: $+V_s$ debe conectarse a la tensión positiva comprendida entre 4 V y 30 V , V_{out} se conecta a la línea correspondiente al μC . a éste llegará el voltaje proporcional a la temperatura captada, que será convertida en un valor binario a través del convertidor analógico/digital para su posterior tratamiento y GND conectada a 0 V . [PCexpertos, 2010]

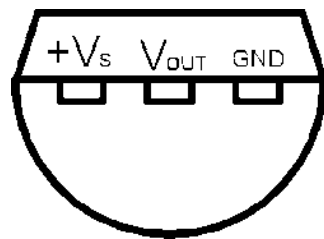


Figura 4.4.- Configuración física de pines del LM35

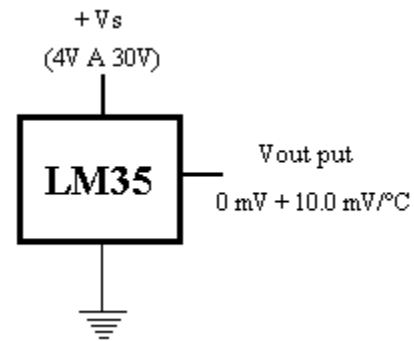


Figura.- 4.5.- Configuración típica del LM35

La ficha técnica del sensor LM35 se muestra en el Apéndice A.

4.5 Desarrollo del CETDX.

Para la función normal del μC se conecta R1 a MCLR a VCC1.

La conexión externa de XL, C1 y C2 con OSC1 y OSC2 que son la entrada/salida del μC son para determinar la velocidad de trabajo del μC (4 Mhz).

El zumbador SP1 como tal es una salida del μC dada por RC3 y actúa en función de un evento en la modificación en el estado de los pulsadores.

El sistema que activa la unidad calefactor esta dada por RC4 del μC , al pasar de estado bajo (0 Voltios) a un estado alto (5 Voltios) es activada y puesta en funcionamiento, manda la señal a Q2 excitado en su base por R9 para activar a la salida S3 que será puesta a tierra si se encuentra excitada la base y a Q1 excitado en su base por R8 para activar la salida S2 que es puesta a VCC1, ésta a su vez alimenta la resistencia R10 que activa al opto acoplador 4N35 encargado de activar y aislar la salida S1, R11 alimenta al Led D1 como indicador del armado.

4.5.1 Conexión del Sensor al Microcontrolador PIC16F877A

La siguiente etapa en consideración es la del sensor, la Figura 4.6, muestra la conexión electrónica necesaria para implementarlo, conectado a VCC1, GND y al puerto AN0, este configurado como entrada del μC , donde AN0 funge como el convertidor A/D.

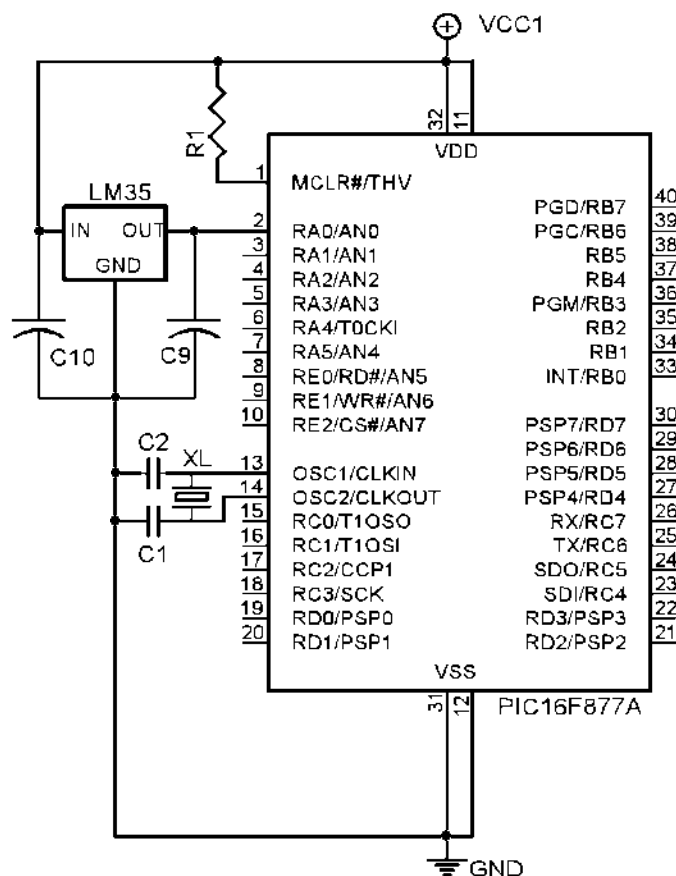


Figura 4.6.- Conexión entre el Sensor y μC .

El sensor es el encargado de sensar la temperatura interna de la planta deshidratadora, esta señal es tratada digitalmente y procesada por el μC . C9 y C10 evita el rizado o ruido, con esto se logra que los datos mostrados en el LCD no estén fluctuando, en este caso los valores de la temperatura.

4.5.2 Conexión del Microcontrolador y el Teclado.

El teclado esta construido por 5 pulsadores, estos están conectados al puerto A y a VCC1 por medio de una resistencia R2, R3, R4, R5 y R6 logrando así el estado alto, donde su conexión electrónica es mostrada en la Figura 4.7, al presionar el pulsador este cambia a su estado a bajo y así el puerto puede reconocer el cambio de estado.

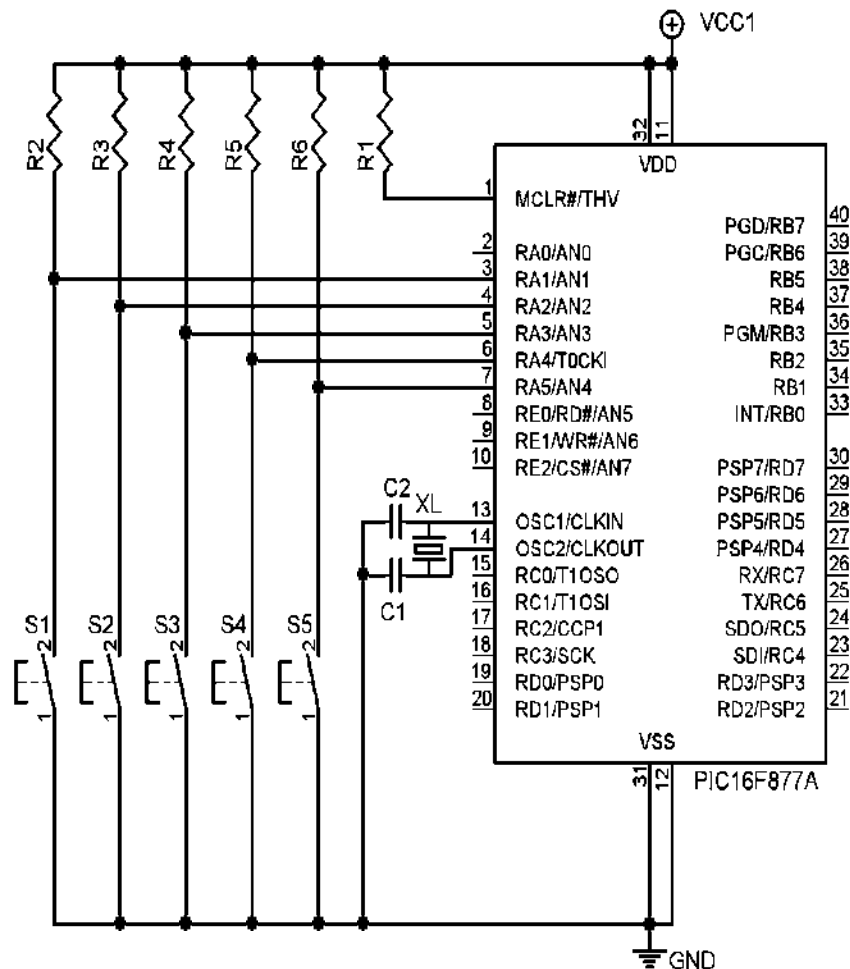


Figura 4.7.- Conexión entre el μC y el Teclado.

Al implementar este pequeño teclado se tiene la posibilidad de cambiar los parámetros que define la temperatura de trabajo en los cuales se requiere mantener el interior del deshidratador.

A continuación se muestra la forma en la que afecta el proceso de cada pulsador:

- ❖ S1 conectado a RA1 incrementa el valor del límite inferior de la histéresis.
- ❖ S2 conectado a RA2 decrece el valor del límite inferior de la histéresis.
- ❖ S3 conectado a RA3 incrementa el valor del límite superior de la histéresis.
- ❖ S4 conectado a RA4 decrece el valor del límite superior de la histéresis.
- ❖ S5 conectado a RA5 incrementa en múltiplos de 10 ambos límites y da reset después de quedar pulsado 3 seg. dejando en ceros los límites sirviendo esto como parada de emergencia.

4.6 Conexión del Microcontrolador y el LCD.

La Tabla 4.4 muestra la conexión que hay entre las terminales del μC y la pantalla de cristal líquido.

Tabla 4.4.- Configuración de los pines en LCD.

PIN	FUNCIÓN	NIVEL	LÍNEA DE CONEXIÓN	
1	VSS	5 Volts	Alimentación	+5 Volts
2	VDD	0 Volts		0 Volts
3	VO	0-5 Volts		Contraste LCD
4	RS	H/L	Selector de Dato/Comando	
5	R/W	H/L	0 Volts	
6	E	H, H-L	Señal de Habilitación (Bus de Dato)	
7	DB0	H/L	Bus de Datos.	
8	BD1	H/L		
9	DB2	H/L		
10	BD3	H/L		
11	DB4	H/L		
12	BD5	H/L		
13	DB6	H/L		
14	BD7	H/L		

La Figura 4.8, muestra el diagrama de conexión electrónico entre el μC y el LCD. Con un potenciómetro R7 es posible ajustar el contraste del LCD.

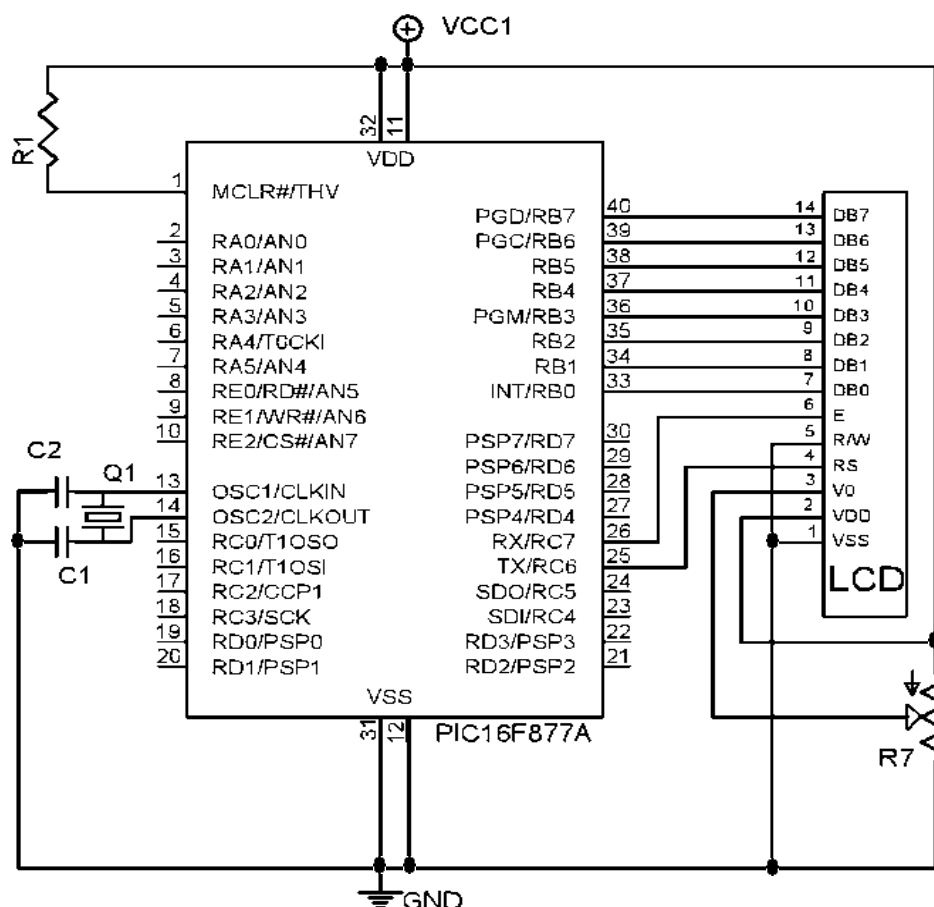


Figura 4.8.- Conexión entre el μC y el LCD.

Los datos técnicos del Display LCD es mostrado en el Apéndice A.

4.7 Circuitos Electrónicos para Alimentar y Activar la Unidad Calefactor.

La unidad calefactor es la encargada directa de introducir aire caliente al proceso de deshidratado, sus componentes son: una resistencia calefactora de tipo cerámico que proveerá de calor y de un motor ventilador forzando a pasar aire por la resistencia calefactora e introducirlo en el deshidratador.

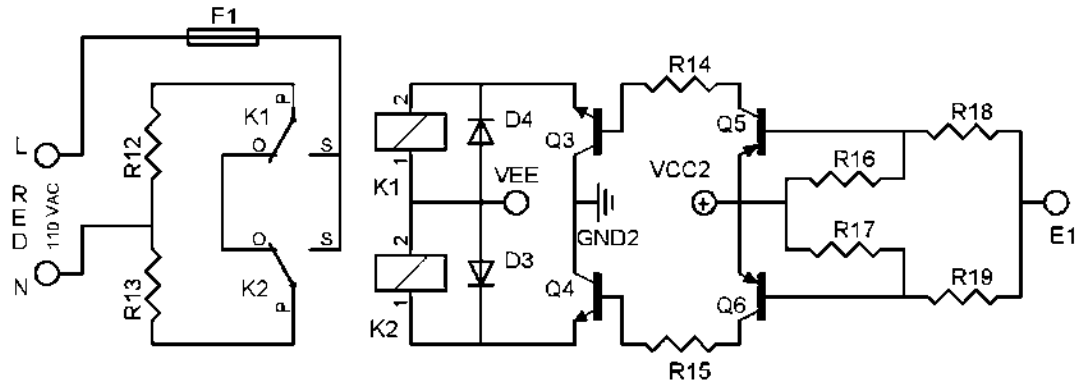


Figura 4.9.- Activación de Relevadores
para puesta en operación de las Resistencias Calefactoras.

4.7.1 Activación de los Relevadores K1 y K2 para puesta en Operación de las Resistencias Calefactoras R12 y R13.

El diagrama del circuito electrónico de la Figura 4.9, activa los relevadores para la puesta en operación de la resistencia calefactora donde K1 es el encargado de cerrar el circuito para la resistencia calefactora R12, esta gobernado por un par de transistores Q3 y Q5 conectados en cascada a través de R14. Esta configuración en cascada es empleado para ir acondicionando el voltaje de activación del transistor Q3.

R15 interconectado entre el emisor y la base de Q5 esta encargada de mantener en alto la base. D4 en contraposición a la corriente es el encargado de conducir la corriente en sentido inverso causado por el remanente de la bobina del relevador con el fin de evitar la destrucción de Q3. R18 se encarga de acoplar el switcheo hacia GND2 (tierra) mediante E1 que será la manera de excitar a Q5 que a su vez será excitado por un voltaje VCC2 (5 Vcd). Mediante R14 conectada entre colector de Q5 y base de Q3, ocasionando que Q3 conduzca y provocando el cierre de K1 hasta que E1 sea liberado de su conmutación a GND2 y quede en un nivel alto de VCC2.

Con el mismo sentido que se le da a K1, K2 operará en igual circunstancia siendo esta la contraparte de K1.

4.7.2 Activación del Motor Ventilador.

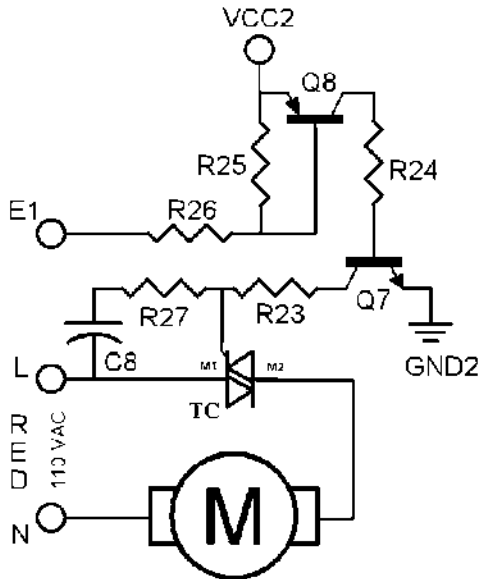


Figura 4.10.- Circuito de Activación del Motor Ventilador M.

El diagrama del circuito electrónico mostrado en la Figura 4.10, accionar el motor del ventilador, encargado de hacer pasar el aire por la resistencia calefactora R12 y R13 se utiliza el triac TC, donde su disparador es activado a través de R23 que va al colector de Q7 donde este cierra con GND2.

La base de Q8 permanece en estado alto, R25 asegura un estado alto sobre la base que va a ser excitado, conmutado a tierra a través de R26 provocando una corriente en su colector que excita a la base de Q7 mediante R24 provocando que TC sea accionado mientras E1 permanece a GND2. Al librarse E1 y adoptar el estado alto VCC2.

El valor de VCC2 dejará de conducir, Q8 y a su vez Q7 esto por sí solo no es suficiente para apagar TC, por lo cual C11 y R29 en paralelo con M proporcionan el pequeño voltaje inverso a la fase sobre el disparador para poder llevar a cabo el Apagado de TC, sin éste C11 y R29 el pagado de TC no podría ser posible hasta desconectar totalmente el circuito.

4.8 Fuentes de Voltaje

Son necesarias dos tipos de fuentes implementadas en el CETDX, una para alimentar el circuito del control y la otra para el circuito activador de la unidad calefactor.

Dentro de los diferentes tipos de fuentes de alimentación que se pudieron haber empleado para alimentar la circuitería de control se opta por el modelo tradicional de transformador, principalmente por la razón probada que este tipo de fuentes es más resistente a fluctuaciones de voltaje pues si se piensa en la implementación del CETDX en un medio rural donde las fluctuaciones de voltaje son más frecuentes aunado que el requerimiento para el control no rebaza el Amper es común encontrar transformadores reductores con estas cualidades más fácilmente en caso de algún daño, no así si se hubiera implementado una fuente de tipo conmutada.

4.8.1 Fuente de Alimentación para el CETDX

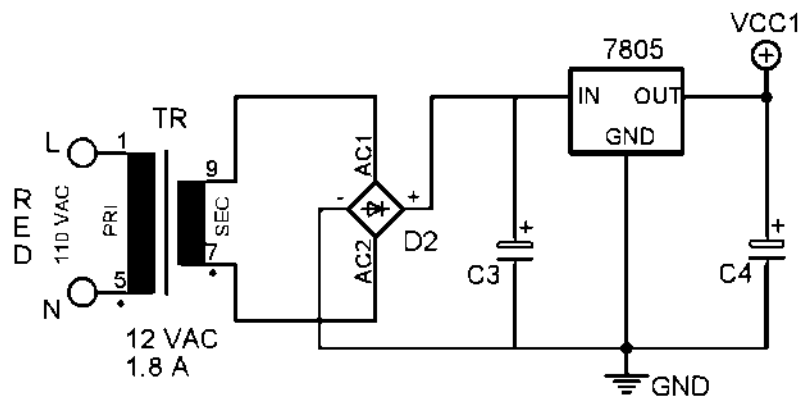


Figura 4.11.- Fuente de Voltaje para el CETDX

El diagrama del circuito electrónico de la Figura 4.11, muestra la fuente de voltaje para el control del CETDX, un transformador reductor TR de 110 a 12 VAC. 1.8 A, rectificado por un puente de diodos D2 y filtrado por C3 se obtiene un voltaje acorde y aislado para posteriormente ser regulado.

El regulador de voltaje 7805 que suministra VCC1 (5 V) necesario para el funcionamiento del μC , donde GND y Vcc1 son respectivamente las patitas de tierra y alimentación, C4 mejora la estabilidad y respuesta transitoria del circuito.

4.8.2 Fuente de Alimentación para el Circuito Armador de los Relevadores.

De igual manera que en el caso de la fuente que alimenta al control, este tipo de fuente que no requiere un transformador rectificando directamente de la línea y regulando por modelos ya probados son fuentes fáciles de construir y de reparar en caso de daño también son muy tolerantes en cuanto cambios bruscos de voltaje, el único inconveniente de este tipo de fuentes es el que no se encuentran aisladas de la línea siendo de particular importancia mantener un aislamiento adecuado para evitar posibles descargas. En el caso particular la unidad calefactor ya implementaba esta fuente que con un par de arreglos quedo lista para ser comandada únicamente a través de un opto acoplador.

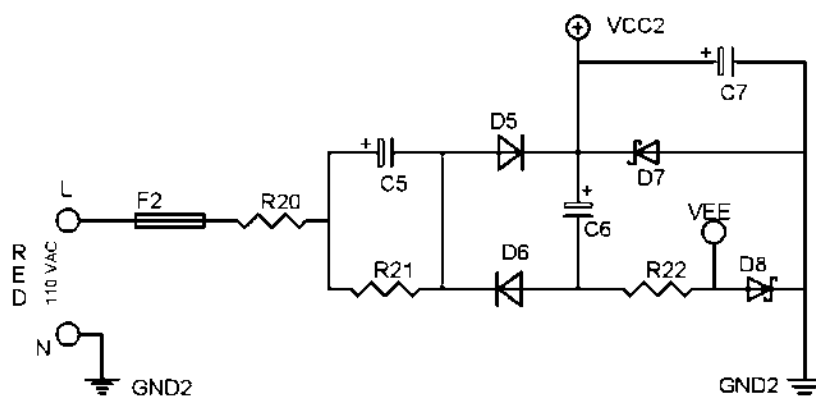


Figura 4.12.- Fuente de Alimentación para el Circuito Armador de los Relevadores.

El diagrama del circuito electrónico de la fuente que alimenta al circuito armador de los relevadores mostrados en la Figura 4.12, esta formada por el fusible F2 que sirve como protección en caso de corto-circuito; R20 y C5 son los encargados de proporcionar la corriente necesaria, R21 sirve para mantener la tensión en los bornes de C5 con la finalidad de descargarlo parcialmente; D5 y D6 son los encargados de rectificar media onda, D5 en su fase positiva y D6 en su fase negativa. C6 compensa el rizado junto con C7; D7 es el diodo Zener encargado de fijar el voltaje a 5 voltios (VCC2); D8 es el diodo Zener encargado de fijar el voltaje a -12 Voltios junto con la resistencia R22 se tiene VEE; el punto tomado como referencia o tierra (GND2), es la otra entrada de línea.

4.9 Lista de Material y Símbolos en CETDX.

Tabla 4.5a.- Lista de Material y Simbología empleado en el CETDX.

SÍMBOLO	VALOR	DESCRIPCIÓN
μC	16F877A	Microcontrolador
LCD		Display
LM35	LM35	Sensor Temperatura
7805	7805	Regulador de Voltaje
TR	12 VAC, 1.8 A	Transformador Reductor
M		Motor Ventilador
4N35	4N35	Opto-Acoplador
XL	4 Mhz	Cristal Oscilador
SP1		Zumbador
Q1	D2010	Transistor
Q2	D2010	Transistor
Q3	8050 GC	Transistor
Q4	8050 GC	Transistor
Q5	8550 GE	Transistor
Q6	8550 GE	Transistor
Q7	8050 GC	Transistor
Q8	8550 GC	Transistor
TC	T1E8 CH	Triac
S1		Pulsador
S2		Pulsador
S3		Pulsador
S4		Pulsador
S5		Pulsador
C1	22 pF	Capacitor
C2	22 pF	Capacitor
C3	100 μF	Capacitor
C4	16 V, 470 μF	Capacitor
C5	3 μF , 250 VAC NP	Capacitor
C6	25 V, 470 μF	Capacitor
C7	16 V, 470 μF	Capacitor
C8	101 nF	Capacitor
C9	1.2 μF	Capacitor
C10	1.2 μF	Capacitor
K1	JQC-3FF	Relevador 12VDC-1HS
K2	JQC-3FF	Relevador 12VDC-1HS
D1		Led
D2		Puente Rectificador
D3	1N4007	Diodo
D4	1N4007	Diodo
D5	1N4007	Diodo

Tabla 4.5b.- Lista de Material y Simbología empleado en el CETDX.

SÍMBOLO	VALOR	DESCRIPCIÓN
D6	5.2 V, 1 W	Diodo Zener
D7	12 V, 1 W	Diodo Zener
D8	1N4007	Diodo
R1	10 K Ohm	Resistencia
R2	2.2 K Ohm	Resistencia
R3	2.2 K Ohm	Resistencia
R4	2.2 K Ohm	Resistencia
R5	2.2 K Ohm	Resistencia
R6	2.2 K Ohm	Resistencia
R7	10 K Ohm	Potenciómetro
R8	2.2 K Ohm	Resistencia
R9	2.2 K Ohm	Resistencia
R10	220 Ohm	Resistencia
R11	220 Ohm	Resistencia
R12		Resistencia de Calefactor
R13		Resistencia de Calefactor
R14	10 K Ohm	Resistencia
R15	10 K Ohm	Resistencia
R16	2.7 K Ohm	Resistencia
R17	2.7 K Ohm	Resistencia
R18	4.7 K Ohm	Resistencia
R19	4.7 K Ohm	Resistencia
R20	27 Ohm, 5 W	Resistencia
R21	100 K Ohm	Resistencia
R22	75 K Ohm	Resistencia
R23	470 Ohm	Resistencia
R24	470 k	Resistencia
R25	2.7 K Ohm	Resistencia
R26	4.7 K Ohm	Resistencia
R27	10 K Ohm	Resistencia
R28	150 Ohm	Resistencia
F1	1 A, 250 V	Fusible
F2		Fusible Térmico
L	110 V AC	Línea V AC
N	0 V AC	Neutro
VCC1	5 V CD	+ 5 Volts de Corriente Directa.
VCC2	-12 V CD	-12 Volts de Corriente Directa.
GND	0 V CD	Tierra
GND2	0 V AC	Neutro

Los datos técnicos de algunos de los componentes de la lista se encuentra en el Apéndice A

4.10 Circuito del Control Implementado en CETDX

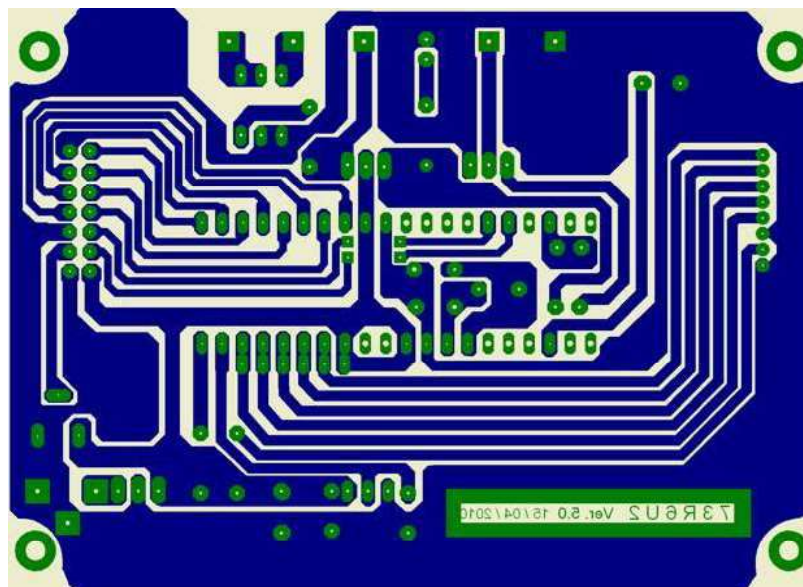


Figura 4.13.- Circuito para el CETDX elaborado en el programa Eagle 4.11.

La Figura 4.13, muestra el circuito para el control del CETDX implementado, el gráfico se hizo con el programa Eagle versión 4.11. Esta herramienta es muy poderosa en el mundo del diseño gráfico de circuitos eléctricos y esquemas para el diseño de placas en PC.

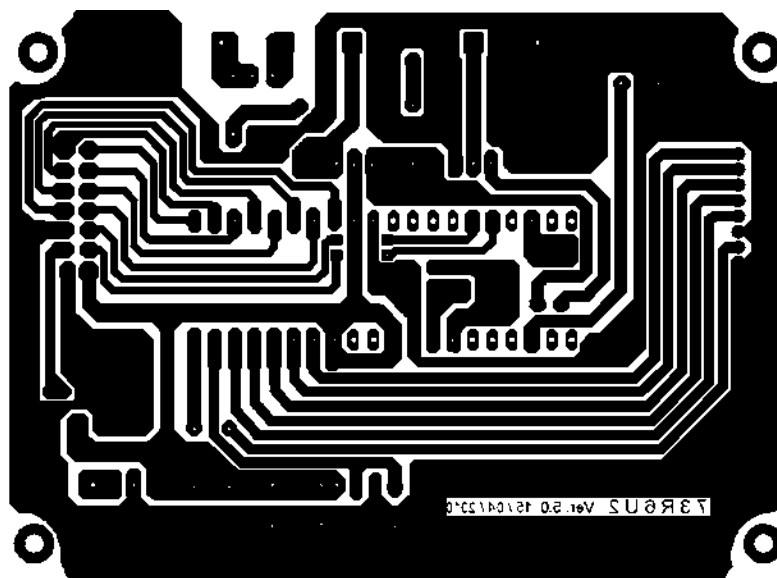


Figura 4.14.- Circuito Impreso para el CETDX.

La Figura 4.14, muestra el circuito listo para imprimir del control del CETDX en la placa fenolica. Las medidas de la placa y del circuito diseñado son de 7 cm de ancho por 10 cm de largo, el motivo de hacer este diseño es para darle mayor formalidad ya que al dejarlo implementado en protoboard se corre el riesgo de la desconexión en cualquier de los componente.

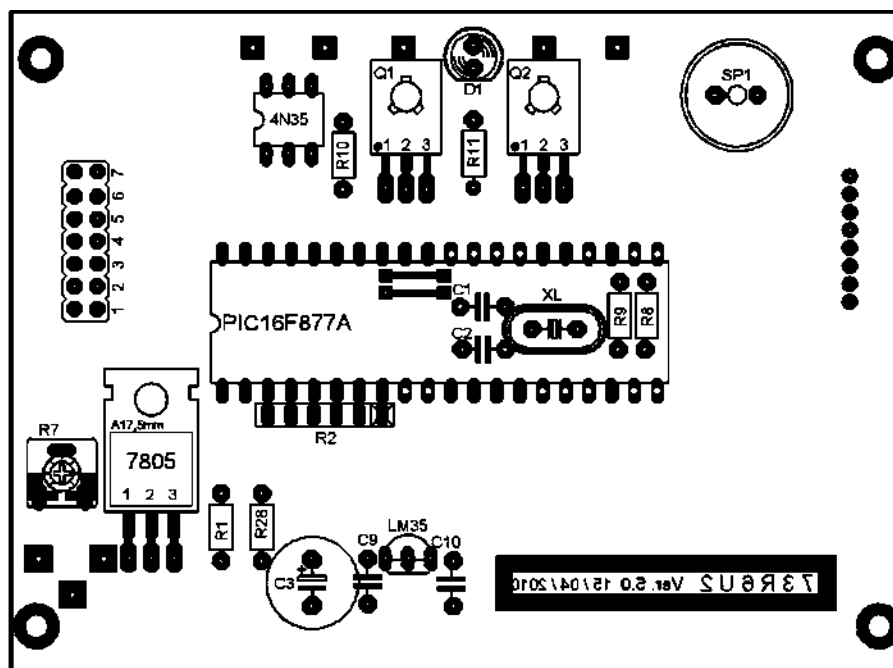


Figura 4.15.- Disposición de Componentes en el Circuito del CETDX.

Tener una perspectiva de toda el área de trabajo para realizar el gráfico del circuito es de gran ayuda en el diseño, se logra tener la idea clara en donde será colocado el componente a usar, la Figura 4.15, muestra una idea clara del control a implementar en el CETDX, la dimensión, el espacio y ubicación que ocupa cada componente dentro del área del circuito. Esta manera de diseño permite al diseñador modificar y revisar el circuito antes de implementarlo en la placa fenolica.

La Figura 4.16, muestra el circuito implementado y revelado en la placa fenolica, tal cual se muestra el negativo en la Figura 4.14.

La Figura 4.17, muestra la disposición de los elementos que componen el CETDX en su lugar y espacio en el circuito.

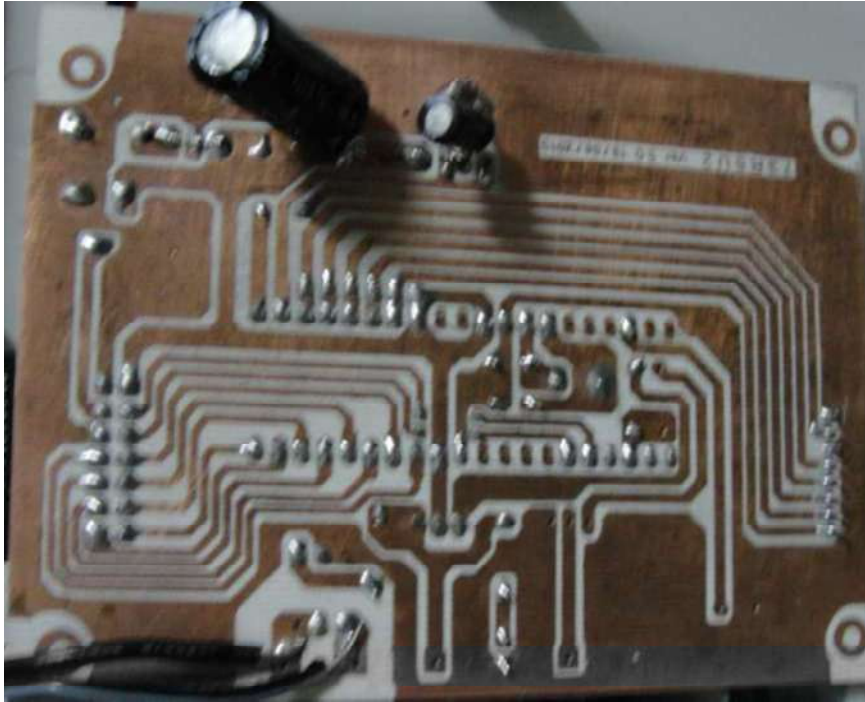


Figura 4.16.- Circuito Implementado y Revelado en Placa Fenolica.

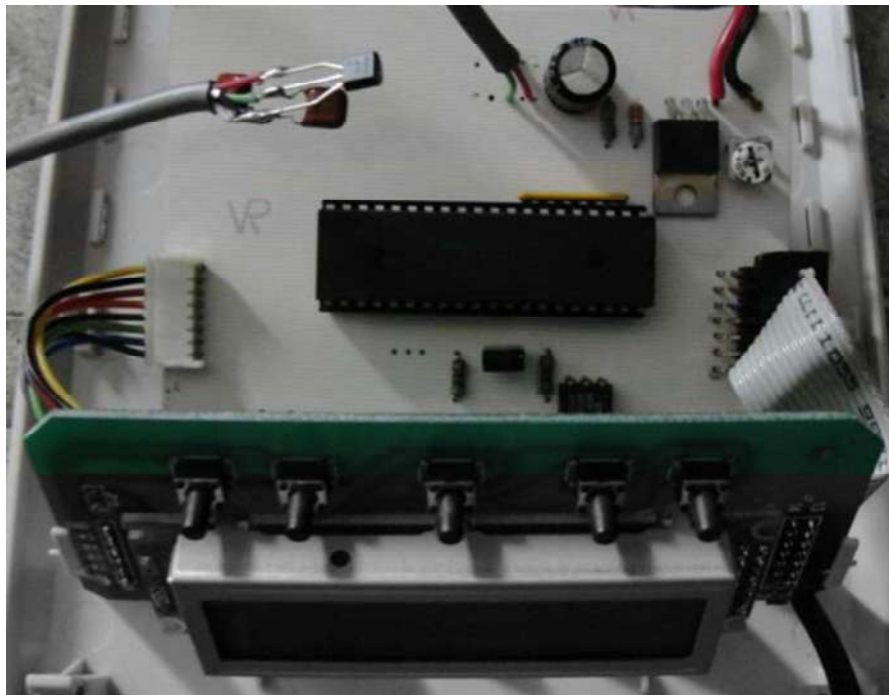


Figura 4.17.- Disposición de los Componentes en su Lugar y Espacio en CETDX.

4.11 Programa Desarrollado para el CETDX.

El programa en el cual se basa el CETDX para su puesta en operación, consta de controlar el valor de la temperatura interna del deshidratador, de modo que cuando pase por debajo de un valor prefijado se active el switch relevador que pone en marcha la unidad calefactor; y que cuando sea igual o mayor que la temperatura prefijada se desconecte el dispositivo, la temperatura actual dentro del Sistema del CETDX como los límites inferiores y superiores son mostrados en un LCD y los límites son ajustados por dos pares de pulsadores y uno extra que incrementa en diez unidades el valor de cada límite, este pulsador también da un reset a los valores prefijados.

El programa implementado en Ensamblador para el CETDX tiene las siguientes características:

- 1.- Bit de configuración para el modo de trabajo.
- 2.- Configuración de registros.
- 3.- Asignación de variables.
- 4.- Configuración de puertos E/S.
- 5.- Habilidad de display y muestra de plantilla o máscara.
- 6.- Habilidad del convertidor A/D y toma de lectura de convertidor.
- 7.- Comparación de Temperatura versus Temperatura Mínima (T_{MIN}) y Temperatura Máxima (T_{MAX}).
- 8.- Se presenta valor de Temperatura.
- 9.- Se presenta valor de T_{MIN} y T_{MAX} .
- 10.- Evaluó de pulsadores para incrementar y disminuir los valores de T_{MIN} y T_{MAX} .
- 11.- Condición de estado de salida del control dependiente de las comparaciones entre las temperaturas T_{MIN} y T_{MAX} .
- 12.- Regreso al punto 6.

Dicho programa para el control del CETDX es mostrado en el Apéndice B.

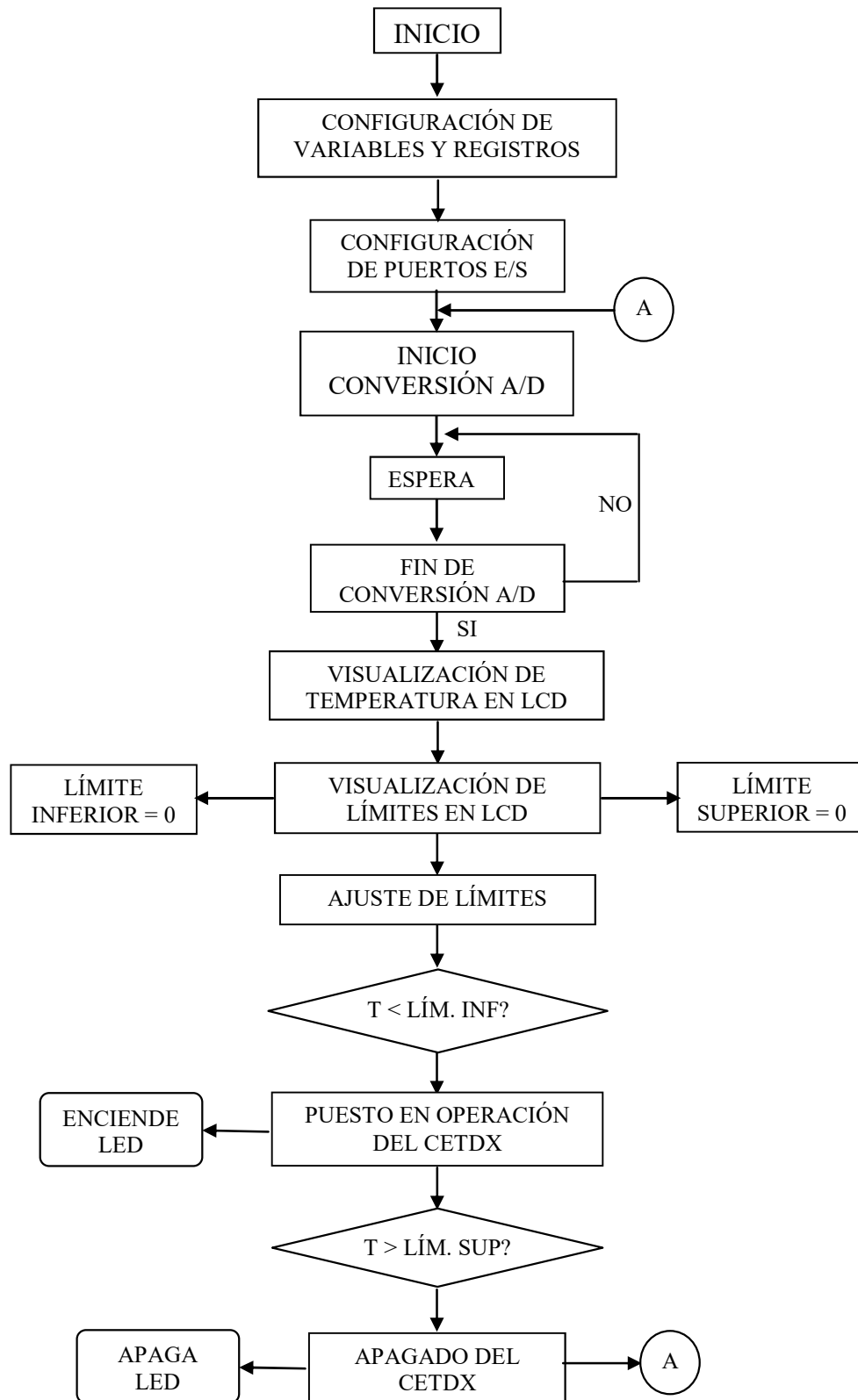


Figura 4.18.- Diagrama en Bloques del Programa para el CETDX.

El programa para el funcionamiento del CETDX consta de 12 puntos a considerar y cumple con un proceso el cual se muestra en el diagrama de bloques de la Figura 4.18.

Los procesos de los puntos 1 al 4 son obviados ya que en [Angulo et al. 2000] son explicados ampliamente y en los archivos de [Microchip 2009] hay ejemplos ilustrativos de cómo hacer y lo que se debe de configurar para el correcto funcionamiento del μC .

Punto 5 del proceso, es diseñada una carátula para desplegar los datos de importancia que interactúa con el usuario dando a conocer datos tales como la temperatura interna del deshidratador, los parámetros que tendrá que cumplir el CETDX en su operación de Encendido/Apagado.

Punto 6 del proceso, habilita la conversión Analógico a Digital de la señal sensada por el LM35, este proceso puede observarse detenidamente en los ejemplos de [Microchip 2009] y [Angulo et al. 2000]

Punto 7 del proceso, el dato adquirido y convertido de Analógico a Digital, es comparado con los valores fijados por el usuario por medio de cinco pulsadores; Punto 10 del proceso, donde uno de los pulsadores modifica su valor en incrementos de diez unidades a cada extremo de los parámetros que controlaran la temperatura T_{MIN} y T_{MAX} . Un par de ellos modifica el límite inferior y por cada pulso una unidad ya sea ascendente o descendente y a su vez para modificar el límite superior se tiene el otro par de pulsadores.

La carátula o máscara de display paso 8 y 9 del proceso, muestra en su línea superior la temperatura sensada en el interior del deshidratador y en la línea inferior los valores de los parámetros que se cumplirán al funcionamiento el CETDX véase la Figura 4.19.

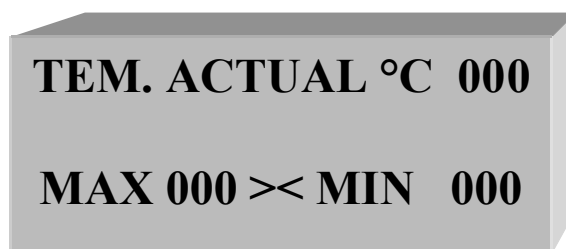


Figura 4.19.- Carátula de Información en el Display del CETDX.

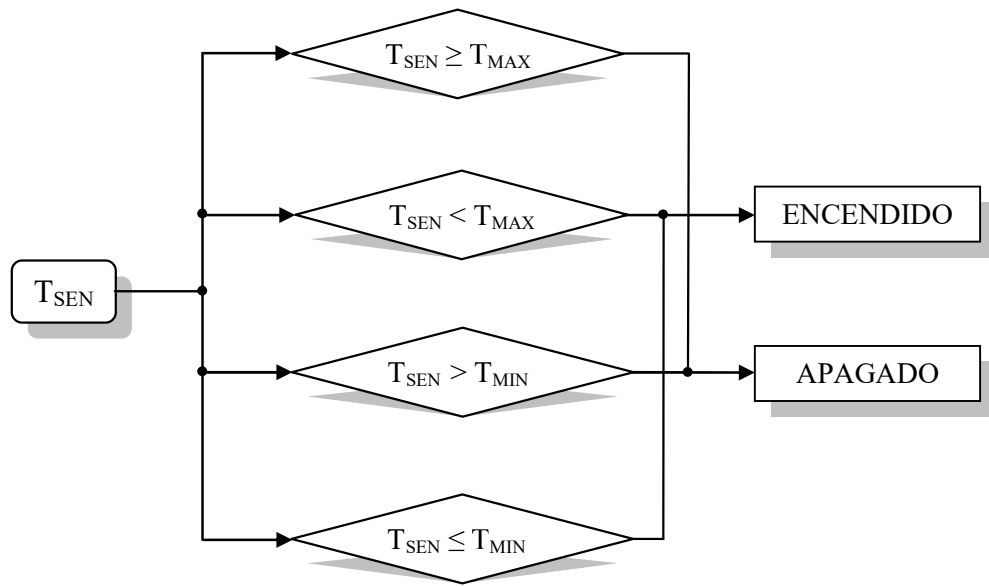


Figura 4.20.- Diagrama de Flujo de puesta en operación del CETDX.

La condición de estado de salida Encendido/Apagado para el CETDX en el Punto 11 del proceso, esta dada por las comparaciones tal y como se muestra en el diagrama de flujo de puesta en operación del CETDX de la Figura 4.20.

Elaborando su tabla de verdad Tabla 4.6, obtenemos un comportamiento lógico tal como una compuerta XOR u OR Exclusiva teniendo las siguientes consideraciones:

$$T_{SEN} \leq T_{MIN} \rightarrow \text{ENCENDIDO} = 1;$$

$$T_{SEN} \geq T_{MAX} \rightarrow \text{APAGADO} = 0;$$

Tabla 4.6.- Comportamiento Lógico del CETDX.

T_{SEN}	ESTADO E/A	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

Capítulo 5

Pruebas y Resultados

Este capítulo presenta las pruebas Eléctrica-Electrónicas y de control realizadas al CETDX, mediante las cuales se pretende mostrar los resultados del comportamiento del mismo en la práctica.

5.1 Pruebas en Protoboard.

Las pruebas realizadas para verificar el circuito implementado en el CETDX son primeramente realizadas en protoboard, revisando cada conexión realizada, desde la implementación de la fuente, revisando su voltaje de salida, conexión de alimentación al μC y a cada uno de los componentes del CETDX, la conexión entre el μC y cada componente del CETDX.

5.2 Diseño del Circuito para el CETDX.

Siendo esta prueba satisfactoria, se procede a realizar el circuito en el programa EAGLE V411_E que es un programa especial para diseñar circuitos impresos, este es un Software que tiene su versión estudiantil, donde nos apoyamos para realizar el circuito del CETDX véase en la Figura 4.16.

5.3 Prueba Eléctricas–Electrónicas y de Funcionamiento.

Al encender el CETDX ya implementado, muestra los valores esperados, Temperatura actual en grados Centígrados, los valores iniciales en ceros tanto para el rango superior e inferior de la histéresis véase en la Figura 5.1.

El tiempo de muestreo es aproximadamente de 2 veces por segundo con el fin de no incrementar el código con más interrupciones, logrando así un menor número de instrucciones.



Figura 5.1.- Información desplegada en el Display del CETDX.

Debido a la arquitectura del sensor es recomendable no exceder una temperatura 90°C.

Verificando que la medición arrojada sea verdadera, es importante hacer comparaciones con diferentes medidores de Temperatura. Una de ellas es comparando la temperatura en repetidas ocasiones dentro del Deshidratador junto al sensor LM35 del CETDX y un Termómetro de Mercurio, el resultado es una variación entre ambos dispositivos de $\pm 1^\circ\text{C}$ que para nuestro caso de estudio resulta de mayor confiabilidad. Una segunda prueba realizada es la comparación entre el CETDX Vs Termómetro Digital, en este caso hay una disparidad apenas perceptible, resultando de igual forma interesante la medición arrojada por el CETDX, esto dicho por la naturaleza de su construcción.

El cable usado para poner estratégicamente dentro del deshidratador al sensor tiene una longitud de 1.15 m. y cuenta con un blindaje especial que reduce alguna incidencia en la medición debida a la temperatura generada. Dicho cable se muestra en la parte superior del CETDX de la Figura 5.2.

El pulsador que incrementa en diez unidades los valores tanto del límite inferior como el superior en la histéresis responde perfectamente reduciendo el tiempo de posicionamiento de los mismos ya que de lo contrario los pulsadores que incrementan de unidad en unidad con sus respectivos pulsadores demorará más tiempo, como paso siguiente y concluyendo con un ligero ajuste que el operador desee en ambos límites, empleando ahora si el par de pulsadores que corresponda, se incrementara o reducirá ya sea el caso unidad por unidad

ambos valores de los límites en la histéresis. Este pulsador tiene como segunda función un reset al presionar sin soltar durante 3 segundos logrando así la interrupción del funcionamiento del CETDX que pudiese servir como un Apagado de emergencia ante cualquier evento de riesgo, alguna modificación para el mismo control o para hacer alguna modificación en el acomodo del producto dentro del deshidratador.

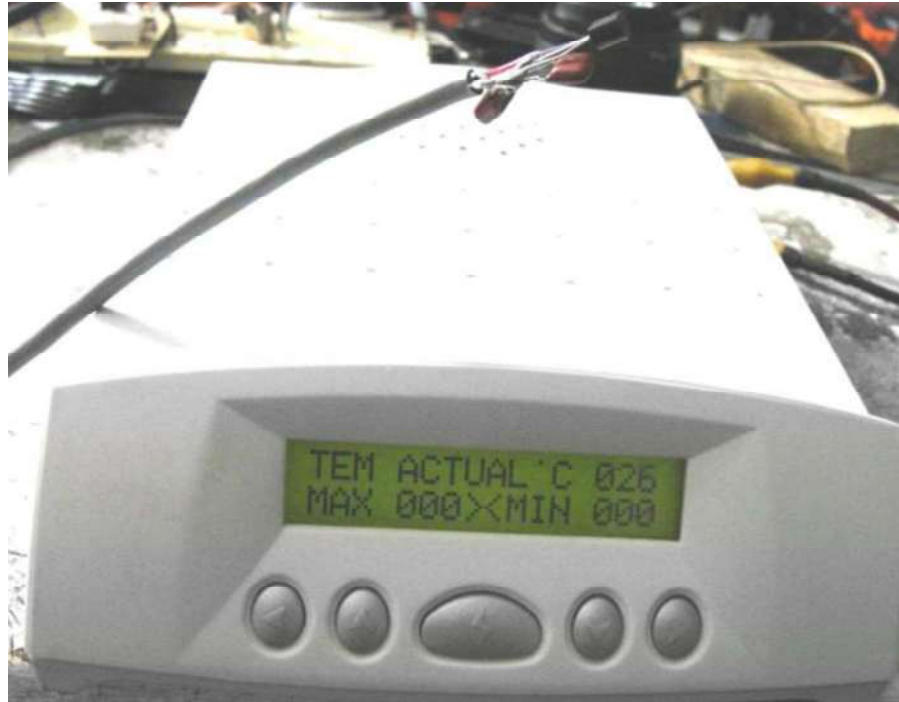


Figura 5.2.- CETDX

El valor mostrado como temperatura actual tiene una oscilación de $\pm 1^{\circ}\text{C}$ debido a que no se implementó con un valor en función de la tensión de referencia no obstante es un resultado aceptable ya que la abertura de operación para la histéresis es por lo menos 10°C no afectando así el Control Encendido/Apagado implementado en el CETDX.

5.4 Prueba del CETDX Sin Carga en el Deshidratador.

Puesto en operación el CETDX sin producto a deshidratar.

La temperatura máxima alcanzada dentro del deshidratador es de 56°C en la salida hecha al propósito para que circule el aire entrante, suficiente en el proceso de deshidratación en un tiempo de 01:02:40 hrs. iniciando a una temperatura ambiente de 21°C.

El CETDX tiene un consumo de 1.5 Kw/hr, basta multiplicar por \$0.84 en el concepto intermedio de facturación de CFE para saber el costo que representa mantener en funcionamiento el deshidratador.

Es aprovechada la parte frontal de un modem de telefonía IP Figura 5.3, que cuenta con display de 2 X 16 y 5 pulsadores para poder meter y proteger el CETDX aprovechando estos dos componentes.

5.5 Prueba del CETDX Con Carga en el Deshidratador.

Puesto en operación el CETDX con producto a deshidratar

Es realizada una prueba con fruta de temporada en rebanadas y peladas (mango y manzana). Las características iniciales dentro del deshidratador son:

- Temperatura inicial de 21 °C.
- Con un tiempo inicial de 00:00:00 hrs.
- Se modifica el rango en la histéresis inicialmente en:

MAX: 56 °C y MIN: 48 °C

En la Tabla 5.1, son mostrados los datos arrojados en Temperatura Vs Tiempo que representa el comportamiento de la temperatura en el deshidratador con producto a deshidratar, además el estado del CETDX en ese momento y marcándolo con un periodo de tiempo (T_n).

Tabla 5.1.- Temperatura Vs Tiempo en prueba realizada.

Tiempo	°C	Estado	T_n
00:00	21	Encendido	T_0
03:00	34	Encendido	T_0
05:00	36	Encendido	T_0
07:30	37	Encendido	T_0
10:00	39	Encendido	T_0
12:30	41	Encendido	T_0
15:00	43	Encendido	T_0
17:30	44	Encendido	T_0
20:00	46	Encendido	T_0
22:30	47	Encendido	T_0
25:00	48	Encendido	T_0
27:30	49	Encendido	T_0
30:00	50	Encendido	T_0
32:30	51	Encendido	T_0
35:00	52	Encendido	T_0
37:30	53	Encendido	T_0
40:00	54	Encendido	T_0
42:30	55	Encendido	T_0
53:51	56	Apagado	T_1
55:00	50	Apagado	T_1

Tiempo	°C	Estado	T_n
55:56	48	Encendido	T_2
1:00:00	54	Encendido	T_2
01:02:40	55	Encendido	T_2
01:05:30	56	Apagado	T_3
01:06:10	53	Apagado	T_3
01:06:30	52	Apagado	T_3
01:06:45	51	Apagado	T_3
01:07:10	50	Apagado	T_3
01:07:10	49	Apagado	T_3
01:08:05	48	Encendido	T_4
01:08:28	50	Encendido	T_4
01:08:35	51	Encendido	T_4
01:08:50	52	Encendido	T_4
01:09:10	53	Encendido	T_4
01:09:50	54	Encendido	T_4
01:11:10	55	Encendido	T_4
01:14:12	56	Apagado	T_5
01:16:47	48	Encendido	T_6
01:20:00	55	Apagado	T_7
01:22:00	48	Encendido	T_8

La Figura 5.3, muestra el comportamiento Temperatura vs Tiempo del CETDX en la prueba realizada con producto a deshidratar, los datos que se grafican son los de la Tabla 4.1.

La temperatura inicial es al del ambiente de 21 °C con un tiempo inicial de 00:00:00 hrs., poniendo en operación el CETDX observamos la evolución de la temperatura dentro del deshidratador que es ascendente, de la Tabla 5.2, se observa el periodo de tiempo T_n en que dura cada estado Encendido/Apagado hasta un segundo antes de que haga el cambio de estado del CETDX en la prueba, además el estado del CETDX en dicho periodo en la prueba realizada.

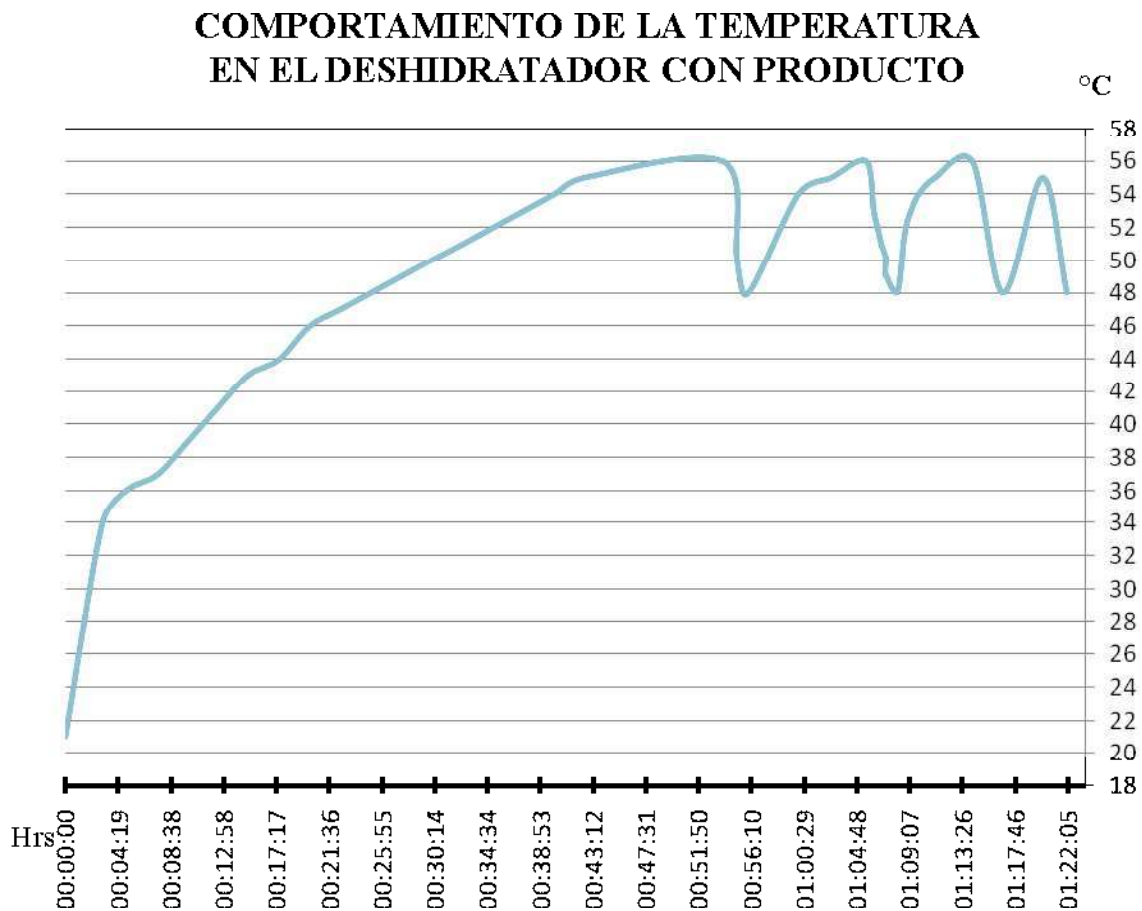


Figura 5.3.- Gráfica Temperatura vs Tiempo, puesto en operación el CETDX con producto a deshidratar.

Tabla 5.2.- Periodo de Tiempo y estado del CETDX en prueba.

T_n	$T_{(min)}$	Estado
T_0	53:51	Encendido
T_1	02:04	Apagado
T_2	09:33	Encendido
T_3	02:34	Apagado
T_4	06:06	Encendido
T_5	02:34	Apagado
T_6	03:12	Encendido
T_7	02:04	Apagado

En T_0 se observa un tiempo de 53:51 minutos que dura el CETDX Encendido debido a que tanto los componentes y el producto a deshidratar dentro del deshidratador se encuentran a temperatura ambiente.

Para T_1 se tiene un tiempo de 02:04 minutos en estado Apagado del CETDX.

Para T_2 se tiene un tiempo de 09:33 minutos en estado Encendido del CETDX.

Con estos tres periodos anteriores tenemos una relación de Encendido/Apagado donde no se comporta de una manera deseada, así que se aprovecha el periodo de T_3 donde su estado es Apagado para hacer ajustes en el sensor y el CETDX.

El estado de T_3 es Apagado y dura un tiempo de 02:34 minutos.

En T_4 vemos una mejoría en la relación de Encendido/Apagado al durar en su periodo un tiempo de 06:06 minutos; no obstante se procede a hacer una modificación de colocación del sensor dentro del deshidratador durante el periodo de T_5 de 2:34 minutos en su estado Apagado y reduciendo la T_{MAX} de la histéresis en el ciclo de trabajo del CETDX a 55°C debido a que se observa que a la unidad calefactor no tiene una potencia mayor.

Definiendo que el ciclo de trabajo para esta unidad calefactor es de una T_{MAX} de 55°C y T_{MIN} de 48°C la cual es una Temperatura que se encuentra dentro de las recomendaciones de otros autores en el proceso de la deshidratación.

Para T_6 el periodo de tiempo es de 03:12 minutos en su estado Encendido.

Para T_7 el periodo de Tiempo es de 02:04 minutos en su estado Apagado.

El ciclo de trabajo de T_6 y T_7 nos muestra una mejoría del ciclo de trabajo del CETDX acorde a la esperada inicialmente en este proyecto en la relación Tiempo y Calor que resulte en una deshidratación del producto y del ahorro en el consumo de energía eléctrica.

Si se logra invertir la relación del ciclo de trabajo Encendido/Apagado en el CETDX del sistema de deshidratación se comportará idealmente.

CONCLUSIONES

El trabajo desarrollado denominado “Sistema de Control Eléctrico-Electrónico de Temperatura aplicado a un Deshidratador”, cumple con los objetivos señalados en un inicio de éste. Se construyo un control de temperatura aplicado en el diseño de un deshidratador.

Los elementos considerados en este proyecto son enumerados a continuación:

El tipo de Control Todo o Nada en el cual esta basado el CETDX cuenta con parámetros establecidos por el usuario, dichos parámetros forman una histéresis, en la cual el sistema de deshidratación se comporta apropiadamente para este propósito.

El elemento central del CETDX es un Microcontrolador PIC16F877A; en el cual durante el periodo de estudio en la carrera de Ingeniería Eléctrica se tuvo recurrentemente prácticas con este dispositivo, por tal motivo es enfocado el empleo de éste en el proyecto.

El elemento de sensado es el LM35; dado que no es necesario un dispositivo especializado pero si de confiabilidad en su lectura, el LM35 perfectamente cumple con las características necesarias para un buen comportamiento del CETDX; cumple con un rango adecuado de la medición de Temperatura a la cual es exigido en su ciclo de trabajo del CETDX; la disposición en el mercado local y lo económico que representa el emplear éste, es justificado su uso en este proyecto.

Comparando este diseño de deshidratador con los dos modelos descritos en el Capítulo 2, se puede indicar que la ventaja del CETDX cuenta con un control de temperatura ya que el modelo del CIAT no tiene implementado uno, y con el Excalibur 3900 se tiene la ventaja en la cantidad de producción que se tiene.

La longitud del cable que conecta al sensor con el circuito del CETDX es mayor a la esperada para su fin, debido a que al hacer pruebas es necesario mover en diferentes lugares el sensor dentro del deshidratador buscando así una buena lectura de la Temperatura;

sorteando algunos obstáculos dentro y fuera del deshidratador para su colocación final es cortado el excedente de cable.

El CETDX es protegido por una carcasa de un modem de telefonía IP, resolviendo la portabilidad del mismo y que evite el riesgo de un cortocircuito; de este modem es aprovechado también su LCD 2X16 y 5 pulsadores acondicionados en el diseño CETDX reduciendo así el tamaño de este prototipo de control.

El funcionamiento del CETDX cumple con las expectativas y el objetivo planteado al inicio de la construcción del proyecto; una aceptable lectura de la Temperatura dentro del deshidratador, el display muestra los valores requeridos, informando al operario del CETDX la temperatura real dentro del deshidratador así como de los parámetros que puede cambiar en cualquier momento formulando una nueva estrategia de operación que logre una deshidratación del producto; con esto se puede decir que el programa en ensamblador implementado para que el μ C controle la temperatura es satisfactorio.

Respecto a la primera prueba hecha con producto a deshidratar se puede decir que en un inicio como se ve en la gráfica de la Figura 6.4, fue necesario hacer un cambio en la estrategia de colocación del sensor, respondiendo a una mejor relación de Encendido/Apagado del CETDX; la relación lograda funcionando establemente durante 1 hora es de 00:38:20 hrs. Encendido que representa un 64% y 00:21:40 hrs. Apagado representando un 36%, de esta manera se determinar que la relación lograda es importante y favorable en el ahorro de energía al tener lapsos considerables de tiempo Apagado al CETDX.

El deshidratador responde adecuadamente en la necesidad de mantener conservada la temperatura dentro del mismo, no obstante la implementación de materiales que aíslen la temperatura interna de la externa mejorará la relación Encendido/Apagado del CETDX reduciendo el costo de funcionamiento por gasto de energía.

TRABAJOS FUTUROS

En un principio se pensó implementar como sensor de temperatura MCP9801 cuyas características principales son:

- Digital con interfaz serie I²C.
- Convertidor A/D.
- Fácil implementación.
- Interconexión de hasta 254 sensores de temperatura sobre su mismo bus.

Con las características de este sensor se puede tener una mayor cantidad de elementos que interprete el comportamiento dentro del deshidratador.

Desafortunadamente no se pudo encontrar en el mercado local, quedando como una futura implementación en el CETDX.

Reduciendo el costo y área del CETDX se puede cambiar el μ C; el μ C PIC16F826 tiene en gran medida las mismas características del μ C 16F877A, pero tiene la ventaja del tamaño al tener únicamente 18 pines, reduciendo a la mitad el espacio; tiene su oscilador integrado dentro del encapsulado; su costo es menor y comercialmente se puede conseguir muy fácil.

Mejorando la eficiencia del deshidratador se tiene que buscar en el mercado materiales aislantes que pueda mantener un tiempo mayor la energía almacenada dentro del deshidratador; buscar también recubrirlo en las caras externas para su uso en la intemperie, buscando así hacerle modificaciones que nos permita hacer nuestro sistema de deshidratación híbrida, construyendo un colector de energía solar e introducirla dentro del deshidratador.

Este trabajo queda sujeto y con el consentimiento del autor a cualquier cambio o modificación que el usuario de este material, pueda imaginar o desarrollar.

APÉNDICE A



PIC16F87XA

28/40/44-Pin Enhanced Flash Microcontrollers

Devices Included in this Data Sheet:

- PIC16F873A
- PIC16F876A
- PIC16F874A
- PIC16F877A

High-Performance RISC CPU:

- Only 35 single-word instructions to learn
- All single-cycle instructions except for program branches, which are two-cycle
- Operating speed: DC – 20 MHz clock input
DC – 200 ns instruction cycle
- Up to 8K x 14 words of Flash Program Memory,
Up to 368 x 8 bytes of Data Memory (RAM),
Up to 256 x 8 bytes of EEPROM Data Memory
- Pinout compatible to other 28-pin or 40/44-pin
PIC16CXXX and PIC16FXXX microcontrollers

Peripheral Features:

- Timer0: 8-bit timer/counter with 8-bit prescaler
- Timer1: 16-bit timer/counter with prescaler,
can be incremented during Sleep via external
crystal/clock
- Timer2: 8-bit timer/counter with 8-bit period
register, prescaler and postscaler
- Two Capture, Compare, PWM modules
 - Capture is 16-bit, max. resolution is 12.5 ns
 - Compare is 16-bit, max. resolution is 200 ns
 - PWM max. resolution is 10-bit
- Synchronous Serial Port (SSP) with SPI™
(Master mode) and I²C™ (Master/Slave)
- Universal Synchronous Asynchronous Receiver
Transmitter (USART/SCI) with 9-bit address
detection
- Parallel Slave Port (PSP) – 8 bits wide with
external RD, WR and CS controls (40/44-pin only)
- Brown-out detection circuitry for
Brown-out Reset (BOR)

Analog Features:

- 10-bit, up to 8-channel Analog-to-Digital
Converter (A/D)
- Brown-out Reset (BOR)
- Analog Comparator module with:
 - Two analog comparators
 - Programmable on-chip voltage reference
(VREF) module
 - Programmable input multiplexing from device
inputs and internal voltage reference
 - Comparator outputs are externally accessible

Special Microcontroller Features:

- 100,000 erase/write cycle Enhanced Flash
program memory typical
- 1,000,000 erase/write cycle Data EEPROM
memory typical
- Data EEPROM Retention > 40 years
- Self-reprogrammable under software control
- In-Circuit Serial Programming™ (ICSP™)
via two pins
- Single-supply 5V In-Circuit Serial Programming
- Watchdog Timer (WDT) with its own on-chip RC
oscillator for reliable operation
- Programmable code protection
- Power saving Sleep mode
- Selectable oscillator options
- In-Circuit Debug (ICD) via two pins

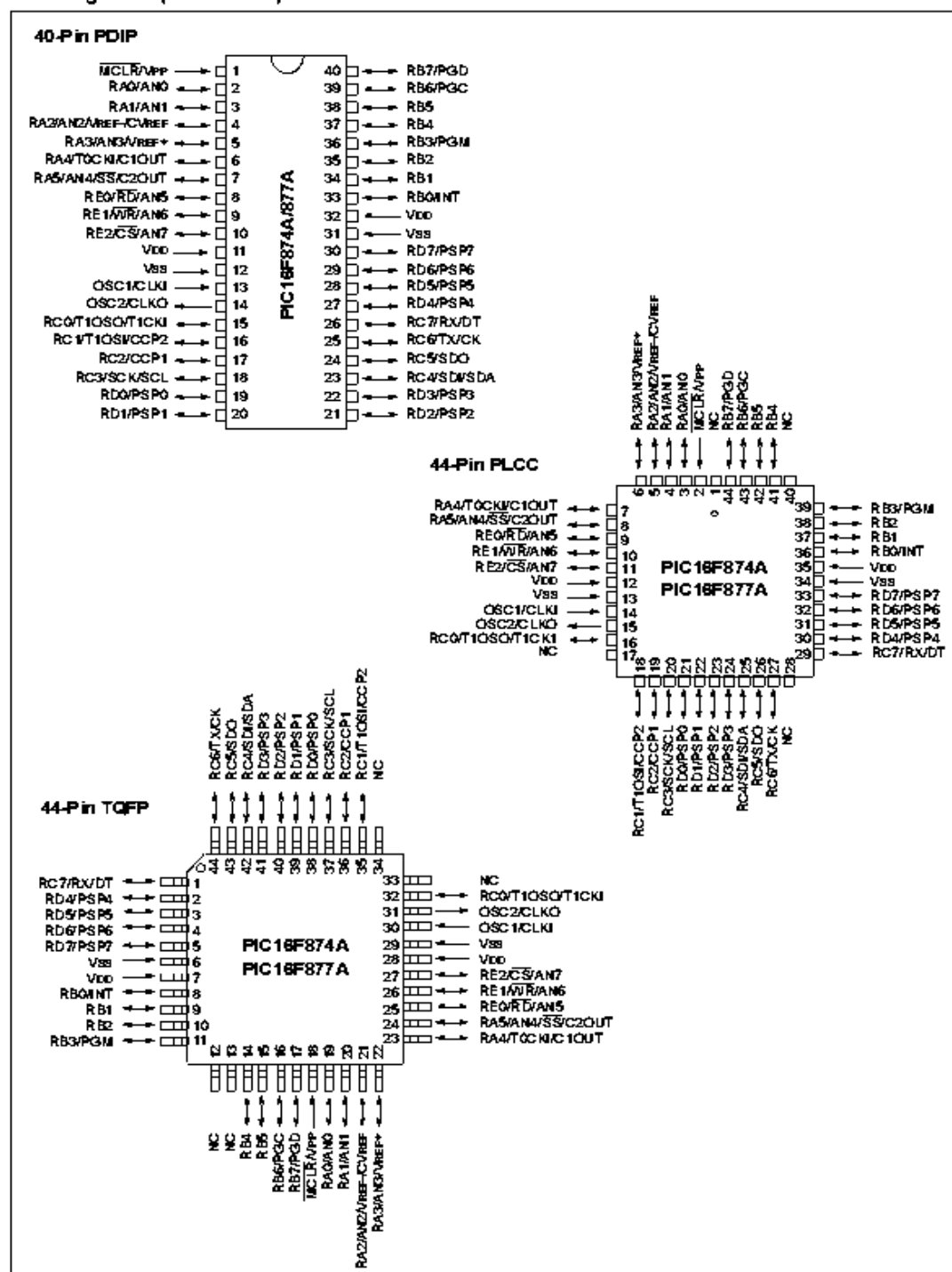
CMOS Technology:

- Low-power, high-speed Flash/EEPROM
technology
- Fully static design
- Wide operating voltage range (2.0V to 5.5V)
- Commercial and Industrial temperature ranges
- Low-power consumption

Device	Program Memory		Data SRAM (Bytes)	EEPROM (Bytes)	I/O	10-bit A/D (ch)	CCP (PWM)	MSSP		USART	Timers 8/16-bit	Comparators
	Bytes	# Single Word Instructions						SPI	Master I²C			
PIC16F873A	7.2K	4096	192	128	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F874A	7.2K	4096	192	128	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F876A	14.3K	8192	368	256	22	5	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2
PIC16F877A	14.3K	8192	368	256	33	8	2	Yes	Yes	Yes	2/1	2

PIC16F87XA

Pin Diagrams (Continued)



LM35/LM35A/LM35C/LM35CA/LM35D

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/2^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\text{ }\mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is

available packaged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-202 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^\circ\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^\circ\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\text{ }\mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\text{ }\Omega$ for 1 mA load

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



TL/H/6616-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH,
LM35CH, LM35CAH or LM35DH
See NS Package Number H03H

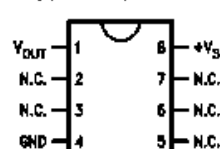
TO-92
Plastic Package



TL/H/6616-2

Order Number LM35CZ,
LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package

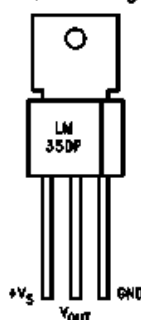


TL/H/6616-21

Top View
N.C. — No Connection

Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

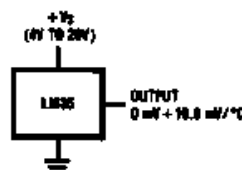
TO-202
Plastic Package



TL/H/6616-24

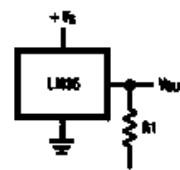
Order Number LM35DP
See NS Package Number P03A

Typical Applications



TL/H/6616-3

FIGURE 1. Basic Centigrade
Temperature
Sensor ($+2^\circ\text{C}$ to $+150^\circ\text{C}$)



TL/H/6616-4

Choose $R_1 = -V_S/50\text{ }\mu\text{A}$

$V_{out} = +1,500\text{ mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\text{ mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\text{ mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade
Temperature Sensor

NS-STATE® is a registered trademark of National Semiconductor Corporation.

KA78XX/KA78XXA

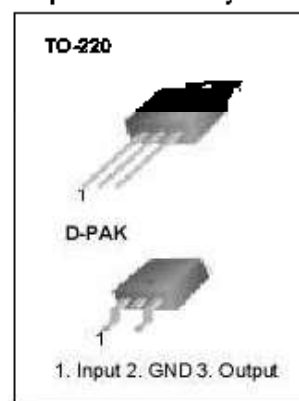
3-Terminal 1A Positive Voltage Regulator

Features

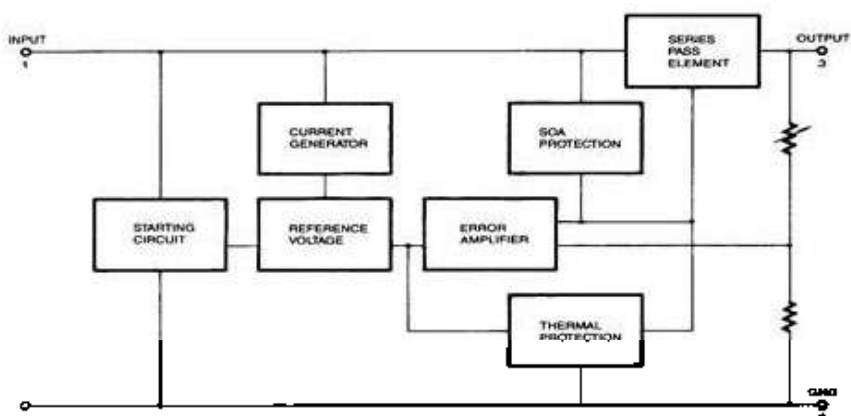
- Output Current up to 1A
- Output Voltages of 5, 6, 8, 9, 10, 12, 15, 18, 24V
- Thermal Overload Protection
- Short Circuit Protection
- Output Transistor Safe Operating Area Protection

Description

The KA78XX/KA78XXA series of three-terminal positive regulator are available in the TO-220/D-PAK package and with several fixed output voltages, making them useful in a wide range of applications. Each type employs internal current limiting, thermal shut down and safe operating area protection, making it essentially indestructible. If adequate heat sinking is provided, they can deliver over 1A output current. Although designed primarily as fixed voltage regulators, these devices can be used with external components to obtain adjustable voltages and currents.



Internal Block Diagram





GENERAL PURPOSE 6-PIN PHOTOTRANSISTOR OPTOCOUPLEDERS

**4N25
4N37**

**4N26
H11A1**

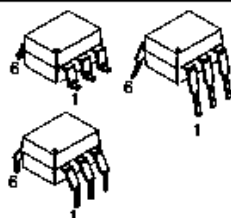
**4N27
H11A2**

**4N28
H11A3**

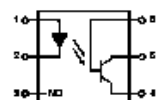
**4N35
H11A4**

**4N36
H11A5**

WHITE PACKAGE (-M SUFFIX)

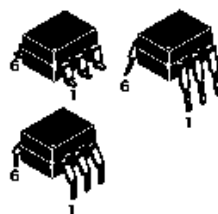


SCHEMATIC



PIN 1: LED
 2: CATHODE
 3: NO CONNECTION
 4: EMITTER
 5: COLLECTOR
 6: BASE

BLACK PACKAGE (NO -M SUFFIX)



DESCRIPTION

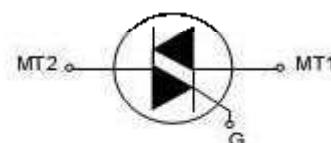
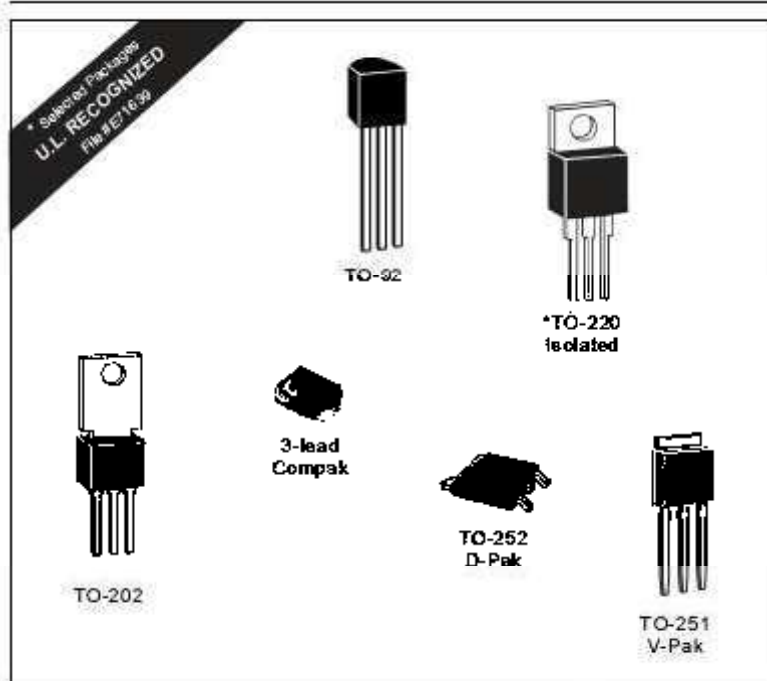
The general purpose optocouplers consist of a gallium arsenide infrared emitting diode driving a silicon phototransistor in a 6-pin dual in-line package.

FEATURES

- Also available in white package by specifying -M suffix, eg. 4N25-M
- UL recognized (File # E90700)
- VDE recognized (File # 94766)
 - Add option V for white package (e.g., 4N25V-M)
 - Add option 300 for black package (e.g., 4N25.300)

APPLICATIONS

- Power supply regulators
- Digital logic inputs
- Microprocessor inputs



Sensitive Triacs

(0.8 A to 8 A)

General Description

Teccor's line of sensitive gate triacs includes devices with current capabilities through 8 A. Voltage ranges are available from 200 V to 600 V. This line features devices with guaranteed gate control in Quadrants II and IV as well as control in the commonly used Quadrants I and III. Four-quadrant control devices require sensitive gate triacs. They can be controlled by digital circuitry where positive-only or negative-only pulses must control AC current in both directions through the device. Note that triacs with low I_{GT} values in Quadrants II and IV will have lower dv/dt characteristics.

The sensitive gate triac is a bidirectional AC switch and is gate controlled for either polarity of main terminal voltage. It is used primarily for AC switching and phase control applications such as motor speed controls, temperature modulation controls, and lighting controls.

The epoxy TO-92 and TO-220 configurations feature Teccor's electrically-isolated construction where the case or mounting tab is internally isolated from the semiconductor chip and lead attachments. Non-isolated epoxy TO-202 packages are available as well as TO-251 and surface mount TO-252 (D-Pak). Tape-and-reel capability and tube packing also are available. See "Packing Options" section of this catalog.

All Teccor triacs have glass-passivated junctions. This glassing process prevents migration of contaminants and ensures long-term device reliability with parameter stability.

Variations of devices covered in this data sheet are available for custom design applications. Consult factory for more information.

Features

- Electrically-isolated packages
- Glass-passivated junctions ensure long device reliability and parameter stability
- Voltage capability — up to 600 V
- Surge capability — up to 80 A
- Four-quadrant gating guaranteed

Compak Sensitive Gate Triac

- Surface mount package — 0.8 A and 1 A series
- New small profile three-leaded Compak package
- Packaged in embossed carrier tape with 2,500 devices per reel
- Can replace SOT-223

I _{TRMS} (11)	Part No.						V _{DSM} (1)	I _{GT} (5) (6) (8)				I _{DSM} (1) (14)	
	Isolated			Non-Isolated									
								mAmps				mAmps	
	TO-92	Compak	TO-220	TO-252 D-Pak	TO-202	TO-251 V-Pak	Volts	QI	QII	QIII	QIV	T _C = 25 °C	T _C = 110 °C
MAX	See "Package Dimensions" section for variations. (12)						MIN	MAX				MAX	
0.8 A	L2XBE3	L2X3					200	3	3	3	3	0.01	0.1
	L4XBE3	L4X3					400	3	3	3	3	0.01	0.1
	L6XBE3	L6X3					600	3	3	3	3	0.01	0.1
	L2XBE5	L2X5					200	5	5	5	5	0.01	0.1
	L4XBE5	L4X5					400	5	5	5	5	0.01	0.1
	L6XBE5	L6X5					600	5	5	5	5	0.01	0.1
	L2XBE6						200	5	5	5	10	0.01	0.1
	L4XBE6						400	8	8	8	10	0.01	0.1
	L6XBE6						600	8	8	8	10	0.01	0.1
	L2XBE8						200	10	10	10	20	0.01	0.1
	L4XBE8						400	10	10	10	20	0.01	0.1
	L6XBE8						600	10	10	10	20	0.01	0.1
1 A	L20IE3	L2N3					200	3	3	3	3	0.01	0.1
	L40IE3	L4N3					400	3	3	3	3	0.01	0.1
	L60IE3	L6N3					600	3	3	3	3	0.01	0.1
	L20IE6	L2N6					200	8	8	8	8	0.01	0.1
	L40IE6	L4N6					400	8	8	8	8	0.01	0.1
	L60IE6	L6N6					600	8	8	8	8	0.01	0.1
	L20IE8						200	8	8	8	10	0.01	0.1
	L40IE8						400	8	8	8	10	0.01	0.1
	L60IE8						600	8	8	8	10	0.01	0.1
	L20IE9						200	10	10	10	20	0.01	0.1
	L40IE9						400	10	10	10	20	0.01	0.1
	L60IE9						600	10	10	10	20	0.01	0.1
4 A		L2004L3	L2004D3	L2004F3†	L2004V3		200	3	3	3	3	0.01	0.2
		L4004L3	L4004D3	L4004F3†	L4004V3		400	3	3	3	3	0.01	0.2
		L6004L3	L6004D3	L6004F3†	L6004V3		600	3	3	3	3	0.01	0.2
		L2004L6	L2004D6	L2004F6†	L2004V6		200	8	8	8	8	0.01	0.2
		L4004L6	L4004D6	L4004F6†	L4004V6		400	8	8	8	8	0.01	0.2
		L6004L6	L6004D6	L6004F6†	L6004V6		600	8	8	8	8	0.01	0.2
		L2004L8	L2004D8	L2004F8†	L2004V8		200	8	8	8	10	0.01	0.2
		L4004L8	L4004D8	L4004F8†	L4004V8		400	8	8	8	10	0.01	0.2
		L6004L8	L6004D8	L6004F8†	L6004V8		600	8	8	8	10	0.01	0.2
		L2004L9	L2004D9	L2004F9†	L2004V9		200	10	10	10	20	0.01	0.2
		L4004L9	L4004D9	L4004F9†	L4004V9		400	10	10	10	20	0.01	0.2
		L6004L9	L6004D9	L6004F9†	L6004V9		600	10	10	10	20	0.01	0.2

Specified Test Conditions

dV/dt — Maximum rate-of-change of on-state current; I_{GT} = 50 mA with 0.1 μs rise time

dV/dt — Critical rate-of-rise of off-state voltage at rated V_{DSM} gate open

dV/dt(c) — Critical rate-of-rise of commutation voltage at rated V_{DSM} and I_{TRMS} commutating dV/dt = 0.54 rated I_{TRMS}/ms; gate unenergized

I²t — RMS surge (non-repetitive) on-state current for period of 8.3 ms for fusing

I_{DSM} — Peak off-state current, gate open; V_{DSM} = max rated value

I_{GT} — DC gate trigger current in specific operating quadrants; V_D = 12 V dc; R_L = 60 Ω

I_{GM} — Peak gate trigger current

I_H — Holding current gate open; initial on-state current = 100 mA dc

I_{TRMS} — RMS on-state current conduction angle of 360°

I_{TSM} — Peak one-cycle surge

P_{GMV} — Average gate power dissipation

P_{GM} — Peak gate power dissipation; I_{GT} ≤ I_{GM}

t_{GT} — Gate controlled turn-on time; I_{GT} = 50 mA with 0.1 μs rise time

V_{DSM} — Repetitive peak off-state blocking voltage

V_{GT} — DC gate trigger voltage; V_D = 12 V dc; R_L = 60 Ω

V_{TM} — Peak on-state voltage at max rated RMS current

General Notes

- All measurements are made with 60 Hz resistive load and at an ambient temperature of +25 °C unless otherwise specified.
- Operating temperature range (T_J) is -65 °C to +110 °C for TO-92 devices and -40 °C to +110 °C for all other devices.
- Storage temperature range (T_S) is -65 °C to +150 °C for TO-92 devices, -40 °C to +150 °C for TO-202 devices, and -40 °C to +125 °C for TO-220 devices.
- Lead solder temperature is a maximum of 230 °C for 10 seconds maximum at a minimum of 1/16" (1.59 mm) from case.
- The case or lead temperature (T_C or T_L) is measured as shown on dimensional outline drawings. See "Package Dimensions" section of this catalog.

V _{TM}	V _{GT}	I _H	I _{GT}	P _{GM}	P _{GM}	I _{TSM}	dv/dt(c)	dv/dt	t _{gr}	i ² t	dI/dt
(1) (4)	(2) (5) (15)	(1) (7)	(13)	(13)		(8) (10)	(1) (10)	(1)	(9)		
Volts	Volts	mAmps	Amps	Watts	Volts	Amps	Volts/Sec	Volts/Sec	µSec	Amps ² Sec	Amps/Sec
T _C = 25 °C	T _C = 25 °C					60/60 Hz	Volts/Sec	T _C = 100 °C			
MAX	MAX	MAX					TYP	TYP	TYP		
1.6	2	10	1.6	18	0.4	60/60	1	40	3	16	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	60/60	1	30	3	16	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	60/60	1	20	3	16	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	60/60	2	40	3	16	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	60/60	2	30	3	16	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	60/60	2	20	3	16	70
1.6	2	20	1.6	18	0.4	60/60	2	45	3.2	16	70
1.6	2	20	1.6	18	0.4	60/60	2	40	3.2	15	70
1.6	2	20	1.6	18	0.4	60/60	2	30	3.2	15	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	80/65	2	40	3	26.5	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	80/65	2	30	3	26.5	70
1.6	2	10	1.6	18	0.4	80/65	2	20	3	26.5	70
1.6	2	20	1.6	18	0.4	80/65	2	45	3.2	26.5	70
1.6	2	20	1.6	18	0.4	80/65	2	40	3.2	26.5	70
1.6	2	20	1.6	18	0.4	80/65	2	30	3.2	26.5	70

Electrical Specification Notes

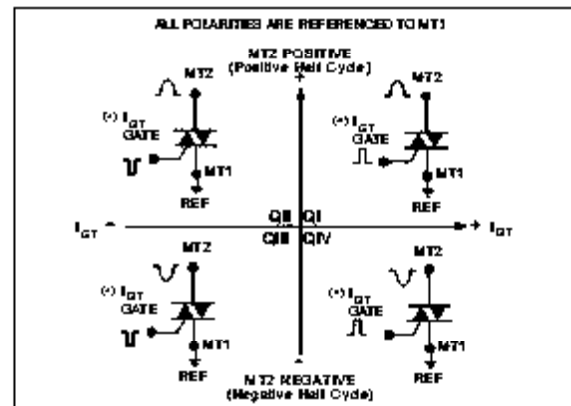
- (1) For either polarity of MT2 with reference to MT1 terminal
- (2) For either polarity of gate voltage V_{GT} with reference to MT1 terminal
- (3) See Gate Characteristics and Definition of Quadrants.
- (4) See Figure E1.4 for I_T versus V_T.
- (5) See Figure E1.6 for V_{GT} versus T_C.
- (6) See Figure E1.7 for I_{GT} versus T_C.
- (7) See Figure E1.5 for I_H versus T_C.
- (8) See Figure E1.9 for surge rating and specific duration.
- (9) See Figure E1.8 for I_{GT} versus I_{GT}.
- (10) See Figure E1.2 and Figure E1.3 for maximum allowable case temperature at maximum rated current.
- (11) See Figure E1.1, Figure E1.2, and Figure E1.3 for T_A or T_C versus I_{GT} (RMS).
- (12) See package outlines for lead form configurations. When ordering special lead forming, add type number as suffix to part number.
- (13) Pulse width ≤ 10 µs
- (14) T_C or T_A = T_J for test conditions in off state
- (15) Minimum non-trigger V_{GT} at 110 °C is 0.2 V.

Gate Characteristics

Teccor triacs may be turned on between gate and MT1 terminals in the following ways:

- In-phase signals (with standard AC line) using Quadrants I and III
- Application of unipolar pulses (gate always positive or negative), using Quadrants II and III with negative gate pulses and Quadrants I and IV with positive gate pulses

When maximum surge capability is required, pulses should be a minimum of one magnitude above I_{GT} rating with a steep rising waveform (≤ 1 µs rise time).



Definition of Quadrants

GENERAL DESCRIPTION:-

The 8050 is an NPN epitaxial silicon planar transistor designed for use in the audio output stage and converter/inverter circuits. Complementary to 8550.

ABSOLUTE MAXIMUM RATINGS (Note 1)

Maximum Temperatures	
Storage Temperature	-55°C to +135°C
Operating Temperature	135°C
Lead Temperature (soldering, 10 seconds time limit)	230°C
Maximum power Dissipation	
Total Dissipation at 25°C Ambient Temperature (Note 2)	1.0 Watt
Total Dissipation at 25°C Case Temperature (Note 2)	3.0 Watt
Maximum Voltage	
V _{CB0} Collector to Base Voltage	30V
V _{CE0} Collector to Emitter Voltage (Note 3)	25V
V _{EB0} Emitter to Base Voltage	6V
I _C Collector current (continuous)	1.5A

TO-92A



EBC

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (25°C Free Air Temperature unless otherwise noted)

SYMBOL	CHARACTERISTICS	MIN.	TYP.	MAX.	UNITS	TEST CONDITIONS
HFE1	DC current gain (Note 4)	85		300		I _C = 100mA V _{CE} = 1V
HFE2	DC current gain	40				I _C = 800mA V _{CE} = 1V
V _{CE(SAT)}	Collector Saturation Voltage (Note 4)		0.2	0.5	V	I _C = 800mA I _B = 80mA
V _{BE(SAT)}	Base Saturation Voltage (Note 4)		0.92	1.2	V	I _C = 800mA I _B = 80mA
LV _{CE0}	Collector to Emitter breakdown Voltage (Note 3 & 4)	25			V	I _C = 10mA I _B = 0
BV _{CE0}	Collector to Base breakdown voltage	30			V	I _C = 100uA I _E = 0
BV _{EB0}	Emitter to Base breakdown voltage	6			V	I _E = 100uA I _C = 0
I _{CBO}	Collector cutoff current			0.1	uA	V _{CB} = 20V I _E = 0
h _{FE}	High frequency current gain	1.0				I _C = 50mA V _{CE} = 10V f = 100MHz
C _{cb}	Collector to Base capacitance			40	pF	V _{CB} = 10V I _C = 0 f = 1MHz

NOTES:

- (1) These ratings are limiting values above which the serviceability of any semiconductor device may be impaired.
- (2) These ratings give a maximum junction temperature of 145°C, junction to ambient thermal resistance of 120°C/Watt (derating factor of 8.33mW/°C) and junction to case thermal resistance of 40°C/W (derating factor of 25mW/°C)
- (3) Rating refers to a high-current point where collector-to-emitter voltage is lowest.
- (4) Pulse Conditions: length ≤ 300 us; duty cycle ≤ 2%

CLASSIFICATION OF H_{FE} GROUP

GROUP	MIN	MAX	TEST CONDITION
B	85	160	I _C = 100mA V _{CE} = 1V
C	120	200	I _C = 100mA V _{CE} = 1V
D	160	300	I _C = 100mA V _{CE} = 1V

General Purpose Transistors

PNP Silicon

2N4403

ON Semiconductor Preferred Device

MAXIMUM RATINGS

Rating	Symbol	Value	Unit
Collector-Emitter Voltage	V_{CE0}	40	Vdc
Collector-Base Voltage	V_{CBO}	40	Vdc
Emitter-Base Voltage	V_{EBO}	5.0	Vdc
Collector Current — Continuous	I_C	600	mAdc
Total Device Dissipation @ $T_A = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	625 5.0	mW mW/°C
Total Device Dissipation @ $T_C = 25^\circ\text{C}$ Derate above 25°C	P_D	1.5 12	Watt mW/°C
Operating and Storage Junction Temperature Range	T_J, T_{stg}	-55 to +150	°C

THERMAL CHARACTERISTICS

Characteristic	Symbol	Max	Unit
Thermal Resistance, Junction to Ambient	$R_{\theta JA}$	200	°C/W
Thermal Resistance, Junction to Case	$R_{\theta JC}$	83.3	°C/W

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
----------------	--------	-----	-----	------

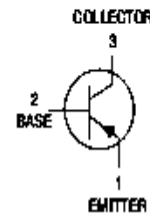
OFF CHARACTERISTICS

Collector-Emitter Breakdown Voltage ⁽¹⁾ ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $I_B = 0$)	$V_{(BR)CEO}$	40	—	Vdc
Collector-Base Breakdown Voltage ($I_C = 0.1\text{ mAdc}$, $I_E = 0$)	$V_{(BR)CBO}$	40	—	Vdc
Emitter-Base Breakdown Voltage ($I_E = 0.1\text{ mAdc}$, $I_C = 0$)	$V_{(BR)EBO}$	5.0	—	Vdc
Base Cutoff Current ($V_{CE} = 35\text{ Vdc}$, $V_{EB} = 0.4\text{ Vdc}$)	I_{BEV}	—	0.1	μA
Collector Cutoff Current ($V_{CE} = 35\text{ Vdc}$, $V_{EB} = 0.4\text{ Vdc}$)	I_{CEX}	—	0.1	μA

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.



CASE 28-11, STYLE 1
TO-18 (TO-226AA)



Preferred devices are ON Semiconductor recommended choices for future use and best overall value.

2N4403

ELECTRICAL CHARACTERISTICS ($T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted) (Continued)

Characteristic	Symbol	Min	Max	Unit
ON CHARACTERISTICS				
DC Current Gain ($I_C = 0.1\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$) ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$) ($I_C = 10\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 1.0\text{ Vdc}$) ($I_C = 150\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 2.0\text{ Vdc}$)(1) ($I_C = 500\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 2.0\text{ Vdc}$)(1)	h_{FE}	30 60 100 100 20	— — — 300 —	—
Collector-Emitter Saturation Voltage(1) ($I_C = 150\text{ mAdc}$, $I_B = 15\text{ mAdc}$) ($I_C = 500\text{ mAdc}$, $I_B = 50\text{ mAdc}$)	$V_{CE(sat)}$	— —	0.4 0.75	Vdc
Base-Emitter Saturation Voltage(1) ($I_C = 150\text{ mAdc}$, $I_B = 15\text{ mAdc}$) ($I_C = 500\text{ mAdc}$, $I_B = 50\text{ mAdc}$)	$V_{BE(sat)}$	0.75 —	0.95 1.3	Vdc

SMALL-SIGNAL CHARACTERISTICS

Current-Gain — Bandwidth Product ($I_C = 20\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 100\text{ MHz}$)	f_T	200	—	MHz
Collector-Base Capacitance ($V_{CB} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ MHz}$)	C_{cb}	—	8.5	pF
Emitter-Base Capacitance ($V_{EB} = 0.5\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ MHz}$)	C_{eb}	—	30	pF
Input Impedance ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	h_{ie}	1.5 k	15 k	ohms
Voltage Feedback Ratio ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	h_{re}	0.1	8.0	$\times 10^{-4}$
Small-Signal Current Gain ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	h_{fe}	60	500	—
Output Admittance ($I_C = 1.0\text{ mAdc}$, $V_{CE} = 10\text{ Vdc}$, $f = 1.0\text{ kHz}$)	h_{oe}	1.0	100	μmhos

SWITCHING CHARACTERISTICS

Delay Time	$(V_{CC} = 30\text{ Vdc}$, $V_{BE} = +2.0\text{ Vdc}$, $I_C = 150\text{ mAdc}$, $I_{B1} = 15\text{ mAdc}$)	t_d	—	15	ns
Rise Time		t_r	—	20	ns
Storage Time	$(V_{CC} = 30\text{ Vdc}$, $I_C = 150\text{ mAdc}$, $I_{B1} = 15\text{ mA}$, $I_{B2} = 15\text{ mA}$)	t_s	—	225	ns
Fall Time		t_f	—	30	ns

1. Pulse Test: Pulse Width $\leq 300\text{ }\mu\text{s}$, Duty Cycle $\leq 2.0\%$.

SWITCHING TIME EQUIVALENT TEST CIRCUIT

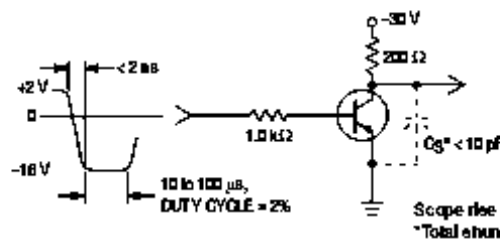


Figure 1. Turn-On Time

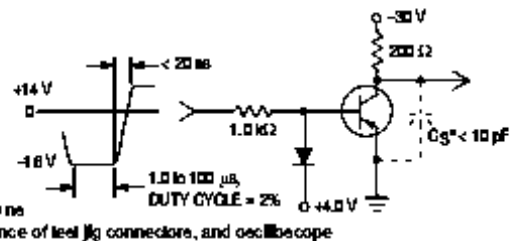


Figure 2. Turn-Off Time

HF3FF

SUBMINIATURE HIGH POWER RELAY



File No.:E134517



File No.:A0025218



File No.:R50148356



File No.:CQC08002027861



Features

- 15A switching capability
- 1 Form A and 1 Form C configurations
- Subminiature, standard PCB layout
- Plastic sealed and flux proofed types available
- Environmental friendly product (RoHS compliant)
- Outline Dimensions: (19.0 x 15.2 x 15.5) mm

CONTACT DATA

Contact arrangement	1A	1C
Contact resistance	100mΩ (at 1A 6VDC)	
Contact material	AgSnO ₂ AgCdO	
Contact rating (Res. load)	10A 277VAC/28VDC	
Max. switching voltage	277VAC / 30VDC	
Max. switching current	15A	10A
Max. switching power	2770VA / 210W	
Mechanical endurance	1 x 10 ⁷ ops	
Electrical endurance ¹⁾	1 x 10 ⁵ ops (NO, at 7A 250VAC) 5 x 10 ⁴ ops (NO, at 10A 250VAC)	

CHARACTERISTICS

Insulation resistance	100MΩ (at 500VDC)	
Dielectric strength	Between coil & contacts	1500VAC 1min
	Between open contacts	750VAC 1min
Operate time (at nomi. volt.)	10ms max.	
Release time (at nomi. volt.)	5ms max.	
Shock resistance	Functional	98m/s ²
	Destructive	980m/s ²
Vibration resistance	10Hz to 55Hz 1.5mm DA	
Humidity	35% to 85% RH	
Ambient temperature	-40°C to 70°C	
Termination	PCB	
Unit weight	Approx. 10g	
Construction	Plastic sealed, Flux proofed	

Notes: 1) For sealed type, the vent-hole cover should be excised.
2) The data shown above are initial values.
3) Please find coil temperature curve in the characteristic curves below.

COIL

Coil power	5VDC to 24VDC: 360mW; 48VDC: 510mW
------------	------------------------------------

COIL DATA

at 23°C

Nominal Voltage VDC	Pick-up Voltage VDC	Drop-out Voltage VDC	Max. Allowable Voltage VDC	Coil Resistance Ω
5	3.80	0.5	6.5	70 x (1±10%)
6	4.50	0.6	7.8	100 x (1±10%)
9	6.80	0.9	11.7	225 x (1±10%)
12	9.00	1.2	15.6	400 x (1±10%)
18	13.5	1.8	23.4	900 x (1±10%)
24	18.0	2.4	31.2	1600 x (1±10%)
48	36.0	4.8	62.4	4500 x (1±10%)
48 ¹⁾	36.0	4.8	62.4	6400 x (1±10%)

Notes: 1) There are 2 types for 48V-510mW and 360mW. The coil resistance for 510mW type is 4500ohm while for that for 360mW type is 6400ohm. If 360mW type is required, please add a special suffix (068) in the ordering information.

SAFETY APPROVAL RATINGS

UL/CUL	1 Form A	10A 277VAC / 28VDC TV-5 120VAC 15A 125VAC 12A 125VAC 1/2HP 125VAC
		10A 277VAC / 28VDC 10A 120VAC 1/2 HP 125/250VAC
	1 Form C	10A 250VAC 12A 125VAC
		5A 250VAC NO: 10A 250VAC NO: 12A 125VAC

Notes: Only some typical ratings are listed above. If more details are required, please contact us.



HONGFA RELAY

ISO9001, ISO/TS16949, ISO14001, OHSAS18001, IECQ QC 080000 CERTIFIED

2010 Rev. 1.00

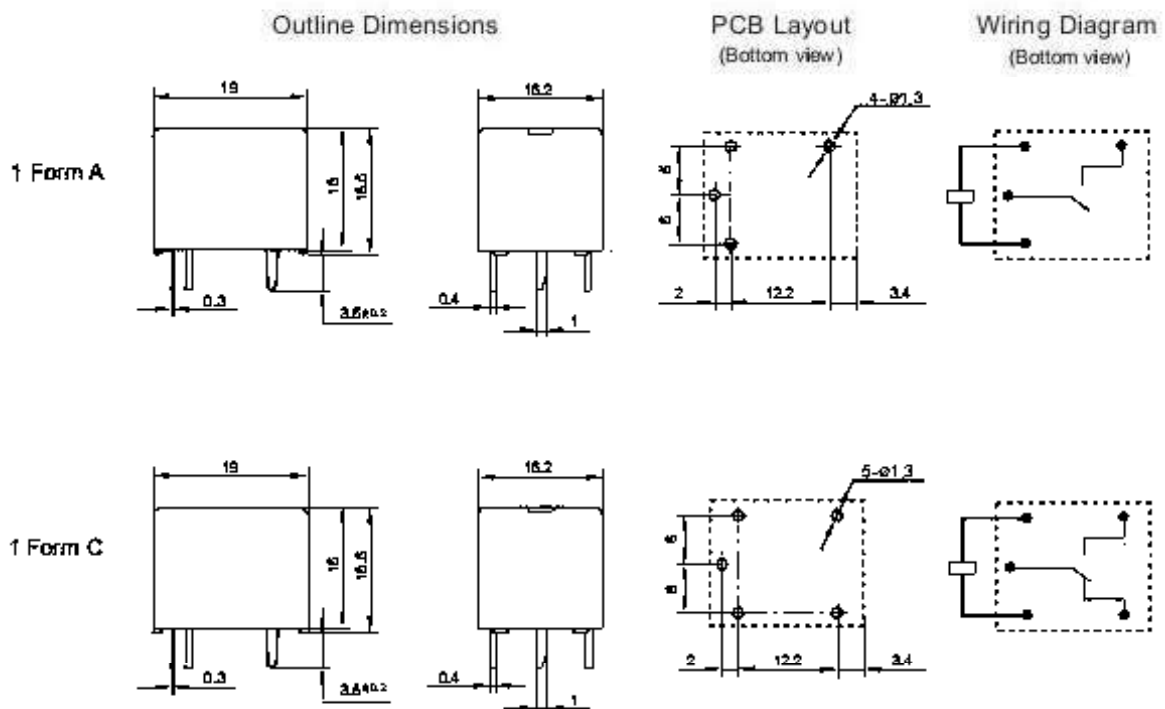
ORDERING INFORMATION

HF3FF / 012 -1H S T (XXX)	
Type	
Coil voltage	5, 6, 9, 12, 18, 24, 48VDC
Contact arrangement	1H:1 Form A 1Z:1 Form C
Construction ¹⁾	S: Plastic sealed Nil: Flux proofed
Contact material	T: AgSnO ₂ Nil: AgCdO
Customer special code	

Notes: 1) Under the ambience with dangerous gas like H₂S, SO₂ or NO₂, plastic sealed type is recommended; Please test the relay in real applications.
If the ambience allows, flux proofed type is preferentially recommended.
If water cleaning is required after the relay is assembled on PCB, please contact us for suggestion about suitable parts.

OUTLINE DIMENSIONS, WIRING DIAGRAM AND PC BOARD LAYOUT

Unit: mm



Remark: 1) In case of no tolerance shown in outline dimension: outline dimension ≤1mm, tolerance should be ±0.2mm; outline dimension >1mm and ≤5mm, tolerance should be ±0.3mm; outline dimension >5mm, tolerance should be ±0.4mm.
2) The tolerance without indicating for PCB layout is always ±0.1mm.

APÉNDICE B

Programa Implementado en el CETDX.

; Control de temperatura con LM35 y pantalla de LCD

; Una salida se activa ante una temperatura baja y se desactiva ante una alta.

; Ambas temperaturas pueden ser ajustadas dependiendo de la Histéresis de operación deseada.

; Micro: PIC16F877A a 4MHz XT

list p=16F877A

Include "p16F877A.inc"

_CONFIG _CP_OFF & _WDT_OFF & _PWRTE_OFF & _HS_OSC & _LVP_OFF

pcl	equ	0x02	;Contador de programa
estado	equ	0x03	;Registro de estados
ptoa	equ	0x05	;Puertos de E/S
ptob	equ	0x06	
ptoc	equ	0x07	
intcon	equ	0x0B	;Controlador de interrupciones
adres	equ	0x1E	;Resultado de la conversión A/D (HIGH / LOW)
adcon	equ	0x1F	;Configuración del conversor A/D
uni	equ	0x20	;Usados para manejar los datos a mostrar en display
dec	equ	0x21	
cen	equ	0x22	
tiempo1	equ	0x23	; Usados para temporizar
tiempo2	equ	0x24	
letra	equ	0x25	;Usado para apuntar la letra a colocar en el LCD
menor	equ	0x26	;Temperatura de activación
mayor	equ	0x27	;Temperatura de desactivación
buffer	equ	0x28	;Usado como registro temporal
cuseg	equ	0x29	
#define	CARRY	estado, 0	;Bit de acarreo
#define	CERO	estado, 2	;Flag indicador de resultado cero

#define	RP0	estado, 5	;Bit 0 selector de página de memoria
#define	RP1	estado, 6	;Bit 1 selector de página de memoria
#define	ADGO	adcon, 2	;Bit que inicia la conversión (1) / Indica finalización (0)
#define	MINS	ptoa, 1	;Sube el punto mínimo
#define	MINB	ptoa, 2	;Baja el punto mínimo
#define	MAXS	ptoa, 3	;Sube el punto máximo
#define	MAXB	ptoa, 4	;Baja el punto máximo
#define	MULT	ptoa, 5	;incrementa 10 unidades a min y max
#define	RELE	ptoc, 4	;Relé que maneja la carga (actor / enfriador)
#define	LCDE	ptoc, 7	;Habilitación del LCD
#define	LCDRS	ptoc, 6	;Selección de modo del LCD
	bsf	estado,RP0	;Pasa a página 1
	bcf	estado,RP1	
	movlw	b'00111111'	;Configura puerto A (0~5 Entradas)(6 y 7 Salidas)
	movwf	ptoa	
	clrf	ptob	;Puerto B completo como salidas (bus del LCD)
	clrf	ptoc	;Puerto C completo como salidas
	movlw	b'10001110'	;Configura los pines del Puerto A
	movwf	adcon	;AN0 como única entrada analoga
	movlw	b'10000001'	;Enciende y configura el convertidor A/D - Selecciona AN0 como entrada
	movwf	adcon	
	clrf	ptoa	;Limpia el Puerto A, B y C.
	clrf	ptob	
	clrf	ptoc	
	movlw	b'00111000'	;Comunicación con el LCD a ocho bits - Dos líneas de texto
	call	CONTROL	
	movlw	d'2'	
	call	DEMORA	;Demora 2ms
	movlw	b'00000110'	;Mensaje estático, se desplaza el cursor hacia la derecha
	call	CONTROL	
	movlw	d'2'	
	call	DEMORA	;Demora 2ms
	movlw	b'00001100'	;Enciende el display - Oculta el cursor - Caracter fijo

	call	CONTROL	
	movlw	d'2'	
	call	DEMORA	;Demora 2ms
	movlw	b'00000001'	;Limpia la pantalla y pone cursor en posición inicial
	call	CONTROL	
	movlw	d'2'	
	call	DEMORA	;Demora 2ms
	clrf	letra	;Coloca el título en el LCD
OTRA	movf	letra, 0	;Letra actual -> W
	call	LINEA1	;Obtiene el caracter a colocar desde la tabla
	call	DATO	;Envía el caracter al LCD
	incf	letra, 1	
	movf	letra, 0	;Comprueba si ya envió los 16 caracteres del título
	sublw	d'16'	
	btfss	CERO	
	goto	OTRA	;Si no llego a la letra 16 sigue enviando
	movlw	0xC0	;Posiciona el cursor en la 2da. linea
	call	CONTROL	
	movlw	d'1'	
	call	DEMORA	;Demora 1ms
	clrf	letra	;Coloca el título en el LCD
OTRA2	movf	letra, 0	;Letra actual -> W
	call	LINEA2	;Obtiene el caracter a colocar desde la tabla
	call	DATO	;Envía el caracter al LCD
	incf	letra, 1	
	movf	letra, 0	;Comprueba si ya envió los 16 caracteres del título
	sublw	d'16'	
	btfss	CERO	
	goto	OTRA2	;Si no llego a la letra 16 sigue enviando
SECIC			
	call	VERINF	;Coloca en el LCD la temp. inferior (de activación)
	call	VERSUP	;Coloca en el LCD la temp. superior (de desactivación)

CICLO	bsf	ADGO	;Inicia la conversión A/D
	btfsf	ADGO	;Espera que termine de convertir
	goto	\$ -1	
	bsf	estado,RP0	;Pasa a página 1 (para acceder a los ocho ;bits bajos del resultado)
	movf	adres, 0	;Resultado de conversión -> W
	bcf	estado,RP0	;Pasa a página 1
	movwf	buffer	;Guarda el dato obtenido de ADRESL en el buffer temporal
	bcf	CARRY	;Limpia el CARRY
	btfsf	adres, 0	;Mira el bit menos significativo de ADRESH (Bit 8)
	bsf	CARRY	;Si está en 1 pone en uno el carry
	rrf	buffer, 1	;Hace desaparecer el bit 0 de ADRESL, mete el bit 0 de ;ADRESH por el 7 de ADRESL
	movf	menor, 0	;Punto de activación -> W
	addlw	d'1'	;Suma 1 a W
	subwf	buffer, 0	;W = Temp. Actual - (Menor + 1)
	btfsf	CARRY	;Si dio negativo es porque la temp. medida es igual o menor al punto de activación
	bsf	RELE	;Si dio negativo (si carry = 0) acciona el relé
	movlw	d'250'	
	call	DEMORA	
	movf	mayor, 0	;Punto de desactivación -> W
	subwf	buffer, 0	;W = Temp. Actual - (Mayor)
	btfsf	CARRY	;Si dio negativo es porque aún no alcanzó la temp. de desactivación
	bcf	RELE	;Si dio positivo (si carry = 1) desactiva el relé
	movf	buffer, 0	;Dato digitalizado -> W
	call	DECIMAL	;Obtiene UNI, DEC y CEN con el agregado de 30h para la tabla ASCII
	movlw	0x8D	;Coloca el cursor en la posición 0Dh de la pantalla.
	call	CONTROL	
	movf	cen, 0	;Coloca en el LCD las centenas
	call	DATO	
	movf	dec, 0	;Coloca las decenas
	call	DATO	
	movf	uni, 0	;Coloca las unidades

	call	DATO	
	btfs	MINS	;Mira el pulsador de incremento en temp. de activación
	call	SUBEMIN	
	btfs	MINB	;Mira el pulsador de decremento en temp. de activación
	call	BAJAMIN	
	btfs	MAXS	;Mira el pulsador de incremento en temp. de desactivación
	call	SUBEMAX	
	btfs	MAXB	;Mira el pulsador de decremento en temperatura de desactivación
	call	BAJAMAX	
	btfs	MULT	;Incrementa 10 en max/min
	goto	POR10	
	goto	CICLO	;Vuelve a medir y mostrar
LINEA1	addwf	pcl, 1	; Suma el contenido de W al contador de programa
	retlw	"T"	
	retlw	"E"	
	retlw	"M"	
	retlw	" "	
	retlw	"A"	
	retlw	"C"	
	retlw	"T"	
	retlw	"U"	
	retlw	"A"	
	retlw	"L"	
	retlw	b'10110000'	; signo de Grados
	retlw	"C"	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
	retlw	" "	

LINEA2	addwf	pcl, 1	;Suma el contenido de W al contador de programa
	retlw	"M"	
	retlw	"A"	
	retlw	"X"	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
	retlw	b'00111110'	; signo Mayor que
	retlw	b'00111100'	; signo Menor que
	retlw	"M"	
	retlw	"I"	
	retlw	"N"	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
	retlw	" "	
POR10			
	movlw	d'20'	;Si pulso MULT
	movwf	cuseg	;Va a Sumar
	btfs	MULT	;ó a Cero
	goto	SALAPL	;dependiendo de el Tiempo.
	goto	\$ -1	
APL10			
	movlw	d'10'	;Suma diez unidades a Menor
	addwf	menor, 1	
	call	VERINF	;Actualiza LCD
	movlw	d'10'	;Suma diez unidades a Mayor
	addwf	mayor, 1	
	call	VERSUP	;Actualiza la información en el LCD
	goto	CICLO	

SUBEMIN

incf	menor, 1	;Suma 1 a la temp. de activación
call	VERINF	;Actualiza la información en el LCD
btfs	MINS	;Espera que suelte el pulsador
goto	\$ -1	

BAJAMIN

decf	menor, 1	;Resta 1 a la temp. de activación
call	VERINF	;Actualiza la información en el LCD
btfs	MINB	;Espera que suelte el pulsador
goto	\$ -1	

SUBEMAX

incf	mayor, 1	;Suma 1 a la temp. de desactivación
call	VERSUP	;Actualiza la información en el LCD
btfs	MAXS	;Espera que suelte el pulsador
goto	\$ -1	

BAJAMAX

decf	mayor, 1	;Resta 1 a la temp. de desactivación
call	VERSUP	;Actualiza la información en el LCD
btfs	MAXB	;Espera que suelte el pulsador
goto	\$ -1	

CONTROL

bcf	LCDRS	;Pone en bajo la línea de modo del LCD (Control)
goto	ENVIAR	;Se saltea la sig. línea

DATO

bsf	LCDRS	;Pone en alto la línea de modo del LCD (Dato)
-----	-------	---

ENVIAR

movwf	ptob	;Coloca el dato o control a enviar en el bus del LCD
movlw	d'1'	
call	DEMORA	;Demora 1ms
bsf	LCDE	;Habilita el LCD
movlw	d'1'	
call	DEMORA	;Demora 1ms

bcf	LCDE	;Deshabilita el LCD
movlw	d'1'	
call	DEMORA	;Demora 1ms
return		
DECIMAL		
movwf	uni	;Convierte el dato presente en W en UNI, DEC y CEN
clrf	dec	
clrf	cen	
movlw	d'100'	;Determina la cant. de centenas
CENTENA		
subwf	uni, 1	
btfss	CARRY	
goto	CIEN	
incf	cen, 1	
goto	CENTENA	
CIEN		
addwf	uni, 1	
movlw	d'10'	;Determina la cant. de decenas
DECENA		
subwf	uni, 1	
btfss	CARRY	
goto	DIEZ	
incf	dec, 1	
goto	DECENA	
DIEZ		
addwf	uni, 1	;Uni queda con la cant. de unidades (sin decenas ni centenas)
movlw	0x30	;Le suma 30h a los valores de UNI, DEC y CEN para que queden en ASCII
addwf	uni, 1	
addwf	dec, 1	
addwf	cen, 1	
return		
DEMORA	movwf tiempo2	;Demora tantos milisegundos como valor en w

TOP2	movlw d'110'	
	movwf tiempo1	
TOP1	nop	
	decfsz tiempo1, 1	
	goto TOP1	
	decfsz tiempo2, 1	
	goto TOP2	
	return	
VERINF	movf menor, 0	;Temperatura de activación -> W
	call DECIMAL	;Obtiene UNI, DEC y CEN en formato ASCII
	movlw 0xCD	;Posiciona el cursor en el tercer caracter de la 2da. línea
	call CONTROL	;para escribir el punto de activación
	movlw d'1'	
	call DEMORA	;Demora 1ms
	movf cen, 0	;Coloca en el LCD las centenas
	call DATO	
	movf dec, 0	;Coloca las decenas
	call DATO	
	movf uni, 0	;Coloca las unidades
	call DATO	
	return	
VERSUP	movf mayor, 0	;Temperatura de desactivación -> W
	call DECIMAL	;Obtiene UNI, DEC y CEN en formato ASCII
	movlw 0xC4	;Posiciona el cursor en el caracter 12 de la 2da. línea
	call CONTROL	;para escribir el punto de desactivación
	movlw d'1'	
	call DEMORA	;Demora 1ms
	movf cen, 0	;Coloca en el LCD las centenas
	call DATO	
	movf dec, 0	;Coloca las decenas
	call DATO	
	movf uni, 0	;Coloca las unidades
	call DATO	

```

return
POR4                                ;Prepara para cero Mayor y Menor
    decf cuseg, 1
    btfss cuseg, 1
    goto BORM
SALAPL
    movlw d'200'                    ;demora 200 ms
    call DEMORA
    btfss MULT                      ;Evalua MULT
    goto POR4                      ;Repite incremento ó
    goto APL10                    ;Prepara para poner a cero
BORM
    btfss MULT                      ;Pone a cero Mayor y Menor.
    goto $ -1
    clrf menor
    clrf mayor
    goto SECIC
end                                ;FIN.

```

[alianzasdeaprendizaje 2009]

CIAT, Deshidratador Eléctrico, 2009, www.alianzasdeaprendizaje.org

[Angulo et al. 2000]

José Ma. Angulo, Susana Romero e Ignacio Angulo, Microcontrolador PIC diseño práctico de aplicaciones, España: McGraw Hill, 2000.

[FAO 2010]

FAO, Manual de prácticas de manejo pos cosecha de los productos hortofrutícolas, 2010, <http://www.fao.org/Wairdocs/X5403S/x5403s0d.htm>

[Instituto Balseiro, 2010]

Instituto Balseiro, Apuntes de Instrumentación, 2010, <http://www.ib.cnea.gov.ar/~instyctl/clases09/apuntesInst/Intro.pdf>

[irresistible_en_línea 2009]

Iresistible_en_linea, control de temperatura 4 sensores, 2009, [ttp://mx.geocities.com/irresistible_en_linea](http://mx.geocities.com/irresistible_en_linea)

[Microchip 2010]

Microchip, Transferencia Directa PIC16F87X datasheet de Microchip, 2010, http://www.datasheetcatalog.net/es/datasheets_pdf/P/I/C/1/PIC16F87X.shtml.

[Nise 2004]

Norman S Nise, Sistemas de Control para Ingeniería, México, CECSA, 2004.

[PCexpertos, 2010]

PCexpertos, El Sensor de Temperatura LM35, 2010, <http://pcexpertos.com/2009/10/el-sensor-de-temperatura-lm35.html>

[Ogata 1998]

Katsuhiko Ogata, Ingeniería de control moderna, Edo. de México: Pearson Education, 1998.

[100x100chef, 2009]

100x100chef, Deshidratador profesional EXCALIBUR 3900, 2009, <http://www.100x100chef.com>