

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

ESCUELA DE FORMACION DE TECNOLOGOS

IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA ELECTRONICO AUTOMATIZADO DE RIEGO PARA CULTIVOS DE INVERNADERO.

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCION DEL TITULO DE TECNOLOGO EN
ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES.**

Cuasqui Sandoval Pablo Martin

pablo_etsa@hotmail.com

Arias Juárez Oswaldo Israel

Oswaldo-israel@hotmail.com

DIRECTOR: Ing. Alcívar Costales.

Alcivar.costales@epn.edu.ec

Quito, Mayo 2013

DECLARACION

Nosotros, pablo Martin Cuasqui Sandoval y Oswaldo Israel Arias Juárez, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Pablo Martin Cuasqui Sandoval.

Oswaldo Israel Arias Juárez

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por los señores Pablo Martin Cuasqui Sandoval y Oswaldo Israel Arias Juárez bajo mi supervisión.

Ing. Alcívar Costales.
DIRECTOR DE PROYECTO

DEDICATORIA.

El presente trabajo se lo dedico a mi familia en especial a mis padres, quienes han sido mi incondicional apoyo para poder salir adelante. Ya que a pesar de todas las cosas me han brindado todo su cariño cuando más lo he necesitado.

A mis hermanos quienes han sido mi compañía y confidentes durante estos años.

Oswaldo Arias.

A todas aquellas personas que no tuvieron la oportunidad de estudiar pero que con su ejemplo de esfuerzo y sacrificio inspiraron este trabajo. a mi familia, que permaneció a mi lado durante la elaboración de este proyecto.

Pablo Cuasqui.

AGRADECIMIENTO.

Agradezco a dios por ser mi guía, a mis padres y hermanos por su apoyo constante. A la Escuela Politécnica Nacional por darme la oportunidad de formarme profesionalmente, al Ing. Alcívar costales por su paciencia y dedicación al guiarnos en este trabajo. Finalmente a mis compañeros por ser parte importante para mi aprendizaje.

Oswaldo Arias.

A la Escuela Politécnica Nacional y sus maestros que compartieron su conocimiento durante mi paso por las aulas. A todos quienes aportaron con sugerencias y críticas a este proyecto.

Pablo Cuasqui.

INDICE

INDICE DE FIGURAS.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	vi
INTRODUCCION.....	1
RESUMEN.....	2
CAPITULO I FUNDAMENTOS TEORICOS	3
1.1 INTRODUCCIÓN.....	3
1.2 RIEGO Y PROPIEDADES DEL SUELO.....	3
1.2.1 HUMEDAD DEL SUELO.....	3
1.2.2 CAPACIDAD DE CAMPO CC.....	4
1.2.3 PUNTO DE MARCHITES PERMANENTE PMP.....	5
1.2.4 MEDICION DE LA HUMEDAD.....	5
1.2.5 INVERNADEROS DE CULTIVO.....	6
1.2.6 TIPOS DE RIEGO.....	7
1.2.6.1 POR ARROYAMIENTO O SURCOS.....	8
1.2.6.2 POR INUNDACION O SUMERCION.....	8
1.2.6.3 POR ASPERCION.....	8
1.2.6.4 RIEGO POR GOTEO O LOCALIZADO.....	8
1.2.6.5 MAGNITUDES FÍSICAS PARA ACCESORIOS DE RIEGO.....	10
1.2.6.5.1 CAUDAL.....	10
1.2.6.5.2 PRESIÓN.....	11
1.3 TRANSDUCTORES.....	11
1.3.1 SENSORES DE HUMEDAD.....	12
1.3.1.1 CARACTERISTICAS TECNICAS.....	13
1.3.1.2 ESPECIFICACIONES.....	13
1.3.1.3 INSTALACION Y LECTURA.....	15
1.3.2 ACTUADORES.....	15
1.3.2.1 ELECTROVALVULAS.....	15
1.3.2.2 CONTACTORES.....	17
1.4 MICROCONTROLADORES.....	18
1.4.1 INTRODUCCION.....	18
1.4.2 DEFINICION.....	19
1.4.3 MICROCONTROLADORES PIC DE MICROCHIP.....	19
1.4.4 MICROCONTROLADORES PIC DE GAMA MEDIA.....	20

1.4.4.1 MEMORIAS.....	21
1.4.4.2 LINEAS DE ENTRADA SALIDA PARA PERIFERICOS.....	21
1.4.4.3 RECURSOS AUXILIARES.....	21
1.5 DISPLAY LCD.....	22
1.6 TECLADO MATRICIAL.....	24
1.6.1 FUNCIONAMIENTO.....	24
CAPITULO II. ELABORACION DEL HARDWARE Y SOFTWARE.....	25
2.1 REQUERIMIENTOS DE AGUA DEL CULTIVO.....	25
2.1.1 DIMENSIÓN DEL CULTIVO.....	25
2.1.2 DISPOSICIÓN DE MANGUERAS Y TUBERÍAS.....	26
2.1.3 CAUDAL DE AGUA REQUERIDO.....	28
2.2 SELECCIÓN DE LAS VALVULAS.....	28
2.3 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL PARA LAS ELECTROVALVULAS.....	30
2.3.1 EL TRIAC.....	30
2.3.1.1 FUNCIONAMIENTO.....	31
2.3.1.2 METODOS DE DISPARO.....	32
2.3.2 OPTOAISLADORES.....	33
2.4 REQUERIMIENTOS DEL MICRO CONTROLADOR.....	34
2.4.1 PERIFERICOS DE ENTRADA Y SALIDA.....	34
2.4.2 CONVERTOR ANALOGO - DIGITAL.....	34
2.4.3 SELECCIÓN DEL PIC 16F877A.....	35
2.4.3.1 CARACTERISTICAS.....	36
2.4.3.2 ORGANIZACIÓN DE LAS MEMORIAS.....	36
2.4.3.3 PUERTOS.....	38
2.4.3.4 TIMERS.....	39
2.4.3.5 CONVERTOR ANALOGO DIGITAL.....	41
2.4.3.6 DIAGRAMA DE PINES.....	42
2.5 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO.....	45
2.5.1 ESTRUCTURA DEL CIRCUITO.....	46
2.5.1.1 FUNCIONAMIENTO.....	46
2.5.2 VOLTAJES DE ALIMENTACION.....	47
2.5.3 CONEXIÓN DEL OSCILADOR.....	48
2.5.4 CONEXIÓN DEL TECLADO Y DISPLAY.....	49

2.5.5	CONEXIÓN DEL RESET.....	51
2.5.6	CONEXIÓN DEL CONTROL MANUAL.....	52
2.5.7	CONEXIÓN DE LOS TRIACS.....	54
2.5.8	CONEXIÓN DE LA SALIDA DE 120V AUXILIAR.....	55
2.5.9	CONEXIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD.....	56
2.6	DESARROLLO DEL SOFTWARE PARA EL CONTROLADOR.....	57
2.6.1	INTRODUCCION.....	57
2.6.2	PROCESOS PARA PROGRAMAR UN MICROCONTROLADOR.....	57
2.6.3	COMPILADOR Mikroc PRO For PIC.....	59
2.6.3.1	CARACTERISTICAS DE MIKROC PRO FOR PIC.....	59
2.6.3.2	CREAR UN PROYECTO EN MIKROC PRO FOR PIC.....	60
2.6.4	PROGRAMACION EN MIKROC PRO FOR PIC.....	61
2.6.4.1	ESTRUCTURA DE PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE C.....	61
2.6.4.1.1	COMENTARIOS.....	62
2.6.4.1.2	FUNCIONES.....	63
2.6.4.1.3	VARIABLES.....	63
2.6.4.1.4	OPERADORES ARITMÉTICOS.....	64
2.6.4.1.5	OPERADORES DE RELACIÓN.....	64
2.6.4.1.6	OPERADORES DE BITS.....	64
2.6.4.1.7	OPERADORES LÓGICOS.....	65
2.6.4.2	INSTRUCCIONES O SENTENCIAS DE Mikroc PRO For PIC.....	65
2.6.4.2.1	SENTENCIAS DE ASIGNACION.....	65
2.6.4.2.2	SENTENCIAS DE ENTRADA/SALIDA DE DATOS.....	65
2.6.4.2.3	SENTENCIAS DE SELECCIÓN.....	66
2.6.4.2.4	SENTENCIAS DE ITERACIÓN.....	67
2.6.4.2.5	SENTENCIAS DE SALTO.....	68
2.6.4.3	FUNCIONES PARA MANEJO DE DISPOSITIVOS DE Mikroc PRO For PIC.....	68
2.6.4.3.1	FUNCIONES PARA DISPLAY LCD.....	69
2.6.4.3.2	FUNCIONES PARA TECLADO.....	70
2.6.4.3.3	FUNCIONES PARA EEPROM DE DATOS.....	71
2.6.4.3.4	FUNCIONES PARA EL CONVERTOR A/D.....	72
2.6.5	ANALISIS DE CONDICIONES PARA EL PROGRAMA.....	73
2.6.6	DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.....	73
2.6.7	DESCRIPCION DEL DESARROLLO DEL PROGRAMA.....	77
2.6.8	DECLARACION DE VARIABLES GLOBALES.....	77
2.6.9	GRABACION DE MENSAJES EN LA MEMORIA EEPROM.....	78
2.6.9.1	DEFINICION DE FUNCIONES UTILIZADAS.....	80
2.6.9.2	CODIGO DEL PROGRAMA.....	81

2.7 SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO.	90
--	-----------

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACION DEL HARDWARE Y PRUEBAS FINALES.....	92
---	-----------

3.1 ELABORACION DEL CIRCUITO IMPRESO.	92
---	-----------

3.1.1 GRABACION DEL PIC.	98
-------------------------------	----

3.1.2 MONTAJE DEL CONTROLADOR.....	100
------------------------------------	-----

3.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.....	103
---	------------

3.2.1 PRUEBAS DE DISPOSITIVOS.	103
-------------------------------------	-----

3.2.2 PRUEBAS EN EL INVERNADERO.....	105
--------------------------------------	-----

3.3 CORRECCION DE ERRORES.....	107
---------------------------------------	------------

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	109
--	------------

4.1 RESULTADOS.	109
-----------------------------	------------

4.2 CONCLUSIONES.....	109
------------------------------	------------

4.3 RECOMENDACIONES.....	110
---------------------------------	------------

BIBLIOGRAFIA.	111
---------------------------	------------

ANEXOS.....	113
--------------------	------------

ANEXO 1:.....	113
---------------	-----

ANEXO 2:.....	117
---------------	-----

ANEXO 3:.....	122
---------------	-----

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1.1 Porosidad del suelo.....	4
-------------------------------------	---

Figura 1.2 Curva de retención de agua según el tipo de suelo.....	5
---	---

Figura 1.3 Invernadero dedicado al cultivo de hortalizas.....	6
---	---

Figura 1.4 Métodos de riego.	7
-----------------------------------	---

Figura 1.5 Sistema de riego tecnificado por goteo.....	10
--	----

Figura 1.6 Sensor Watermark 200 SS-V.....	13
---	----

Figura 1.7 Función de transferencia del sensor 20SS-V.....	14
Figura 1.8 Partes de una electroválvula.	16
Figura 1.9 Funcionamiento de una electroválvula.....	16
Figura 1.10 Contactor industrial.	18
Figura 1.11 Componentes de un microcontrolador.....	19
Figura 1.12 Arquitectura interna de un PIC.....	20
Figura 1.13 Display LCD.	22
Figura 1.14 Caracteres del LCD.....	22
Figura 1.15 Teclado 3x4.....	24
Figura 2.1 Cultivo de frutilla utilizando riego por goteo a la intemperie.	25
Figura 2.2 Invernadero del Sr Marcelo Carvajal.....	26
Figura 2.3 Dimensiones del cultivo.....	26
Figura 2.4 Línea de impulsión y línea secundaria.....	27
Figura 2.5 Disposición del sistema de riego.....	27
Figura 2.6 Guía para selección de modelos de electroválvulas.	29
Figura 2.7 Electroválvula Dorot modelo 75-1—E/D2.....	29
Figura 2.8 Símbolo y estructura del triac.	31
Figura 2.9 Distribución de pines del TIC 206M.....	31
Figura 2.10 Métodos de disparo de un triac.....	32
Figura 2.11 Pines del optoaislador MOC 3021.....	33
Figura 2.12 Teclado y display utilizados.	34
Figura 2.13 Terminales del sensor Watermark 200SS-V.....	35
Figura 2.14 Organización de los bancos de memoria y registros del PIC 16F877A.	38
Figura 2.15 Resolución del ADC del PIC 16F877A.	41
Figura 2.16 Diagrama de pines del PIC 16F877A.....	42
Figura 2.18 Ventana del programa ISIS.	45
Figura 2.17 Esquema del circuito electrónico.	46
Figura 2.19 Conexiones de VCC y GND.	48
Figura 2.20 Conexión del oscilador.	49
Figura 2.21 Conexiones del teclado y display.	50
Figura 2.22 Conexión del switch del reset.....	51
Figura 2.23 Conexión del control manual.	52
Figura 2.24 Conexión de los optoaisladores.	54
Figura 2.25 Conexión del voltaje AC para los triacs.....	54
Figura 2.26 Conexión de la salida auxiliar.....	56
Figura 2.27 Conexión del sensor.	57
Figura 2.28 Pasos para programar un PIC.....	59

Figura 2.29 Ventana de trabajo de MikroC PRO for PIC.	60
Figura 2.30 Selección del nombre y ubicación del proyecto.	61
Figura 2.31 Estructura de un programa escrito en C.....	62
Figura 2.32 Declaración de variables para la conexión en el puerto B de un PIC de gama media.	69
Figura 2.33 Editor de datos para la memoria EEPROM.	71
Figura 2.34 Diagrama de bloques del controlador.	73
Figura 2.35 Diagrama de flujo del programa.....	74
Figura 2.36 Diagrama de flujo del modo sensor.....	75
Figura 2.37 Diagrama de flujo del modo temporizador.	76
Figura 2.38 Diagrama de flujo para la salida auxiliar.....	77
Figura 2.39 Declaración de variables en MicroC.....	78
Figura 2.40 Grabación de mensajes en EEPROM.	80
Figura 2.41 Simulación del circuito.....	91
Figura 3.1 Ventana de trabajo del programa ARES.	92
Figura 3.2 esquemas de las tarjetas electrónicas.	93
Figura 3.3 Ruteo de las pistas de los circuitos en el programa ARES.	95
Figura 3.4 Vista final de las pistas de los circuitos.....	96
Figura 3.5 Impresión de las pistas en la baquelita.....	97
Figura 3.6 Quemado de la baquelita con cloruro férrico.	97
Figura 3.7 Ubicación y soldadura de los componentes.....	98
Figura 3.8 Grabación del PIC.	99
Figura 3.9 Vista externa del controlador.	100
Figura 3.10 Ubicación interna de los componentes del controlador.	101
Figura 3.11 Ubicación del controlador y otros elementos.	102
Figura 3.12 Esquema de conexión del contactor.	103
Figura 3.13 Instalación del sensor.....	103
Figura 3.14 Pruebas de funcionamiento del sensor.	104
Figura 3.15 Prueba del sistema en el invernadero.	106
Figura 3.16 Prueba del sistema en modo temporizador.	107
Figura 3.17 Conexión del filtro de ruido.	108

INDICE DE TABLAS.

Tabla 1.1 Interpretación de lecturas del tensiómetro.....	6
Tabla 1.2 Distribución de pines del LCD.....	23
Tabla 2.1 Especificaciones de la electroválvula.	30
Tabla 2.2 Características del triac TIC 206M.....	31

Tabla 2.3 Características del optoaislador MOC 3021.....	33
Tabla 2.4 Total de líneas de E/S requeridos.....	35
Tabla 2.5 Modos de oscilador del PIC 16F877A.....	36
Tabla 2.6 Corrientes máximas permitidas en el PIC 16F877A.....	39
Tabla 2.7 bits del registro OPTION_REG.....	40
Tabla 2.8 Relación del Prescaler.....	40
Tabla 2.9 Distribución de pines del PIC 16F877A.....	44
Tabla 2.10 Características del regulador 7805.....	47
Tabla 2.11 Valores de los capacitores para osciladores HS.....	49
Tabla 2.12 Formas de realizar un comentario en C.....	62
Tabla 2.13 Tipos de variables.....	64
Tabla 2.14 Operadores aritméticos.....	64
Tabla 2.15 Operadores de relación.....	64
Tabla 2.16 Operadores de bits.....	65
Tabla 2.17 Operadores lógicos.....	65
Tabla 2.18 Funciones para LCD.....	69
Tabla 2.19 Comandos para la función Lcd_Cmd ()......	70
Tabla 2.20 Funciones de conversión.....	70
Tabla 2.21 Descripción de variables utilizadas.....	78
Tabla 2.22 Descripción de mensajes presentados.....	79
Tabla 2.23 Descripción de funciones utilizadas.....	81
Tabla 3.1 Opciones para las palabras de configuración.....	98

INTRODUCCION.

El sistema electrónico automatizado de riego por goteo para cultivos de invernadero es un aparato que controla la humedad en la tierra de un cultivo activando las válvulas eléctricas que permiten la distribución del agua al suelo bajo las condiciones que el operador considere.

El sistema está compuesto por un transductor sensor de humedad del suelo que de acuerdo a la cantidad de agua existente y a la fuerza con que esta se retiene en la tierra entrega una señal eléctrica en un rango de valores determinado por su función de transferencia. Esta señal es cuantificada por un procesador que decide si el valor entregado por el sensor está dentro de las condiciones requeridas para lo cual debe ser enterrado a una distancia determinada por las características de las raíces de la planta cultivada.

El uso de un solo sensor implica la desventaja de que la lectura es válida solo para el lugar donde se encuentra ubicado, según la peculiaridad de cada terreno la concentración de agua puede ser mayor o menor. Por lo que estas lecturas deben ser tomadas como referencia por el operador.

El procesador ofrece la opción de controlar la apertura de las válvulas por un tiempo límite decidido por el operador. Función muy útil para aquel que riega su cultivo empíricamente y de acuerdo a su experiencia propia.

El ingreso de las condiciones de humedad o tiempo límite al aparato se lo realiza utilizando un teclado numérico. La información ingresada es visualizada en un display de caracteres alfanuméricos. La interacción entre el operador y el aparato se realiza desplegando mensajes y opciones en el display esperando luego que se escoja una de las opciones por medio de los botones del teclado.

Se ha considerado que una salida para controlar una sola válvula resulta insuficiente para cultivos extensos por lo que se ofrecen 8 salidas independientes con las mismas características. A cada una de estas salidas se les ha provisto la opción de ser controladas manualmente usando selectores de 2 posiciones y diodos emisores de luz para visualizar en qué estado se encuentra cada salida.

Se ofrece también una salida opcional que maneje un contactor y este a su vez tenga la capacidad de permitir el funcionamiento una bomba eléctrica u otro equipo o herramienta requerida.

Para casos en que por alguna razón el riego deba ser detenido o empezar de nuevo existe un botón que reinicia el funcionamiento del aparato. En caso de que no se haya elegido ninguna opción o ingresado algún valor en cierto tiempo de

espera el aparato puede apagarse automáticamente y encenderse de nuevo al presionar el botón de reset.

RESUMEN.

Para la elaboración de este proyecto se comenzó por observar las desventajas que presentan los mecanismos de riego utilizados tradicionalmente por los agricultores locales. Al buscar soluciones tecnológicas a dichas desventajas se encontró que eran o demasiado costosas o simplemente no existían en las tiendas de insumos agrícolas.

Como consecuencia de esta observación se determinó que de aquellos sistemas de riego tecnificado el más accesible y utilizado por su facilidad de instalación es el riego por goteo y que de las soluciones técnicas disponibles para este las válvulas eléctricas o electroválvulas son imprescindibles para automatizar el riego.

Seguidamente se estudió las propiedades que presenta el suelo en cuanto a humedad y como esta interactúa con el método de riego y el dimensionamiento sus componentes. Lo que permitió seleccionar un sensor de humedad y una electroválvula que pueda ser usada como referencia.

Una vez seleccionados estos dos elementos se procedió a elaborar un circuito electrónico capaz de entregar el voltaje necesario para activar las electroválvulas, esto se realizó utilizando triacs. Un PIC, un teclado y un display se utilizan para ingresar las condiciones al PIC que es el micro controlador del aparato.

Una vez elaborado el circuito se desarrolla el software o programa para el PIC, con las sentencias, variables y condiciones necesarias para el funcionamiento del circuito. Este programa es elaborado en lenguaje C de alto nivel en el compilador MicroC for PIC en el cual es compilado y depurado.

La elaboración del esquema y las pruebas de funcionamiento del circuito se realizaron primero en el simulador de circuitos electrónicos ISIS del paquete Proteus. Para luego realizar pruebas en circuito real armado en un protoboard. Corregidos todos los problemas que se presentaron se procedió a la elaboración de las tarjetas electrónicas con ayuda del programa ARES del paquete Proteus también.

A las tarjetas elaboradas se las coloco en una caja plástica y esta a su vez fija en un pedazo de madera junto con los elementos necesarios para el funcionamiento del sistema para finalmente obtener los resultados de realizar una prueba en un invernadero real.

CAPITULO I FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

1.1 INTRODUCCIÓN.

La agricultura y sus métodos desde sus inicios con la civilización humana hasta antes del estallido de la revolución industrial casi no se alteraron. Es con el aumento de la población, el incremento en la demanda de alimentos y su diversificación cuando la forma tradicional de cultivar se va transformando progresivamente a una agricultura tecnificada que utiliza la tecnología para incrementar la productividad.

El estudio del suelo de cultivo y como las condiciones climáticas afectan a los sembríos confluyen en el desarrollo de lugares en las que el crecimiento de las plantas es controlado e incentivado.

El agua es indispensable en el desarrollo de cualquier planta, la creciente escasez de esta obliga a hacer eficiente su uso para lo que se requiere el uso de tecnología que no siempre es accesible a todo agricultor. En nuestro medio la mayoría de pequeños y medianos agricultores no conoce o no tiene o tiene acceso limitado por situaciones económicas pues esta no es desarrollada localmente. Para lo cual mediante el uso de la electrónica se pretende ofrecer una solución que ayude a optimizar el uso del agua y el tiempo requerido para regarla.

1.2 RIEGO Y PROPIEDADES DEL SUELO.

1.2.1 HUMEDAD DEL SUELO.

El suelo además de ser el anclaje de una planta es el medio que almacena el agua y los nutrientes que será absorbida por las raíces. El suelo está constituido por sustancias en estado sólido, líquido y gaseoso. La mayoría de sustancias se encuentran en estado sólido, arcilla, arena, grava y material orgánico son los más comunes.

En el espacio de la tierra que no está ocupado por partículas sólidas puede ser ocupado por aire o por agua con sustancias disueltas. El tamaño de estas partículas determina la porosidad del suelo, propiedad que varía de acuerdo al tipo de terreno. Así con partículas pequeñas (suelos arcillosos) la porosidad es baja. En suelos con partículas sólidas grandes (suelos franco - arenosos) la porosidad es alta.

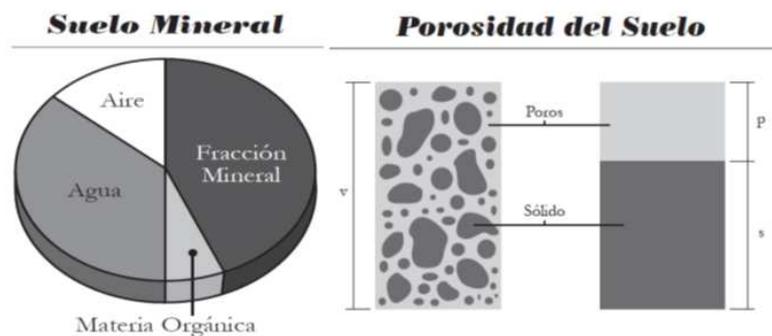


Figura 1.1 Porosidad del suelo

La humedad del suelo es cantidad de agua existente que ocupa los poros del suelo. Puede ser expresada en términos gravimétricos como la diferencia entre el peso de una muestra de tierra húmeda y el peso de la misma muestra secada a 105°C . Otra forma de expresarla es en términos de volumen determinando el porcentaje de cierta muestra que está ocupado por agua.

Existen diferentes métodos directos e indirectos para determinar la cantidad de agua existente en el suelo, uno de los indirectos utiliza la fuerza o tensión en centibares (CB) con la que las moléculas de agua están adheridas a las partículas sólidas de la tierra. Esta medida es muy útil pues se puede establecer la fuerza que las raíces de las plantas necesitan ejercer para absorber las moléculas de agua. A mayor humedad menor fuerza de retención del agua.

En general en un terreno después de una lluvia o de haber aplicado riego el agua ocupa los poros grandes, si nada impide el drenaje parte de ella descende por acción de la gravedad dejando el espacio de los poros ocupado por aire a esta agua se la conoce como *agua gravitacional*.

Finalizado el drenaje una cantidad de agua queda contenida en los poros más finos del suelo en contra de la fuerza de la gravedad, es la denominada *agua capilar*. Esta agua es la principal fuente para plantas pues la fuerza con la que está adherida al suelo es superada por la fuerza de succión que ejercen las raíces.

Finalmente existe una pequeña cantidad de agua que está fuertemente adherida a la superficie de las partículas sólidas del suelo y que la fuerza de las raíces no alcanza a absorber. A esta agua se la conoce como *agua giroscópica*.

1.2.2 CAPACIDAD DE CAMPO CC.

Se conoce como capacidad de campo al agua capilar que queda en el suelo luego que toda el agua gravitacional ha sido drenada, en estas condiciones el espacio poroso del suelo disponible se encuentra 100% ocupada por agua ó a 10 centibares de tensión.

Dependiendo del tipo del suelo y a medida que las plantas absorben el agua la tensión en el suelo aumentara.

1.2.3 PUNTO DE MARCHITES PERMANENTE PMP.

Se refiere al nivel de humedad mínima del suelo; en donde el agua capilar que permanece en el suelo ya no está disponible para las plantas y estas ya no puede continuar extrayéndola. La planta se marchita definitivamente.

A este estado se llega cuando el suelo no recibe nuevos aportes de agua; además de la extracción del agua por parte de las raíces, la evaporación contribuye a alcanzar el punto de marchitez permanente.

1.2.4 MEDICION DE LA HUMEDAD.

Existen varias formas de determinar la humedad existente en el suelo, en todas ellas interviene el tipo y la textura del mismo en la siguiente figura se muestra como varia la tensión según el tipo de suelo.

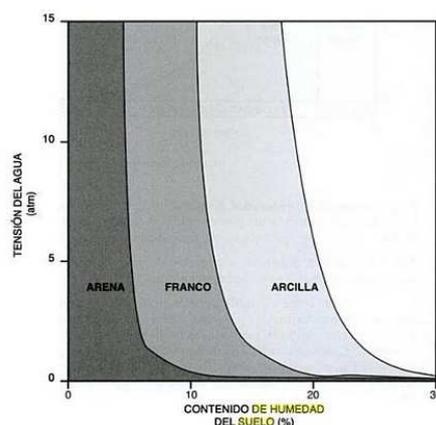


Figura 1.2 Curva de retención de agua según el tipo de suelo¹.

Para determinar la fuerza con la que el agua está adherida al suelo se utilizan tensiómetros ya sean manuales o electrónicos. Los tensiómetros manuales utilizan manómetros y tubos de vacío o mercurio. Mientras que los electrónicos utilizan electrodos o sondas. Para un terreno en general las condiciones de CC y PMP y sus consecuencias en el cultivo generan los siguientes valores de tensión.

Lectura en Interpretación centibares

0-10

Suelo saturado o sobresaturado que se puede presentar hasta 3 días de después de un riego abundante.

Situación peligrosa cuando existen problemas de drenaje.

¹ Riego y drenaje, Juan Carlos Valverde, Editorial Universidad Estatal San José de Costa Rica, primera edición. Pág. 50.

11-30	<i>Capacidad de campo. Lecturas bajas para suelos arenosos y altas para suelos arcillosos. Durante ese tiempo no se riega para evitar la pérdida de agua y de nutrientes por lixiviación.</i>
31-60	<i>Intervalo de riego. El riego se inicia entre: 30 - 40 en suelos arenosos y franco arenosos. 40 - 50 en suelos francos. 50 - 60 en suelos arcillosos.</i>
61-80	<i>Punto de marchites permanente. Limite peligroso puede ocasionar, estrés hídrico que podría repercutir en la producción.</i>

Tabla 1.1 Interpretación de lecturas del tensiómetro².

Según el cultivo el agua disponible para la planta está entre la capacidad de campo y el punto de marchites permanente.

1.2.5 INVERNADEROS DE CULTIVO.

Un invernadero es un área cerrada construida con material traslucido como vidrio o plástico la cual se dedica a la producción de cultivos. Permiten el control y monitoreo de humedad, temperatura y otras condiciones ambientales que inciden en el cultivo de las plantas mejorando la calidad y cantidad de los productos con respecto a los cultivados al aire libre.



Figura 1.3 Invernadero dedicado al cultivo de hortalizas.

La luz del sol atraviesa la cubierta traslucida calentando el interior y las plantas, el calor producido no puede salir al exterior debido a la cubierta incrementando la

² Cultivo de tomate riñón en invernaderos, editorial ABYA YALA, INAP, Quito, pág. 30.

temperatura y humedad en el interior. A esto se le conoce como efecto invernadero.

Algunas desventajas y ventajas que presenta son:

- Requiere de riego tecnificado.
- Alto costo de implementación.
- Se puede controlar el crecimiento de maleza y plagas.
- Reduce el tiempo siembra-cosecha.

Los productos de invernadero más comunes en nuestro medio son flores, tomate riñón, hortalizas y algunos frutales como la uvilla.

1.2.6 TIPOS DE RIEGO.

Regar un cultivo es aportar el agua que la planta necesita para su desarrollo que no es abastecida por la lluvia. El agua es almacenada en tanques o reservorios y es aplicada utilizando bombas o la acción de la gravedad en terrenos con pendientes pronunciadas.

Cuando el agua es conducida por acequias y surcos hacia el área cercana a las raíces de las plantas se tiene un alto arrastre de los componentes del suelo y la consecuente erosión del mismo. Cuando se riega de esta manera solo una parte del agua llega a las raíces mientras que el resto se desperdicia. Para mejorar esto se hace uso de cañerías que permite aplicar al suelo de cultivo únicamente el agua requerida. A esto se le conoce como riego tecnificado.

Existen varias maneras de regar un cultivo entre las más utilizadas se encuentran:

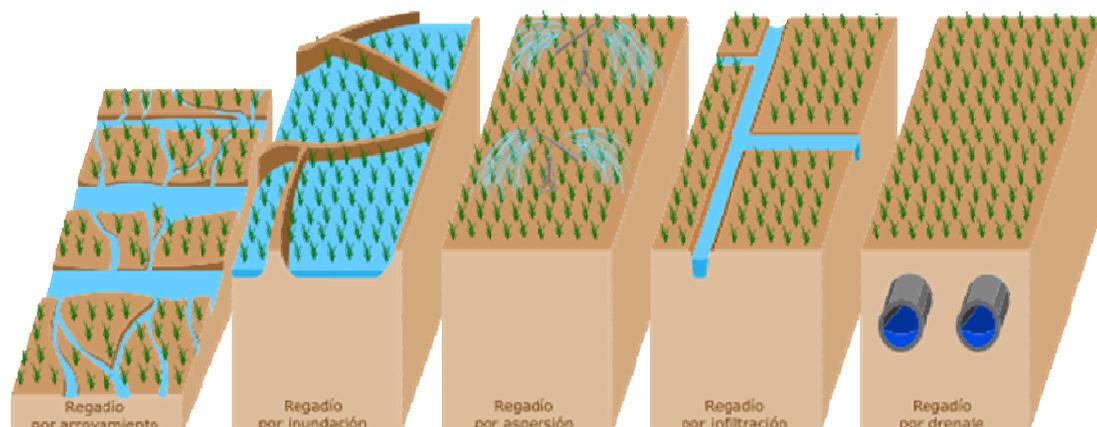


Figura 1.4 Métodos de riego.

1.2.6.1 POR ARROYAMIENTO O SURCOS.

Se conoce como sistema de riego por arroyamiento o surco; a las hendiduras o franjas alargadas que se hace en la tierra es de ahí donde proviene la frase riego por surcos, las franjas se realizan en la tierra con el objetivo de dar paso al agua por debajo de la superficie de cultivo y a través del surco.³ En nuestro país es el método más utilizado por los campesinos de la serranía, papas, maíz, frejol son algunos de los productos que se cultivan de esta forma.

Para poder retener el agua el tiempo que el agricultor considere necesario se realiza una pequeña pared de tierra en los dos extremos del surco para evitar que el agua se salga; una de las ventajas de este tipo de riego, es que el costo de inversión es mínimo y puede ser realizada por el propio agricultor.

1.2.6.2 POR INUNDACION O SUMERCION.

El riego por inundación o aspersion consiste en mantener cubierto a un terreno o a una porción de tierra, con cierta cantidad de agua, con el fin de que el agua penetre en el suelo, una de las grandes desventajas que posee este sistema de riego es el desperdicio de agua.

La inundación puede ser temporal o permanente si dura todo el periodo de cultivo como se lo realiza con el cultivo del arroz.

1.2.6.3 POR ASPERCION.

El riego por aspersion se aplica en forma de lluvia producida mediante el paso del agua a presión a través de tuberías, de las que sale por pequeños orificios llamados aspersores. Una de las ventajas de este sistema es que permite el riego en lugares cuya extensión o topografía dificulta el riego de los sembríos.

La desventaja es que requiere de una inversión alta pues se necesita de bombas para producir presión, otros elementos como válvulas, filtros y cañería requieren de mantenimiento constante encareciendo su uso.

El uso de válvulas eléctricas hace posible alcanzar altos niveles de automatización con este método. Es utilizado en el riego de pastizales y cultivo de cereales como la avena.

1.2.6.4 RIEGO POR GOTEO O LOCALIZADO.

El riego por goteo también conocido como riego gota a gota; es un método de riego que permite utilizar el agua y abonos, prácticamente este sistema de irrigación (riego de un terreno); consiste en proporcionar agua justo al pie de cada planta, en la zona de influencia de las raíces, el agua se infiltra hacia las raíces por medio de un sistema de válvulas, tuberías y emisores.

³<http://es.wikipedia.org/wiki/Riego>

Entre las principales ventajas del riego por goteo se pueden mencionar las siguientes:

- Reducción de la evaporación del suelo.
- Disminución considerable del uso del agua.
- Existe la posibilidad de automatizar el sistema de riego.
- Mejor control de la dosis de aplicación.
- Fácil adaptación en terrenos rocosos y con pendientes.
- Aporte controlado de nutrientes.
- Permite el uso de aguas residuales ya que evita que se dispersen. gotas con posibles patógenos en el aire.

Sus principales desventajas son las siguientes:

- Costo elevado.
- Sensibilidad a la luz solar.
- Hay posibilidades de obstrucción si el agua no se filtra apropiadamente. y si el equipamiento no se mantiene de manera adecuada.
- Requiere un estudio cuidadoso de los principales factores como topografía del terreno, suelo, agua, condiciones de cultivo y agroclimáticas, entre otros.

Este sistema permite que las plantas reciban el agua suficiente para que se desarrollen de manera óptima. Ha sido uno de los grandes avances en la agricultura, debido a que permite la utilización controlada del agua, sin desperdiciarla.

Para implementar este sistema se requieren de tuberías y accesorios para conducir el agua desde el tanque de almacenamiento hacia el lugar de cultivo.

Entre los principales tenemos:

- Bomba eléctrica o motobomba con motor de combustión interna para transportar y aumentar la presión del agua.
- Tubos, acoples, codos, etc. Distribuyen el agua hacia el área cultivada. Generalmente de PVC o polietileno debido a su flexibilidad.
- Filtros para eliminar impurezas que puedan obstruir la cañería.
- Válvulas de paso eléctricas o manuales.
- Aspersores o goteros. Distribuyen el agua a cada planta o sección de terreno.

La selección de estos elementos se realiza en función del caudal y presión que requiere el cultivo. Un esquema simplificado de riego por goteo se realiza como indica la figura.

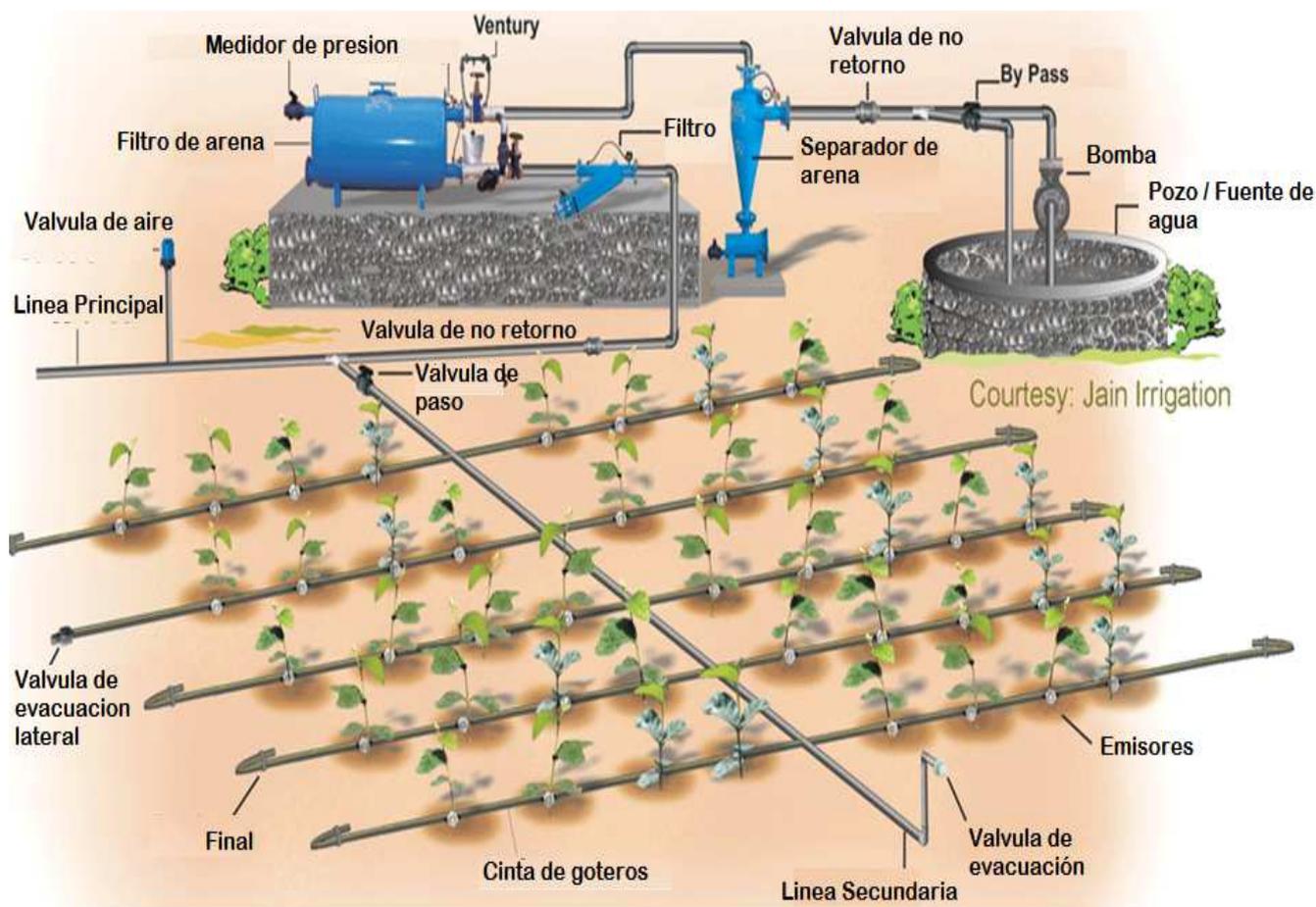


Figura 1.5 Sistema de riego tecnificado por goteo⁴.

De la figura notamos como el riego en el terreno se realiza por sectores abastecidos por líneas secundarias que conectan a alguna línea primaria. El control del riego en estas zonas se realiza utilizando válvulas de paso a las cuales se las puede automatizar.

1.2.6.5 MAGNITUDES FÍSICAS PARA ACCESORIOS DE RIEGO

Todos los elementos y accesorios de riego se definen y clasifican de acuerdo a estas magnitudes físicas. Por lo que es necesario comprender sus principios y unidades.

1.2.6.5.1 CAUDAL.

Es la cantidad de fluido o líquido (en nuestro caso agua) que pasa por determinado elemento en alguna unidad de tiempo.

⁴ <http://www.jaindrip.com/>

Se define también como el volumen de agua que pasa por una sección de área dada por unidad de tiempo.

El caudal se suele expresar en $m^3/hora$ en el sistema internacional de unidades. Otra unidad utilizada comúnmente son los *litros/segundo*.

Para una sección de tubería dada el caudal se incrementa aumentando la velocidad del fluido a través de la misma.

1.2.6.5.2 PRESIÓN.

Es una fuerza aplicada a una superficie o distribuida sobre ella. Cuando una bomba impulsa agua al interior de una tubería esta circula confinada por sus paredes ejerciendo presión sobre ellas.

En la tubería de un sistema de riego se presentan 2 tipos de presión:

La presión estática que corresponde a la presión que una cantidad de líquido ejerce sobre el recipiente que la contiene según la altura del recipiente y su peso específico (para el agua equivale a 1).

La presión dinámica es aquella generado por una bomba sobre una superficie perpendicular a la dirección del movimiento del fluido.

La suma de estas dos presiones es la presión total que se encuentra en una tubería en funcionamiento. Por ejemplo al cerrar un llave de paso en una tubería funcionando la fuerza que se opone a este cierre es la presión total.

La presión entregada por una bomba o un compresor se puede expresar de varias formas. En riego usualmente se expresa en metros de columna de agua o m.w.c por las siglas en inglés.

1.3 TRANSDUCTORES.

Básicamente un transductor es un dispositivo cuya función es recibir un cierto tipo de energía en la entrada y tener la capacidad de transformarla o convertirla a otro tipo de energía en la salida. Se clasifican en:

- Sensores, cuando determinan la magnitud de alguna variable física o química y la transforma por lo general en variable eléctrica.
- Actuadores, cuando utiliza la energía para realizar un trabajo.

Por ejemplo un micrófono que transforma las ondas acústicas de la voz en señales eléctricas es un sensor. Un motor que utiliza electricidad para mover una banda transportadora puede ser considerado como un actuador.

1.3.1 SENSORES DE HUMEDAD.

Un sensor de humedad es un dispositivo que entrega una magnitud de salida por lo general eléctrica proporcional a la cantidad de agua presente algún medio sólido o gaseoso.

Existen varios tipos de sensores que determinan la humedad en el ambiente o en la tierra, utilizan las propiedades físicas de algunos elementos para su funcionamiento. Por lo que se los puede clasificar en⁵:

<i>Mecánicos</i>	<i>Aprovechan el cambio de dimensiones de algunos materiales en presencia de humedad.</i>
<i>Por conductividad</i>	<i>La presencia de agua en un ambiente permite que a través de unas rejillas de oro circule una corriente. Ya que el agua es buena conductora de corriente. Según la medida de corriente se deduce el valor de la humedad.</i>
<i>Capacitivos</i>	<i>Se basan en el cambio de capacidad de un condensador en presencia de humedad.</i>
<i>Infrarrojos</i>	<i>Disponen de 2 fuentes infrarrojas que lo que hacen es absorber parte de la radiación que contiene el vapor de agua y cuantificarla.</i>
<i>Resistivos</i>	<i>Utilizan la conductividad de la tierra, cuanto más agua hay en la muestra más alta es la conductividad y viceversa.</i>
<i>Basados en sales higroscópicas</i>	<i>Deducen el valor de la humedad en el ambiente a partir de una molécula cristalina que tiene mucha afinidad con la absorción de agua.</i>

1.1.1 SENSOR WATERMARK 200SS-V.

Este sensor fabricado por IRROMETER es un dispositivo electrónico de estado sólido sensible a la resistencia eléctrica de la tierra. Consiste en un par de electrodos altamente resistentes a la corrosión que están dentro de una matriz granular de material higroscópico. Presenta una salida de voltaje proporcional a la tensión del agua en la tierra.

⁵ http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_de_humedad



Figura 1.6 Sensor Watermark 200 SS-V⁶

1.3.1.1 CARACTERISTICAS TECNICAS.

Los sensores de humedad Watermark 200SSV pueden utilizarse en todos los cultivos y métodos de riego, posee varias características, de las cuales consideramos las siguientes como características principales⁶.

- Se adaptan a casi todos los suelos que normalmente se cultivan, hasta los más arcillosos.
- Pueden reflejar tensiones comprendidas entre 0 y 255 centibares.
- No requieren mantenimiento y pueden dejarse en el suelo durante temporadas enteras ya que tampoco son sensibles al frío.
- No precisan de calibración ni ajuste.
- Construcción robusta en acero inoxidable y plásticos especiales para una larga duración sin problemas.
- Recomendados en los cultivos de larga duración, plantaciones de árboles frutales y similares.
- Bajo costo, fácil instalación y utilización.
- No se disuelve en el suelo.
- Compatible con muchos dispositivos de lectura de voltaje.

1.3.1.2 ESPECIFICACIONES.

Materiales.

Posee un adaptador electrónico se encuentra dentro de un tubo PVC de 1/2 pulgada de diámetro premontado en el Sensor que tiene tapas de plástico ABS con cuerpo de acero inoxidable sobre un tejido hidrófilo cubierto matriz granular.

Dimensiones.

- **Diámetro:** 0.875 pulg (22 mm).

⁶ <http://www.irrometer.com/pdf/sensors/405%20%20VoltOutput%20%20Web5.pdf>

- **Longitud:** 7,25 pulgadas (18,5 cm).
- **Peso:** 0.4 lb. (181 g).
- **Cables de alambre:** 10 pies (3 m), 3 conductores AWG 22 cable directamente enterrado.

Características eléctricas.

3.2 - 30 voltios de corriente continua para alimentación con 1,5 mA de entrada y protección de polaridad inversa.

0 - 3 voltios de salida lineal / 0-239 cb (kPa) = 0 a 2,8 voltios lineales. 2,9 voltios = código de error congelado y 3,0 V = código de falla por circuito abierto.

Un Centibar de tensión en la tierra equivale a 0.117155 voltios de corriente continua en la salida del sensor. Su función de transferencia está indicada en la siguiente figura.

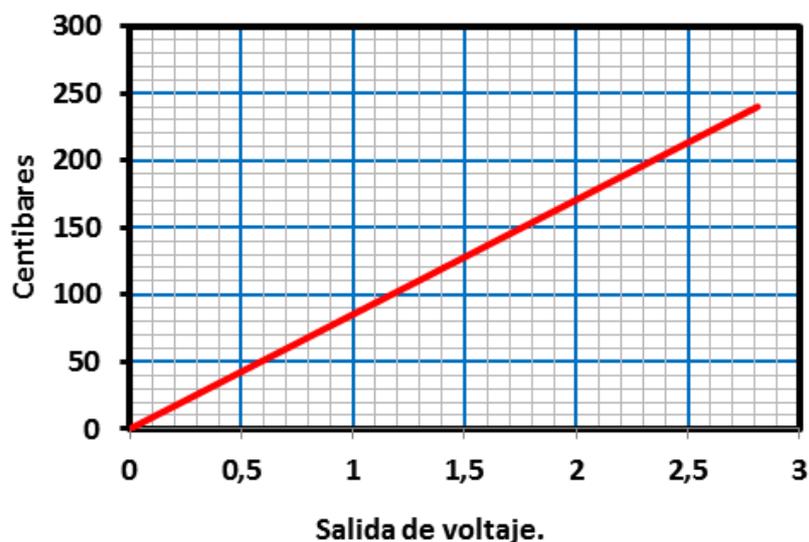


Figura 1.7 Función de transferencia del sensor 20SS-V

- Las lecturas de humedad del suelo serán automáticamente compensadas para efectos de la temperatura.
- Cuando es energizado, la lectura será suministrada dentro de 500 ms.
- Si se deja que se suministrar automáticamente la energía, una nueva lectura será proporcionada a cada segundo.
- Una vez que se retira la alimentación, se requiere un tiempo mínimo de espera de 30 segundos para volver a utilizar dicha aplicación del sensor.

1.3.1.3 INSTALACION Y LECTURA.

Para una correcta instalación del sensor se sugiere las siguientes recomendaciones.

- Sumergir los sensores para saturarlos y luego ponerlos a secar; repetir esta operación varias veces. Este proceso se lo realiza para obtener una rápida respuesta en suelos que presentan humedades cambiantes.
- Cavar un agujero hasta una profundidad deseada, e introducir el sensor.
- Unas ves asegurado el sensor, se introduce agua y tierra para rellenar el agujero.
- Si se desea se puede dejar el sensor, colocando un tubo PVC en donde ira adherido el sensor y sujetado por sus respectivos cables; es más que todo facilita la desinstalación del riego.
- Una vez retirados, los sensores se deben lavar y dejarlos secar para su buena conservación. Durante el tiempo en el cual no serán utilizados es recomendable colocarlos en una bolsa de plástico.

1.3.2 ACTUADORES.

Un actuador es un dispositivo que transforma la energía hidráulica, neumática o eléctrica en activación de un proceso con el objetivo de generar un efecto en ese proceso; es decir la función de un actuador consiste en proporcionar la fuerza necesaria para mover o provocar un efecto sobre un dispositivo mecánico.

1.3.2.1 ELECTROVALVULAS.

Una electroválvula es un dispositivo que a su vez es considerado como una válvula electromagnética debida a que está controlado por una corriente eléctrica mediante una bobina o solenoide. La función principal de electroválvula es controlar el flujo de un fluido a través de un conducto el cual puede ser una tubería o cañería.

- **PARTES.**

Dependiendo del uso que se le va a dar los componentes de las electroválvulas varían. Así para aplicaciones industriales o hidráulicas de alta presión poseen conductos metálicos con empaques de teflón contra fugas.

Para válvulas dedicadas a riego agrícola el material utilizado es plástico PVC o poliamida. En válvulas generales de diámetros no mayores a 1 1/2" los componentes más usuales son:

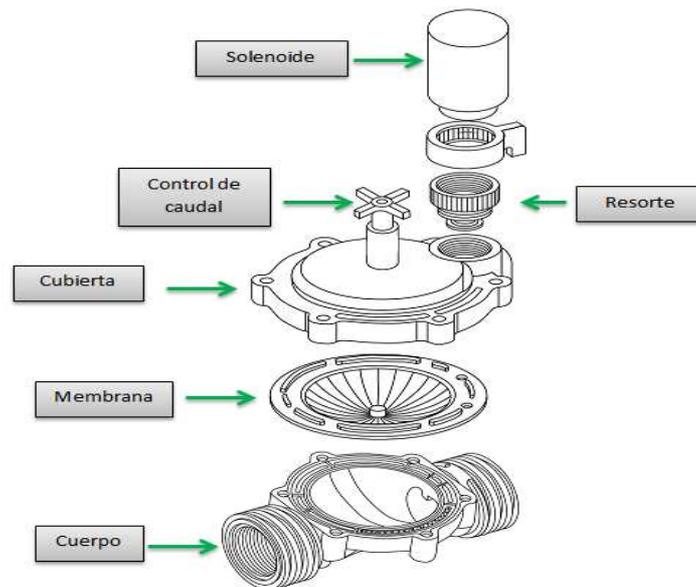


Figura 1.8 Partes de una electroválvula⁷.

- **FUNCIONAMIENTO.**

Normalmente la electroválvula está cerrada debido a la acción de un resorte conocido como muelle, para poder abrir la electroválvula el solenoide debe sobrepasar la fuerza del resorte, cumplida esta condición la electroválvula se abre, mientras el solenoide está activado y consumiendo energía. Existen varios tipos de electroválvulas para diferentes aplicaciones; por tal motivo su función va a depender de su aplicación; existen electroválvulas que solamente usan la bobina para abrir y activar la electroválvula o bien un solenoide para cada función específica es decir uno para abrirla y otro para cerrarla. Existen otros tipos de válvulas donde el solenoide no influye o no controla directamente a la válvula.

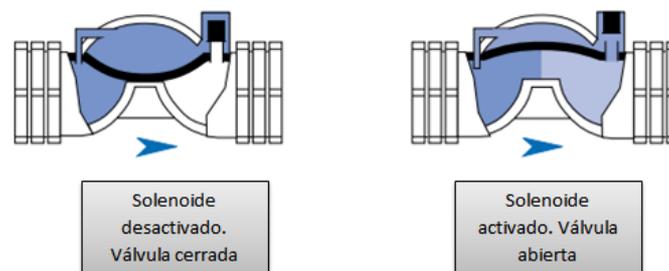


Figura 1.9 Funcionamiento de una electroválvula.

⁷ <http://www.dorot.com/files/3353b345808f8c86c89264218ec65324.pdf>

1.3.2.2 CONTACTORES.

Los contactores son dispositivos cuya función principal es establecer o interrumpir el flujo de la corriente en un circuito, puede ser activado de cualquier forma menos manual. A este tipo de funcionamiento de establecer e interrumpir el fluido eléctrico se le conoce comúnmente como “todo o nada”.

“Las energías utilizadas para accionar un contactor pueden ser muy diversas: mecánicas, magnéticas, neumáticas, entre otras.”⁸

Un contactor está formado por las siguientes partes:

- **Carcaza:** Elemento donde se fijan todos los componentes conductores del contactor.
- **Electroimán:** El electroimán es el motor del conductor, y a su vez está formado por los siguientes elementos cuya finalidad es transformar la energía eléctrica en un campo magnético.
 1. **Bobina:** Produce un campo magnético.
 2. **Núcleo:** Concentra y aumenta el flujo magnético.
- **Armadura:** Elemento móvil cuya función principal es cerrar el circuito magnético.
- **Contactos:** Son los elementos encargados de permitir o interrumpir el paso de la corriente y se activan cuando la bobina se energiza o se desenergiza.

- **FUNCIONAMIENTO DE UN CONTACTOR.**

Para una mejor explicación del funcionamiento de un contactor, tomaremos como referencia a los contactores que son utilizados en la industria y que son accionados mediante la energía magnética proporcionada por una bobina.

⁸ <http://www.profesormolina.com.ar/electromec/contactor.htm>

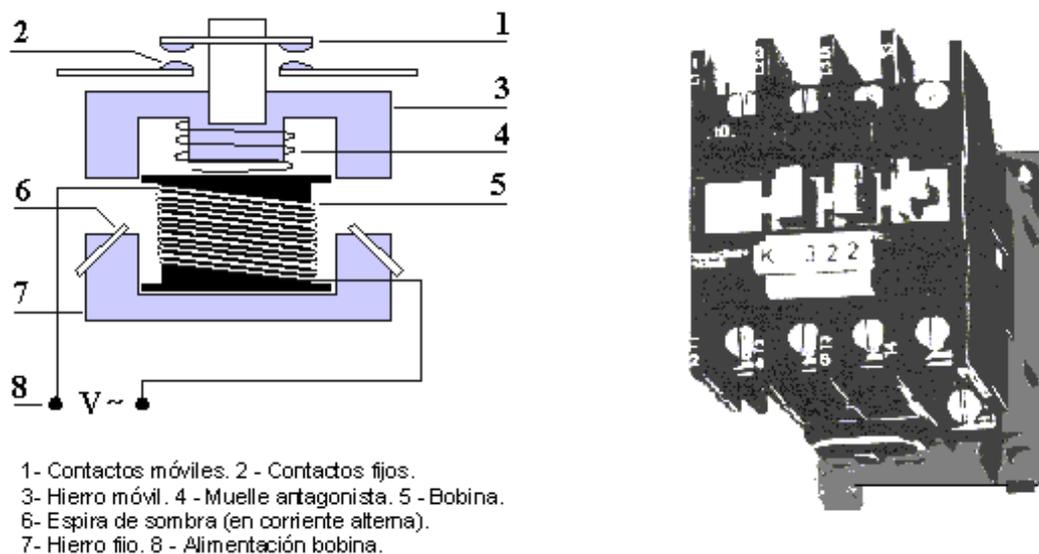


Figura 1.10 Contactor industrial.

1.4 MICROCONTROLADORES.

1.4.1 INTRODUCCION.

Puede pasar desapercibido, pero si ponemos atención los microcontroladores están presentes en todas las actividades de nuestra vida cotidiana, en el trabajo, en el hogar, en el transporte hay microcontroladores aportando al funcionamiento de aparatos; en cualquier aplicación que pueda ser controlada electrónicamente se encuentran microcontroladores.

El amplio uso de estos dispositivos se debe a que son sencillos, baratos y rápidos. Los programas para su funcionamiento se pueden escribir y borrar muchas veces, existe abundante documentación y las herramientas para programarlos son igual de accesibles.

La diferencia con un microprocesador es que este es un sistema abierto con el cual es posible construir una unidad de procesamiento acoplado los módulos necesarios (memorias, periféricos, etc.). En cambio un microcontrolador es un sistema cerrado es decir un computador completo, hay pocas cosas que se le pueden modificar y sus prestaciones están limitadas a lo que contiene. Pero esto en vez de ser una desventaja es algo favorable pues existe gran variedad de dispositivos que permiten una versatilidad para construir aplicaciones tan básicas como las contenidas en un electrodoméstico hasta las complejas que se puedan encontrar en un sistema de frenos ABS.

1.4.2 DEFINICION.

Básicamente un microcontrolador es un circuito integrado en cuyo interior se encuentran las tres principales unidades funcionales de una computadora que son:

- Unidad central de procesos (CPU).
- Memoria RAM y memoria ROM.
- Periféricos de entrada y salida.

Al microcontrolador se lo puede programar o está programado para ejecutar un cierto tipo de órdenes que están almacenadas en su memoria.

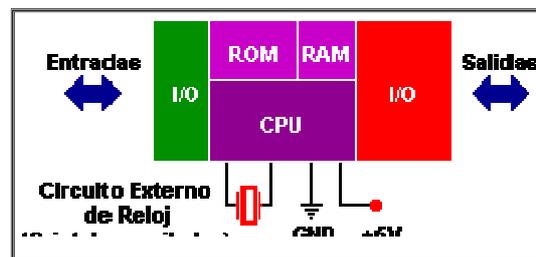


Figura 1.11 Componentes de un microcontrolador.

Igual que un computador requiere de una fuente de alimentación y una fuente de oscilación o impulsos de reloj.

1.4.3 MICROCONTROLADORES PIC DE MICROCHIP.

Existen varias empresas dedicadas a la fabricación de microcontroladores entre las que destacan Intel, Motorola, Texas Instrument, Microchip, Atmel, entre otras. De las cuales la familia PIC de la estadounidense Microchip es muy popular entre los diseñadores por su rendimiento y bajo costo.

Presentan también una amplia variedad de herramientas de programación en lenguajes de alto nivel como C++, Basic y las opciones que presenta para la grabación del PIC son de fácil acceso y sencillas de usar.

Una de las características que lo vuelve popular es que tiene memorias separadas para el programa y para los datos reduciendo el tiempo requerido para acceder a estas. A esta manera se la conoce *como arquitectura Harvard*.

El programa o instrucciones que maneja el PIC son del tipo RISC (computadores con conjunto de instrucciones reducido).

De acuerdo a la capacidad de la memoria de programa, prestaciones y recursos auxiliares los PICS se clasifican en gamas. Diferenciadas por la nomenclatura que utilizan.

- La memoria de programa puede llegar a los 8k palabras de 14 bits y están organizadas en páginas de 2k palabras cada una.
- La memoria de datos está formado por registros de 8 bits y está organizada en bancos de 120 registros cada uno con un máximo de cuatro bancos.

1.4.4.1 MEMORIAS.

Cuando se graba las instrucciones en un PIC se espera que esta se ejecute regularmente por lo que se la almacena en memoria no volátil ROM con sus variantes EEPROM, FLASH, etc. Dependiendo del dispositivo.

La memoria que el procesador del pic utiliza para realizar las operaciones lógicas se guardan en memoria RAM o SRAM aunque hay dispositivos que utilizan memoria EEPROM para almacenar los datos y recupéralos en casos de falla de energía.

1.4.4.2 LINEAS DE ENTRADA SALIDA PARA PERIFERICOS.

Las líneas de entrada y salida dedicadas al manejo de periféricos que manejan información en paralelo se agrupan de a 8 y reciben el nombre de puertos, el número de puertos que posee un PIC varía de acuerdo al dispositivo seleccionado.

Dentro de la gama media existen dispositivos que manejan información en serie para comunicación con otros dispositivos con protocolo I^2C . Muchos también poseen la capacidad de comunicarse con computadores utilizando los protocolos: *USART*, *USB* o *SPI*.

1.4.4.3 RECURSOS AUXILIARES.

Son complementos que incorpora el dispositivo para flexibilizar el uso de los PICs y que responden a necesidades que se presentan bajo determinadas condiciones de operación entre las que tenemos por ejemplo:

- Circuito interno de reloj. Genera las oscilaciones necesarias sin la necesidad de conectar elementos externos.
- Perro guardián (watch dog) que cuando el programa presenta funcionamiento erróneo provoca una re inicialización del PIC.
- Temporizadores. Son instrumentos dedicados al manejo del tiempo o a la cuenta de eventos externos.
- Conversores A/D que pueden manejar señales analógicas.
- Comparadores analógicos que verifican el valor de una señal analógica.
- Sistema de protección ante fallas de alimentación.
- Modo de bajo consumo cuando no está siendo utilizado.
- Módulo de modulación de ancho de pulso.

1.5 DISPLAY LCD.

Un LCD (Display de cristal líquido), es una pantalla delgada y plana que está formada por un número de píxeles en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora. A menudo se utiliza en dispositivos electrónicos de pilas, ya que utiliza cantidades muy pequeñas de energía eléctrica.



Figura 1.13 Display LCD⁹.

El LCD dispone de una matriz de 5 X 8 puntos para la representación de cada carácter. En total se pueden representar 256 caracteres los cuales están distribuidos de la siguiente forma:

- 240 caracteres están almacenados en el LCD y representan; números, letras mayúsculas, letras minúsculas, números, signos de puntuación entre otros.
- 8 caracteres pueden ser definidos por el usuario.

Para dar una mejor explicación se muestra en el gráfico como es la representación de un carácter en la matriz.

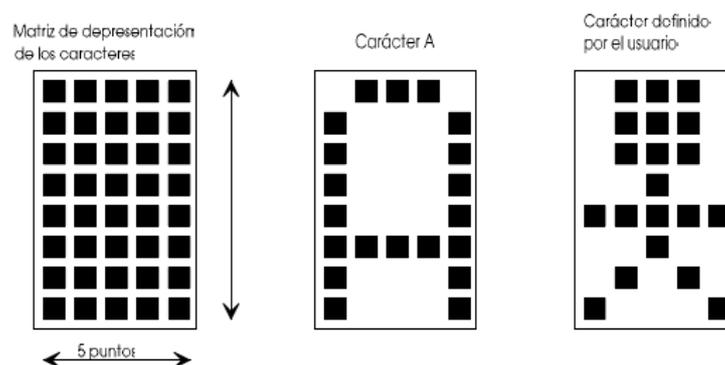


Figura 1.14 Caracteres del LCD.

⁹

Para mostrar un carácter en el LCD es necesario ingresar el código ASCII del carácter por los pines de conexión.

1.1.2 CONEXIONES.

Por lo general la conexión se la realiza a través de un conector de 14 o 16 pines. En la tabla se describen los pines de un LCD de 16 pines de los cuales 8 son para la línea de datos, 3 para la línea de control y los 2 sobrantes para la alimentación.

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

Tabla 1.2 Distribución de pines del LCD

Esta distribución es la de un LCD que utiliza el procesador Hitachi HD44780 que es el más utilizado. El bus de datos se lo puede configurar para que operen de dos maneras diferentes en modo de 8 bits o en modo de 4 bits.

1.6 TECLADO MATRICIAL.

Básicamente un teclado matricial se trata de un arreglo de botones los cuales están conectados en filas y en columnas. Un teclado matricial de 4X3 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y 3 líneas para las columnas, de esta manera se pueden leer 12 teclas utilizando solamente 7 líneas de un microcontrolador.

La figura representa la matriz de un teclado de 4x3, 12 teclas configuradas en 3 columnas y 4 filas, si observamos minuciosamente la figura vemos que cuando ninguna tecla esta presionada no hay conexión entre las columnas y las filas pero si oprimimos una tecla va a ver conexión entre columna y fila.

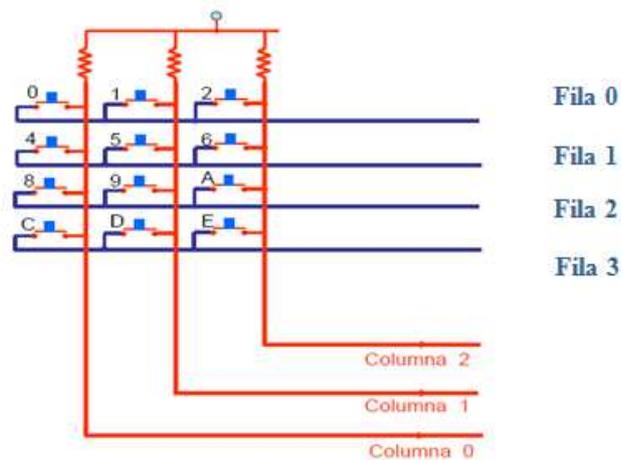


Figura 1.15 Teclado 3x4

1.6.1 FUNCIONAMIENTO.

El teclado por sí solo no realiza otra función que no sea activar un pulsador, es el microprocesador o Pic que lo va a utilizar el que debe ejecutar las operaciones necesarias para asignar un valor numérico a determinada tecla presionada.

En general un procesador al que se le ha conectado un teclado primero chequea si todas las teclas se mantienen no presionadas. En caso de tener una tecla presionada rastrea la fila y la columna en la que se encuentra dicha tecla y le asigna un valor en código binario.

Obtenido el código de la tecla presionada es el programador el que decide qué carácter alfanumérico se le asigna a dicho código.

En caso de que dos teclas hayan sido presionadas simultáneamente el PIC devuelve el código de la primera tecla presionada.

CAPITULO II. ELABORACION DEL HARDWARE Y SOFTWARE.

2.1 REQUERIMIENTOS DE AGUA DEL CULTIVO.

2.1.1 DIMENSIÓN DEL CULTIVO

Un sistema de riego bien diseñado tiene muchas ventajas sobre otros sistemas como eliminar la escorrentía y erosión superficial, mantener un nivel constante de humedad, hace eficiente el uso del agua, previene la maleza, permite el uso de fertilizantes con bajo desperdicio, etc.

Todas estas ventajas hacen que sea muy utilizado para cultivos de diferentes productos no solo en invernaderos, por ejemplo: frutilla que es cultivada al aire libre, tomate riñón, pimiento, frutales, etc. En las siguientes imágenes se observa como los implementos como mangueras y goteros se encuentran al aire libre.



Figura 2.1 Cultivo de frutilla utilizando riego por goteo a la intemperie.

Para la elaboración del presente proyecto se ha tomado como referencia las características del invernadero del Sr Marcelo Carvajal el cual se dedica al cultivo de babaco y tomate riñón principalmente. El mencionado invernadero se encuentra ubicado en la parroquia Yaruqui perteneciente al cantón Quito en la provincia de Pichincha.



Figura 2.2 Invernadero del Sr Marcelo Carvajal

Las dimensiones del invernadero son 35m x 51m distribuidos en: dos naves de cultivo con 36 filas o camas de 15 y 18 metros de longitud x 0.80m de ancho de donde se obtiene 432 y 518.4m² de superficie a regar en cada nave.

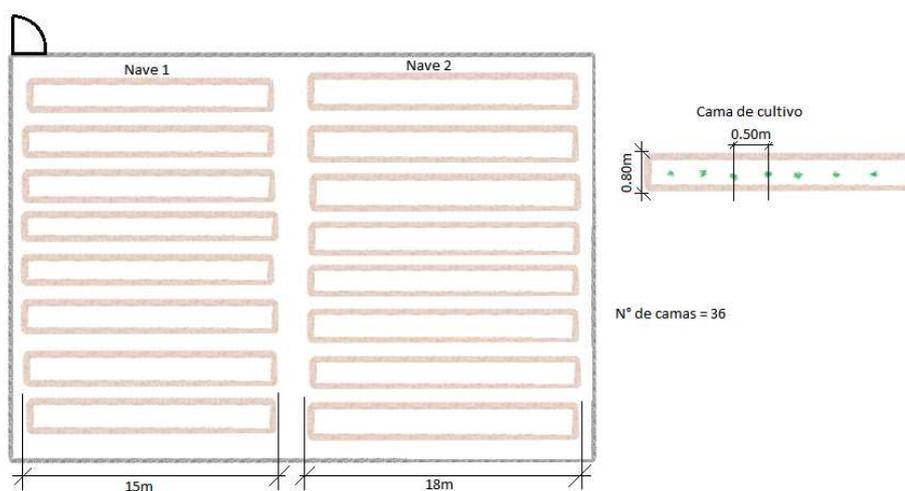


Figura 2.3 Dimensiones del cultivo.

2.1.2 DISPOSICIÓN DE MANGUERAS Y TUBERÍAS.

El invernadero posee un sistema de riego por goteo dispuesto que divide el invernadero en dos zonas de riego. Las cuales son abastecidas por línea principal o de impulsión con manguera de 2 pulgadas de diámetro que se conecta a través de un filtro y válvulas de paso a una bomba eléctrica de 2HPs de potencia y 20 metros columna de agua.



Figura 2.4 Línea de impulsión y línea secundaria

2 líneas secundarias de manguera de 1 pulgada con un extremo conectado a la línea principal y el otro extremo taponado. A esta línea se conectan las mangueras con goteros que son las que distribuyen el agua al suelo. Entre la conexión de la línea de impulsión y la línea secundaria se encuentran ubicadas válvulas de paso que cierran o abren el paso del agua por la línea secundaria de acuerdo a las necesidades de riego de la zona. A este tipo de válvulas se las puede controlar con el proyecto planteado.

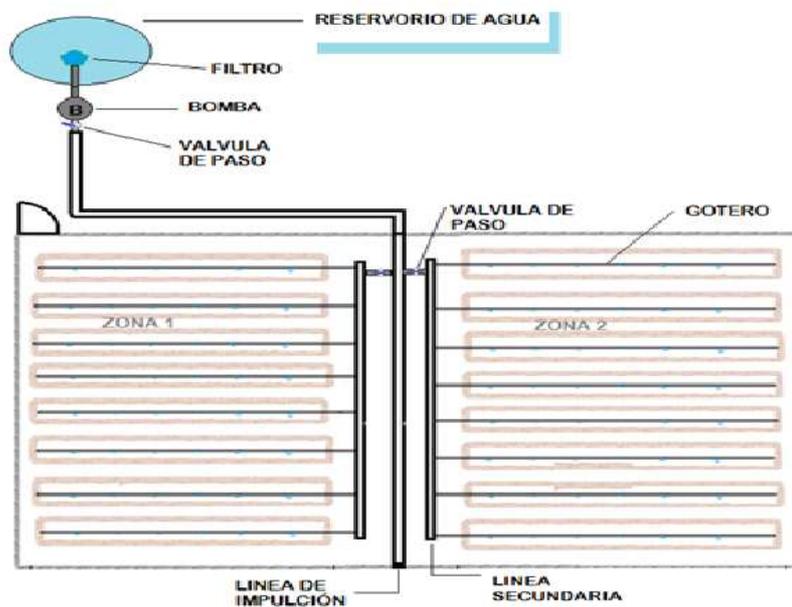


Figura 2.5 Disposición del sistema de riego.

2.1.3 CAUDAL DE AGUA REQUERIDO.

La cantidad que una planta absorbe del suelo depende del estado de desarrollo o tamaño, la capacidad de campo y punto de marchitez permanente del suelo en el que se encuentra el cultivo así como de las condiciones ambientales del invernadero si es el caso.

El estudio y la experiencia de las personas dedicadas a la agricultura han determinado tablas y datos referenciales para la aplicación del riego así uno de los datos más utilizados es el consumo medio de agua por día dependiendo de la etapa o semana de desarrollo de la planta.

Para nuestro caso estimaremos el caudal requerido para un cultivo con las plantas completamente desarrolladas y en producción, es decir la etapa en la que más agua consume el cultivo que equivale a $3.02 \text{ litros}/\text{m}^2$ por día¹⁰.

Expresando esta cantidad en metros cúbicos tenemos: 0.0030 metros cúbicos de agua requerida por unidad de superficie cultivada.

Entonces para el caudal necesario para las zonas 1 o 2 tenemos:

$3.02 \text{ litros}/\text{m}^2$ por 518.4m^2 (zona 2) = 1565.5 litros de agua por día requeridos.

Expresando este caudal metros cúbicos se tiene $1.65\text{m}^3/\text{día}$.

2.2 SELECCIÓN DE LAS VALVULAS.

Con el caudal de agua de agua y la presión determinadas anteriormente acudimos a las tablas que los fabricantes de electroválvulas ofrecen para la selección de diámetros de las mismas. Donde la intersección de las líneas trazadas sobre los valores de presión y caudal indican el modelo recomendado.

La válvula seleccionada deberá ser capaz de suministrar el caudal requerido y soportar la presión que ejerce la bomba, de la gráfica siguiente se distingue el modelo 75-3/4—E/D2

¹⁰ <http://www.agromatica.es/wp-content/uploads/2012/06/consumo-de-agua-medio-tomate.jpg>.

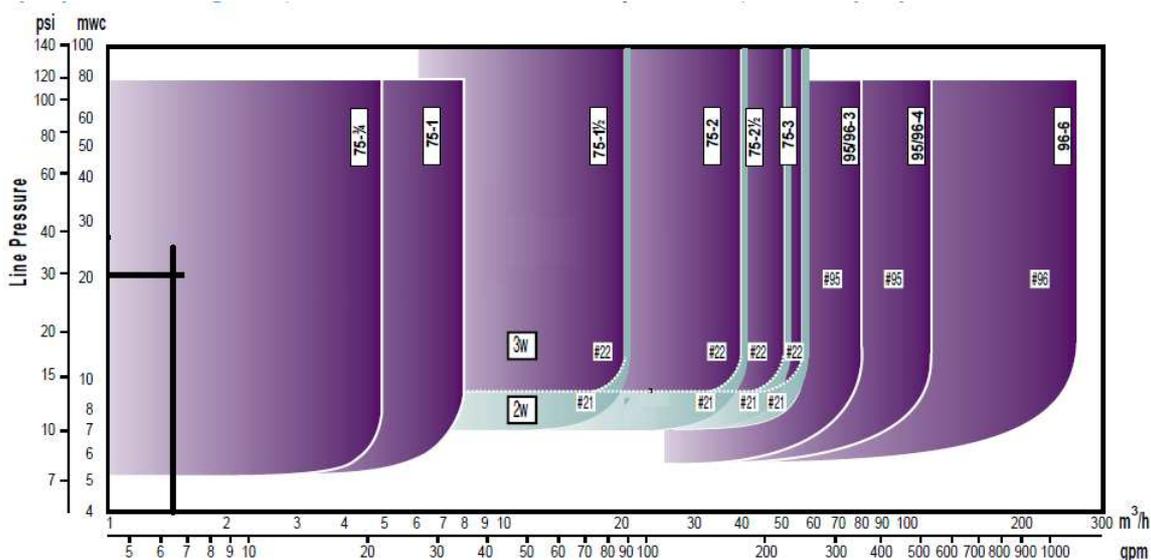


Figura 2.6 Guía para selección de modelos de electroválvulas.

Seleccionamos el modelo DOROT 75-1—E/D2 cuyo diámetro de los acoples es de 1" que es también el diámetro de la línea secundaria de la tubería. Además que resulta la más común disponible en los almacenes locales por su precio y facilidad de instalación.

La electroválvula seleccionada la podemos apreciar en la siguiente figura, notese que posee un elemento similar a una llave que permite la opción adicional de controlar el flujo del agua que circula por la tubería.



Figura 2.7 Electroválvula Dorot modelo 75-1—E/D2

Las especificaciones publicadas por el fabricante para este modelo son los siguientes:

Materiales		Solenoide	
Válvula			
Cuerpo	Poliamida reforzada con vidrio 30%	Bobina	Acero c. poliéster
Tapa	Poliamida reforzada con vidrio 30%	Imán	SST 302(acero inoxidable)
Diafragma	Hule natural	Junta	Buna N o NR
Resorte	SST 302 (acero inoxidable)		
Asiento del resorte	Poliamida		
Tuercas tornillos	/ SST 304(acero recubierto)		

Datos eléctricos

Solenoide de 3W

Voltaje 24 VAC 50/60 Hz

Corriente de entrada 300 mA

Corriente de retención 150mA

Tabla 2.1 Especificaciones de la electroválvula.

2.3 SELECCIÓN DEL ELEMENTO DE CONTROL PARA LAS ELECTROVALVULAS

2.3.1 EL TRIAC.

El dispositivo electrónico que controle las electroválvulas debe ser capaz de trabajar en corriente alterna, razón por la cual el triac resulta muy conveniente.

El triac (Triode for Alternative Current) es un dispositivo de 6 capas de material semiconductor y tres terminales: dos ánodos o terminales principales T_1 y T_2 a través de los cuales circula la corriente y una compuerta G que controla el paso del estado de apagado al estado de encendido.

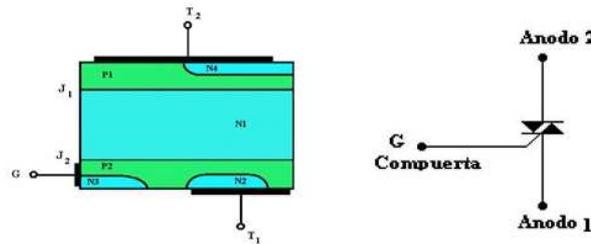


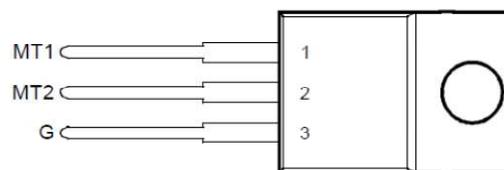
Figura 2.8 Símbolo y estructura del triac.

De las características eléctricas de la electroválvula seleccionada los valores de la corriente de entrada y de retención además del voltaje nominal que presentan la bobina son los parámetros para los cuales el triac debe soportar sin esfuerzo. Se eligió el triac TIC206M que presenta las siguientes características:

Corriente máxima entre ánodos	I_{RMS}	4 A
Voltaje pico inverso	V_{DRM}	600 V
Corriente de compuerta	I_{GT}	5 mA
Voltaje de compuerta	V_{GTM}	0.7V
Temperatura de operación	-	-40°C a 110°C

Tabla 2.2 Características del triac TIC 206M

El valor nominal de corriente más alto que se presenta en la bobina es el de la corriente de entrada que como se nota en la tabla es muy inferior a la corriente máxima admitida por el triac. Igualmente el voltaje con el que opera la bobina es inferior al voltaje máximo de operación lo que implica que el dispositivo será capaz de controlar el funcionamiento de las electroválvulas sin mayor exigencia para el triac.



Pin 2 is in electrical contact with the mounting base.

Figura 2.9 Distribución de pines del TIC 206M.

2.3.1.1 FUNCIONAMIENTO.

El triac aunque posee 6 capas de material semiconductor funciona como un dispositivo de 4 capas, en el sentido T_2-T_1 conduce a través de $P_1N_1P_2N_2$ mientras que en el sentido T_1-T_2 lo hace por $P_2N_1P_1N_4$. El dispositivo entrara en conducción en cuanto exista una diferencia de potencial entre los ánodos y se aplique una

corriente de disparo I_g a la compuerta, una vez entrado en conducción la compuerta deja de controlar el funcionamiento del dispositivo y el triac se mantiene encendido hasta que la corriente entre los ánodos disminuya hasta una corriente de mantenimiento I_h esto se consigue disminuyendo el voltaje entre los ánodos¹¹.

2.3.1.2 METODOS DE DISPARO.

Se puede disparar un triac utilizando corriente continua de una fuente auxiliar o directamente a través de la corriente alterna aplicada a los ánodos. En ambos casos es necesario utilizar una resistencia que limite la corriente en la compuerta.

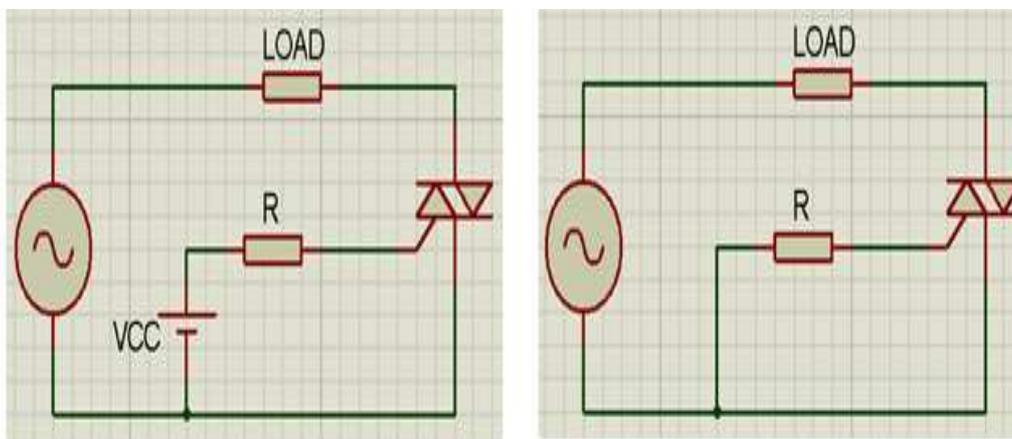


Figura 2.10 Métodos de disparo de un triac.

¹¹ Electrónica, teoría de circuitos, Boylestad Robert, Nashelsky Louis, Octava edición, Pearson, pág. 952

2.3.2 OPTOAISLADORES.

Como se ha escogido triacs para controlar las válvulas resulta inconveniente que el micro controlador maneje directamente estos dispositivos por lo que se requiere mantener eléctricamente separados estos dos dispositivos para lo que se escoge un optoaislador que simplemente se trata de un encapsulado que contiene un LED infrarrojo y un foto detector que puede ser un diodo de silicio, un transistor Darlington o un SCR o triac, se presenta una cubierta transparente de aislamiento entre cada conjunto de elementos incrustados en la estructura(no visible) para permitir el paso de la luz².

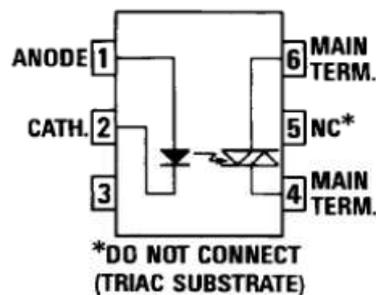


Figura 2.11 Pines del optoaislador MOC 3021.

Se utilizara el optoaislador MOC3021 que posee un optotriac como detector y presenta las siguientes características.

<i>Emisor</i>			
Corriente máxima del led	I_F		50mA
Voltaje típico del led	V_{Typ}		1.2V
Voltaje inverso del led	V_F		3V
<i>Detector</i>			
Voltaje de aislamiento	V_{iso}		400V
Corriente en encendido	I_{RMS}		100mA

Tabla 2.3 Características del optoaislador MOC 3021.

El uso de este dispositivo simplifica el disparo del triac al permitir utilizar directamente el voltaje presente en sus ánodos utilizando una salida del microcontrolador para encender el LED del optoaislador. Se utilizara un puerto completo de salidas disponibles e independientes que permiten manejar hasta 8 posibles válvulas conectadas.

2.4 REQUERIMIENTOS DEL MICRO CONTROLADOR.

2.4.1 PERIFERICOS DE ENTRADA Y SALIDA.

Para que este proyecto sea fácil de utilizar por cualquier persona debe poseer periféricos de entrada y salida o presentación de datos, que permitan manejar las condiciones en las que se aplique o interrumpa el paso de agua por las válvulas.

Un teclado matricial de botones de 3 columnas por 4 filas será el encargado de introducir al micro controlador el tiempo a regar o las condición de humedad a alcanzar. Este teclado requiere de 7 líneas o pines de entrada para su conexión por lo que un puerto de micro controlador es necesario.

Para poder visualizar los valores ingresados con el teclado es necesario un dispositivo que además de presentar números presente caracteres que permitan desplegar mensajes indicando el proceso de riego. Un display de cristal líquido de 16 caracteres por 2 filas operado por el micro controlador Hitachi HD44780 es el escogido por su bajo precio y facilidad de programación.

Este display requiere de 6 pines o líneas para su conexión al pic para funcionar sin utilizar la función R/W o las entradas D0-D3. Los pines de alimentación y control de contraste no requieren conectarse al pic por lo que otro puerto es necesario.



Figura 2.12 Teclado y display utilizados.

Es importante también que el proyecto posea la opción de detener o reiniciar su funcionamiento en caso de operación inadecuada para esto se requiere una línea de entrada del micro controlador dedicada exclusivamente a esta función para lo cual se utilizara un pulsador normalmente abierto.

2.4.2 CONVERTOR ANALOGO - DIGITAL.

El transductor que convierta el valor de humedad presente en la tierra a un valor de voltaje que pueda ser leído por el micro controlador será el sensor Watermark

200 ss-v que requiere 2 pines para alimentación y un pin de salida analógica con un rango de voltaje entre 0 y 3 voltios, el micro controlador requiere una línea de entrada con un convertidor análogo digital para poder procesar la señal proveniente del sensor.

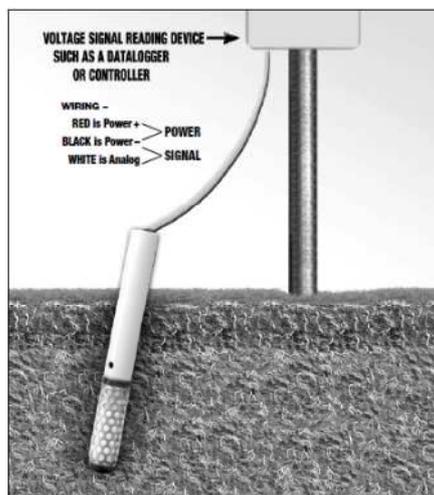


Figura 2.13 Terminales del sensor Watermark 200SS-V

2.4.3 SELECCIÓN DEL PIC 16F877A.

Resumiendo las necesidades de entradas y salidas que se requiere del microcontrolador se tiene.

<i>Teclado</i>	<i>7</i>	<i>entradas</i>
<i>Display</i>	<i>6</i>	<i>salidas</i>
<i>Reset</i>	<i>1</i>	<i>entrada</i>
<i>Sensor</i>	<i>1</i>	<i>entrada</i>
<i>Manejo de actuadores</i>	<i>8</i>	<i>Salidas</i>
<i>Total</i>	<i>23</i>	<i>E/S</i>

Tabla 2.4 Total de líneas de E/S requeridos.

Adicionalmente se requiere que el microcontrolador posea:

- Un timer o contador que permita el manejo del tiempo.
- función sleep que permita poner el micro controlador en bajo consumo cuando no es utilizado.
- Suficiente capacidad de memoria ROM para almacenar mensajes a desplegar
- Suficiente capacidad de memoria de datos para almacenar el programa.
- Protección contra lectura del código y memoria ROM.

2.4.3.1 CARACTERISTICAS.

Razones por las que se eligió el microcontrolador de gama media PIC 16F877A fabricado por MICROCHIP que presenta las siguientes características generales:

- Set de 35 instrucciones RISC de 14 bits en lenguaje ensamblador.
- Instrucciones de un ciclo de trabajo de duración excepto para instrucciones de salto (2 ciclos).
- 20 MHz de frecuencia máxima para el oscilador.
- 256 bytes de memoria EEPROM.
- 8 Kb de memoria de programa tipo FLASH.
- 368 bytes de memoria RAM para manejo de datos.

El PIC es de arquitectura Harvard en la cual la memoria de datos es independiente de la memoria de programa la cual se puede grabar y borrar 100.000 veces mientras que en la memoria EEPROM un millón de veces según la hoja de especificaciones del fabricante, pudiendo mantenerse almacenados por 40 años. Posee un WDT con oscilador propio y modo de bajo consumo. Rango de voltaje de operación de 2 a 5.5 voltios de corriente continua.

Posee también 4 opciones para el oscilador todas dependientes de resonadores y elementos externos, no posee oscilador interno como otros PIC.

<i>Modo</i>	<i>Descripción</i>	<i>Rango de frecuencia</i>
<i>RS</i>	<i>Red capacitor - resistor</i>	<i>0-32KHz</i>
<i>LP</i>	<i>Cristal de baja potencia</i>	<i>32KHz-200KHz</i>
<i>XT</i>	<i>Resonador de cristal</i>	<i>100KHz-4MHz</i>
<i>HS</i>	<i>Cristal de alta velocidad</i>	<i>8MHz-20MHz</i>

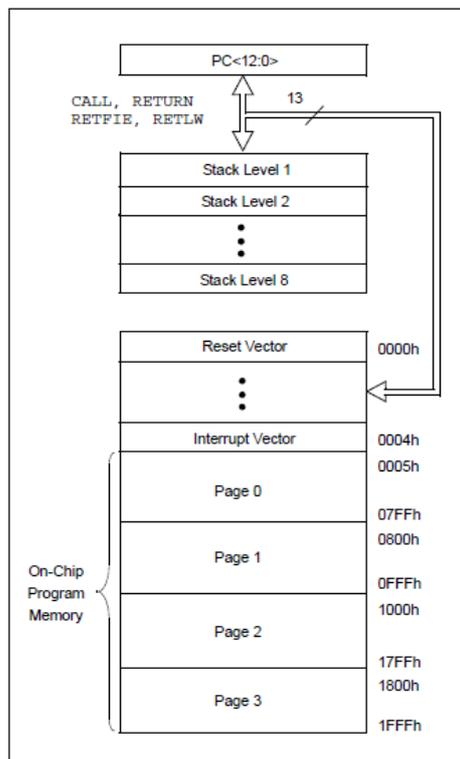
Tabla 2.5 Modos de oscilador del PIC 16F877A

2.4.3.2 ORGANIZACIÓN DE LAS MEMORIAS.

En la figura observamos cómo están organizados los 8Kb de la memoria en donde se guardan las instrucciones, *PC* es el contador de programa que guarda la

dirección de la última instrucción que se ejecutó, junto con los *stack level* el programador no tiene acceso a los mismos.

El *reset vector* es la dirección de la instrucción que se ejecuta después del encendido o Reset mientras que el *interrupt vector* es utilizado después de una interrupción.



En la memoria RAM dividida en cuatro bancos de 128 bytes cada uno es en donde se almacenan los registros de propósito general GPR y los registros de funciones especiales SFR. Para estos últimos la memoria es de tipo RAM estática.

PCL	02h	PCL	82h	PCL	102h	PCL	182h				
STATUS	03h	STATUS	83h	STATUS	103h	STATUS	183h				
FSR	04h	FSR	84h	FSR	104h	FSR	184h				
PORTA	05h	TRISA	85h		105h		185h				
PORTB	06h	TRISB	86h	PORTB	106h	TRISB	186h				
PORTC	07h	TRISC	87h		107h		187h				
PORTD ⁽¹⁾	08h	TRISD ⁽¹⁾	88h		108h		188h				
PORTE ⁽¹⁾	09h	TRISE ⁽¹⁾	89h		109h		189h				
PCLATH	0Ah	PCLATH	8Ah	PCLATH	10Ah	PCLATH	18Ah				
INTCON	0Bh	INTCON	8Bh	INTCON	10Bh	INTCON	18Bh				
PIR1	0Ch	PIE1	8Ch	EEDATA	10Ch	EECON1	18Ch				
PIR2	0Dh	PIE2	8Dh	EEADR	10Dh	EECON2	18Dh				
TMR1L	0Eh	PCON	8Eh	EEDATH	10Eh	Reserved ⁽²⁾	18Eh				
TMR1H	0Fh		8Fh	EEADRH	10Fh	Reserved ⁽²⁾	18Fh				
T1CON	10h		90h		110h		190h				
TMR2	11h	SSPCON2	91h		111h		191h				
T2CON	12h	PR2	92h		112h		192h				
SSPBUF	13h	SSPADD	93h		113h		193h				
SSPCON	14h	SSPSTAT	94h		114h		194h				
CCPR1L	15h		95h		115h		195h				
CCPR1H	16h		96h		116h		196h				
CCP1CON	17h		97h	General Purpose Register 16 Bytes		General Purpose Register 16 Bytes		197h			
RCSTA	18h	TXSTA	98h				117h		198h		
TXREG	19h	SPBRG	99h				118h		199h		
RCREG	1Ah		9Ah				119h		19Ah		
CCPR2L	1Bh		9Bh				11Ah		19Bh		
CCPR2H	1Ch	CMCON	9Ch				11Bh		19Ch		
CCP2CON	1Dh	CVRCON	9Dh				11Ch		19Dh		
ADRESH	1Eh	ADRESL	9Eh				11Dh		19Dh		
ADCON0	1Fh	ADCON1	9Fh				11Eh		19Eh		
	20h		A0h				11Fh		19Fh		
General Purpose Register 96 Bytes	7Fh	General Purpose Register 80 Bytes	EFh	General Purpose Register 80 Bytes	16Fh	General Purpose Register 80 Bytes	1EFh				
								accesses 70h-7Fh	accesses 70h-7Fh	accesses 70h - 7Fh	1F0h
								FFh	17Fh	1FFh	
Bank 0	Bank 1	Bank 2	Bank 3								

Figura 2.14 Organización de los bancos de memoria y registros del PIC 16F877A.

2.4.3.3 PUERTOS.

El PIC 16F877A posee cinco puertos de los cuales los B, C, D poseen 8 bits o pines cada uno, el puerto A posee 6 y el puerto E posee 3, Utilizan los registros TRIS y PORT para funcionar como entradas o salidas, excepto los puertos A y E que requieren que el registro ADCON1 los configure como entrada o salida digital pues inicialmente lo están como entradas analógicas.

La siguiente tabla muestra las características eléctricas de los pines las cuales deben ser tomadas en cuenta posteriormente.

Pines	Máxima corriente de entrada (mA)	Máxima corriente de salida (mA)
<i>Cualquier pin E/S</i>	25	25
<i>Puertos A, B y E (combinados)</i>	200	200
<i>Puertos C y E (combinados)</i>	200	200
<i>Pin V_{DD}</i>	250	<i>No se aplica a este pin</i>
<i>Pin V_{SS}</i>	<i>No se aplica a este pin</i>	300

Tabla 2.6 Corrientes máximas permitidas en el PIC 16F877A¹².

2.4.3.4 TIMERS.

El PIC tiene 3 timers de los cuales el timer1 es de 16 bits y los timers 0 y 2 son de 8 bits. De los cuales el timer0 presenta las siguientes características:

- Al usarse como temporizador genera una interrupción al desbordarse de 0xFF a 0x00.
- Prescaler programable de 8 bits.
- Selección de reloj interno o externo.
- Selección de flanco del reloj externo.

Para utilizar una u otra característica se debe previamente cargar los bits del registro OPTION_REG obedeciendo la siguiente configuración.

OPTION_REG: OPTION CONTROL REGISTER

\overline{RBPU}	INTEDG	TOCS	TOSE	PSA	PS2	PS1	PS0
Bit 7							Bit 0

¹² Como programar en lenguaje C microcontroladores 16F877A, Penagos Juan, segunda edición, pág. 26.

- Bit7 \overline{RBPU} : habilitación de Pull-up en el Puerto B**
 1 = PORTB con Pull-ups deshabilitados
 0 = PORTB con Pull-ups Habilitados
- Bit 6 INTEDGE: selección de flanco de interrupción en el pin RB0/INT**
 1 = interrupción por flanco ascendente
 0 = interrupción por flanco descendente
- Bit 5 TOCS: selección de la fuente de reloj para el timer0**
 1 = transición externa en el pin RA4/TOCKI/C2OUT
 0 = ciclo de instrucción interna
- Bit 4 TOSE: selección de flanco de reloj externo en el pin RA4/TOCKI/C2OUT**
 1 = incremento en transición de alto a bajo
 0 = incremento en transición de bajo a alto
- Bit 3 PSA: asignación del Prescaler**
 1 = Prescaler asignado al WDT
 0 = Prescaler asignado al timer0

Tabla 2.7 bits del registro OPTION_REG.

La relación que utiliza el Prescaler para dividir la frecuencia que ingresa del oscilador al temporizador se obtiene del valor cargado en los bits PS como muestra la

Bit 2-0 PS<2:0> bits de selección del rango del Prescaler	Valor de los bits	Rango del timer0	Rango del WDT
	000	1:2	1:1
	001	1:4	1:2
	010	1:8	1:4
	011	1:16	1:8
	100	1:32	1:16
	101	1:64	1:32
	110	1:128	1:64
	111	1:256	1:128

siguiente tabla.

Tabla 2.8 Relación del Prescaler

2.4.3.5 CONVERTOR ANALOGO DIGITAL.

El PIC 16F877A posee un módulo conversor A/D de 8 canales que comparten los pines con los puertos A y E se denominan AN<7:0> y se controla con los registros:

- ADCON0.
- ADCON1.

Los cuales controlan la fuente del reloj de conversión que puede ser interno del tipo RC o múltiplos del tiempo del oscilador externo.

Inicialmente las entradas del módulo están configuradas como entradas por lo que no es necesario programa el registro ADCON1 cuando se usa el conversor

Luego de una conversión el resultado es un número de 10 bits que se almacenan en un par de registros con 16 bits en total en los cuales el resultado se puede organizar de varias maneras de acuerdo a las necesidades. Los registros de resultado son:

- ADRESH.
- ADRESL.

La resolución del conversor es de 4.88mV por cada LSB y se obtiene de dividir 5v que es el voltaje máximo de entrada para 2^{10} que es la plena escala del resultado.

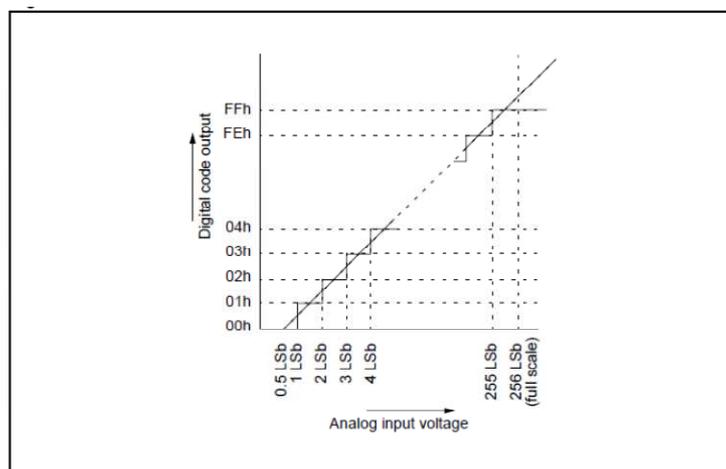


Figura 2.15 Resolución del ADC del PIC 16F877A.

2.4.3.6 DIAGRAMA DE PINES

en la siguiente figura se observa la disposición de los pines del PIC nótese que posee 4 pines para alimentación de voltaje, el pin para reset es exclusivo para esa función, igualmente los pines dedicados a la conexión del resonador.

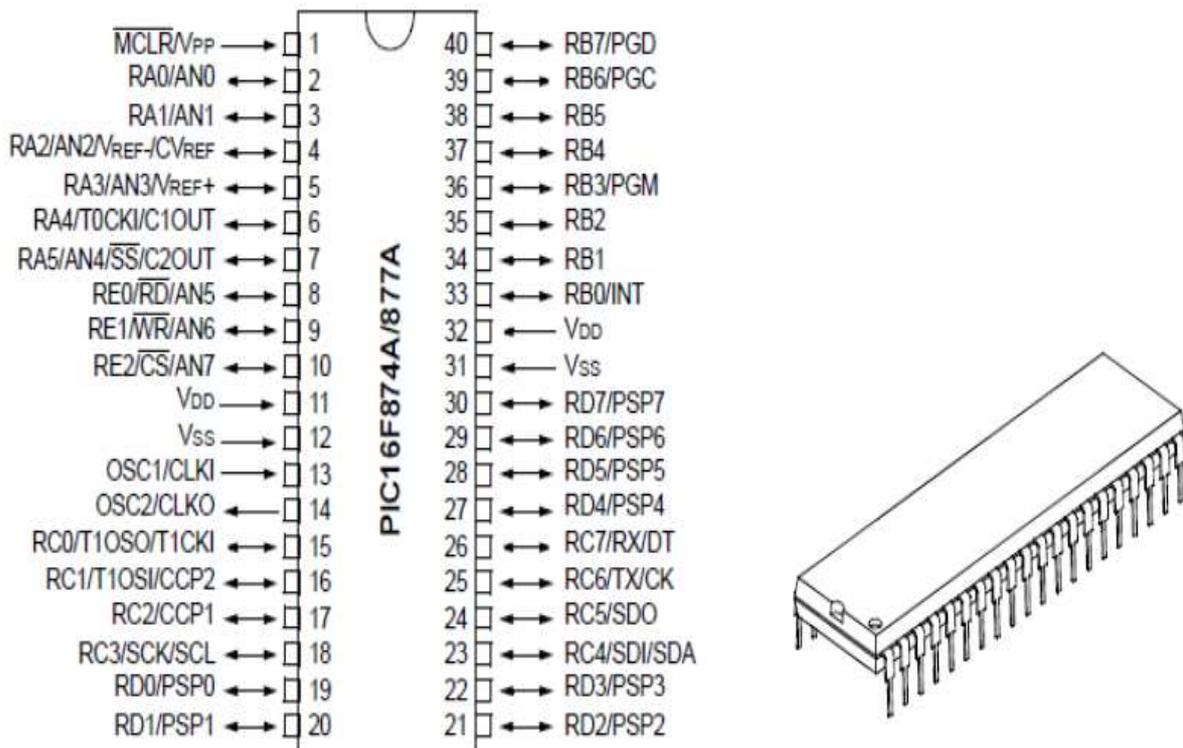


Figura 2.16 Diagrama de pines del PIC 16F877A.

El encapsulado es del tipo P-DIP de 40pines. Con una distancia entre pines de 2.54 mm y un ancho de 13.84mm.

En la siguiente tabla de muestra resumida las funciones de todos los pines con la tecnología que maneja e buffer, si es entrada o salida, ETC.

Pi	Nombre	Buffer	Descripción
n			
1	\overline{MRCL}, V_{PP}	ST	Reset principal, entrada de voltaje de programación.
2	RA0/AN0	TTL	Puerto A E/S digital 0, entrada análoga 0.
3	RA1/AN1	TTL	Puerto A E/S digital 1, entrada análoga 1.
4	RA2/AN2/ $V_{REF-}/$ CV_{REF}	TTL	Puerto A E/S digital 2, entrada análoga 2, referencia negativa para el convertor A/D, voltaje de referencia del comparador.
5	RA3/AN3/ V_{REF+}	TTL	Puerto A E/S digital 3, entrada análoga 3, referencia positiva para el convertor A/D.
6	RA4/T0KI/C1OUT	ST	Puerto A E/S digital 4, entrada de reloj externo del timer0, salida del comparador 1.
7	RA5/AN8/ $\overline{SS}/C2OUT$	TTL	Puerto A E/S digital 5, entrada análoga 4, esclavo seleccionado por SPI.
8	RE0/ $\overline{RD}/AN5$	ST/TTL	Puerto E E/S digital 0, entrada análoga 5, control de lectura para SPI.
9	RE1/ $\overline{WR}/AN6$	ST/TTL	Puerto E E/S digital 1, entrada análoga 6, control de escritura para SPI.
10	RE2/ $\overline{CS}/AN7$	ST/TTL	Puerto E E/S digital 2, entrada análoga 7, chip selector para SPI.
11	V_{DD}	-	Voltaje positivo.
12	V_{SS}	-	Voltaje negativo.
13	OSC1/CLKI	ST/CM OS	Oscilador de cristal, entrada de reloj externo.
14	OSC2/CLKO	-	Oscilador de cristal, salida de reloj.
15	RC0/T1OSO/T1CK I	ST	Puerto C E/S digital 0, salida del oscilador del timer1, entrada de reloj externo del timer 1.
16	RC1/T1OSI/CCP2	ST	Puerto C E/S digital 1, entrada del oscilador del timer 1, salida de comparador 2, salida PWM2.
17	RC2/CCP1	ST	Puerto C E/S digital 2, salida del comparador 1, salida PWM1.
18	RC3/SCK/SCL	ST	Puerto C E/S digital 3, E/S de sincronización para SPI, E/S de sincronización para I ² C.
19	RD0/PSP1	ST/TTL	Puerto D E/S digital 0, esclavo del puerto paralelo.
20	RD1/PSP1	ST/TTL	Puerto D E/S digital 1, esclavo del puerto paralelo.
21	RD2/PSP1	ST/TTL	Puerto D E/S digital 2, esclavo del puerto paralelo.
22	RD3/PSP1	ST/TTL	Puerto D E/S digital 3, esclavo del puerto paralelo.
23	RC4/SDI/SDA	ST	Puerto C E/S digital 4, entrada de datos SPI, E/S de datos I ² C.
24	RC5/SD0	ST	Puerto C E/S digital 5, salida de datos SPI.

25	RC6/TX/CK	ST	Puerto C E/S digital 6, transmisión asíncrona de USART, reloj síncrono de USART 1.
26	RC7/TX/DT	ST	Puerto C E/S digital 7, receptor asíncrono de USART, datos síncronos de USART.
27	RD4/PSP4	ST/TTL	Puerto D E/S digital 4, datos del puerto paralelo esclavo.
28	RD5/PSP5	ST/TTL	Puerto D E/S digital 5, datos del puerto paralelo esclavo.
29	RD6/PSP6	ST/TTL	Puerto D E/S digital 6, datos del puerto paralelo esclavo.
30	RD7/PSP7	ST/TTL	Puerto D E/S digital 7, datos del puerto paralelo esclavo.
31	V_{SS}	-	Voltaje negativo.
32	V_{DD}	-	Voltaje positivo.
33	RB0/INT	ST/TTL	Puerto B E/S digital 0, interrupción externa.
34	RB1	TTL	Puerto B E/S digital 1.
35	RB2	TTL	Puerto B E/S digital 2.
36	RB3/PGM	TTL/ST	Puerto B E/S digital 3, pin de habilitación de programación en bajo voltaje ISCP.
37	RB4	TTL	Puerto B E/S digital 4.
38	RB5	TTL	Puerto B E/S digital 5.
39	RB6/PCG	TTL/ST	Puerto B E/S digital 6, In-circuit debugger, reloj de programación ISCP.
40	RB7/PGD	TTL/ST	Puerto B E/S digital 7, In-circuit debugger, datos de programación ISCP.

	PUERTO A
	PUERTO B
	PUERTO C
	PUERTO D
	PUERTO E

Tabla 2.9 Distribución de pines del PIC 16F877A.

2.5 DISEÑO DEL CIRCUITO ELECTRONICO.

Para la elaboración del circuito se utilizara el programa para computador ISIS del paquete PROTEUS que permite realizar y simular el funcionamiento esquemas electrónicos utilizando una amplia variedad de elementos y dispositivos electrónicos, posee también varias herramientas como voltímetros y osciloscopio para monitorear el comportamiento de los dispositivos. En la figura se presenta el área de trabajo y las principales herramientas de ISIS.

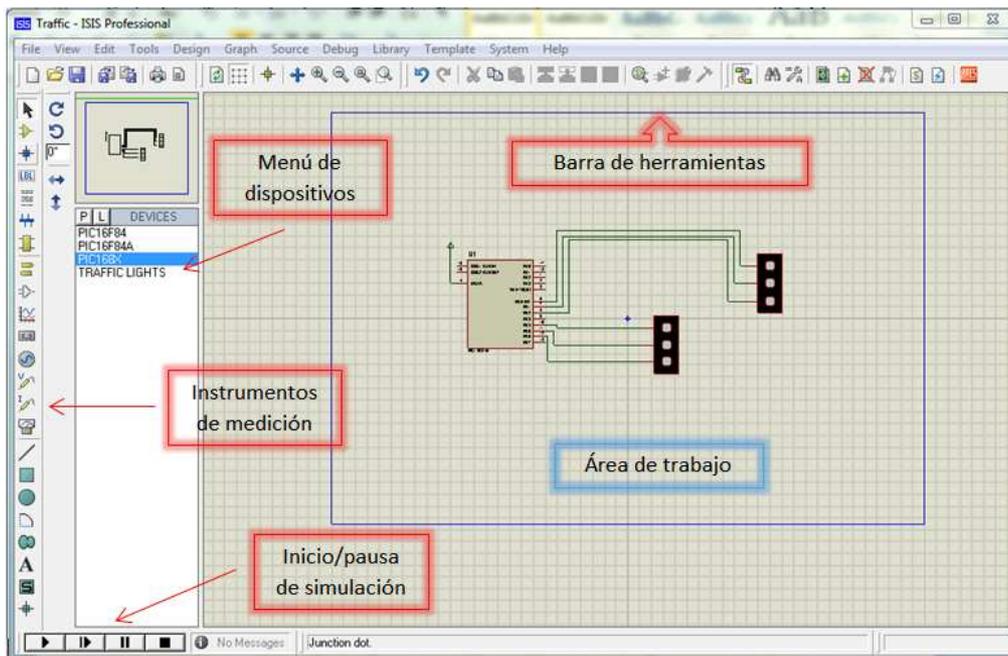


Figura 2.17 Ventana del programa ISIS.

2.5.1 ESTRUCTURA DEL CIRCUITO.

Al conjunto de elementos que manejarán las electroválvulas se lo denominará controlador, está constituido por el PIC, los optoaisladores y triacs que controlan el voltaje para funcionamiento de los solenoides de las electroválvulas, el teclado y display para ingresar y visualizar los datos. Interconectados entre sí por resistencias, condensadores y demás elementos necesarios para su funcionamiento.

La siguiente figura muestra la como se organizan los mencionados elementos en el circuito propuesto.

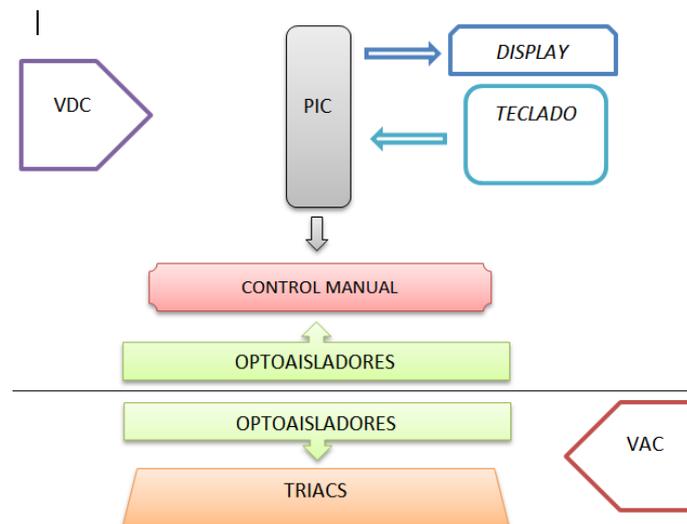


Figura 2.18 Esquema del circuito electrónico.

Se incluye adicionalmente la opción de controlar manualmente el funcionamiento de las salidas con selectores o switches y diodos LED que indiquen visualmente el estado de las salidas.

2.5.1.1 FUNCIONAMIENTO.

El dispositivo encargado de controlar el funcionamiento del proceso de riego es el PIC 16F877A el programa que se almacena en el PIC decide las acciones a ejecutar dependiendo de las condiciones que se hayan ingresado.

El ingreso de mencionadas condiciones se realiza utilizando el teclado matricial. Presionando una u otra tecla se puede seleccionar entre una u otra opción de riego como se muestra más adelante. Para ingresar un valor de tiempo o humedad se debe presionar la tecla asignada al número deseado.

Para que el usuario que utiliza el sistema pueda visualizar los valores de tiempo o humedad que desea ingresar al sistema para que se ejecute el riego se utiliza el display LCD.

Cuando el controlador es encendido en el display se despliega un mensaje de inicio y bienvenida. Seguidamente se presentan mensajes que indican que se puede optar por 2 opciones para regar. Cuando el usuario se decide por alguna opción en el display se presentan el valor numérico de la tecla presionada por ejemplo: Si se optó por regar por determinado tiempo la cuenta de ese tiempo es desplegada en el display.

Con las condiciones de riego ingresadas el PIC empieza el proceso de riego activando el funcionamiento de los triacs que proveen el voltaje para las electroválvulas. El estado del proceso de riego es desplegado en el display. El valor de humedad y la cuenta del tiempo ingresado se muestran permanentemente en el display y al finalizar el proceso una vez con los triacs desactivados se muestra el estado de riego alcanzado y un mensaje final.

Se utilizan selectores o switches de 3 posiciones para controlar manualmente la presencia de voltaje en alguna de las salidas. Para indicar el funcionamiento de dichas salidas se utilizan diodo led de color verde y rojo como indicadores de funcionamiento. El color verde indica una salida activa, mientras que un led en rojo indica una salida desactivada.

Adicionalmente se añade al controlador una salida auxiliar adicional que puede o no ser utilizada para controlar el funcionamiento de una bomba eléctrica u algún otro equipo. Esa salida no es controlada con triacs directamente sino que se la realiza a través de un contactor que conmuta la conexión entre la bomba y la red eléctrica.

2.5.2 VOLTAJES DE ALIMENTACION.

Según la hoja de especificaciones del PIC 16F877A el rango de voltaje de operación va de 2v a 5.5v de corriente continua para asegurar que este voltaje no sea excedido y se mantenga constante se utilizara el circuito integrado regulador de voltaje 7805 que presenta las siguientes características.

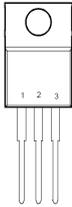
<i>Voltaje de salida</i>	V_o	5V		1 Input
<i>Tolerancia</i>	-	±4%		2 GND
<i>Voltaje máximo de entrada</i>	V_I	35V		
<i>Corriente de salida</i>	I_o	1A		
<i>Temperatura de operación</i>	T_{opr}	0-70°C		3 Output

Tabla 2.10 Características del regulador 7805.

Al pin 3 del regulador se le conocerá como V_{DD} mientras que al pin 2 como GND o V_{SS} y servirán de alimentación al PIC, al display y al sensor. El fabricante recomienda colocar un capacitor de $0.33\mu\text{F}$ entre los pines 1 - 2 y otro de $0.1\mu\text{F}$ entre 2-3.

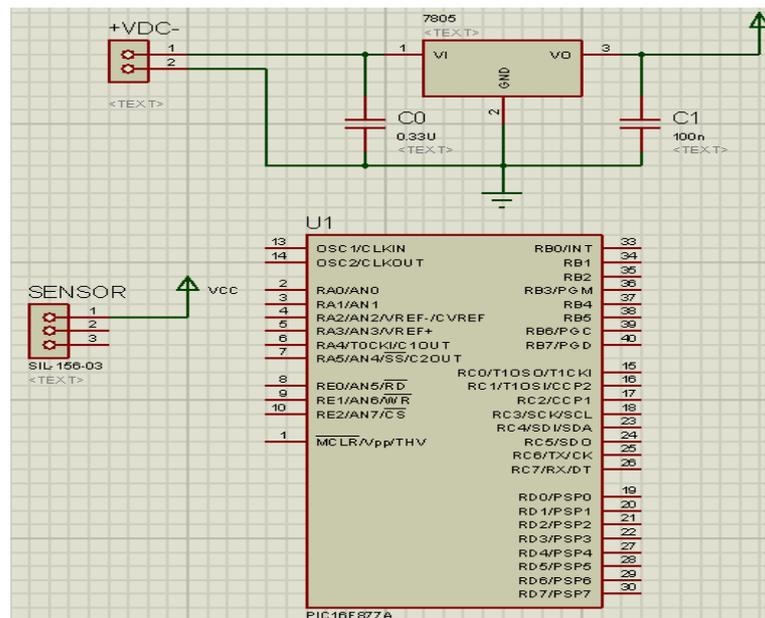


Figura 2.19 Conexiones de VCC y GND.

Para alimentar los triacs y las electroválvulas se requiere de 24 voltios de corriente alterna por lo que se utilizara un transformador reductor que disminuya el voltaje de la red al voltaje requerido. Este transformador debe ser capaz de entregar la corriente necesaria para el funcionamiento de las 8 salidas.

El valor nominal de la corriente consumida por cada electroválvula es de 150mA entonces la corriente del transformador requerido es $150\text{mA} \times 8 \text{ salidas} = 1,2 \text{ A}$.

Se ha seleccionado un transformador con toma central de 12-0-12 voltios a 1,5 suficiente para nuestros requerimientos.

2.5.3 CONEXIÓN DEL OSCILADOR.

El tipo de oscilador seleccionado el del tipo cristal HS de 8MHz con el que se logra una adecuada velocidad de operación. Es necesario colocar capacitores según recomienda la hoja de especificaciones, mientras más alto el valor de los capacitores más estabilidad se logra en el oscilador. A continuación se muestran los valores recomendados para el oscilador HS.

Tipo del oscilador	Frecuencia del cristal (MHz)	Rango de capacitancia C1 (pF)	Rango de capacitancia C2(pF)
HS	4	15	15
	8	15-33	15-33
	20	15-33	15-33

Tabla 2.11 Valores de los capacitores para osciladores HS.

Se escoge un par de capacitores de 22 pF que se encuentran dentro del rango, estos capacitores se conectan entre los pines OSC1 – OSC2 y GND como muestra el siguiente circuito.

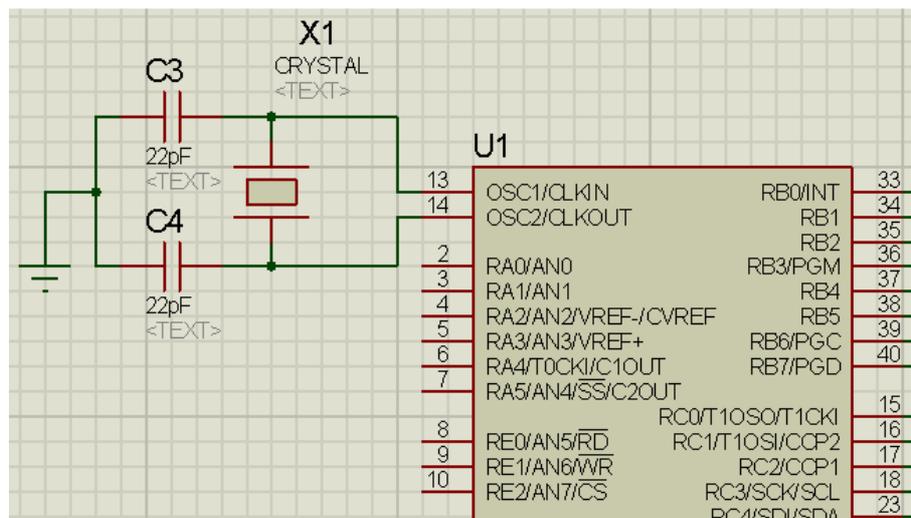


Figura 2.20 Conexión del oscilador.

2.5.4 CONEXIÓN DEL TECLADO Y DISPLAY.

El teclado será conectado en el puerto D del PIC, las filas se conectan en los pines RD0:RD3 con resistencias Pull-up de 10K conectadas a GND, las columnas se conectan en los pines RD4:RD6.

Para el correcto funcionamiento del display es necesario conectar aparte de los pines de alimentación el pin de contraste se debe conectar a GND a través de una resistencia de 4.7K que provoca un nivel de contraste aceptable. Los pines de

datos del display D0:D3 no serán utilizados. Los pines D4:D7 se conectan al puerto C en los pines RC0:RC3, la función R/W tampoco será utilizada por lo que se conecta ese pin a GND. Las funciones R/S y E serán conectados a RC4 y RC5 respectivamente.

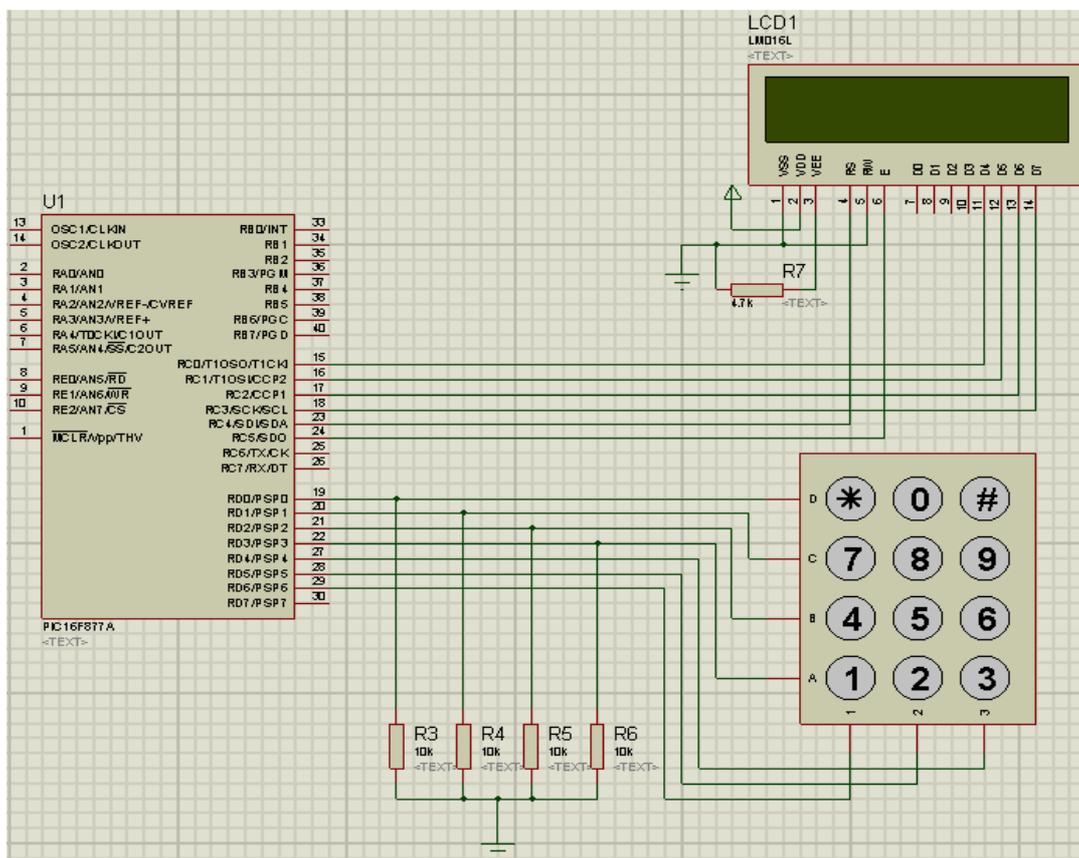


Figura 2.21 Conexiones del teclado y display.

2.5.5 CONEXIÓN DEL RESET

El controlador poseerá una opción para detener y reiniciar su funcionamiento utilizando un switch normalmente abierto y para prevenir resets indeseados se usa un circuito anti rebote constituido por una red R-C en la cual cuando el switch está abierto el condensador se mantiene cargado al valor VCC, una vez cerrado el switch el condensador se descarga a través de R1 manteniendo un valor constante de VCC eliminando las transiciones producidas por los contactos del switch pues el tiempo en descargar el capacitor resulta mayor al tiempo que dura estas transiciones.

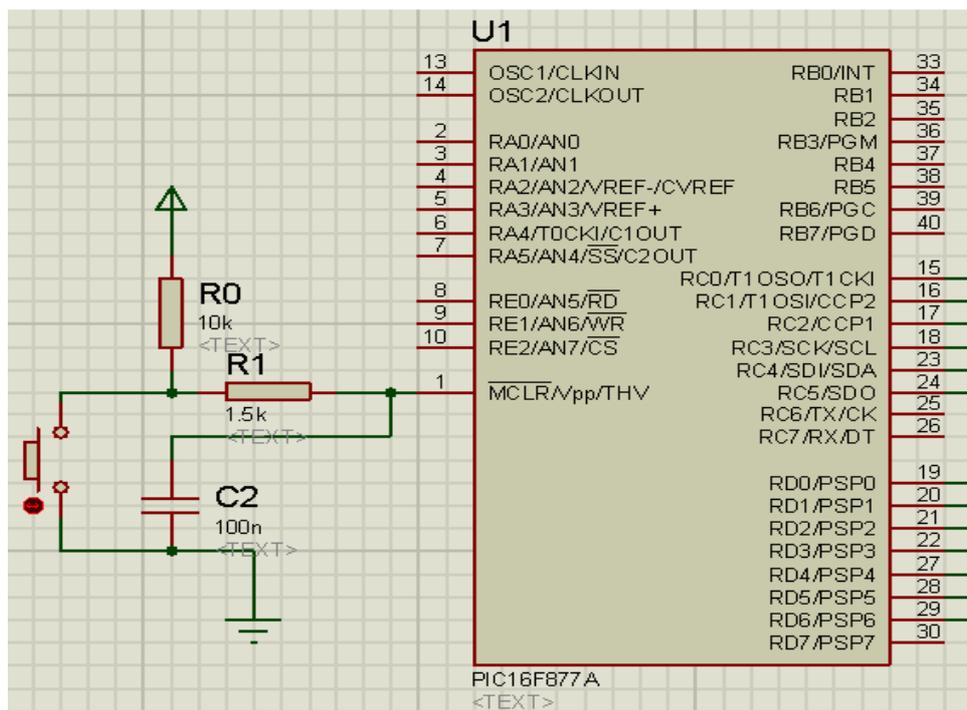


Figura 2.22 Conexión del switch del reset.

2.5.6 CONEXIÓN DEL CONTROL MANUAL.

El puerto B será el encargado de manejar los optoaisladores pero se conectara entre estos un selector de 3 pines 2 posiciones, el pin común del selector se conecta al pin del puerto B directamente mientras que otro pin se conecta a un diodo LED rojo que denotara la posición de apagado dejando al otro pin del selector conectarse a un LED verde y al emisor del optoaislador para la posición de encendido.

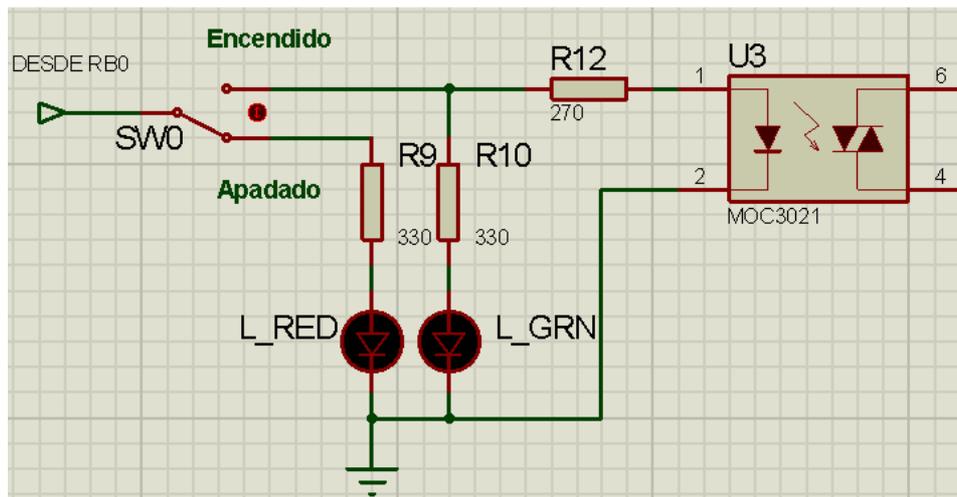


Figura 2.23 Conexión del control manual.

Para el cálculo del valor de la resistencia con el selector en la posición de apagado se considera que los pines del puerto B controlan solamente al LED indicador rojo que para un nivel de iluminación aceptable requiere aproximadamente 10mA de corriente y un voltaje entre sus terminales de 1.9V, con una salida TTL de los pines del puerto B de 5v aplicando ley de Ohm se tiene que:

$$I_{L_{RED}} = \frac{V_{RB0} - V_{L_{RED}}}{R_{L_{RED}}}$$

$$R_{L_{RED}} = \frac{5v - 1.9v}{0.010A} = 310 \Omega$$

Como la corriente $I_{L_{RED}}$ es menor a la máxima corriente de salida de cualquier pin del PIC no existe riesgo de que se deteriore dicha salida, al no existir resistencias de 310Ω se utilizara el valor normalizado de 330Ω disponible en las tiendas de dispositivos electrónicos con lo que se tiene:

$$I_{L_{RED}} = \frac{5 - 1.9}{330} = 9mA$$

El cálculo de las resistencias en la posición de encendido se realizan de forma similar teniendo en cuenta que el valor de I no supere los 25mA máximos de salida por pin.

La rama compuesta por L_{GRN} y su resistencia es idéntica a la anterior por lo que $R_{L_{GRN}} = 330\Omega$.

En la rama compuesta por el emisor del optoaislador la corriente disponible es:

$$I_D = I_{RB0} - I_{L_{GRN}}$$

$$I_D = 25mA - 9mA = 16mA$$

Para calcular el valor de R_D se estimara una $I_D = 15mA$ y utilizara el voltaje típico del emisor del optoaislador. $R_D = \frac{V_{RB0} - V_{TYP}}{15mA}$

$$R_D = \frac{5 - 1.2}{15mA} = 253\Omega$$

Como no se encuentra resistencia de ese valor se utiliza una de 270Ω que es el valor normalizado disponible con lo cual:

$$I_D = \frac{5 - 1.2}{270} = 14mA$$

Entonces la corriente total en la malla es

$$I_{RB0} = I_{L_{GRN}} + I_D$$

$$I_{RB0} = 9mA + 14mA = 23mA$$

Que es inferior a la corriente máxima disponible con lo se asegura un funcionamiento correcto.

La conexión del resto de optoaisladores y el cálculo de las resistencias necesarias es exactamente igual al realizado para RB0 con lo que el circuito queda de la siguiente manera.

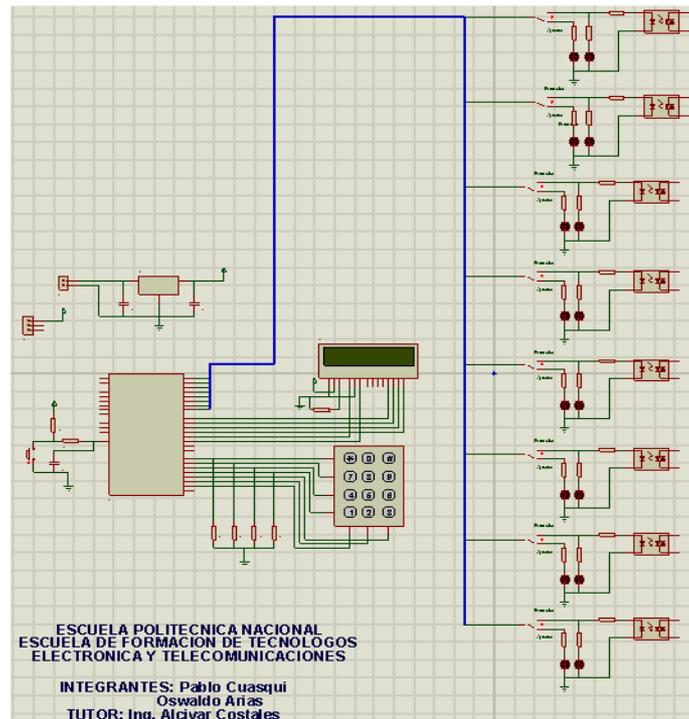


Figura 2.24 Conexión de los optoaisladores.

2.5.7 CONEXIÓN DE LOS TRIACS.

El voltaje alterno con el que operaran las electroválvulas es el que tendrá que manejar los triacs TIC206M, los optoaisladores MOC3021 en la parte del detector tienen triacs también por lo que pueden manejar corriente alterna aunque no para corrientes elevadas razón por la cual se los utilizara para realizar el disparo de los TIC206M conectando el detector del MOC3021 entre la compuerta y el ánodo 1 del triac.

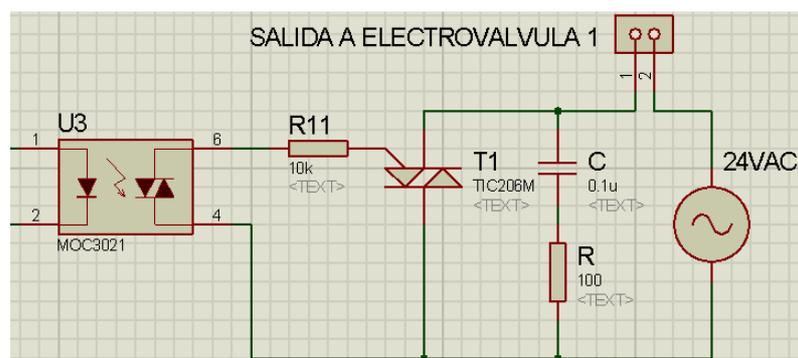


Figura 2.25 Conexión del voltaje AC para los triacs.

El valor de la resistencia de compuerta se calcula de acuerdo a la corriente de compuerta máxima del triac y el voltaje aplicado a los ánodos con una relación de ley de Ohm, se escoge una corriente de 2.5mA que es inferior a la I_g del triac.

$$R_g = \frac{V_{AC}}{I_g}$$

$$R_g = \frac{24V}{2.5mA} = 9.6K\Omega$$

Se escoge el valor normalizado disponible más cercano al calculado en este caso una resistencia de 10KΩ.

Como los solenoides de las válvulas son cargas inductivas es de esperar que en el triac la corriente no esté en fase con el voltaje al momento de conmutar de una dirección a otra, por lo que se pueden presentar picos de voltaje transitorios que pueden presentar problemas con el resto del circuito para lo cual se colocara una red RC entre los ánodos conocida como *red snubber* para atenuar estos transitorios, los valores de R y de C son recomendados para 120v pero funcionaran en el circuito propuesto¹³. LIBRO PIC 183

$$R = 100\Omega ; 1/2W$$

$$C = 0.1\mu f ; 200V$$

2.5.8 CONEXIÓN DE LA SALIDA DE 120V AUXILIAR

El circuito poseerá una salida de voltaje de 120V que puede ser opcionalmente utilizada para activar un contactor por ejemplo y con este controlar el funcionamiento de una bomba eléctrica. El triac y optoaislador pueden funcionar sin problema a este voltaje, al igual que la red snubber por lo que es necesario calcular únicamente la resistencia de compuerta.

$$R_g = \frac{V_{AC}}{I_g}$$

$$R_g = \frac{120V}{2.5mA} = 48K\Omega$$

Para esta salida auxiliar no es necesario un control manual por lo que se conecta directamente al PIC el pin escogido es RE0 que maneja voltajes de tecnología TTL.

¹³ Como programar en lenguaje C microcontroladores 16F877A, Penagos Juan, segunda edición, pág. 183.

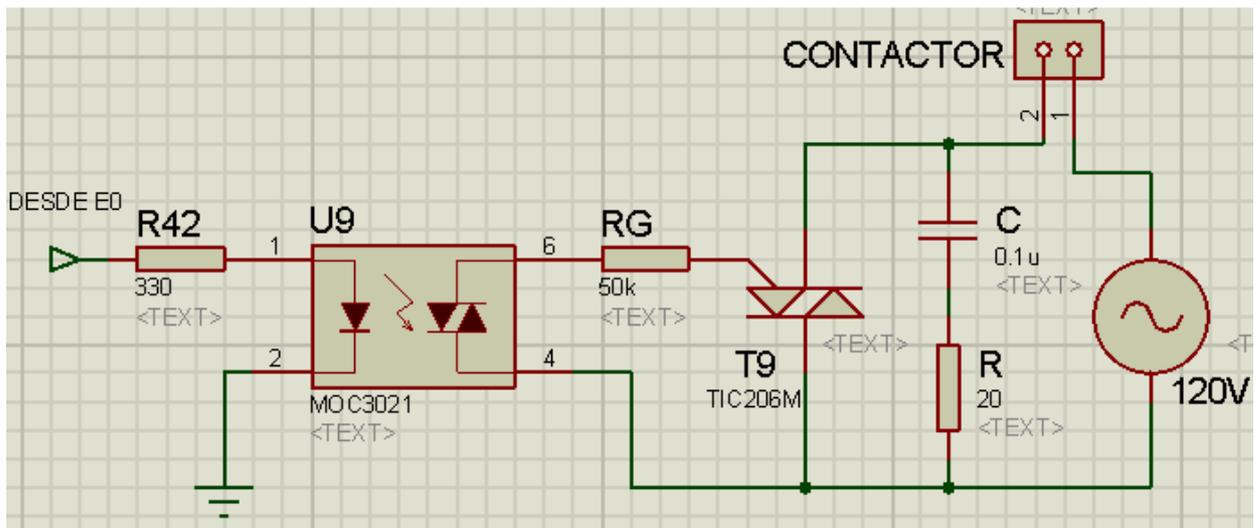


Figura 2.26 Conexión de la salida auxiliar.

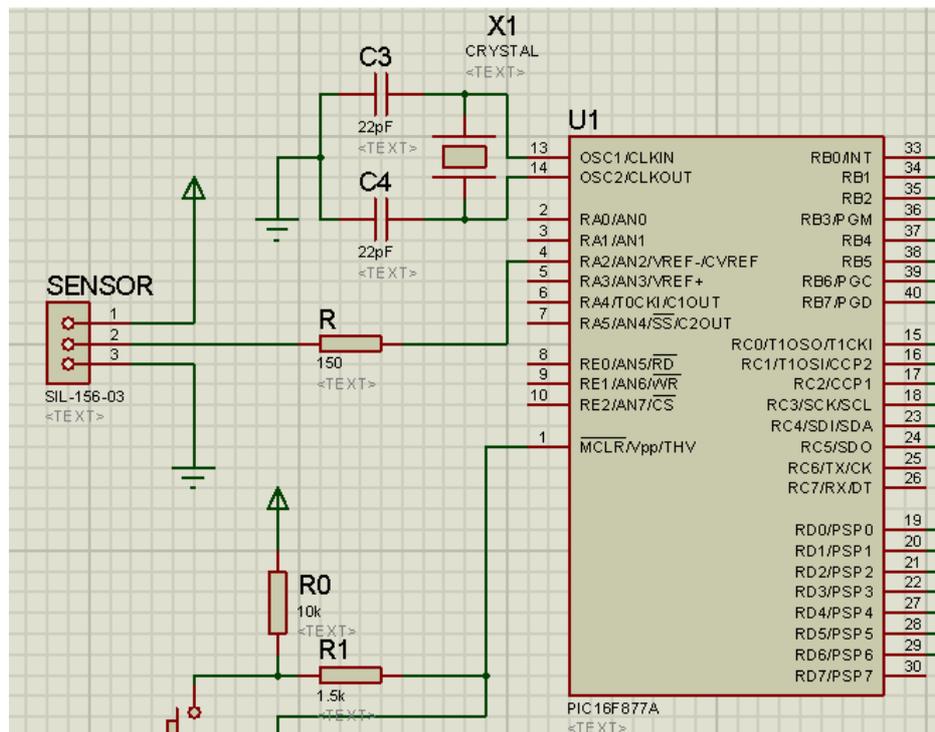
2.5.9 CONEXIÓN DEL SENSOR DE HUMEDAD

Las especificaciones del sensor Watermark 200ss-v indican que la que el voltaje de salida está en el rango de 0 a 3V de corriente continua, esta salida se debe adecuar para que no exceda los valores máximos de entrada de corriente del convertor A/D del PIC conectando una resistencia entre la salida del sensor y la entrada del convertor. Se calculara para un valor de 20mA que es inferior al valor máximo admisible.

$$R_{sensor} = \frac{V_{sensor}}{20mA}$$

$$R_{sensor} = \frac{3V}{20mA} = 150\Omega$$

El sensor adicionalmente requiere conexiones a V_{DD} y V_{SS} para su funcionamiento, la salida de señal del sensor se conecta al canal AN2 del convertor del PIC quedando el circuito como se muestra en la figura.



decir que el integrado es capaz de modificar su comportamiento en función de una serie de instrucciones asignadas por el programador.

El proceso de transferir el código de programación al PIC, se lo puede resumir en los siguientes pasos:

- **Editar.**

Editar como su nombre mismo lo dice es escribir el programa, armar las instrucciones en un lenguaje específico para poder informarle al PIC lo que tiene que hacer.

- **Compilar.**

El PIC como cualquier circuito integrado que maneja señales digitales interpreta niveles de voltaje asignados a unos y ceros lógicos (código binario). Las instrucciones que se graban en la memoria tienen que ser ingresados en este código. Escribir un programa en binario resultaría excesivamente complicado y requeriría un alto conocimiento del funcionamiento interno del PIC.

Los lenguajes de programación existentes conocidos como lenguaje de alto nivel son lenguajes que la persona que realiza el programa puede entender fácilmente. Compilar significa convertir un programa escrito en lenguaje de alto nivel en lenguaje o código que el PIC pueda entender.

- **Grabar el pic.**

Es el proceso en donde se grava el programa en el PIC. Mediante una tarjeta electrónica y un poco software se pasa el programa compilado de la PC al PIC. Dependiendo del grabador son solamente unos cuantos Cliks y listo.

- **Comprobar el programa.**

Es el último paso del proceso para programar un microcontrolador, lo que se realiza es verificar el funcionamiento del programa si el PIC se comporta como fue programado y si realmente se logró cumplir el objetivo que se planteó al inicio. Para esto se utilizan herramientas como programas simuladores y tarjetas electrónicas en las que se ejecuta las instrucciones.

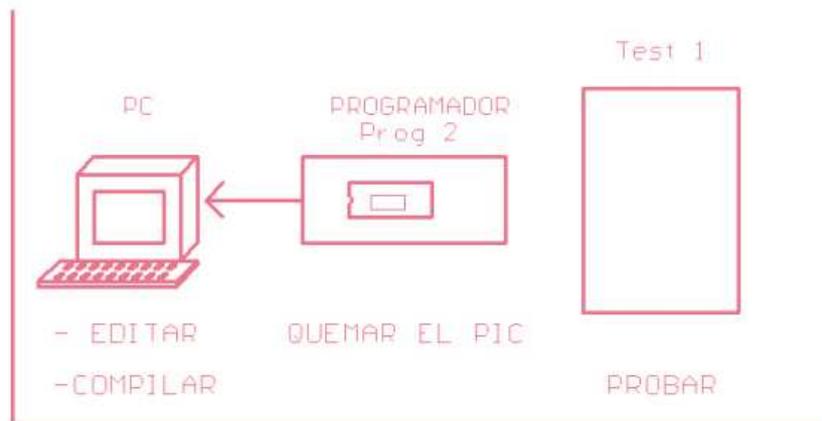


Figura 2.28 Pasos para programar un PIC.

2.6.3 COMPILADOR MikroC PRO for PIC.

MikroC PRO for PIC es un potente compilador para micro controladores PIC de Microchip. Está diseñado para el desarrollo, construcción y depuración de aplicaciones embarcadas basadas en PIC.

2.6.3.1 CARACTERISTICAS DE MIKROC PRO FOR PIC.

EL ambiente de desarrollo de MikroC PRO for PIC tiene una variedad de características de las podemos destacar las siguientes:

- IDE fácil de usar, código compacto, eficiente y amigable con las herramientas que se usaran.
- Posee importantes bibliotecas de software y hardware.
- Genera el archivo en lenguaje ensamblador y archivos .HEX estándar los cuales son compatibles con cualquier programador.
- Compilador viene con archivo de ayuda integral y una gran cantidad de productos listos para usarse como ejemplos diseñados que facilitan el entendimiento y uso del software.
- La documentación es fácil de entender.
- Compilador para lenguaje ANSI C, con ligeras modificaciones.
- Posee herramientas adicionales instaladas para facilitar el proceso de desarrollo.

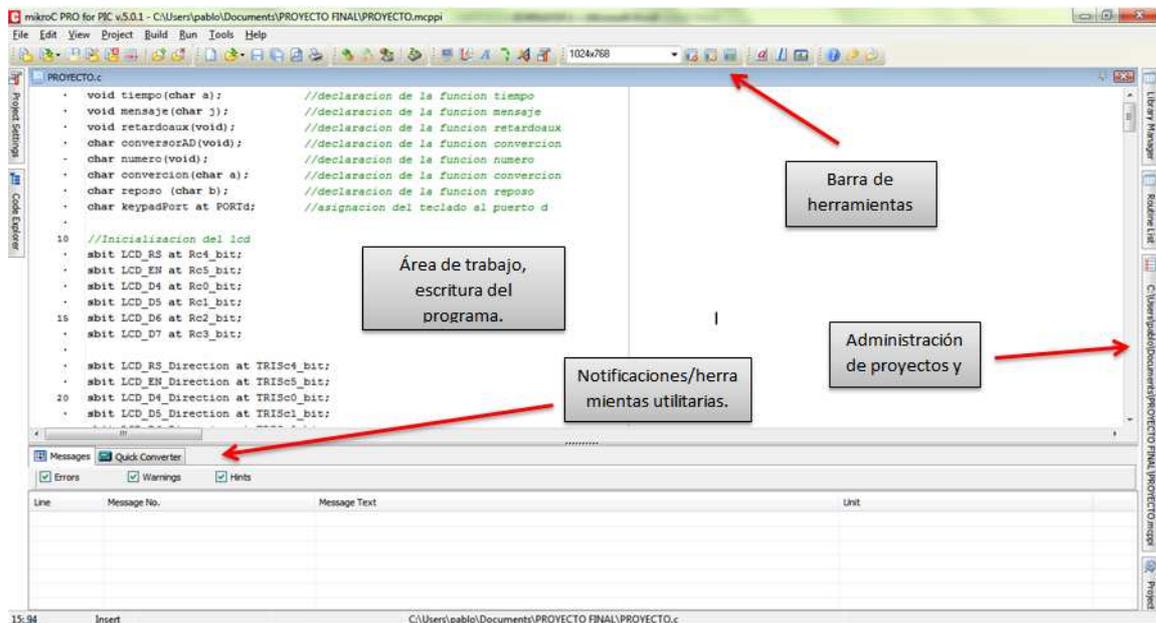


Figura 2.29 Ventana de trabajo de MikroC PRO for PIC.

2.6.3.2 CREAR UN PROYECTO EN MIKROC PRO FOR PIC.

El proceso de crear un nuevo proyecto en MikroC PRO for PIC es muy simple, seleccionamos de la barra de menú la opción **Project** y luego escogemos la opción **New Project**, se despliega la ventana que se denomina **New Project Wizard** la cual nos guiará en el proceso de creación de un nuevo proyecto, dar clic en next y continuar con los pasos que les serán explicados durante el proceso.

En resumen el proceso de creación de un Nuevo proyecto consiste en los siguientes pasos.

- Seleccionar el tipo de microcontrolador que se va a usar.
- Seleccionar la frecuencia de reloj del microcontrolador.
- Seleccionar el nombre y la ubicación del proyecto.

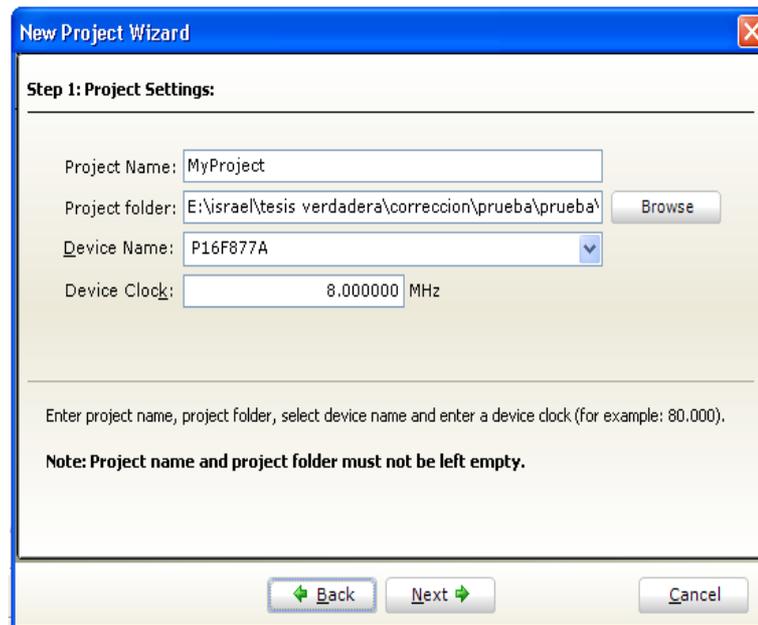


Figura 2.30 Selección del nombre y ubicación del proyecto.

Hacer clic en el botón Next y si no se desea incluir algún archivo adicional se concluye con Finish.

2.6.4 PROGRAMACION EN MIKROC PRO FOR PIC.

Si se tiene experiencia y se conoce de programación programar en MikroC PRO for PIC resultara fácil, ya que este software se basa en el lenguaje C de alto nivel, con ciertas características y funciones que hacen que este compilador utilice poca memoria del PIC pero al mismo tiempo sus instrucciones sean fáciles de comprender.

2.6.4.1 ESTRUCTURA DE PROGRAMACIÓN EN LENGUAJE C.

El objetivo de escribir un programa en cualquier lenguaje de programación es descomponer un problema grande en problemas más pequeños, es decir que de cada problema pequeño se puede escribir una solución. A estas soluciones se las llama funciones.

Todos los programas escritos en C tienen una estructura básica definida. Las instrucciones o sentencias se ejecutan de manera secuencial en el orden en el que fueron escritas (en el área de escritura de arriba hacia abajo).

Se debe tener mucho cuidado al momento de escribir el código de programación en MikroC PRO for PIC, debido a que estos tipos de lenguaje no diferencia las letras minúsculas de las mayúsculas que para MikroC PRO for PIC la función main (), no se puede escribir Main () o MAIN ().

Los signos de agrupación siempre deben encontrarse en par; si hay dos llaves de apertura debe haber 2 llaves de cierre. Las llaves no son necesarias cuando contiene una sola instrucción.

El punto y coma indica el final de una instrucción. Se debe cuidar que estas se encuentren en el lugar apropiado.

```
// Nombre del programa
/*descripcion del funcionamiento del programa*/
// autor

*****declaracion de funciones ( prototipos ) *****
*****fin de declaracion de funciones *****

*****declaracion de variables*****
*****fin de declaracion de variables*****

*****funcion principal*****
void main(){
instrucciones;
....
*****fin de la funcion principal*****

*****definicion de funciones*****
funcion1{
instrucciones;
...}
*****fin de declaracion de funciones *****
```

Figura 2.31 Estructura de un programa escrito en C.¹⁴

2.6.4.1.1 COMENTARIOS.

Es opcional escribir primero alguna información que describa el programa escrito para que otras personas puedan entender su funcionamiento o como recordatorio de alguna acción particular. Esta información no forma parte de las sentencias y se las escribe entre símbolos que denotan comentarios.

Tipo de comentario	de Caracteres utilizados	Ejemplo
<i>De una sola línea</i>	//	<i>//Sentencia de repetición</i>
<i>De varias líneas</i>	/**/	<i>/* Se debe tener mucho cuidado al momento de escribir el código */</i>

Tabla 2.12 Formas de realizar un comentario en C.

¹⁴ Como programar en lenguaje C microcontroladores 16F877A, Penagos Juan, segunda edición, pág. 20.

2.6.4.1.2 FUNCIONES.

Una función es una solución a un problema dentro del programa. Para una aplicación extensa este problema puede presentarse varias veces por lo que se utiliza funciones para dividir el problema en problemas más pequeños.

Se puede considerar a una función como una agrupación de instrucciones para formar una nueva instrucción. Para poder utilizarlas se debe seguir los siguientes pasos.

1. **Declarar la función.** Es decir indicar el nombre, el tipo y sus parámetros.

tipo nombre (parametro1, parametro2,...);

2. **Definir la función.** Consiste en indicar las instrucciones que forman parte de la función.

*Tipo nombre (parametro1, parametro2,...) {
instrucción1;
instruccion2;}*

2.6.4.1.3 VARIABLES.

Seguidamente se definen las librerías que se utilizan en el programa así como las variables.

Todo programa necesita en algún almacenar números o datos ingresados por el usuario, estos son almacenados en variables. Existen varios tipos de variables, y cada uno corresponde a un tamaño máximo de un número, un carácter o incluso una verdad. Cuanto mayor sea el número que pueda admitir, más espacio en memoria ocupará. En la tabla se puede observar el tipo de variables y el tamaño que posee.

Tipo	Tamaño bytes	en Rango
<i>bit</i>	<i>1-bit</i>	<i>0 o 1</i>
<i>sbit</i>	<i>1-bit</i>	<i>0 o 1</i>
<i>(unsigned) char</i>	<i>1</i>	<i>0 ... 255</i>
<i>signed char</i>	<i>1</i>	<i>- 128 ... 127</i>
<i>(signed) short (int)</i>	<i>1</i>	<i>- 128 ... 127</i>
<i>unsigned short (int)</i>	<i>1</i>	<i>0 ... 255</i>
<i>(signed) int</i>	<i>2</i>	<i>-32768 ... 32767</i>
<i>unsigned (int)</i>	<i>2</i>	<i>0 ... 65535</i>
<i>(signed) long (int)</i>	<i>4</i>	<i>-2147483648 ... 2147483647</i>

Tipo	Tamaño bytes	en Rango
<i>unsigned long (int)</i>	4	0 ... 4294967295

Tabla 2.13 Tipos de variables.

2.6.4.1.4 OPERADORES ARITMÉTICOS.

Un operador es un símbolo especial cuya función es indicar al compilador que debe efectuar una operación matemática o lógica. Los operadores aritméticos se utilizan en las operaciones aritméticas y devuelven resultados numéricos. En la tabla se puede distinguir los operadores que reconoce MikroC PRO for PIC.

OPERADOR	OPERACION
+	Suma
-	Resta
*	Multiplicación
/	División
%	Retorna el residuo de la división entre ceros
++	Incrementa en uno al valor del operando
--	Decremento en uno al valor del operando

Tabla 2.14 Operadores aritméticos.

2.6.4.1.5 OPERADORES DE RELACIÓN.

La función principal de los operadores de relación es comparar dos valores y tomar una decisión en base al resultado de la comparación, en MikroC PRO for PIC si una expresión es evaluada como falsa el operador nos da como resultado un 0, caso contrario si una expresión es evaluada como verdadera el operador nos da como resultado un 1. En la tabla se puede apreciar los operadores de relación con los que se trabaja en MikroC PRO for PIC.

OPERADOR	OPERACION
==	Igual
!=	No es igual
>	Mayor que
<	Menor que
>=	Mayor o igual que
<=	Menor o igual que

Tabla 2.15 Operadores de relación.

2.6.4.1.6 OPERADORES DE BITS.

La función de los operadores de bits es similar a la de las operaciones lógicas con la única diferencia las operaciones lógicas analizan los valores o expresiones y los operadores de bits se analizan en los bits de un operando. En la tabla se precisan los operadores de bits que se usa en MikroC PRO for PIC.

OPERADOR	OPERACION
&	AND entre bits.
	OR entre bits
^	XOR entre bits
~	Complementa bits
<<	Rota bits a la izquierda
>>	Rota bis a la derecha

Tabla 2.16 Operadores de bits.

2.6.4.1.7 OPERADORES LÓGICOS.

Los operadores lógicos analizan las expresiones para obtener un resultado de ese análisis y tomar una decisión, los operadores lógicos devuelven (0 lógico), si la expresión evaluada es cero, caso contrario devuelven (1 lógico), si la expresión evaluada es distinta de cero. En la tabla se observan los operadores lógicos que se usa en MikroC PRO for PIC.

OPERADOR	OPERACION
&&	AND lógico
	OR lógico
!	Negación lógica

Tabla 2.17 Operadores lógicos.

2.6.4.2 INSTRUCCIONES O SENTENCIAS DE MikroC PRO for PIC.

Las sentencias son las órdenes que el programador le da al programa para que ejecute una tarea específica, las sentencias siempre terminan con punto y coma “;”. Las sentencias se clasifican según la función que realizan.

2.6.4.2.1 SENTENCIAS DE ASIGNACION.

Esta sentencia asigna a una variable un valor constante, el contenido de otra variable o el resultado de una operación matemática.

La asignación se hace de derecha a izquierda. La sintaxis de la sentencia es:

Numero=0; // asigne a la variable numero el valor 0.

Sensor=numero+1; // asigne a variable sensor el valor de numero sumado 1.

2.6.4.2.2 SENTENCIAS DE ENTRADA/SALIDA DE DATOS.

Las instrucciones de entrada permiten el ingreso de datos por los puertos del pic y los almacena en alguna variable. Las instrucciones de salida envían datos desde una variable u otra operación del pic hacia los puertos del PIC.

Sensor=PORTA; // el valor presente en el puerto A almacene en la variable sensor.

RB0_Bit=0; // el pin RB0 se pone en 0.

Se puede utilizar individualmente los bits de un puerto así como también los canales del ADC o módulo PWM

2.6.4.2.3 SENTENCIAS DE SELECCIÓN.

Las sentencias de selección o de control de flujo, pueden decidir entre varios cursos de acción distintos en función de ciertos valores. Existen dos tipos de estas sentencias de selección: if...else y switch.

- **Sentencia if.** El operador if se lo puede utilizar solo o asociado al operador else (if-else), permite escoger entre ejecutar o no una sentencia, en función del resultado de una expresión lógica.

Sintaxis:

```
if (expresión)
operacion1;
else
operacion2;
```

Ejemplo:

```
If (sensor >= numero);
PORTB = 1;
Else;
PORTB = 0;
```

- **Sentencia switch.** Permite la ejecución de un grupo de instrucciones dependiendo del valor que pueda tomar una variable.

Sintaxis:

```
switch (expresión){
case constante_1:sentencia_1;
case constante_n:sentencia_n;
[default:sentencia];
}
```

Ejemplo:

```
switch (tecla){
case1: tecla=10; break;
case2: tecla=25; break;
case3: tecla=14; break;
default:tecla=0;
}
```

2.6.4.2.4 SENTENCIAS DE ITERACIÓN.

Estas sentencias nos permiten repetir un conjunto de sentencias ejecutando un bucle. Existen tres formas de iteraciones: while, do...while y for.

- **Sentencia while.** Ejecuta instrucciones de manera repetitiva mientras una condición sea verdadera.

Sintaxis.

```
while (expresión) {
    Instrucciones;
}
```

Ejemplo.

```
while (kp!=0){
kp=key_pad(_key_click);
numero=kp;
}
```

- **Sentencia do...while.** Es similar a la sentencia while con la diferencia que primero se ejecutan las instrucciones luego se comprueba la condición.

Sintaxis.

```
Do {
    Instrucciones;
}
while (condición)
```

Ejemplo.

```
int n, j;
n=j=1;

Do {
n=2*j;
j=j+1;
} while (j<=12)
```

- **Sentencia for.** Repite la ejecución de instrucciones de acuerdo a un número determinado de veces.

Sintaxis

```
For ([situación inicial]; [condición]; [incremento]){
    Sentencia;
}
```

Ejemplo:

```
for (int i=1;i<=12;++i){
n=2*i;
}
```

2.6.4.2.5 SENTENCIAS DE SALTO.

Las sentencias de salto permiten transferir el control del programa de forma incondicional. Existen tres tipos de estas sentencias: break, continue, y goto.

- **Etiquetas.** Son señales identificativas que señala un punto en el programa. Pueden utilizarse para producir lazos de repetición para algunas acciones del programa.
- **Sentencia break.** Esta sentencia se utiliza para terminar la ejecución de un bucle while o for. Es decir el control continuará por la siguiente instrucción del bucle.

Ejemplo.

```

    int n, j;
    n=j=1;
    while (dato){
    if (j==12) break;
    n=2*j;
    j++;
    }

```

- **Sentencia goto.** La sentencia goto le permite hacer un salto absoluto al otro punto en el programa. Es son complementos de las etiquetas.

Ejemplo.

```

    Proyección:
    sentencia1;
    sentencia2;
    sentencia3;
    Goto proyección;

```

2.6.4.3 FUNCIONES PARA MANEJO DE DISPOSITIVOS DE MicroC PRO for PIC.

MicroC PRO For PIC ofrece funciones y herramientas para el manejo de periféricos como el teclado, display, memoria EEPROM, conversores A/D, USART, I²C, etc. Pues son utilizadas varias veces en el mismo programa y escribir el mismo código cada vez que se las utiliza resultaría poco conveniente.

2.6.4.3.1 FUNCIONES PARA DISPLAY LCD.

El compilador ofrece una variedad de funciones que permiten la presentación de mensajes en displays con controlador HD44780 o similares. Para hacer uso de estas es necesario antes declarar las variables para la conexión en alguno de los puertos disponibles del PIC.

```
// Lcd pinout settings
sbit LCD_RS at RB4_bit;
sbit LCD_EN at RB5_bit;
sbit LCD_D7 at RB3_bit;
sbit LCD_D6 at RB2_bit;
sbit LCD_D5 at RB1_bit;
sbit LCD_D4 at RB0_bit;

// Pin direction
sbit LCD_RS_Direction at TRISB4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISB5_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISB3_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISB2_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISB1_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISB0_bit;
...
```

Figura 2.32 Declaración de variables para la conexión en el puerto B de un PIC de gama media.

Para presentar un carácter en el display es necesario inicializar su uso al principio de la función principal, luego se debe indicar posición del display en la cual debe aparecer el carácter, para esto se utilizan las siguientes funciones.

Función	Descripción
Lcd_Init()	Inicializa el LCD.
Lcd_out(fila, columna, texto)	Visualiza texto en la posición especificada.
Lcd_out_Cp(texto)	Visualiza texto en la posición actual del cursor.
Lcd_chr(fila, columna, carácter)	Visualiza un carácter en la posición especificada.
Lcd_chr_cp(carácter)	Visualiza un carácter en la posición actual del display.
Lcd_Cmd(comando)	Envía un comando al LCD.

Tabla 2.18 Funciones para LCD¹⁵.

Los comandos disponibles son de gran utilidad en la elaboración de mensajes que no necesariamente deban permanecer estáticos. Se puede mover el mensaje de una fila a otra, hacer uso del cursor entre otras posibilidades descritas en las siguientes funciones.

Comando	Propósito
_LCD_FIRST_ROW	Mueve el cursor a la primera fila.

¹⁵ Como programar en lenguaje C microcontroladores 16F877A, Penagos Juan, segunda edición, pág. 41.

<code>_LCD_SECOND_ROW</code>	Mueve el cursor a la segunda fila.
<code>_LCD_THIRD_ROW</code>	Mueve el cursor a la tercera fila (solo displays con 4 filas).
<code>_LCD_FOURTH_ROW</code>	Mueve el cursor a la cuarta fila (solo displays con 4 filas).
<code>_LCD_CLEAR</code>	Borra el display.
<code>_LCD_RETURN_HOME</code>	Regresa el cursor a la posición original, la memoria RAM del LCD no se ve afectada.
<code>_LCD_CURSOR_OFF</code>	Apaga el cursor.
<code>_LCD_UNDERLINE_ON</code>	Enciende el cursor subrayado.
<code>_LCD_BLINK_CURSOR_ON</code>	Enciende el cursor con efecto de parpadeo.
<code>_LCD_MOVE_CURSOR_LEFT</code>	Mueve el cursor a la izquierda sin cambiar la RAM del LCD
<code>_LCD_MOVE_CURSOR_RIGHT</code>	Mueve el cursor a la derecha sin cambiar la RAM del LCD
<code>_LCD_TURN_ON</code>	Enciende el LCD
<code>_LCD_TURN_OFF</code>	Apaga el LCD.
<code>_LCD_SHIFT_LEFT</code>	Desplaza la pantalla a la izquierda sin cambiar la RAM del LCD.
<code>_LCD_SHIFT_RIGHT</code>	Desplaza la pantalla a la derecha sin cambiar la RAM del LCD.

Tabla 2.19 Comandos para la función Lcd_Cmd ().

Para utilizar las funciones Lcd_out y Lcd_Cmd es necesario ingresar como parámetro de la función el código ASCII del carácter requerido, por lo que es necesario transformar los valores numéricos o caracteres a una cadena de este código. Para realizar estas conversiones se utiliza las siguientes funciones de MicroC.

Función	Descripción
ByteToStr (short <i>input</i> , char <i>output</i>)	Convierte un byte de entrada en una cadena ASCII de salida.
ShortToStr(short <i>input</i> , char <i>output</i>)	Convierte un número corto de entrada en una cadena ASCII de salida.
IntToStr (int <i>input</i> , char <i>output</i>)	Convierte un número entero de entrada en una cadena ASCII de salida.
FloatToStr	Convierte un número flotante de entrada en una cadena ASCII de salida.

Tabla 2.20 Funciones de conversión.

2.6.4.3.2 FUNCIONES PARA TECLADO.

Para conectar un teclado a algún puerto es necesario indicar antes de la función principal en cual puerto se lo va a conectar utilizando la función:

Char keypadport at PORTX; //X= Puerto A, B, C, etc.

```
Void main {
...}
```

Seguidamente y ya dentro de la función principal y antes de utilizar el teclado es necesario inicializarlo para esto se utiliza la función:

```
Void main {
Keypad_Init ();
...}
```

Finalmente para leer el valor de alguna tecla se lo puede hacer con las siguientes funciones:

Keypad_key_click () cuando una tecla es presionada y liberada.

Keypad_key_press () cuando una tecla se mantiene presionada.

2.6.4.3.3 FUNCIONES PARA EEPROM DE DATOS.

Se puede utilizar la memoria EEPROM como una base de datos constantes o para almacenar valores de variables y conservarlas ante fallos de energía. Pues la memoria EEPROM es una memoria no volátil.

Para utilizar datos que se mantendrán constantes a lo largo del programa se utiliza la herramienta *EEPROM editor* de la barra de herramientas de la ventana de MicroC, se desplegarán casilleros correspondientes a las direcciones de memoria en los cuales se ingresa los datos a almacenar.

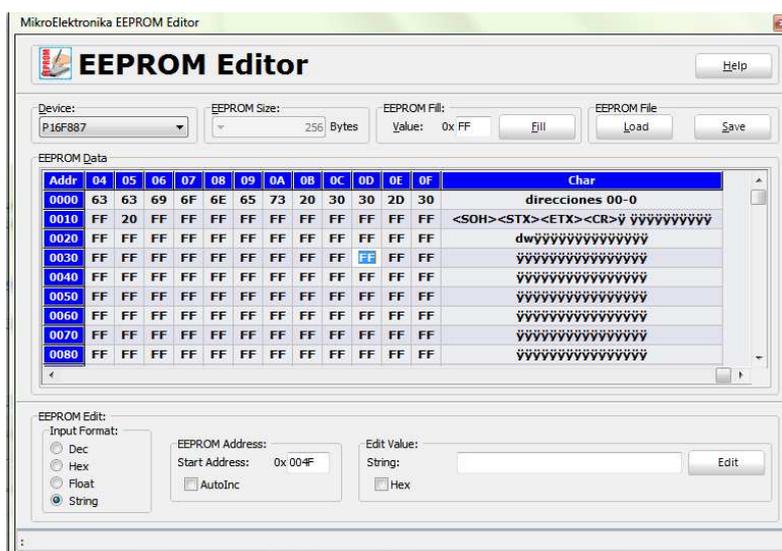


Figura 2.33 Editor de datos para la memoria EEPROM.

Para leer o escribir en esta memoria se utiliza las siguientes funciones.

EEPROM_Read (dirección) Retorna el byte almacenado en la dirección especificada.

EEPROM_Write (dirección, dato) escribe el dato en la dirección especificada de la memoria.

Hay que tener presente cual es el tamaño de la memoria EEPROM disponible para el usuario de acuerdo a cada PIC.

2.6.4.3.4 FUNCIONES PARA EL CONVERTOR A/D.

El uso de los conversores A/D del PIC implica dos procesos; uno para la adquisición y muestreo de la señal análoga y otro para la conversión de ese valor en una cantidad digital. Ambos procesos poseen tiempos mínimos para su ejecución que dependen entre otras del tipo de oscilador.

Estos procesos implica la modificación de varios registros para configurar el convertor y para almacenar el resultado por lo que realizar el código para utilizar los conversores resulta complejo.

MicroC ofrece una función que realiza todos estos procesos y modificaciones a los registros necesarios dejando al usuario solamente la decisión de que canal utilizar.

ADC_Read (canal) inicializa el modulo A/D retornando un numero de 10bits como resultado de la conversión.

2.6.5 ANALISIS DE CONDICIONES PARA EL PROGRAMA.

Para que el controlador regule el proceso de riego es necesario determinar las circunstancias necesarias bajo las que debe ejecutar el programa y activar las electroválvulas.

El programa debe utilizar estas circunstancias como parámetros variables y de acuerdo a ellos decidir qué acción realizar. Estos requerimientos son provistos por la persona que está utilizando el controlador y son:

- Escoger entre el tiempo y la humedad del suelo como variable a controlar.
- Ingresar el tiempo de riego requerido si es el caso.
- Ingresar la humedad del suelo requerida si es el caso.

Por el lado del controlador las actividades que debe realizar son:

- Ofrecer las opciones de riego disponibles.
- Activar las electroválvulas de acuerdo a los requerimientos ingresados.
- Presentar el estado en el que se encuentra el proceso de riego.

El funcionamiento del programa del sistema de riego debe ajustarse al siguiente esquema.

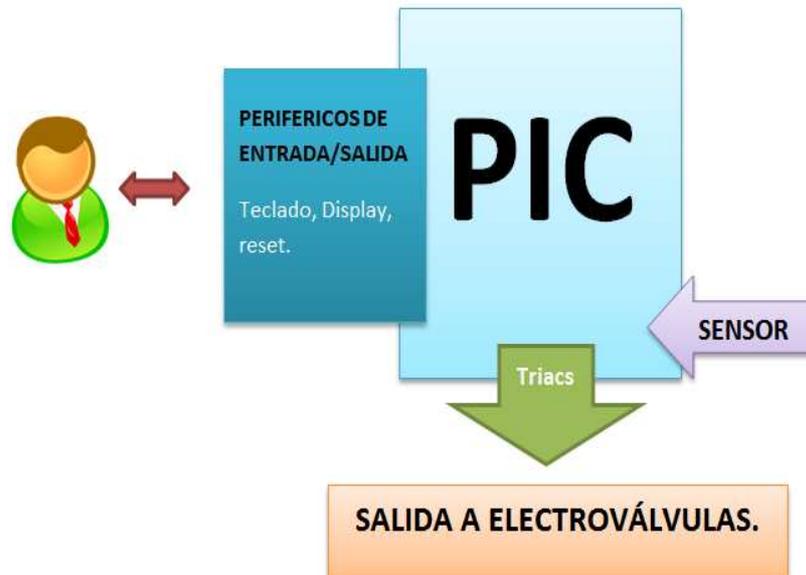


Figura 2.34 Diagrama de bloques del controlador.

2.6.6 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.

A continuación se indica el diagrama de flujo con el que se genera el código de del programa para el pic. El diagrama utiliza las condiciones del punto anterior.

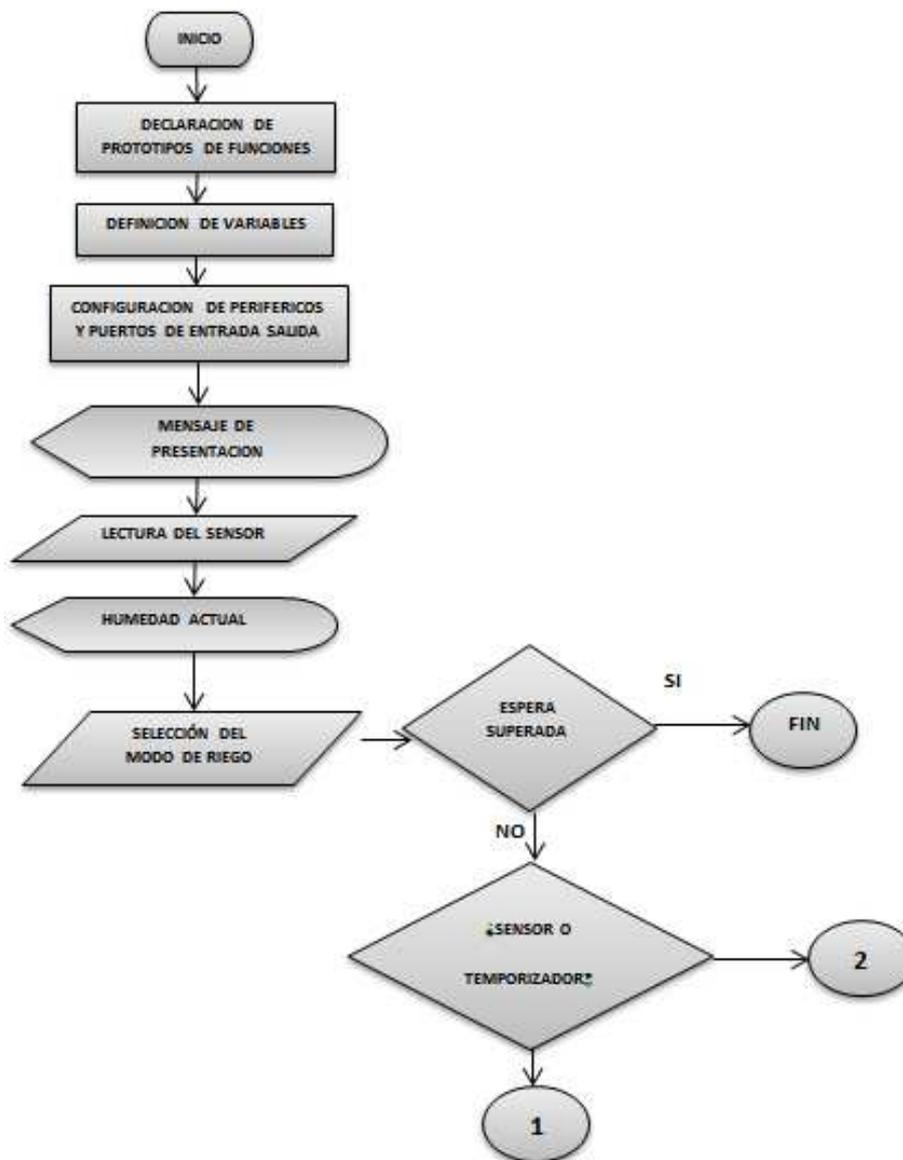


Figura 2.35 Diagrama de flujo del programa.

La selección del modo se refiere a utilizar humedad o tiempo como parámetro a controlar. El modo 1 se refiere al uso del sensor mientras que el modo 2 se refiere al uso del temporizador del pic. Si no se selecciona una de las dos opciones en cierto tiempo se consideró prudente que el programa debe finalizar y no permanecer esperando innecesariamente.

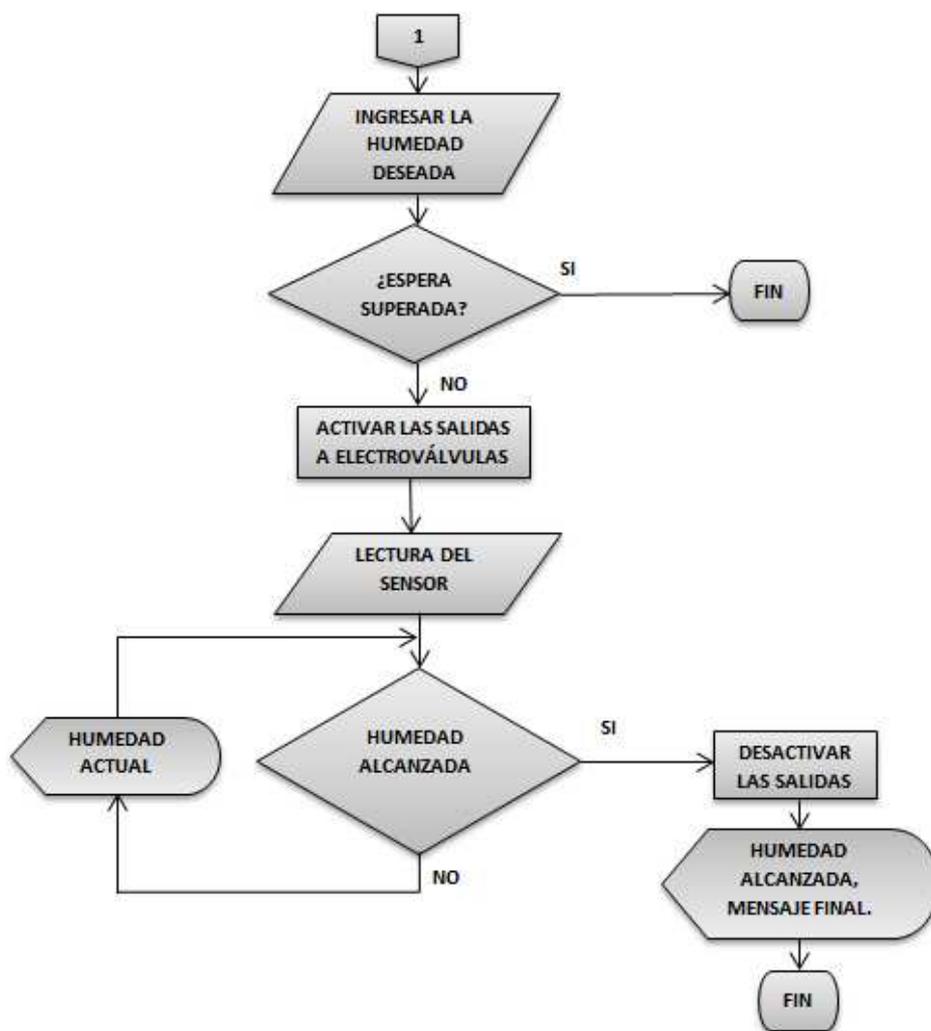


Figura 2.36 Diagrama de flujo del modo sensor.

La humedad ingresada es un valor en centibares de 3 dígitos. Espera superada se refiere al tiempo máximo que el pic aguarda a que se ingresen este valor antes de saltar al fin de programa.

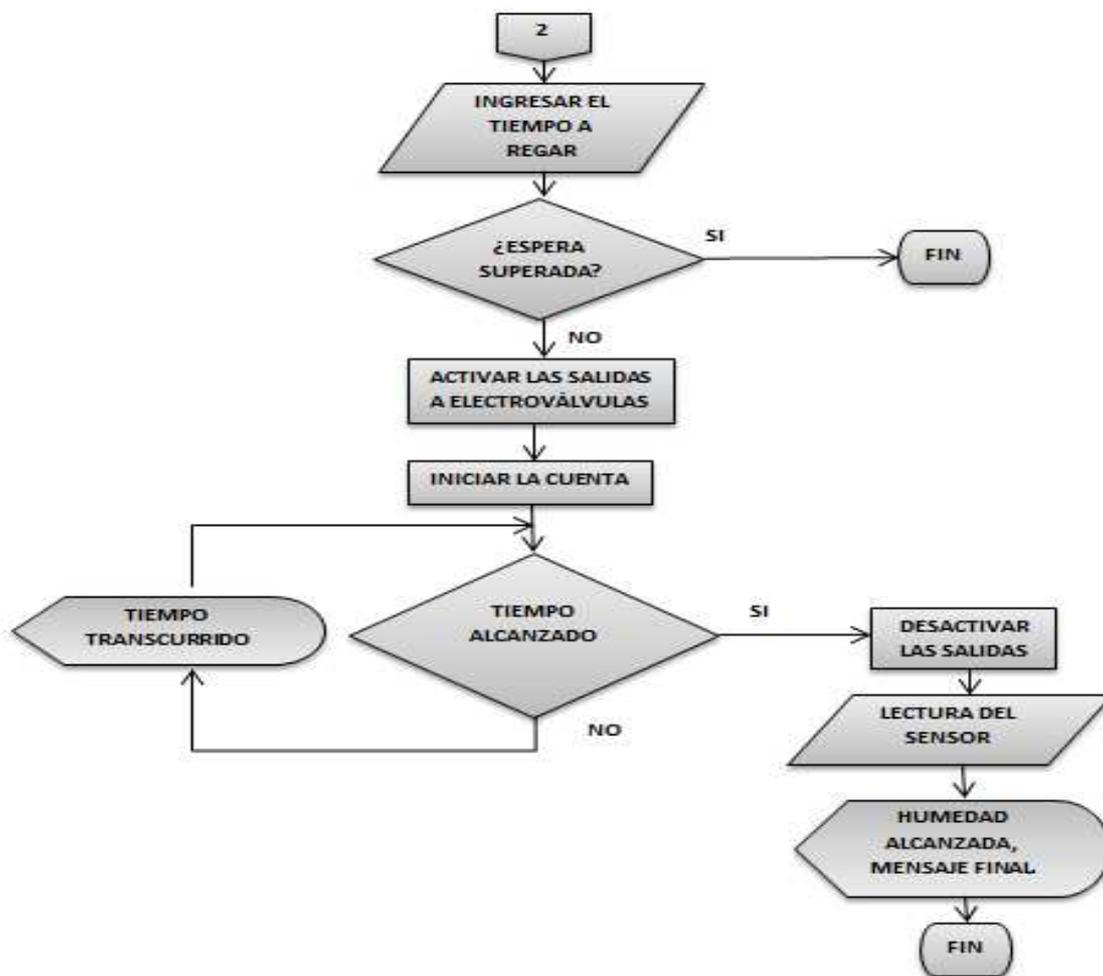


Figura 2.37 Diagrama de flujo del modo temporizador.

Igual que en el modo sensor el valor del tiempo es un número de 3 dígitos, si no se los digita antes del tiempo límite de espera, el programa salta al final y no realiza ninguna otra opción.

Adicionalmente para el funcionamiento de la salida auxiliar para el contactor el diagrama de flujo es el mismo en ambos modos, se genera un retardo de dos minutos luego de activadas las salidas de las electroválvulas para activar la salida del contactor.

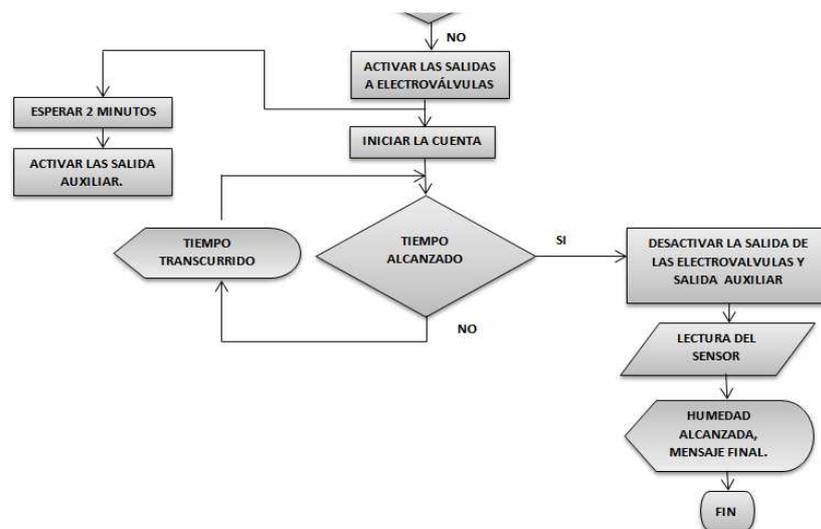


Figura 2.38 Diagrama de flujo para la salida auxiliar

2.6.7 DESCRIPCION DEL DESARROLLO DEL PROGRAMA.

Conocidas las condiciones y lógica que debe tener el programa procedemos a describir de manera general las instrucciones y funciones que la conforman. Para el desarrollo utilizaremos las herramientas que ofrece MicroC PRO para el manejo de periféricos y se las describirá según sean utilizadas.

2.6.8 DECLARACION DE VARIABLES GLOBALES.

Las variables globales son aquellas utilizadas en todo el programa ya sea por la función principal o por el resto de funciones, sirven para almacenar parámetros cuyo valor cambie constantemente. Las variables y la función que desempeñan en este proyecto son:

VARIABLE	DESCRIPCION
Minutos	Almacena los minutos ingresados por el teclado.
Sensor	Almacena el valor entregado por el conversor A/D conectado al sensor de humedad.
Humedad	Almacena el valor de la humedad ingresada por el teclado.
Modo	Almacena la opción seleccionada entre utilizar el sensor o el temporizador ingresado por el teclado.
Cont	Utilizada en la cuenta de eventos para la generación de la señal de reloj.
Seg	Utilizada en la cuenta de los segundos para la generación de la señal de reloj.
Rep	Utilizada en la cuenta de eventos para ejecutar el estado de reposo del PIC.
Txt[4]	Utilizada para el almacenamiento de la cadena de caracteres para mostrarse en el display.

Tabla 2.21 Descripción de variables utilizadas

Todas las funciones son del tipo char lo que implica que estas variables tendrán un rango de valores entre 0 y 255, cantidad que resulta suficiente pues ninguna de ellas requiere una cantidad mayor.

Que la variable minutos pueda alcanzar el valor de 255 significa que se puede alcanzar un riego máximo de 4 horas con 15 minutos, tiempo más que suficiente para el riego de un cultivo bajo invernadero.

Se definen también las variables necesarias para la conexión del LCD en el puerto C y el teclado en el puerto D según lo explicado anteriormente.

```

10 char keypadPort at PORTd;           //asignacion del teclado al puerto d
   .
   . //Inicializacion del lcd
   . sbit LCD_RS at Rc4_bit;
   . sbit LCD_EN at Rc5_bit;
   . sbit LCD_D4 at Rc0_bit;
   . sbit LCD_D5 at Rc1_bit;
   . sbit LCD_D6 at Rc2_bit;
   . sbit LCD_D7 at Rc3_bit;
   .
   . sbit LCD_RS_Direction at TRISc4_bit;
20 sbit LCD_EN_Direction at TRISc5_bit;
   . sbit LCD_D4_Direction at TRISc0_bit;
   . sbit LCD_D5_Direction at TRISc1_bit;
   . sbit LCD_D6_Direction at TRISc2_bit;
   . sbit LCD_D7_Direction at TRISc3_bit;
   .
   . //Declaracion de variables globales
27 char minutos=0, sensor=0, humedad=0, modo=0, cont=0, seg=0, rep=0, txt[4] ;

```

Figura 2.39 Declaración de variables en MicroC.

2.6.9 GRABACION DE MENSAJES EN LA MEMORIA EEPROM.

Escribir la información que el PIC desplegara en el LCD directamente en la función principal del programa resulta poco conveniente, pues MicroC utiliza mucha memoria de datos para procesar y desplegar información en el display reduciendo la memoria disponible para el resto de instrucciones. Por esta razón se prefirió utilizar la memoria EEPROM para almacenar los mensajes requeridos y posteriormente utilizar las instrucciones necesarias para mostrarlos en el display.

Los mensajes que este proyecto utiliza son:

Mensaje	Display 16caracteres	de	Descripción del mensaje	Ubicación en la memoria EEPROM
1	Fila 1	Bienvenido	Mensaje inicial.	0x00 - 0x1F

	Fila 2	Sistema de riego		
2	Fila 1	Pulse * para usar el sensor	Opción para regar de acuerdo a la humedad de la tierra.	0x20 – 0x3F
	Fila 2			
3	Fila 1	Pulse # para usar el temporizador	Opción para regar de acuerdo al tiempo.	0x40 – 0x5F
	Fila 2			
4	Fila 1	Ingreso la humedad deseada en Cb	Solicitud de ingreso del valor de la humedad.	0x60 – 0x7F
	Fila 2			
5	Fila 1	Ingreso los minutos a regar	Solicitud de ingreso del tiempo.	0x80 – 0x9F
	Fila 2			
6	Fila 1	Humedad actual:	Presentación de la humedad.	0xA0 – 0xBF
	Fila 2			
7	Fila 1	Sensor *	Opciones de modo riego.	0xC0 – 0xDF
	Fila 2	Temporizador #		
8	Fila 1	Riego finalizado	Mensaje final.	0xE0 – 0xFF
	Fila 2	Gracias		

Tabla 2.22 Descripción de mensajes presentados.

La grabación de estos mensajes se realizó utilizando la herramienta *EEPROM editor* de MicroC.

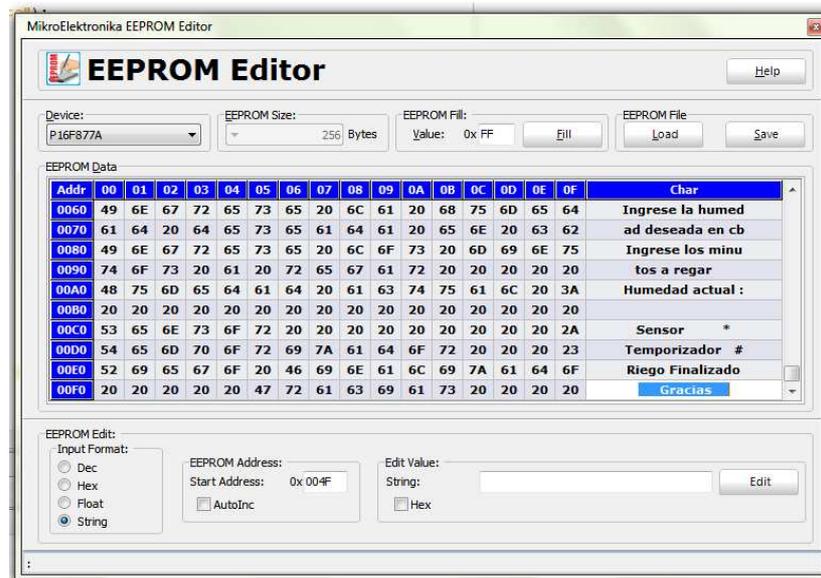


Figura 2.40 Grabación de mensajes en EEPROM.

2.6.9.1 DEFINICION DE FUNCIONES UTILIZADAS.

Los prototipos de funciones que permiten dividir el programa en problemas pequeños se declararon antes que a las variables mientras que la definición y el cuerpo mismo de la función se escribieron después de la función principal esto como recomendación para una buena práctica de programación.

Le descripción de la utilidad que se le da a cada función está expuesta en la siguiente tabla.

Tipo	Función	Descripción
Vacía	<i>Tiempo</i>	Genera la señal de reloj y muestra la cuenta en el display
Vacía	<i>Mensaje</i>	Lee el mensaje seleccionado de la EEPROM y lo despliega en el display utiliza la función EEPROM_READ () de MicroC.
Vacía	<i>Retardoaux</i>	Genera un retardo de 2 minutos después de activar la salida a las válvulas para luego activar la salida auxiliar para el contactor.
Char	<i>conversorAD</i>	Lee el estado del sensor conectado al canal 2 del conversor del PIC, lo relaciona con la función de transferencia del sensor y la resolución del conversor y devuelve un valor entre 0 y 240centibares. Utiliza la función ADC_read (canal 2).

Char	<i>Conversión</i>	Lee el código de alguna tecla presionada y le asigna su correspondiente valor numérico. Utiliza la función Keypad_key_click ().
Char	<i>Numero</i>	Lee 3 teclas presionadas del teclado y le asigna su valor numérico. Para ingresar números de dos cifras es necesario ingresar un cero antes, de igual manera para ingresar un numero de una cifra es necesario ingresar 2 ceros antes. Por ejemplo para ingresar 30 minutos se debe presionar en el teclado: 0 luego 3 y 0.
Char	<i>Reposo</i>	Genera una espera de 2 minutos para que se presione alguna tecla, si esto no ocurre el PIC entra en estado de bajo consumo. Utiliza la instrucción SLEEP escrita en lenguaje ensamblador.

Tabla 2.23 Descripción de funciones utilizadas.

2.6.9.2 CODIGO DEL PROGRAMA.

A continuación se presenta el código completo del programa a grabar en el PIC. Los comentarios que se encuentran junto a algunas instrucciones describen la acción que realiza dicha instrucción.

/* ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES ESFOT

SISTEMA ELECTRONICO AUTOMATIZADO DE RIEGO POR GOTEO

PARA CULTIVOS DE INVERNADERO.

INTEGRANES Pablo Cuasqui

Oswaldo Arias

TUTOR: Ing. Alcívar Costales

AÑO 2013 */

```
Void tiempo (char a);      //declaración de la función tiempo
Void mensaje (char j);     //declaración de la función mensaje
Void Retardoaux (void);    //declaración de la función Retardoaux
Char conversorAD (void);   //declaración de la función conversión
Char número (void);       //declaración de la función numero
Char conversión (char a);  //declaración de la función conversión
Char reposo (char b);     //declaración de la función reposo

Char keypadport at PORTd; //asignación del teclado al puerto d

//Initialization del lcd
sbit LCD_RS at Rc4_bit;
sbit LCD_EN at Rc5_bit;
sbit LCD_D4 at Rc0_bit;
sbit LCD_D5 at Rc1_bit;
sbit LCD_D6 at Rc2_bit;
sbit LCD_D7 at Rc3_bit;

sbit LCD_RS_Direction at TRISc4_bit;
sbit LCD_EN_Direction at TRISc5_bit;
sbit LCD_D4_Direction at TRISc0_bit;
sbit LCD_D5_Direction at TRISc1_bit;
sbit LCD_D6_Direction at TRISc2_bit;
sbit LCD_D7_Direction at TRISc3_bit;
```

```
//Declaración de variables globales
```

```
char minutos=0, sensor=0, humedad=0, modo=0, cont=0, seg=0, rep=0, txt[4] ;
```

```
//Inicio del programa
```

```
Void main () {
```

```
Lcd_Init ();
```

```
Keypad_Init ();
```

```
Trisb=0;
```

```
Portb=0;
```

```
Trise=0;
```

```
Porte=0;
```

```
option_reg=0b11000111; // Configuración del registro OPTION_REG.
```

```
GIE_bit=1; // Habilitación de interrupciones globales.
```

```
T0ie_bit=1; // Interrupción del timer_0 habilitada.
```

```
Mensaje (0);
```

```
Mensaje (5);
```

```
Sensor=conversorAD (2); // Lectura de humedad.
```

```
ByteToStr (sensor, txt);
```

```
Lcd_out (2, 1, txt);
```

```
delay_ms (900);
```

```
Fun: // etiqueta de salto para tecla presionada invalida
```

```
Mensaje (1);
```

```

Mensaje (2);

Mensaje (6);          // Solicitud de selección del modo de riego.

Modo=reposo (6);

If((modo==9)||(modo==1)){

If (modo==9){          // Si se escoge el modo sensor.
Repita:                // etiqueta de salto para valor de humedad erróneo
Mensaje (3);
lcd_cmd(_lcd_clear);
lcd_out(1,1,"H limite  cb");
Humedad=numero ();
If(sensor<humedad){
lcd_cmd(_lcd_clear);
lcd_out(1,1,"Valor muy alto");
delay_ms(500);
goto repita;}        // solicita de nuevo ingresar valor de humedad valido

lcd_out(2,1,"Regando..  cb");
Portb=0xff;
retardoaux();
while(sensor>humedad){
Sensor=conversorAD();
bytetostr(sensor,txt);
lcd_out(2,11,txt); }
Portb=0;

```

```
Porte=0;
}

If (modo==1){           // Si se escoge el modo temporizador.
Mensaje (4);
lcd_cmd(_lcd_clear);
lcd_out(1,1,"T limite:  min");
minutos=numero();
lcd_out(2,1,"Regando.  m  s" );
Portb=0xff;
retardoaux();
Tiempo (minutos);
Portb=0;
Porte=0;
}} Else
Goto fun;           // solicita de nuevo escoger el modo de riego

Mensaje (7);
lcd_out(2,1,"H actual  cb");
Sensor=conversorAD ();
bytetostr(sensor,txt);
lcd_out(2,12,txt);

rep=0;
```

```

while(rep<2){          // entra en modo de bajo consumo 2 minutos después de
finalizar

if(seg==60){

rep++;

seg=0; }

if (rep==2){

lcd_cmd(_lcd_turn_off);

asm sleep; }}

}

```

```
//Fin del programa
```

```
//Prototipos de funciones
```

```
Char número (void){
```

```
Char tecla0=0, tecla1=0, cuenta=0;
```

```
For (cuenta=0; cuenta<3; cuenta++) {
```

```
tecla0=reposo (2);
```

```
If ((tecla0!=9)&(tecla0!=1)){
```

```
If (cuenta==0)
```

```
{tecla0=conversión (tecla0);
```

```
tecla1=tecla1*1+tecla0;
```

```
tecla0=0;}
```

```
If (cuenta==1)
```

```
{tecla0=conversión (tecla0);  
tecla1=tecla1*10+tecla0;  
tecla0=0;}  
If (cuenta==2)  
{tecla0=conversión (tecla0);  
tecla1=tecla1*10+tecla0;  
tecla0=0 ;}  
} else return 0x00;  
ByteToStr (tecla1, txt);  
Lcd_out (1, 11, txt);  
}  
Return tecla1;  
}
```

```
Char conversion (char a){  
Switch (a) {  
case 2: a=9;break;  
case 3: a=6;break;  
case 4: a=3;break;  
case 5: a=0;break;  
case 6: a=8;break;  
case 7: a=5;break;  
case 8: a=2;break;  
case 10: a=7;break;
```

```
case 11: a=4;break;
case 12: a=1;break;}
return a;}
```

```
void interrupt(void){
tmr0=61;
cont++;
if(cont==20){
seg++;
cont=0;}
T0IF_bit=0;
}
```

```
void tiempo(char a){
char minu=0;
seg=0;
while(minu<a){
if(seg==60){
minu++;
seg=0;}
bytetostr(seg,txt);
lcd_out(2,13,txt);
bytetostr(minu,txt);
```

```
lcd_out(2,9,txt);  
}}
```

```
void mensaje(char j){  
char i=0,txt;  
lcd_cmd(_lcd_clear);  
lcd_cmd(_lcd_cursor_off);  
j=j*0x20;  
for(i=j;i<=j+0x21&i!=0xff;i++){  
txt=eeprom_read(i);  
lcd_chr_cp(txt);  
if(i==j+0x0f){  
lcd_cmd(_lcd_second_row);}  
delay_ms(50);}  
}
```

```
char conversorAD(void){  
return (ADC_read(2)*0.0049)/0.0117155;}
```

```
char reposo(char b){  
char tecla=0;  
while(!tecla&(rep<b)){  
tecla=keypad_key_click();
```

```
if(seg==60){  
    rep++;  
    seg=0; }  
if (rep==b){  
    lcd_cmd(_lcd_turn_off);  
    asm sleep; }}  
return tecla;}
```

```
void retardoaux (void){  
    while(rep<2){  
        if(seg==60){  
            rep++;  
            seg=0; }  
        if (rep==2)  
            porte=1;}}
```

Una vez que está escrito el código del programa utilizamos la herramienta compilación de MicroC para obtener el código del programa en lenguaje binario que el pic pueda asimilar. Este código se guarda como un archivo con extensión .hex y es almacenado en la carpeta en la que se creó el proyecto de MicroC.

2.7 SIMULACION DEL FUNCIONAMIENTO.

Una vez elaborado el circuito y el programa necesario procedemos a verificar su funcionamiento, para lo cual utilizaremos las herramientas que ISIS ofrece.

Es necesario primero cargar el archivo generado de la compilación de MicroC en las opciones que se presentan al editar las características del PIC, entre otras cosas se cargan las palabras de configuración, frecuencia del oscilador y el nombre y la ubicación del archivo.

Entre los parámetros que se verificaron en esta simulación fueron la precisión de la cuenta del reloj, la concordancia entre los voltajes y corrientes calculados y los presentes en la simulación. Utilizando los instrumentos de medición del simulador.

CAPÍTULO 3. IMPLEMENTACION DEL HARDWARE Y PRUEBAS FINALES.

3.1 ELABORACION DEL CIRCUITO IMPRESO.

Realizadas las conexiones de todos los elementos necesarios para el funcionamiento del circuito en el simulador y asegurado su funcionamiento se está en capacidad de realizar físicamente el circuito en la llamadas baquelitas que no son sino una tarjeta de material aislante con una película metálica (generalmente cobre) en uno o ambos lados de la misma.

Se ha optado por facilidad de elaboración debido a la cantidad de dispositivos existentes realizar el circuito en 2 tarjetas, una de ellas contendrá el PIC, teclado, display, conexión al sensor y botón de reset, mientras que la otra tarjeta contendrá los optoaisladores y triacs con el control manual y las conexiones de voltaje para las electroválvulas. Con lo cual se consigue también la seguridad de mantener separados los dispositivos que funcionan con voltaje alterno de los que funcionan con voltaje continuo.

Para la elaboración de las mencionadas tarjetas se utilizara el programa de diseño electrónico ARES del paquete PROTEUS. Que presenta las siguientes características.

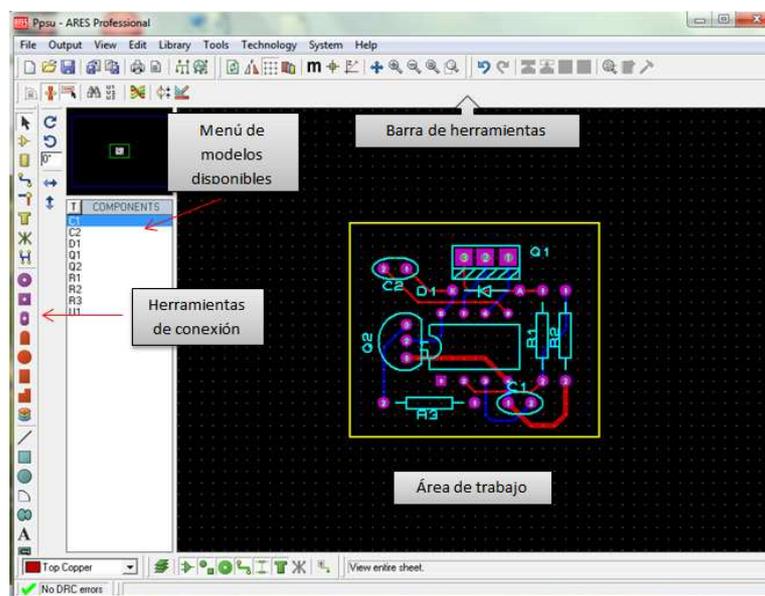


Figura 3.1 Ventana de trabajo del programa ARES.

El programa tiene la capacidad de utilizar el archivo del circuito elaborado en ISIS y de acuerdo a este realizar el esquema de las pistas de manera automática lo

que lo convierte en una herramienta muy útil, tiene la capacidad también de realizar pistas para uno o ambos lados de una tarjeta.

Se procede entonces a separar el circuito previo a utilizar el programa ARES obteniendo 2 subcircuitos uno denominado PCB_PIC y otro denominado PCB_TRIAC.

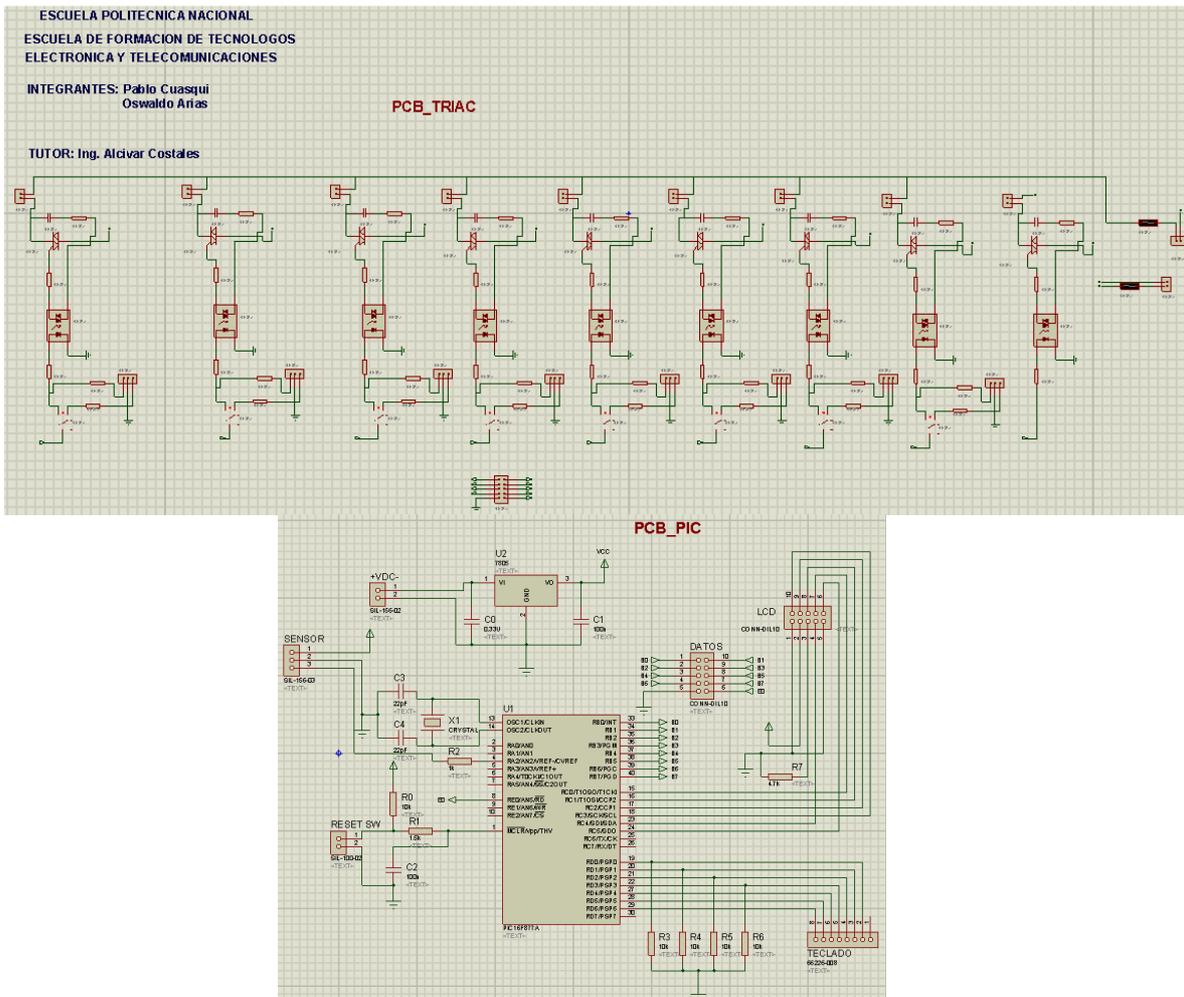


Figura 3.2 esquemas de las tarjetas electrónicas.

La separación de las tarjetas se realizara en la conexión del puerto B y E0 con los optoaisladores utilizando un bus de batos de 10 vías: 9 para las salidas del PIC y una para GND.

Como las tarjetas deben estar protegidas del medio ambiente por una caja que los contenga los dispositivos que se conectan a la tarjeta PCB_PIC no irán montados directamente en ella sino que se encontraran fuera de la caja para que puedan ser utilizados para lo que se utilizaran buses de datos, cables y conectores .

En el caso de la tarjeta PCB_TRIAC los elementos que conforman el control manual irán montados en una cara de la tarjeta y se podrán acceder a los selectores y visualizar los LEDs por medio de orificios en la caja. En la otra cara de la tarjeta se ubicaran los optoaisladores y triacs junto con las resistencias y condensadores. La salida de voltaje para las electroválvulas y salida auxiliar se encontraran montadas fuera de la caja por lo que se utilizaran borneras y cable para su conexión.

Para transferir los esquemas de ISIS a ARES se hace clic en el botón *netlist transfer to ARES* de la barra de herramientas de ISIS. Automáticamente se crea un nuevo archivo, se ejecuta ARES y se desplegara la ventana inicial en donde se escoge el tipo de tarjeta; un solo lado, doble lado, etc. Se escoge un solo lado para PCB_PIC y doble lado para PCB_TRIAC.

Luego a esto se ordena y ubica los elementos en el área de trabajo como el esquema y las conexiones se mantienen desde la última vez que se realizaran cambios en ISIS solamente es necesario hacer clic en el botón *Auto-router* de la barra de herramientas de ARES y el programa realizara las pistas necesarias.

Cuando la disposición de los elementos no es la adecuada se presentan pistas que no realiza el programa por lo que se debe cambiar la posición del elemento que presenta problema o si no es posible cambiar su posición se precede a realizar la pista utilizando puentes para atravesar los puntos conflictivos para ello usamos los botones de la barra de herramientas de conexión y buscamos el modelo LINK en el menú de modelos.

Es necesario también revisar el ancho que el programa asigno a determinada pista pues se debe conservar el criterio que el grosor del cable o pista debe estar en función de la corriente y voltaje que la atraviesa. Así para pistas por la que pasa voltaje alterno de 24 V o pistas de alimentación de voltaje deben ser más anchas que por las que pasan datos del teclado o display.

El programa ofrece también la opción de presentar marcas de los dispositivos y su nombre o descripción en el lado opuesto de las pistas. La figura muestra ambas tarjetas luego de haber ordenado los dispositivos y realizar el ruteo y correcciones.

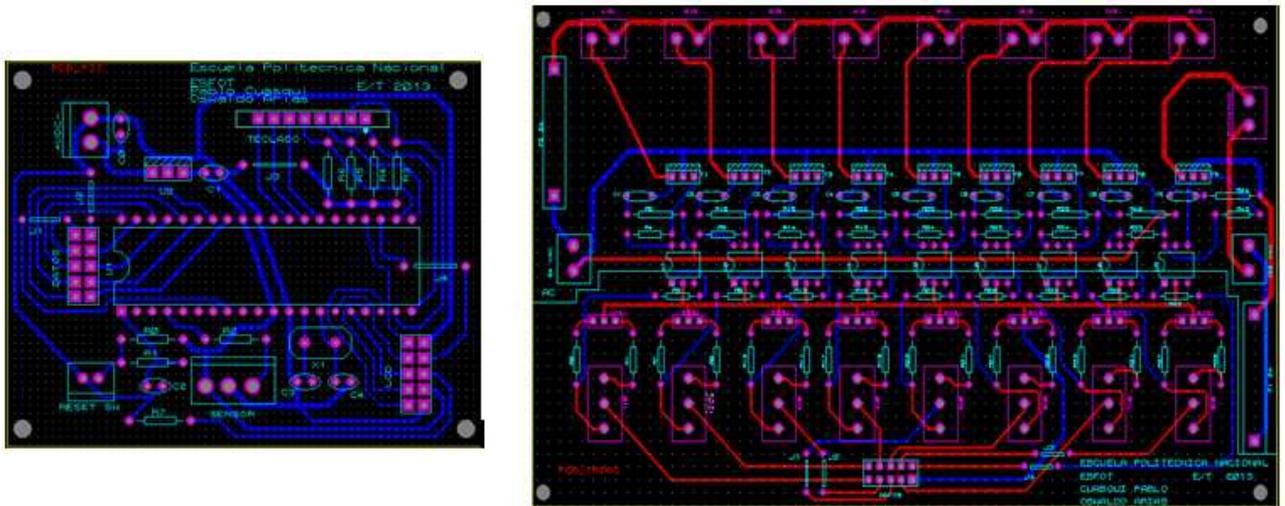


Figura 3.3 Ruteo de las pistas de los circuitos en el programa ARES.

En la tarjeta PCB_TRIAC las pistas en rojo están en el lado de los selectores y LEDs mientras que las pistas en azul están en el lado donde se ubican los triacs.

Una vez realizadas las pistas es necesario imprimirlas como una imagen para luego poder traspasarlas al cobre de la baquelita.

El propio programa posee una herramienta para imprimir la imagen de las pistas aplicando el efecto de espejo o cambiando el tamaño y la escala del mismo si es requerido. Para esto se hace clic en el botón *Print layout* de la barra de herramientas, se escoge la impresora instalada y selecciona el lado de la pista a imprimir.

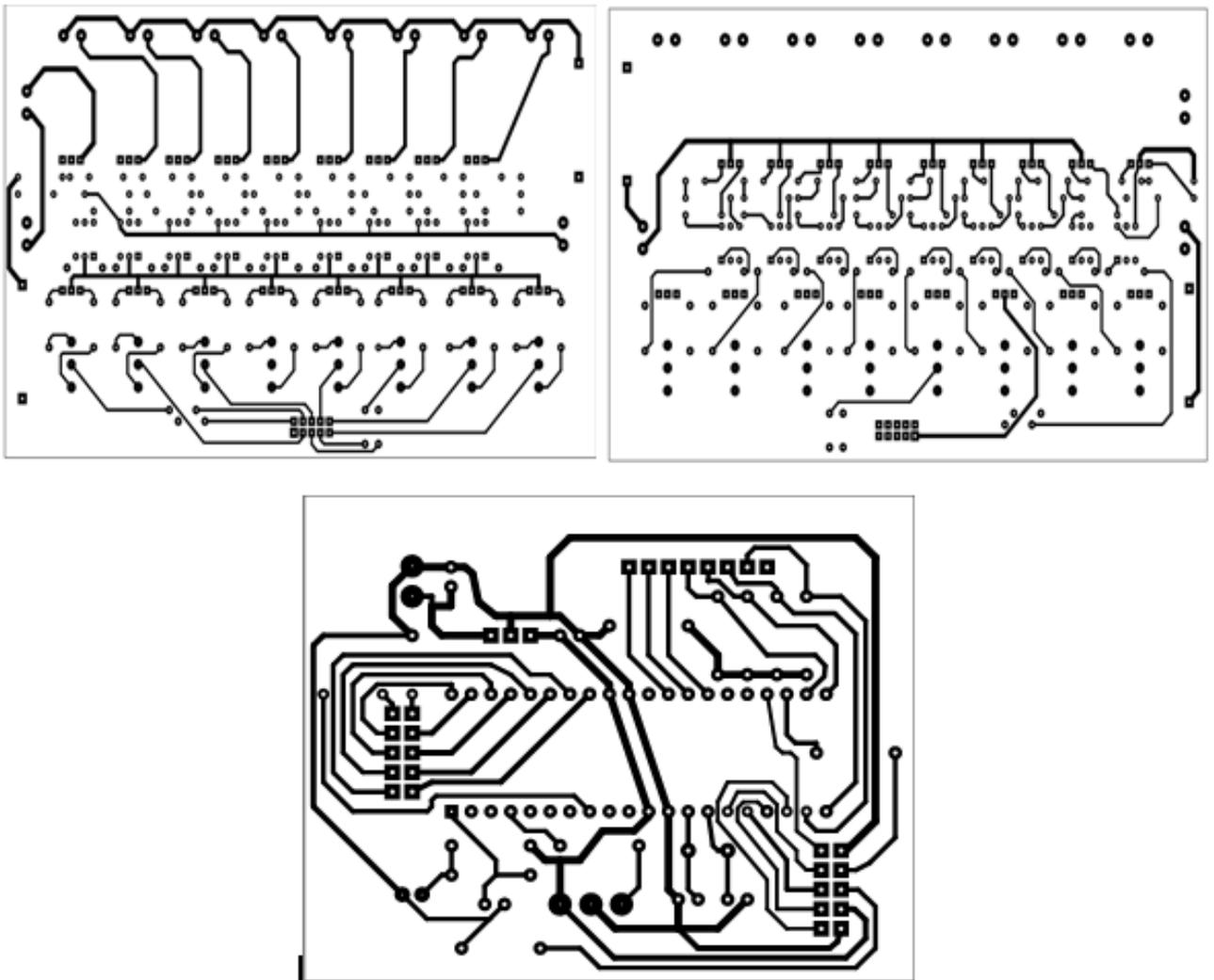


Figura 3.4 Vista final de las pistas de los circuitos.

Existen varias formas de traspasar la imagen de las pistas a la baquelita, una de ellas es imprimir directamente sobre un papel para transferencia térmica, se coloca el papel con la cara impresa hacia el cobre y aplica calor (con una plancha por ejemplo) en la otra cara. La tinta del papel se desprende con el calor y adhiere al cobre quedando impresa la imagen de las pistas. Se debe tener muy en cuenta a que imagen se le debe aplicar el efecto espejo pues al pasar del papel al cobre se realizara otro efecto espejo y el circuito se imprimirá al revés.



Figura 3.5 Impresión de las pistas en la baquelita.

Una vez que se tiene listas las pistas sobre la baquelita se procede a retirar el exceso de cobre y obtener el circuito, para ello en un recipiente plástico se disuelve en agua cloruro férrico, se coloca la baquelita y mantiene agitando el ácido hasta que todo el cobre que no esté cubierto por las pistas haya desaparecido.

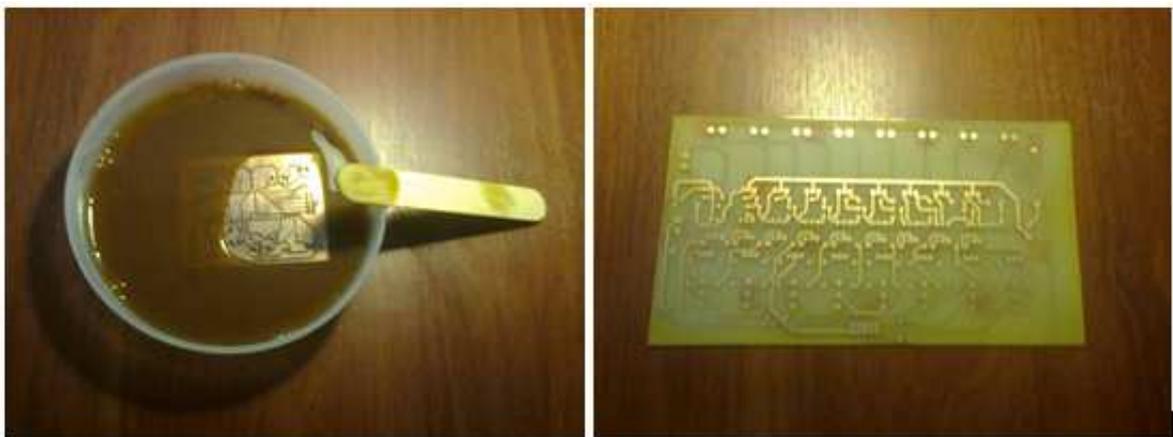


Figura 3.6 Quemado de la baquelita con cloruro férrico.

Seguidamente se verifica que no exista cobre remanente entre pista y pista que pueda ocasionar un corto circuito especialmente entre los pines del PIC pues el espacio entre uno y otro es pequeño. Una vez verificado esto se procede a realizar las perforaciones para los elementos, se los coloca de acuerdo a la ubicación asignada y suelda los pines utilizando un caudín y alambre de aleación de estaño-plomo para soldadura electrónica.

Para grabar satisfactoriamente el PIC se debe primero conectar el hardware del grabador al puerto USB y ejecutar la aplicación. Seguidamente se inserta el PIC en el zócalo y carga el archivo con la extensión .HEX generado al compilar el programa en MicroC, los mensajes en la memoria EEPROM se cargan también. Se carga la palabra de configuración definida anteriormente para finalmente proceder a grabar.

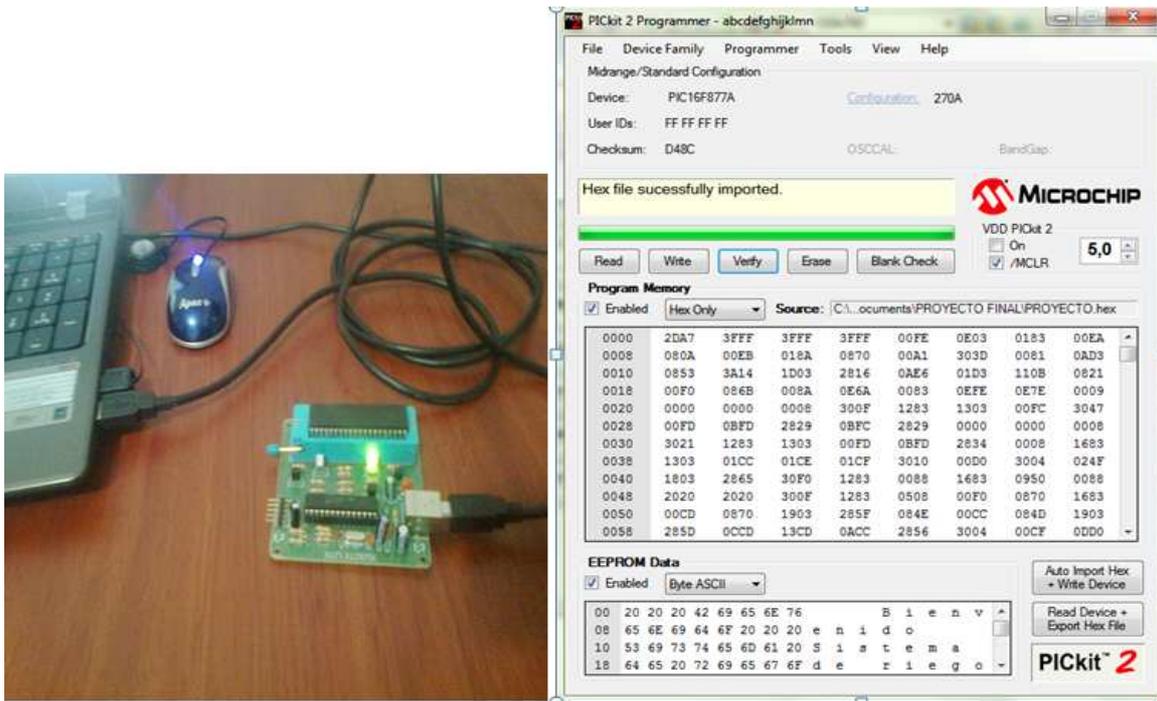


Figura 3.8 Grabación del PIC.

3.1.2 MONTAJE DEL CONTROLADOR.

Para proteger del polvo y humedad las tarjetas electronicas del controlador se las colocara en una caja plastica de 18cm x 25cm, en la tapa se realizaron perforaciones para colocar el lado que contiene los selectores y diodos indicadores de la tarjeta PCB_TRIAC y asi poder acceder a ellos desde fuera de la caja. Tambien se realizan cortes y perforaciones que permitan colocar el teclado y visualizar el display ademas de las perforaciones para las borneras y los cables necesarios para la coneccion de las valvulas y la salida auxiliar

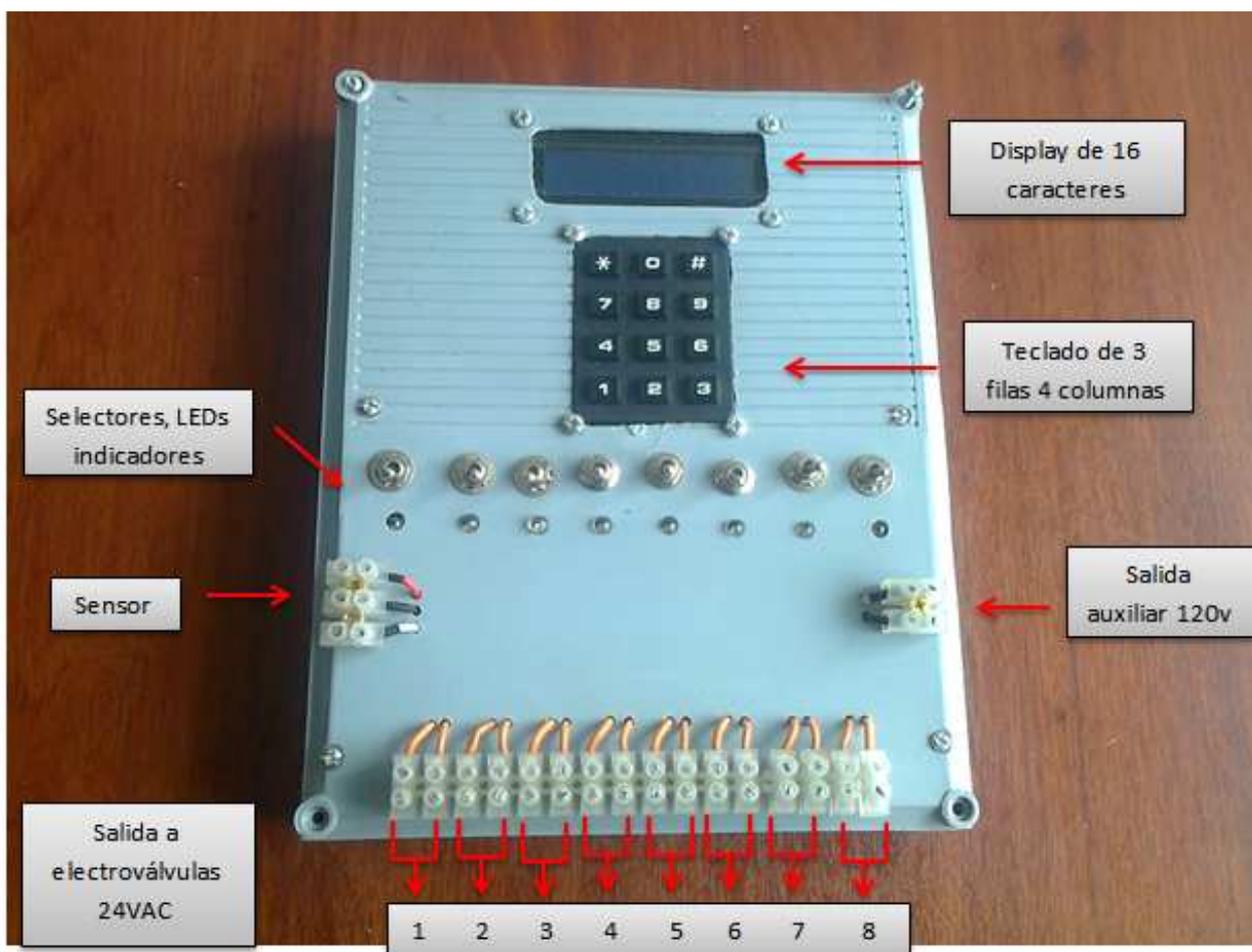


Figura 3.9 Vista externa del controlador.

En el interior de la caja se ubicara la tarjeta PCB_PIC, el transformador y en los costados de la misma se realizan perforaciones para conectar el switch de encendido, boton de reset, la entrada de voltaje AC para la tarjeta PCB_TRIAC y otra entrada para la tarjeta PCB_PIC y el sensor.

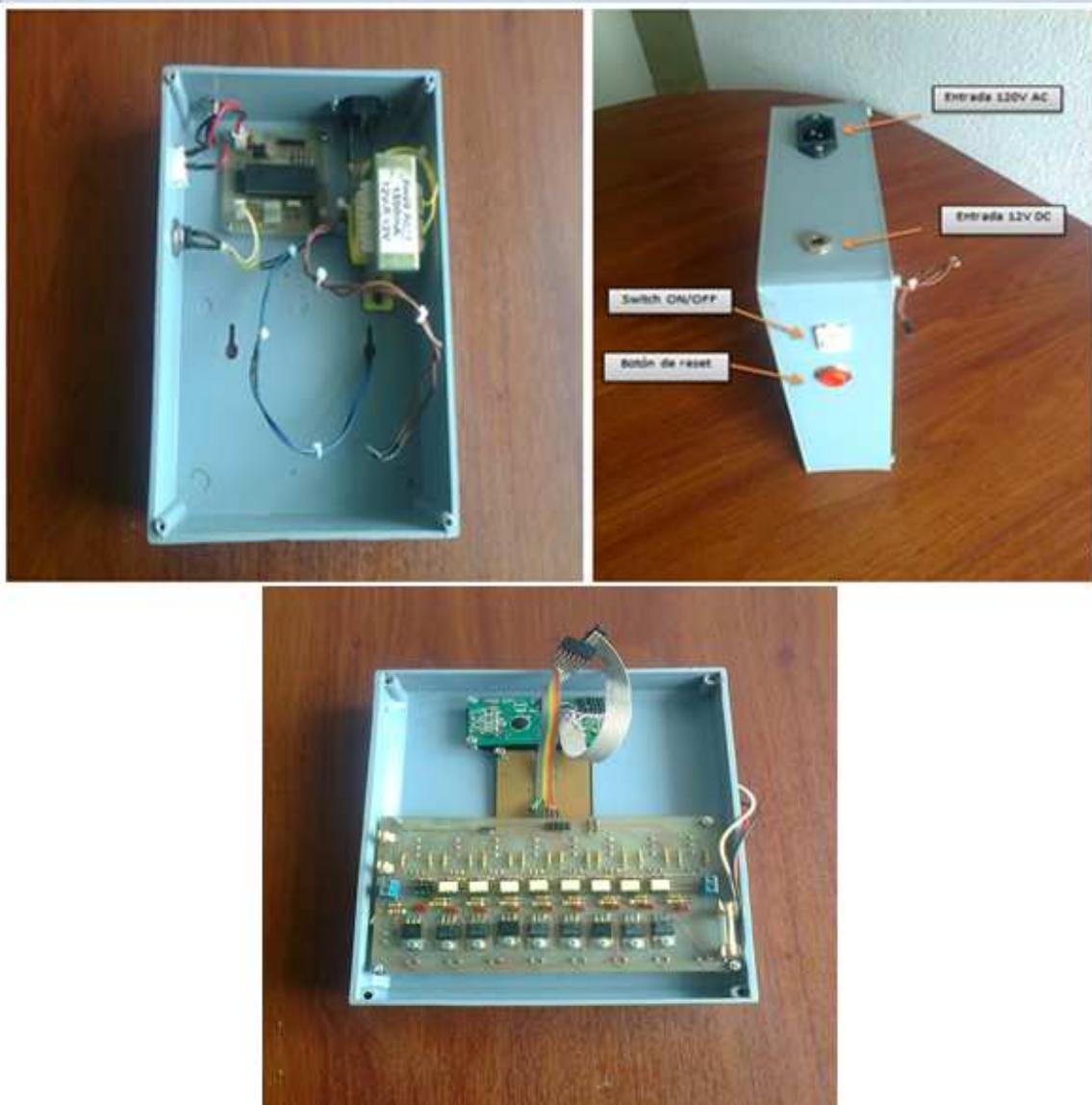


Figura 3.10 Ubicación interna de los componentes del controlador.

Finalmente se coloca el controlador sobre una tabla de madera en la cual se ubicaran el contactor y también 2 tomacorrientes uno de los cuales se conectara a la red eléctrica y servirá para conectar la entrada AC y el adaptador para la entrada DC.

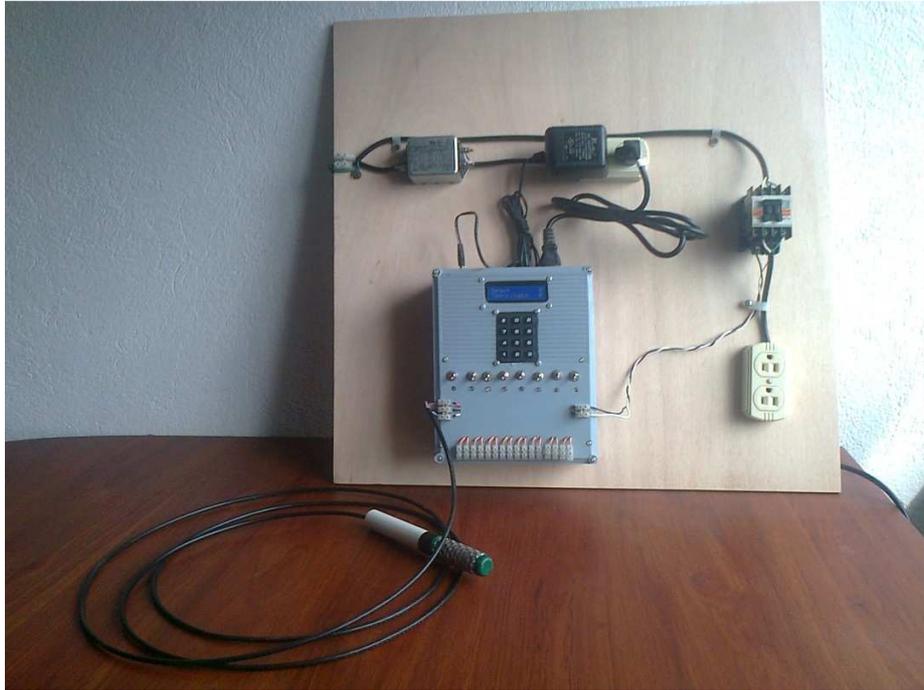


Figura 3.11 Ubicación del controlador y otros elementos.

El otro tomacorriente está conectado al contactor y a la red eléctrica según muestra el siguiente esquema.

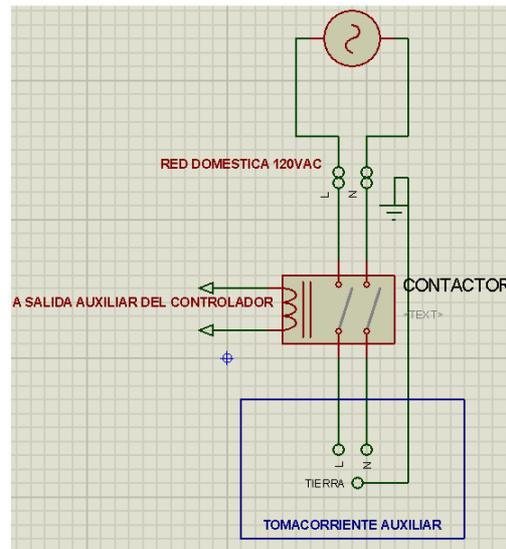


Figura 3.12 Esquema de conexión del contactor.

3.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO.

3.2.1 PRUEBAS DE DISPOSITIVOS.

Con el controlador y resto del sistema listos realizamos las pruebas finales pero antes de verificar el funcionamiento en el invernadero efectuamos las recomendaciones del fabricante del sensor para determinar la magnitud de la señal



Figura 3.13 Instalación del sensor.

Colocamos el dispositivo en un recipiente con tierra extraída del cultivo, realizamos un hoyo e introducimos el sensor humedecido. Lo dejamos un par de

horas hasta que la humedad alrededor del sensor se haya equilibrado, encendemos el controlador y realizamos la prueba del sistema en el modo *sensor* obteniéndose las siguientes mediciones.

$$V_{\text{Salida del sensor}} = 0.92V$$

$$H_{\text{calculada por el pic}} = 80cb$$

Como se nota la tierra se encuentra seca y según la tabla de interpretación de lecturas del tensiómetro del capítulo 1 nos encontramos en el punto de marchitez permanente por lo que nos propusimos alcanzar una tensión de 10 centibares, es decir la capacidad de campo.

Seguidamente encendemos el controlador y añadimos una cantidad de agua alrededor del sensor y dejamos reposar unos minutos hasta que la tierra la haya absorbido completamente. Observando el display se comprueba como el valor de la lectura disminuye rápidamente.



Figura 3.14 Pruebas de funcionamiento del sensor.

Paralelamente a esta prueba se verifico el funcionamiento de los LEDs y selectores del control manual y el voltaje presente en la salida con una

electroválvula conectada. Esta se mantuvo activada sin presentar problema todo el tiempo que duro el riego.

Otra de las pruebas que se realizo fue comprobar la precisión de la cuenta de reloj comparándola con la cuenta de un cronometro encontrándose similares aunque con variaciones que no excedían los 3 segundos de diferencia.

3.2.2 PRUEBAS EN EL INVERNADERO.

Finalmente se realizó la instalación del sistema en el invernadero mencionado al principio de este trabajo. El sensor fue ubicado cerca de una de las plantas cultivadas y dentro del campo de acción de la manguera de goteros que proveen de agua a dicha planta.

La electroválvula reemplazo a una válvula manual que posee el invernadero para controlar el paso del agua la zona donde fue instalado el sensor. Los cables que poseía la electroválvula resultaron muy cortos por lo que se añadió un extensión protegida por manguera plástica para evitar el contacto con la tierra y humedad. La bomba eléctrica se encontraba fuera del invernadero por lo que se requirió de una extensión para poder conectarla.

La tabla con el controlador fue ubicada en un lugar alejado de la tubería que pueda salpicar agua y bajo cubierta segura para evitar se moje por la lluvia.



Figura 3.15 Prueba del sistema en el invernadero.

Por en esta prueba se utilizara el modo temporizador por un lapso de 15 minutos pues se había aplicado riego al cultivo recientemente. La electroválvula se activó y fue necesario un pequeño ajuste en el control de caudal. 2 minutos después se activó la bomba y quedo verificada la utilidad de la salida auxiliar con el retraso del tiempo asignado pues la fuerza con la que impulsa la bomba es alta y podría causar problemas en las uniones de la tubería si las válvulas de paso hacia los goteros no estuvieran previamente abiertas.



Figura 3.16 Prueba del sistema en modo temporizador.

Finalizada la prueba se retiró y limpió la tierra del sensor y resto de componentes del sistema.

3.3 CORRECCION DE ERRORES.

Al momento de realizar las conexiones entre el transformador y los triacs se suscitó un corto circuito que averió un triac. Por lo que se optó por colocar un fusible a la salida del transformador por protección contra los efectos de un corto circuito y para prevenir el daño del controlador. El valor de este fusible se escogido de acuerdo a la corriente del transformador es decir 1.5 A. lo mismo se realizado para la salida auxiliar con un fusible de 1 A para el contactor.

Al momento de realizar las pruebas con el contactor y la bomba se presentó ocasionalmente un funcionamiento errático en el PIC luego de varias pruebas se determinó que la bomba en funcionamiento era la causante de ese comportamiento anómalo. Para combatir este problema se colocó un filtro contra ruido en la toma donde se conecta el adaptador para la entrada dc del controlador.

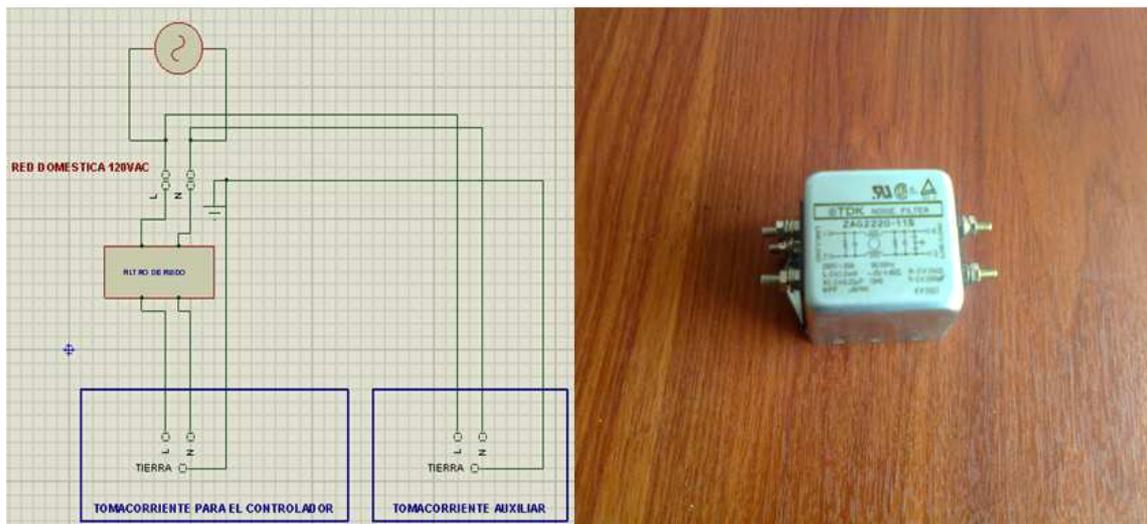


Figura 3.17 Conexión del filtro de ruido.

Como vemos en el circuito el tomacorriente auxiliar se conecta al mismo punto eléctrico que el filtro de ruido, de esta forma el ruido producido por el aparato conectado a ese toma es eliminado por el filtro y no afecta al controlador conectado después del filtro.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1 RESULTADOS.

Con la implementación de este sistema se ha obtenido un aparato capaz de controlar el funcionamiento de electroválvulas en función de la cantidad de agua presente en el suelo o en función del tiempo deseado por quien lo opera.

Se consiguió un programa que para ejecutar el proceso de riego adquiere las condiciones para hacerlo preguntando al operador en lenguaje sencillo y fácil de comprender.

Con el sensor y el programa implementado se tiene un instrumento de medida que determina indirectamente la cantidad de agua presente en el suelo.

Como resultado de este proyecto se ofrece al agricultor que desea tecnificar su cultivo un aparato que facilita la gestión del agua disponible evitando el desperdicio del recurso.

Debido a que los elementos de control de riego poseen estándares para las características. Este proyecto no solo puede ser utilizado en sistemas de riego por goteo sino también en otros sistemas como riego por aspersión o cualquier otro método tecnificado que utilice electroválvulas similares a las aquí descritas para el control del flujo de agua.

4.2 CONCLUSIONES.

Una de las conclusiones a las que conllevó la elaboración de este proyecto es que los pequeños agricultores no tienen facilidad de acceso a herramientas tecnológicas que faciliten su trabajo y permitan mejorar su productividad.

Los precios y la disponibilidad de los implementos para tecnificar un cultivo hacen excluyente el acceso a las soluciones.

La falta de información científica sencilla y de fácil comprensión para el agricultor acerca de su cultivo hace que se utilicen técnicas empíricas poco eficientes.

Utilizar elementos electrónicos disponibles en el mercado reduce considerablemente el precio que alcanza un dispositivo de riego comparado con los existentes en tiendas agrícolas.

4.3 RECOMENDACIONES.

Es muy recomendable que al momento de implementar el sistema de riego propuesto dar un buen seguimiento mediante talleres de capacitación, mantenimiento, aplicación y sobre todo el manejo y uso del sistema para un buen uso del mismo lo cual dará como resultados una buena producción mejorando de esta manera el nivel de vida e ingresos económicos.

Realizar un monitoreo y un mantenimiento preventivo al sistema sería recomendable y de gran ayuda ya que estas actividades nos dan información de en qué estado se encuentra el sistema y sus componentes y de esta manera detectar a tiempo futuros problemas y tener una posible solución a tiempo.

Se recomienda el especial uso de esta aplicación a aquellas personas que deseen saber o tengan un conocimiento las plantas, su cultivo y riego y lo quieran socializar a más personas que podría usar el presente trabajo práctico como herramienta para la enseñanza en el tema.

BIBLIOGRAFIA.

Libros.

1. BOYLESTAD ROBERT, NASHESKY LOUIS.

Electrónica: teoría de circuitos y dispositivos electrónicos

Octava edición, editorial Pearson Educación, México, pág.

2. TOCCI RONALD.

Sistemas digitales: Principios y aplicaciones. Décima edición, editorial Pearson Educación, México.

3. MANDANO ENRIQUE, MENENDES LUIS.

Microcontroladores PIC: Sistema integrado para el autoaprendizaje. Marcombo ediciones técnicas. Barcelona.

4. PENAGOS JUAN.

Como programar en lenguaje C los microcontroladores PIC16f88, PIC16F628 y PIC16F877A. Segunda edición. Quito

5. INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN AGROPECUARIA *INIAP*, ASOCIACION DE AGRÓNOMOS INDÍGENAS DEL CAÑAR *AAIC*.

Cultivo de tomate riñón en invernadero. Editorial ABYA YALA, Quito.

Sitios web.

1. <http://cals.arizona.edu/pubs/wáter/az12205.pdf>
2. <http://www.agromatica.es/wp-content/uploads/2012/06/consumo-de-agua-medio-tomate.jpg>.
3. http://www.predes.org.pe/predes/cartilla_riegoteo.pdf
4. www.inta.gov.ar/region/misiones/index.html
5. www.valvulas.elregante.com
6. <http://www.dorot.com/files/f84fbc558b422b3c373bfaad75a57ffb.pdf>
7. <http://www.irrometer.com/faq.html>.
8. <http://www.cursomicros.com/avr/puertos/teclado-matricial.html>

9. www.programarenpic.com

10. <http://www.todorobot.com.ar/documentos/display.pdf>

11. <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582C.pdf>

ANEXOS.

ANEXO 1:

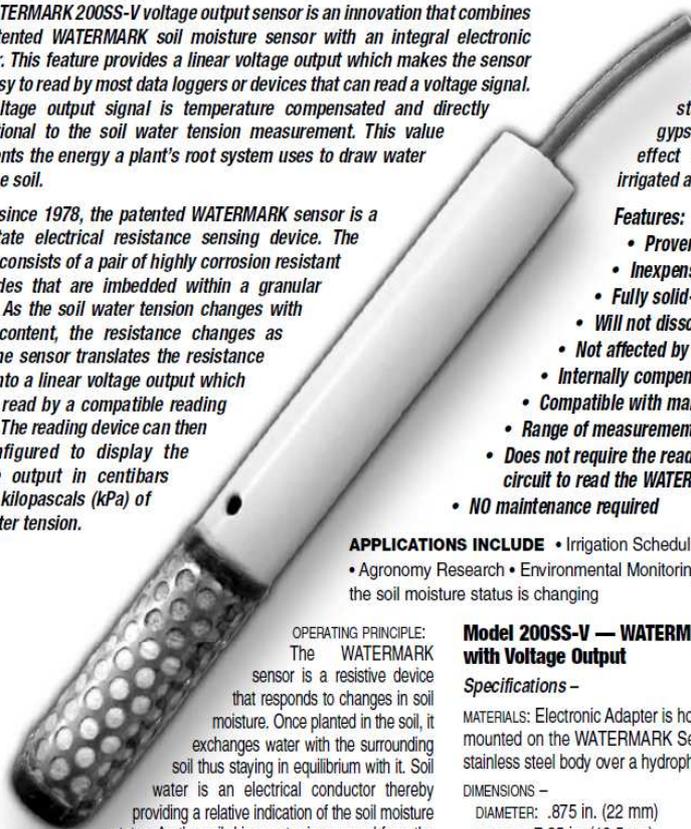
DESCRIPCION DEL SENSOR WATERMARK 200SS-V.

WATERMARK Soil Moisture Sensor with Voltage Output - MODEL 200SS-V

IRROMETER®

The WATERMARK 200SS-V voltage output sensor is an innovation that combines the patented WATERMARK soil moisture sensor with an integral electronic adapter. This feature provides a linear voltage output which makes the sensor very easy to read by most data loggers or devices that can read a voltage signal. The voltage output signal is temperature compensated and directly proportional to the soil water tension measurement. This value represents the energy a plant's root system uses to draw water from the soil.

In use since 1978, the patented WATERMARK sensor is a solid-state electrical resistance sensing device. The sensor consists of a pair of highly corrosion resistant electrodes that are imbedded within a granular matrix. As the soil water tension changes with water content, the resistance changes as well. The sensor translates the resistance value into a linear voltage output which can be read by a compatible reading device. The reading device can then be configured to display the voltage output in centibars (cb) or kilopascals (kPa) of soil water tension.



OPERATING PRINCIPLE:

The WATERMARK sensor is a resistive device that responds to changes in soil moisture. Once planted in the soil, it exchanges water with the surrounding soil thus staying in equilibrium with it. Soil water is an electrical conductor thereby providing a relative indication of the soil moisture status. As the soil dries, water is removed from the sensor and the resistance measurement increases. Conversely, when the soil is rewetted, the resistance lowers.

The WATERMARK sensor is unique in that it takes its resistive measurement within a defined and consistent internal matrix material, rather than using the surrounding soil as the measurement medium. This unique feature allows the sensor to have a stable and consistent calibration that does not need to be established for every installation.

The relationship of ohm of resistance to centibars (cb) or kilopascals (kPa) of soil water tension is constant. The 200SS-V is internally temperature compensated and converts the resistance value to a voltage output. Compatible reading devices such as a data logger can be calibrated to report soil water tension, or matric potential, since that is the best reference of how readily available soil water is to a plant. The WATERMARK sensor consists of stainless steel electrodes imbedded in an internal granular matrix material that acts like a soil in the way it moves water. This matrix is encased in a hydrophilic material that establishes good hydraulic conductivity with the surrounding soil and is held in place by a durable stainless steel perforated shell with plastic end caps.

SPECIFICATION INFORMATION: The soil moisture measurement device, or sensor, shall represent soil moisture status in units of soil water tension or matric potential, registering in centibars (cb) or kilopascals (kPa) when read with a compatible device using a linear voltage scale. Its construction shall be of the Granular Matrix Sensor (GMS) type and require no on-site calibration

The WATERMARK is designed to be a permanent sensor, placed in the soil to be monitored and "read" as often as necessary with a portable or stationary device. Internally installed gypsum provides some buffering for the effect of salinity levels normally found in irrigated agricultural crops and landscapes.

Features:

- Proven stable calibration
- Inexpensive, easy to install and use
- Fully solid-state
- Will not dissolve in soil
- Not affected by freezing temperatures
- Internally compensated for commonly found salinity levels
- Compatible with many voltage reading devices
- Range of measurement from 0 to 239 cb (kPa)
- Does not require the reading device to have a custom electronic circuit to read the WATERMARK sensor
- NO maintenance required

APPLICATIONS INCLUDE • Irrigation Scheduling • Water Table Monitoring • Leak Detection • Agronomy Research • Environmental Monitoring • Anywhere you need to know when or if the soil moisture status is changing

Model 200SS-V — WATERMARK Soil Moisture Sensor with Voltage Output

Specifications –

MATERIALS: Electronic Adapter is housed inside 1/2 in. PVC pipe and pre-mounted on the WATERMARK Sensor which has ABS plastic caps with stainless steel body over a hydrophilic fabric covered granular matrix.

DIMENSIONS –

DIAMETER: .875 in. (22 mm)

LENGTH: 7.25 in. (18.5 cm)

WEIGHT: .4 lb. (181 g)

WIRE LEADS: 10 ft. (3 m), 3 conductor AWG 22 direct burial cable

ELECTRICAL: 3.2-30 volt, 1.5 mA input, polarity protected / 0-3 volt output, linear / 0-239 cb (kPa) = 0 to 2.8 volts linear / 2.9 volts = frozen fault code / 3.0 volts = open circuit fault code. Sensor is not galvanically isolated.

Additional circuitry may be necessary on earth grounded systems.

– Soil moisture readings will automatically be temperature compensated.

– When power is applied, a reading will be supplied within 500 ms.

– If power is left applied, a new reading will be provided every second.

– Once power is removed, a minimum off time of 30 seconds is required before power can be re-applied.

WARRANTY: One year

ORDERING INFORMATION: **Catalog #200SS-V — WATERMARK Soil Moisture Sensor with Voltage Output**

or routine maintenance. It shall be durable, long-lasting, not subject to dissolving in a wet soil environment with an outer surface of stainless steel and ABS and PVC plastic. It shall be the WATERMARK Sensor as manufactured by the IRRROMETER Company, Inc. of Riverside, California.

Optimizing Irrigation . . . Maximizing Conservation . . . Worldwide Since 1951

MODEL 200SS-V - WATERMARK Soil Moisture Sensor with Voltage Output

Installation Instructions —

SENSOR SITE SELECTION — Often more than one sensor should be placed at a given location, at varying depths. For instance, one sensor in the upper portion of the plant's effective root zone and other sensor(s) located deeper into the root zone profile. We refer to this as a "sensing station", and it can give a better representation of the plant's uptake of water. A rule of thumb is one sensing station every 10–20 acres, however more stations may be required based on site conditions such as topography, wind and solar exposure, variations in soil type, irrigation system efficiencies, etc. See information listed below, consult our design guide, or contact us if you have questions about placement.

Note — Our recommendation for anyone using sensors for the first time is to use an adequate number of "stations" over a smaller area to begin with, to get an accurate picture. Then read them regularly over the season to learn the patterns which normally develop.

PLACEMENT —

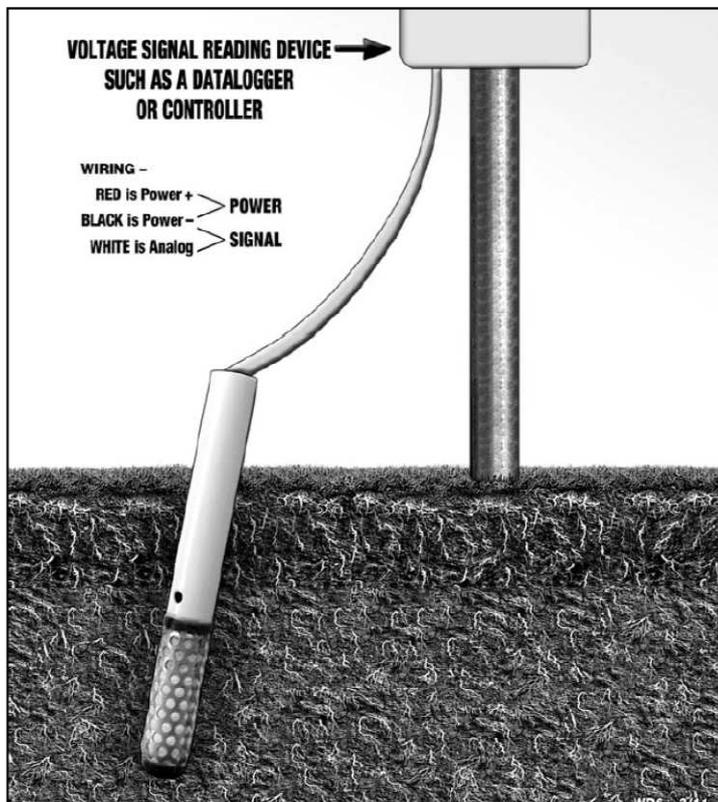
Furrow or Flood Irrigation — Locate sensing station about 2/3 the way down the run, just ahead of the tail or backup water. This is the area where water penetration is usually the poorest. With tree crops, locate sensors on the southwest side of the tree (in the Northern Hemisphere) as this side gets the hot afternoon sun.

Sprinkler Irrigation — Even though the distribution is typically more uniform with sprinkler irrigation, there can be great differences in penetration and holding capacity due to soil variations, interfaces and contour. These various sites make good locations for sensor stations. With tree crops, locate sensors at the drip line of the canopy being sure that they are not obstructed from the sprinkler's distribution. With row crops, locate sensors right in the plant row.

Center Pivot Irrigation — Place sensors at 4–5 locations down the length of the pivot (between towers) just ahead of the "start" point. Additional locations at "hot spots" (good or poor production areas of the field) can help give a better overall view of the field. Be sure to use enough "sensing stations".

Drip or Micro Irrigation — Sensors must be located in the wetted area. With drip emitters, this is usually 12–18 in. (30–45 cm) from the emitter. With micro-sprinklers, usually 24–36 in. (60–90 cm) is best. Monitor often enough to get a good overall picture of the field, or irrigation "block", and consider the soil variations which exist. Keep in mind that light soils dry very quickly and heavy soils more slowly.

DEPTH — This depends on the rooting depth of your crop, but can also be affected by soil depth and texture. With shallow rooted vegetable crops, one depth may be adequate (root system less than 12 in. [30 cm]). With deeper rooted row crops (small grains, vines and trees) you need to measure soil moisture in at least two depths. With deep well-drained soils, crops will generally root deeper — if moisture is available. With



coarse, shallow or layered soils, root systems may be limited in depth. In general, sensors must be located in the effective root system of the crop. Guidelines on proper depths for specific crops and conditions can be obtained from IRRMETER as well as your local farm advisor.

INSTALLATION — Soak the sensors overnight in irrigation water. Always "plant" a wet sensor. If time permits, wet the sensor for 30 minutes in the morning and let dry until evening, wet for 30 minutes, let dry overnight, wet again for 30 minutes the next morning and let dry again until evening. Soak over the next night and install WET. This will improve the sensor response in the first few irrigations.

Make a sensor access hole to the desired depth with an IRRMETER installing tool or a 7/8 in. (22 mm) O.D. rod. Fill the hole with water and push the sensor down into the hole so it "bottoms out". A length of 1/2 in. PVC pipe can be coupled onto the sensor and can be used to push in the sensor. A good snug fit in the soil is

important. This PVC pipe can be solvent welded to the sensor.

If the PVC extension pipe is not left on the sensor, then backfill the hole so the sensor is buried. If the PVC pipe is left on, then compact the soil around the surface to seal off the hole. The PVC pipe acts as a conduit for the sensor's wires. Label each sensor wire to indicate the measurement depth.

For very coarse or gravelly soils, an oversized hole (1–1.25 in. [25 mm–32 mm]) may be needed to prevent abrasion damage to the sensor membrane. In this case, auger a hole to the desired depth and make a thick slurry with the soil and some water. Fill the hole with this slurry and then install the sensor. This will "grout in" the sensor to ensure a snug fit.

If sensors are removed, clean by rinsing with water and wiping with a soft cloth. Air dry and store indefinitely in a clean, dry location. Always soak before re-installation.

IRRROMETER®
THE IRRROMETER COMPANY, INC.
 P.O. Box 2424, Riverside, CA 92516
 (951) 689-1701 PHONE
 (951) 689-3706 FAX
 www.IRRROMETER.com
 sales@IRRROMETER.com

Irrigation
 ASSOCIATION™
 Bronze Member

200SS-V Calibration

0-2.8V represents 0-239 CB
0.0117155 V to 1 Centibar (kPa)

Centibar (kPa)	Voltage
0	0
10	0.117155
20	0.23431
30	0.351464
40	0.468619
50	0.585774
60	0.702929
70	0.820084
80	0.937238
90	1.054393
100	1.171548
120	1.405858
130	1.523013
140	1.640167
150	1.757322
160	1.874477
170	1.991632
180	2.108787
190	2.225941
200	2.343096
210	2.460251
220	2.577406
230	2.694561
240	2.811715

ANEXO 2:

DESCRIPCION DE LAS ELECTROVALVULAS DOROT.



gal[®] PLASTIC VALVES

DESCRIPTION

The direct-sealing diaphragm valves are operated by line pressure. The reinforced rubber diaphragm seals the water passage when line pressure reaches the valve's control chamber.

Relieving the pressure from the control chamber, to the atmosphere or to downstream, causes the valve to open.

The valve's only moving component is its diaphragm; no shaft, seals, or bearings are located within the water passage.

The valve is made of sturdy, high-quality materials. It is produced in a number of structurally different versions (throttling, built-in solenoid operator, etc), with a wide range of control functions (manual activation, pressure control, etc).



OPENED VALVE



CLOSED VALVE

ADVANTAGES

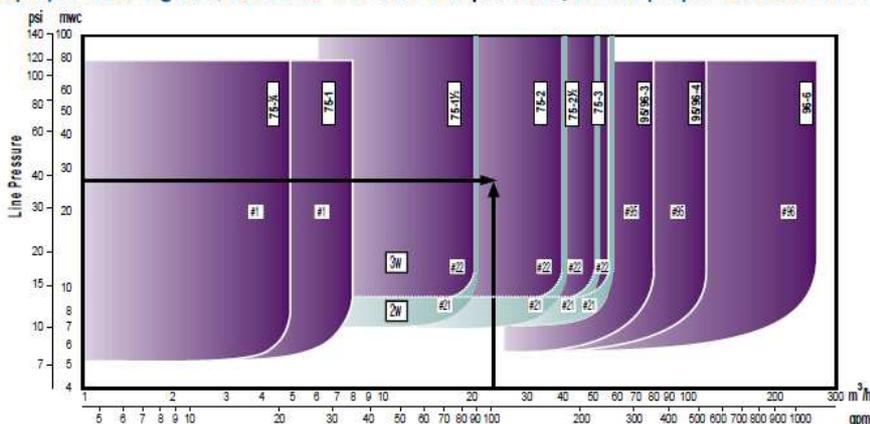
- Structural simplicity
- Superb hydraulic performance
- Reliable control of corrosive liquids
- Light-weight, cost-saving
- Minimum maintenance - maximum dependability





SIZE SELECTION GUIDE

This graph provides a guide, based on flow rate and pressure, for the proper selection of valve size.

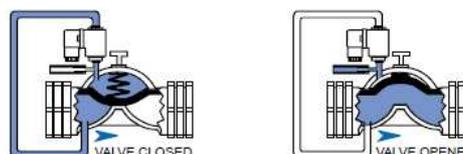


Locate the flow rate on the horizontal axis and draw a line upwards.
 Locate the line pressure on the vertical axis and draw a line to the right.
 The intersection point of the two lines marks the appropriate valve size.
Example: line pressure 28m (40 psi), flow rate 23 m³/h (100 gpm), appropriate valve = model 75-2*

PRINCIPLE OF OPERATION

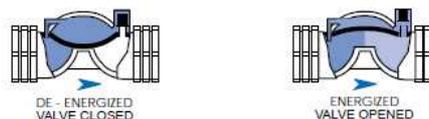
1 3-WAY CONTROL

This control device admits pressure into the control chamber, closing the valve, or relieves pressure to the atmosphere, fully opens the valve.



2 2-WAY ELECTRIC CONTROL

A solenoid operator plugs the control chamber outlet. A permanent connection from the upstream to the control chamber ensures line pressure in the chamber and thus valve closure. Energizing the solenoid operator causes the control chamber to drain to downstream, opening the valve.



MODEL SELECTION TABLE

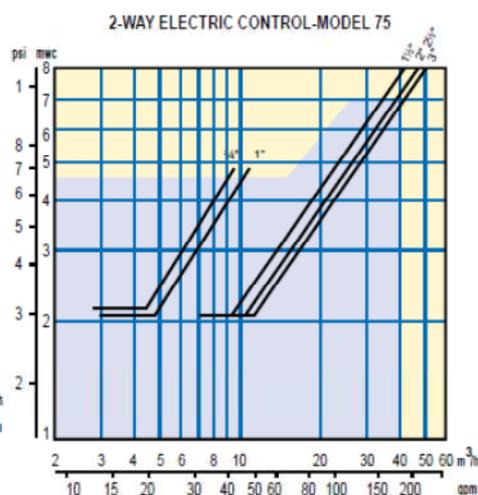
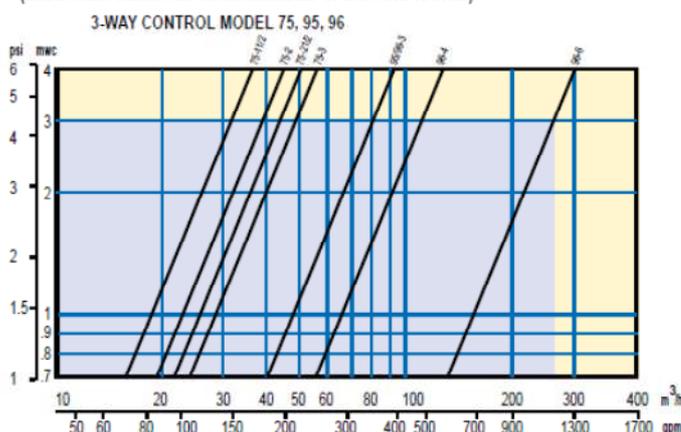
MODEL	75							95	96			
	GRP							uPVC	uPVC			
MATERIAL	GRP							uPVC	uPVC			
CONNECTION	TH							TH	SW			
SIZE	Inch	mm	3/4	1	1 1/2	2	2 1/2	3	3	4	6	
STRUCTURAL VERSION	mm	CODE	20	25	40	50	65	80	80	90	110	160
BASIC	-				●	●	●	●	●	●	●	●
THROTTLING	T				●	●	●	●				
INTEGRAL 2-WAY ELECTRIC CONTROL (DOROT SOLENOID)	E/D2	●	●	●	●	●	●	●				
INTEGRAL 3-WAY ELECTRIC CONTROL (GEMSOL SOLENOID)	E/B3	●	●	●	●	●	●	●				
THROTTLING + 2-WAY ELECTRIC CONTROL DOROT SOL.	T-E/D2	●	●	●	●	●	●	●				
THROTTLING + 3-WAY ELECTRIC CONTROL GEMSOL	T-E/B3	●	●	●	●	●	●	●				

* Non - Integral Solenoid
 ABBREVIATIONS: ● GRP = GLASS - REINFORCED POLYAMIDE ● uPVC = UNPLASTICIZED POLYVINYL CHLORIDE ● TH = THREADED ● SW = SOLVENT WELDED
 * FOR NON-RETURN FEATURE, PLEASE ADD 'N' - E/D2-N



HEADLOSS CHART

(BLUE AREA INDICATES RECCONENDED OPERATING RANGE)



PRESSURE RATING

MODEL 75 SIZES 3/4", 1" - 80 m (115 psi)
 MODEL 75 SIZES 1 1/2" - 3" - 100 m (145 psi)
 MODEL 95/96 SIZES 3", 4" - 80 m (115 psi)
 MODEL 96 SIZE 6" - 100 m (145 psi)

SPECIFICATIONS

MATERIALS

VALVE: BODY ----- MODEL 75: 30% GLASS REINFORCED POLYAMIDE MODELS 95, 96: uPVC
 BONNET ----- 30% GLASS REINFORCED POLYAMIDE
 DIAPHRAGM ----- NATURAL RUBBER
 SPRING ----- SST 302
 SPRING SEAT ----- POLYAMIDE
 NUTS AND BOLTS --- COATED STEEL OR SST 304

SOLENOID OPERATOR:
 COIL ----- POLYESTER-COATED STEEL
 PLUNGER ----- SST
 SEAL ----- BUNA-N OR NR

CONNECTIONS

THREAD:
 FEMALE ISO (BSP), ANSI (NPT)
 SOLVENT WELDING:
 BS 4346.1/ASTM D2467/AS 1477
 ISO 727, DIN 8063.

ELECTRICAL DATA

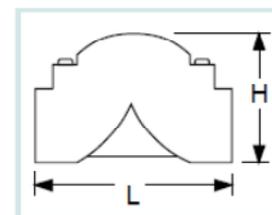
8 WATT OPERATOR: VOLTAGE 24VAC 50HZ, OTHERS ON REQUEST
 INRUSH CURRENT 1.1A, HOLDING 0.66A

3 WATT OPERATOR: VOLTAGE 24VAC, 50HZ/60HZ, OTHERS ON REQUEST
 INRUSH CURRENT 0.3 A, HOLDING 0.15A

NOTE: THE STANDARD COIL IS 24 VAC, 50HZ. OTHERS ON REQUEST
 THE FACTORY RESERVES THE RIGHT TO MODIFY SPECIFICATIONS WITHOUT PRIOR NOTICE.

DIMENSIONS

MODEL	SIZE		L		H	
	Inch	mm	mm	Inch	mm	Inch
75	3/4	20	113	4 1/2	70	2 3/4
75	1	25	124	4 7/8	73	2 7/8
75	1 1/2	40	188	7 1/2	110	4 1/2
75	2	50	199	7 7/8	110	4 1/2
75	2 1/2	65	228	9	119	4 3/4
75	3	80	236	9 1/2	120	4 3/4
95/96	3	80	258	10 1/4	195	7 3/4
96	4	110	278	11	202	8
96	6	160	360	14	380	15





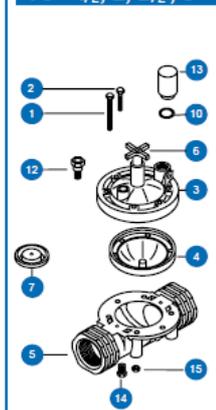
COMPONENTS

Specify model code and size when ordering spare parts. Example: Part no. 4 for 75 - 2 - E/D2

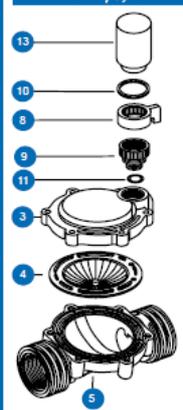
DESCRIPTION 75-2WAY

- 1 LONG BOLT
- 2 SHORT BOLT
- 3 2-WAY BONNET
- 4 2-WAY DIAPHRAGM
- 5 BODY
- 6 2-WAY OPTIONAL THROTTLING
- 7 THROTTLING DISC
- 8 MANUAL ACTIVATION RING
- 9 ADAPTOR
- 10 O-RING
- 11 O-RING
- 12 INLET FILTER
- 13 2 Watt OPERATOR (2-WAY)
- 14 PLUG
- 15 NUT

75 - 1/2, 2, 2 1/2, 3



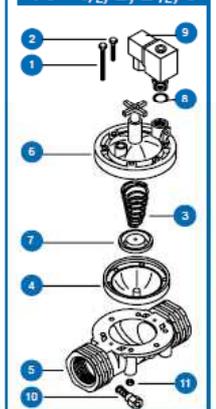
75 - 3/4, 1



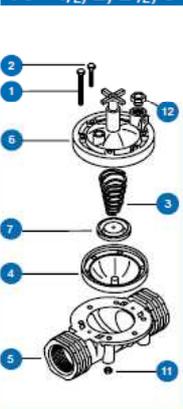
DESCRIPTION 75-3WAY

- 1 LONG BOLT
- 2 SHORT BOLT
- 3 SPRING
- 4 3-WAY DIAPHRAGM
- 5 BODY
- 6 3-WAY OPTIONAL THROTTLING
- 7 THROTTLING DISC
- 8 O-RING
- 9 3 Watt OPERATOR (3-WAY)
- 10 FINGER FILTER
- 11 NUT
- 12 3-WAY CONTROL VALVE ADAPTOR

75 - 1/2, 2, 2 1/2, 3



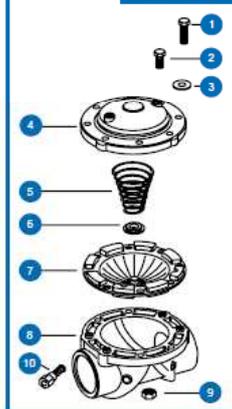
75 - 1/2, 2, 2 1/2, 3



DESCRIPTION 95, 96

- 1 LONG BOLT
- 2 SHORT BOLT
- 3 WASHER
- 4 BONNET
- 5 SPRING
- 6 SPRING SEAT
- 7 DIAPHRAGM
- 8 BODY
- 9 NUT
- 10 FINGER FILTER

95 - 96



ORDERING GUIDE

- 1 Select valve size, using the "size selection" graph located on page 9.
- 2 Select valve model, using table on page 10.

Example: selected, is a 2" valve, made of glass-reinforced polyamide, controlled by a 2-way solenoid operator.

SPECIFY:

- MODEL 75,95,96
- SIZE 1/4, 1", 1 1/2", 2", 2 1/2", 3", 4", 6"
80mm, 90mm, 110mm, 160mm
- CONNECTION STANDARD (THREADED MODELS ONLY) NPT, BSP
- STRUCTURAL VERSION (WHEN APPLICABLE) T, E/D2, E/B3, T-E/D2, T-E/B3

75 - 2 - BSP - E/D2

FOR OTHER CONTROL FUNCTIONS REFER TO SECTION F.



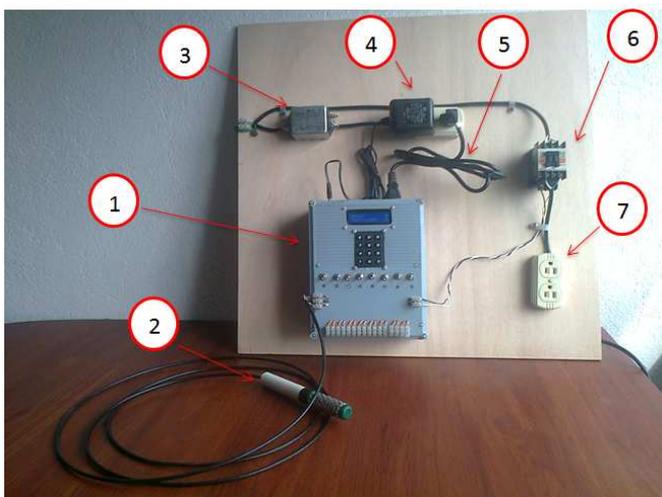
ANEXO 3:

MANUAL DEL USUARIO.

MANUAL DEL USUARIO.

PARTES

El sistema electrónico automatizado de riego por goteo para cultivos de invernadero está constituido por los siguientes elementos.



1	Controlador
2	Sensor Watermark 200ss-v
3	Filtro de ruido
4	Adaptador DC
5	Cable de poder
6	Contactador
7	Toma corriente auxiliar.

Ilustración 1 Partes del sistema.

DESCRIPCIÓN.

El controlador. Es el elemento principal, contiene un microcontrolador con un programa que le permite activar electroválvulas para el control de paso de agua por las tuberías de un sistema de riego. Sus partes constitutivas son:

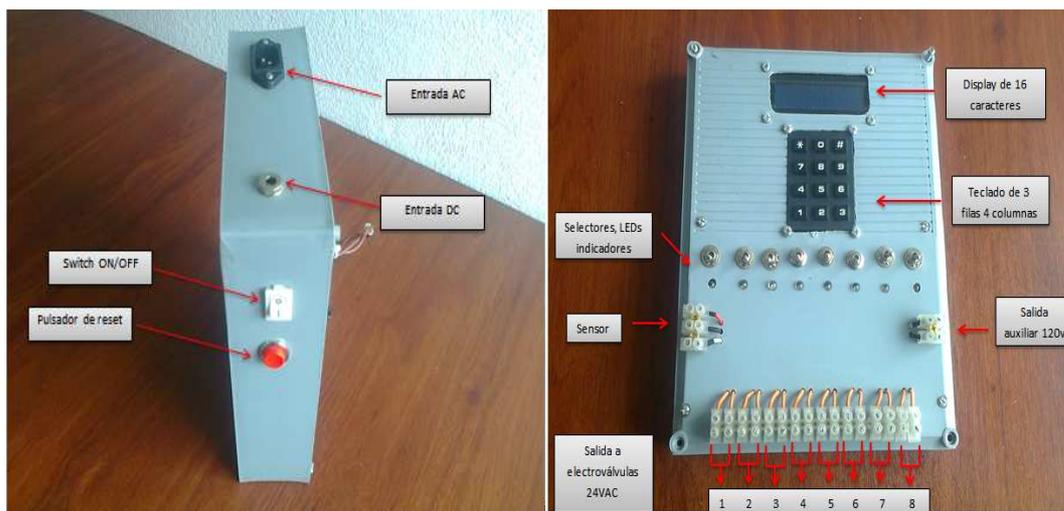


Ilustración 2 Partes del controlador.

El teclado y el display permiten el ingreso y visualización de datos ingresados y el estado en el que se encuentra el proceso de riego.

- **Salidas.** Posee 8 salidas independientes para el control de electroválvulas. El voltaje de salida es de 24 voltios AC a 60Hz con una corriente máxima de 1.5 A en total.
- **Selectores e indicadores.** Permiten el control manual de las salidas de voltaje. Cada salida posee un selector para controlarla y un indicador led para indicar su estado de funcionamiento.
- **Pulsador de reset.** Interrumpe el funcionamiento del controlador y reinicia la ejecución del programa.
- **Entrada DC.** Entrada de alimentación de voltaje continuo para el funcionamiento del controlador.
- **Entrada AC.** Entrada de alimentación de voltaje alterno para las electroválvulas.
- **Pulsador de reset.** Reinicia o interrumpe el funcionamiento del controlador.
- **Switch ON/OFF.** Enciende el controlador.

Sensor Watermark 200ss-v.

Es un sensor de humedad del suelo. De acuerdo a la cantidad de agua presente en el lugar donde es instalado presenta una salida de voltaje proporcional a la tensión medida en centibares con la que las moléculas de agua se encuentran adheridas a las partículas de la tierra.

La relación entre el voltaje entregado por el sensor es de 0.117155 voltios por cada Centibar de tensión medida. Así el rango de voltaje entre 0 y 2.8 voltios equivale a un rango entre 0 y 239 centibares.

Filtro de ruido. Protege al controlador del ruido eléctrico existente en la red que podría causarle funcionamiento erróneo. Aquí se conecta la alimentación para todo el sistema a la red de 120voltios 60Hz.

Adaptador DC. Es el encargado de proveer el voltaje de alimentación para el controlador. En rango de voltajes permitidos para el adaptador es de 5 a 24 voltios de corriente continua.

Cable de poder. Provee al controlador del voltaje necesario para las salidas.

Contactador. Controla la conexión entre la red y el tomacorriente auxiliar, es manejado por el controlador, se activa 2 minutos luego de activadas las salidas. El voltaje está disponible en el tomacorriente auxiliar únicamente cuando el controlador activa el contactador.

FUNCIONAMIENTO.

El sistema activa las salidas de voltaje para las electroválvulas en función de la humedad del suelo o del tiempo deseado por el operador.

El operador puede escoger una de estas 2 opciones presionando un carácter del teclado.

Una vez encendido el controlador se presenta en el display los siguientes mensajes.

*Presione * para usar el sensor.*

Presione # para usar el temporizador.

<i>Sensor</i>	*
<i>Temporizador</i>	#

En caso de escoger la opción sensor se presentara un nuevo mensaje:

Ingrese la humedad deseada en Cb (centibares)

Luego permanecerá esperando a que el operador ingrese el valor deseado.

Presionando # se despliega el mensaje:

Ingrese los minutos a regar.

En ambas opciones si no es presionada ninguna tecla para ingresar un valor el controlador entra en estado de reposo hasta que el botón de reset sea presionado.

Para ambas opciones el valor ingresado por el teclado un debe ser superior a un numero de 3 cifras, y caso que este valor sea de una o dos cifras es necesario completar las tres cifras con ceros. Es decir:

Se desea regar por 15 minutos, en el teclado se debe digitar 0 1 5.

En el modo temporizador el valor máximo permitido es de 255 minutos de riego (4 horas con 15 minutos), de ingresar un valor superior el tiempo de regado será erróneo.

Una vez ingresado el valor. Las salidas para las electroválvulas se activan y se tiene 24 voltios AC en cada una de ellas. Para deshabilitar el funcionamiento de una de ellas se hace uso del control manual con los selectores y leds indicadores. La palanca hacia arriba en deshabilita el funcionamiento de su salida correspondiente y enciende el indicador led rojo. Con la palanca del selector hacia

abajo las electroválvulas se encuentran en la posición ON y se mantiene encendido un indicador verde mientras dura el periodo de riego.

Una vez terminado el riego se despliega un mensaje que presenta la humedad en Cb alcanzada.

INSTALACION Y MANTENIMIENTO.

En caso de producirse un corto circuito en alguna de las salidas o la salida auxiliar existen 2 fusibles en el interior del controlador ambos de 1.5 A reemplácelos con otros del mismo valor.

Para instalar el sensor en la tierra realice un hoyo con la profundidad deseada y coloque agua hasta llenar el hoyo antes de colocar el sensor. Coloque manguera para proteger los cables del sensor y electroválvulas.

Mantenga siempre limpias las borneras de las salidas y las entradas de voltaje. La acumulación de tierra y humedad puede producir deterioro por efecto de la electrolisis.

Mantenga siempre protegido el sistema contra la presencia directa de agua en alguno de sus componentes para prevenir riesgo de corto circuito.