



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

TÍTULO:

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTÓNOMO Y
ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIANTE SENSOR DE HUMEDAD HACIA
DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS.**

AUTORES:

DÁVILA GUERRERO JOSÉ MAURICIO
ROCA LINO RUBÉN ALBERTO

PREVIA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO

INGENIERO ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO

TUTOR:

MsC. Luis Córdova Rivadeneira

Guayaquil, Ecuador

2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue realizado en su totalidad por los
Sres. **José Mauricio Dávila Guerrero** y **Rubén Alberto Roca Lino** como
requerimiento parcial para la obtención del título de INGENIERO
ELECTRÓNICO EN CONTROL Y AUTOMATISMO.

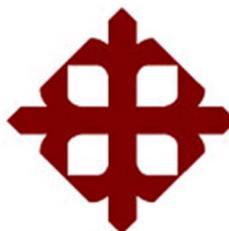
TUTOR

MsC. Luis Córdova Rivadeneira

DIRECTOR DE CARRERA

MsC. Miguel A. Heras Sánchez.

Guayaquil, a los 15 del mes de Febrero del año 2015



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotros, **José Mauricio Dávila Guerrero** y **Rubén Alberto Roca Lino**

DECLARAMOS QUE:

El trabajo de titulación “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTÓNOMO Y ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIANTE SENSOR DE HUMEDAD HACIA DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS” previa a la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica en Control y Automatismo, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía. Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

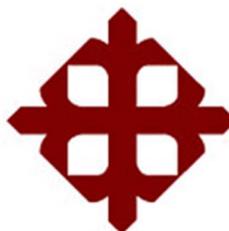
En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, a los 15 del mes de Febrero del año 2015

LOS AUTORES

JOSÉ M. DÁVILA GUERRERO

RUBÉN A. ROCA LINO



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

FACULTAD DE EDUCACIÓN TÉCNICA PARA EL DESARROLLO
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
AUTOMATISMO

AUTORIZACIÓN

Nosotros, **José Mauricio Dávila Guerrero** y **Rubén Alberto Roca Lino**

Autorizamos a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación: "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTÓNOMO Y ADQUISICIÓN DE DATOS MEDIANTE SENSOR DE HUMEDAD HACIA DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS", cuyo contenido, ideas y criterios es de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Guayaquil, a los 15 del mes de Febrero del año 2015

LOS AUTORES

JOSÉ M. DÁVILA GUERRERO

RUBÉN A. ROCA LINO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme dado la fuerza para durante todos estos años lograr culminar esta etapa en mi formación profesional, a mis padres que siempre me brindaron su apoyo incondicional ante todo, y supieron darme un excelente ejemplo a seguir.

A mis sobrinos que toda la vida han estado como hermanos, brindándome todo su cariño y apoyo siempre que lo necesite.

A mi hermana que a pesar de la distancia siempre me aconsejo en los pasos que iba dando a lo largo de la vida.

A mi novia que siempre me ha brindado su amor y ha estado apoyándome e impulsándome en los buenos y malos momentos que se fueron presentando a lo largo de la carrera.

JOSÉ MAURICIO DÁVILA GUERRERO

DEDICATORIA

A Dios por guiarme en este camino y lograr el objetivo de ser un profesional, y permitir que mi familia comparta conmigo este logro tan anhelado.

A mis padres, Edwin y Liliam, por haberme enseñado e inculcado el estudio, responsabilidad y fortaleza para culminar mi carrera universitaria, por brindarme su apoyo y protección en todo momento.

A mis hermanos, Edwin Jr. Y Vanessa, por ser mi ejemplo a seguir con la obtención del título profesional y brindarme sus consejos en todo momento.

A Melissa Cedeño, que compartió conmigo la mayor parte de este camino, me ayudo a crecer como persona y constantemente me motivaba para superar cada prueba que venía por delante.

A toda mi familia, cunados, sobinas, abuelita, tíos y primos por sus muestras de cariño y afecto.

RUBÉN ALBERTO ROCA LINO

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento a Dios, por haberme permitido alcanzar otra meta en mi vida; a mis padres, por todo su esfuerzo, sacrificio y apoyo incondicional; a mis hermanos, cuñados y sobrinas por brindarme la motivación de seguir adelante.

A Melissa Cedeño, por su amor, compañía y apoyo incondicional, que me motiva a seguir cumpliendo con mis objetivos.

Mi agradecimiento a Dios, por haberme dado la oportunidad de cumplir una meta más en mi vida profesional; a mis amados padres, por todo su amor, sacrificio y apoyo que me impulso en toda la carrera.

LOS AUTORES

JOSÉ MAURICIO DÁVILA GUERRERO

RUBÉN ALBERTO ROCA LINO

Índice General

Índice de Figuras	XI
Índice de Tablas.....	XIII
Resumen	XIV
CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	15
1.1. Introducción.....	15
1.2. Justificación del Problema.....	15
1.3. Definición del Problema.....	16
1.4. Objetivos del Problema de Investigación.....	16
1.4.1. Objetivo General.....	16
1.4.2. Objetivos Específicos.	17
1.5. Hipótesis.....	17
1.6. Metodología de Investigación.....	17
CAPÍTULO 2: Fundamentos Teóricos de Sistemas de Automatización mediante dispositivos PLC y microcontroladores PIC	18
2.1. Introducción de PLC.....	18
2.2. Reglas básicas de la lógica de escalera.	20
2.3. Las diferentes instrucciones KOP.	22
2.3.1. Lógica de relé.	22
2.3.2. Salida de energización de bobinas.	23
2.3.3. Relés de control maestro (MCR).	23
2.3.4. Timers.....	24
2.3.5. Contadores de cuenta ascendente.	25

2.3.6.	Contadores de cuenta regresiva.....	26
2.3.7.	Instrucciones aritméticas.....	26
2.3.8.	Operaciones lógicas.....	27
2.3.9.	Move (Movimiento).....	27
2.3.10.	Instrucciones de comparación.....	28
2.3.11.	Manipulación de bloques o archivos.....	28
2.3.12.	Instrucción secuencial.....	29
2.3.13.	Subrutinas y operaciones de salto.....	30
2.3.14.	Saltar a una etiqueta o Skip.....	31
2.3.15.	Saltar a una subrutina.....	31
2.4.	Las restricciones en el uso de diagramas de contactos lógicos.....	32
2.5.	Fundamentos de SCADA y telemetría.....	32
2.6.1.	Estructura de la unidad de terminal remota.....	33
2.6.2.	Especificaciones de una RTU.....	34
2.7.	Estructura de la estación central de sitio/maestro.....	37
2.7.1.	Establecimiento de Comunicaciones.....	37
2.7.2.	Operación del enlace de comunicaciones.....	38
2.7.3.	Diagnóstico.....	38
2.7.4.	Tiempos de respuesta del sistema.....	38
2.7.5.	Expansión del sistema.....	39
2.7.6.	Pruebas del Sistema.....	40
2.8.	Microcontroladores PIC de 8 bits.....	40
2.9.	La ventaja de microchip.....	41
2.9.1.	La ventaja de microchip. Bajo riesgo de desarrollo de productos.....	41
2.9.2.	Coste más bajo del sistema.....	42

2.10. Arquitectura basada en RISC.....	42
2.11. Migración estratégica de microcontroladores PIC.....	44
2.12. Arquitecturas del microcontrolador PIC.....	45
2.12.1. Arquitectura de línea base.....	46
2.12.2. Arquitectura de gama media.....	47
2.12.3. Arquitectura de alto rendimiento.....	48
CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE Y HARDWARE.	50
3.1. Funcionamiento del Sistema de Riego.....	50
3.2. Convertidor de datos de humedad.	51
3.3. Diseño en LabView de adquisición de datos de la humedad.	55
3.4. Programación en MIKROBASIC para conversión de datos del sensor de humedad y para comunicación al computador.....	56
3.5. Diseño de la placa del sistema de riego en ARES de PROTEUS 8...	60
3.6. Diseño de la aplicación en Android con App Inventor.	63
CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	66
4.1. Conclusiones.....	66
4.2. Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

Índice de Figuras

Capítulo 2

Figura 2. 1: Típico sistema PLC.....	18
Figura 2. 2: Esquemático de la lógica en escalera del PLC.....	19
Figura 2. 3: Esquema de contactos (KOP) de la operación de arranque.....	20
Figura 2. 4: Esquema de contactos para detener la operación.....	21
Figura 2. 5: Símbolo de contacto normalmente abierto.	22
Figura 2. 6: Símbolo de contacto normalmente cerrado	23
Figura 2. 7: Símbolo de salida para energización de bobinas.	23
Figura 2. 8: Símbolo del relé de control maestro	24
Figura 2. 9: Operaciones de Time On con Diagrama de temporización.	25
Figura 2. 10: Operación de adición.....	26
Figura 2. 11: Instrucción MOVE.....	27
Figura 2. 12: Secuencia mecánico con 12 pasos.....	29
Figura 2. 13: Tabla de secuencias.....	30
Figura 2. 14: El uso del salto a una etiqueta de instrucciones.....	31
Figura 2. 15: La Estructura de subprograma.	31
Figura 2. 16: Diagrama esquemático de una unidad de terminal remota.....	34
Figura 2. 17: Diagrama esquemático de la estación central maestra.	37
Figura 2. 18: Dispositivos PIC de 8 bits.	40
Figura 2. 19: Arquitectura RISC.....	44
Figura 2. 20: Compatibilidad de pines y códigos también para microcontroladores 8, 14, 18, 28, 80/84 pines.	45
Figura 2. 21: Tres tipos de arquitecturas de los microcontroladores PICs...	46
Figura 2. 22: Microcontrolador PIC de 8 pines.....	47
Figura 2. 23: Dispositivo microcontrolador PIC de gama media.	48
Figura 2. 24: Dispositivo microcontrolador PIC de alto rendimiento.....	49

Capítulo 3

Figura 3. 1: Diagrama de bloques del sistema de riego.....	51
Figura 3. 2: Diagrama de bloques de la interfaz al computador.....	52
Figura 3. 3: Diagrama ASM para el convertidor de datos de humedad	53
Figura 3. 4: Diagrama ASM de la interfaz al computador	54
Figura 3. 5: Programación gráfica para adquirir datos del sensor de humedad.....	55
Figura 3. 6: GUIDE de la interfaz para la adquisición de datos.....	56
Figura 3. 7: Diseño de la tarjeta del sistema de riego en Proteus.....	60
Figura 3. 8: Visualización de pistas y terminales para el sistema de riego. .	60
Figura 3. 9: Vista 3D de la tarjeta del sistema de riego.....	61
Figura 3. 10: Pantalla principal de la interfaz en App Inventor.....	63
Figura 3. 11: Programación para el accionamiento de los comando de control.	64
Figura 3. 12: Programación para el enlace entre celular y sensor.....	64
Figura 3. 13: Programación para recibir datos del sensor de humedad.....	64
Figura 3. 14: Programación para finalizar la comunicación.	65

Índice de Tablas

Capítulo 3:

Tabla 3. 1: Conexión de periféricos al microcontrolador.	62
---	----

Resumen

En este trabajo de titulación se estudio acerca de las bondades del microcontrolador para el desarrollo de sistemas automatizados, a bajo costo y confiables.

Durante varios años los microcontroladores PIC se han desarrollado para brindarnos más funciones y mayor flexibilidad de programación al usuario. Así como permitiendo la integración de periféricos analógicos y/o digitales para la elaboración de sistemas autónomos.

En el capítulo 1 se describen la introducción, la justificación y definición del problema, los objetivos del problema a investigar, la hipótesis y los métodos de investigación utilizados para el desarrollo de este trabajo.

En el capítulo 2 se realiza la descripción de los PLC y microcontroladores, para resaltar las ventajas que nos brinda cada dispositivo.

En el capítulo 3 se muestra el desarrollo del sistema de riego autónomo y la adquisición de datos mediante un dispositivo electrónico, ya sea una computadora o un Smartphone con sistema operativo Android.

CAPÍTULO 1: GENERALIDADES DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

1.1. Introducción.

El aumento de la demanda continúa de alimentos, requieren la rápida mejora de la tecnología de producción de alimentos. En un país como el nuestro (Ecuador), donde la economía se basa en la agricultura y las condiciones climáticas son isotrópicas, todavía no somos capaces de hacer pleno uso de los recursos agrícolas.

La razón principal es la falta de lluvias y la escasez de agua del reservorio de la tierra. La extracción continua de agua de la tierra es la causante de la reducción continua del nivel de agua, debido a que se acerca poco a poco a las zonas de tierra no irrigada. Otra razón muy importante de esto es que debido a un uso no planificado de agua, una cantidad significativa se desperdicia. Este problema se puede solucionar si utilizamos el sistema de riego automatizado basado en microcontroladores.

1.2. Justificación del Problema.

El riego es la aplicación artificial de agua a la tierra o el suelo. Se utiliza para ayudar al crecimiento de los cultivos agrícolas, el mantenimiento de los paisajes y la revegetación de suelos alterados en áreas secas y durante los períodos de escasez de lluvias. El sistema de riego utiliza válvulas para activar (ON) y desactivar (OFF) el riego.

Estas válvulas se pueden automatizar fácilmente mediante el uso de controladores y solenoides. En el presente trabajo de titulación se pretende automatizar el riego agrícola que permita a los agricultores a aplicar la cantidad correcta de agua en el momento adecuado, independientemente de la disponibilidad de mano de obra para activar válvulas encendido y apagado.

Además, los agricultores que utilizan equipos de automatización son capaces de reducir la escorrentía de riego sobre suelos saturados, evitar el riego en el momento equivocado de día, lo que mejorará el rendimiento de los cultivos, garantizando el agua y los nutrientes adecuados cuando sea necesario.

1.3. Definición del Problema.

Necesidad de desarrollar un prototipo de un sistema de riego automatizado basado en microcontroladores PICs a través de sensor de humedad, convertidor A/D (analógico/digital), PIC 16F877, relé, válvula solenoide y una batería. Este sistema se puede utilizar en las áreas donde la energía eléctrica es difícil de obtener.

1.4. Objetivos del Problema de Investigación.

1.4.1. Objetivo General.

Implementar un sistema de riego autónomo y adquisición de datos mediante sensor de humedad hacia dispositivos electrónicos.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- Describir los fundamentos teóricos de los sistemas de automatización mediante dispositivos PLC y microcontroladores PIC.
- Diseñar el prototipo a escala del sistema de riego automático mediante sistemas embebidos microcontroladores.
- Implementar el prototipo del sistema de riego autónomo y adquisición de datos mediante sensor de humedad.

1.5. Hipótesis.

Mediante la implementación del sistema de riego autónomo se logrará reducir el tiempo de riego de manera automática en vez del riego manual y no requiere de mucho personal para mantener las plantas o cultivos.

1.6. Metodología de Investigación.

Para el trabajo de titulación se utilizó el método de revisión bibliográfica y experimental. Explicativo porque se recopila los fundamentos teóricos de los sistemas de automatización ya sea mediante PLCs o PICs. Exploratorio, porque se observará el dispositivo a utilizar en el trabajo de titulación.

CAPÍTULO 2: Fundamentos Teóricos de Sistemas de Automatización mediante dispositivos PLC y microcontroladores PIC

2.1. Introducción de PLC.

Un PLC o controlador programable, es un dispositivo de estado sólido basado en computadora que controla los equipos y procesos industriales. Inicialmente diseñado para realizar funciones lógicas ejecutadas por relés, interruptores de batería e interruptores mecánicas (timer/counters), también se ha extendido a control analógico.

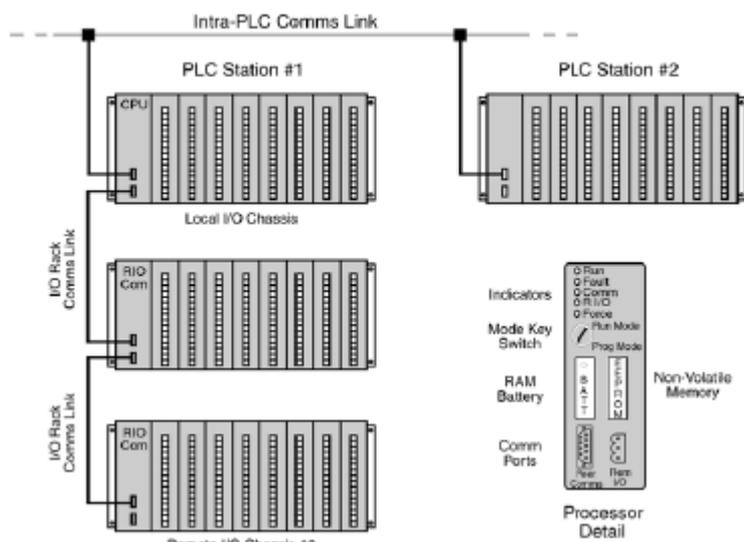


Figura 2. 1: Típico sistema PLC.
Fuente: Rodriguez , A. (2011)

La figura 2.1 muestra un típico sistema PLC, que consiste en un procesador y un sistema de entrada/salida, todo el sistema es montado en un bastidor (rack). El sistema PLC, es una de las soluciones rentables para aplicaciones con una alta proporción de la tecnología digital a los puntos analógicas en un sistema.

Existen numerosos proveedores que suministran paquetes de software, que permiten al PLC interconectarse a un PC. El método típico de la programación de un PLC, es la lógica de escalera. El enfoque de la lógica de escalera con la programación popular, es debido a su aparente similitud con circuitos eléctricos estándares.

Dos líneas verticales suministran potencia (dibujadas en cada extremo del diagrama) con las líneas de la lógica dibujados en líneas horizontales (véase figura 2.2). Por ejemplo, el circuito PLC "real" actúa como un dispositivo de control y la lógica de escalera actúa internamente en el PLC.

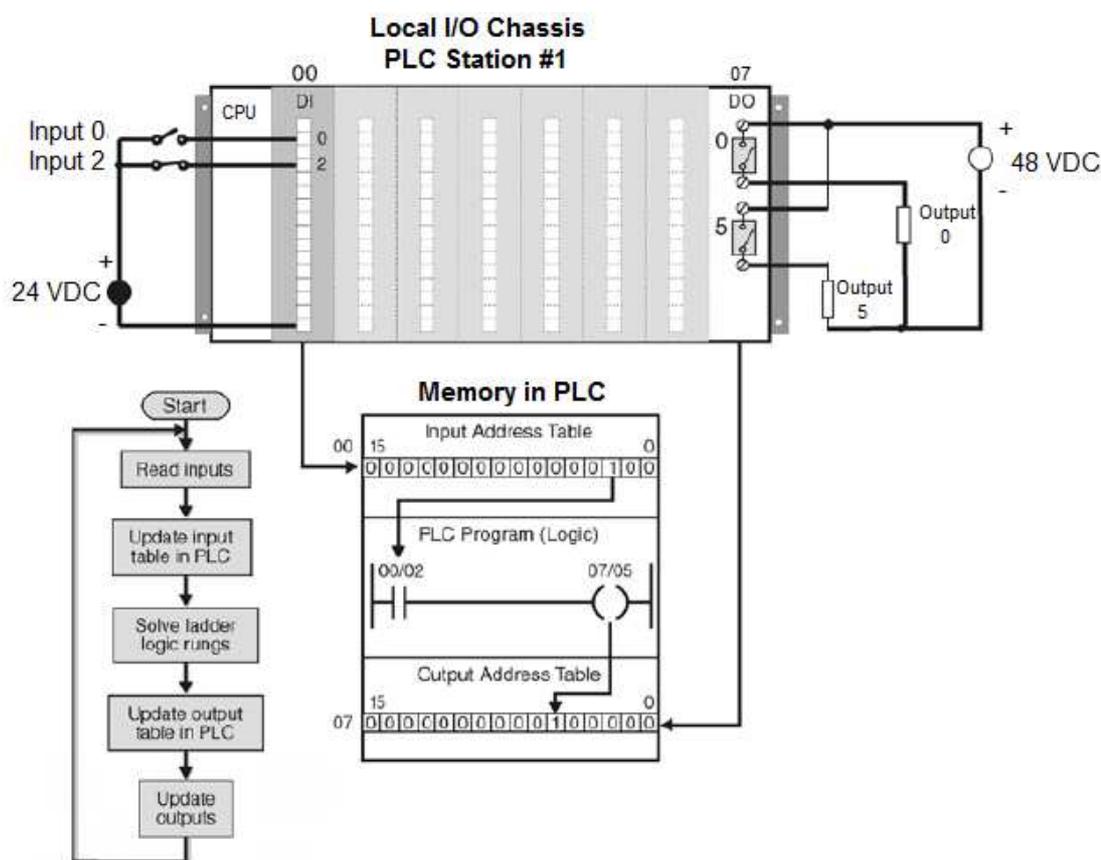


Figura 2. 2: Esquemático de la lógica en escalera del PLC.
Fuente: Rodríguez , A. (2011)

2.2. Reglas básicas de la lógica de escalera.

Las reglas básicas de la lógica de escalera pueden enunciarse como:

- Las líneas verticales indican la "fuente de alimentación" para el sistema de control. El "flujo de energía" lógico se visualiza para moverse de izquierda a derecha, y no puede fluir de derecha a izquierda (a diferencia de los cables "reales").
- Leer el diagrama de escalera de arriba a abajo y de izquierda a derecha (como la lectura de un libro).
- Los aparatos eléctricos se muestran normalmente en su estado sin corriente. Esto a veces puede ser confuso y de especial cuidado para garantizar la coherencia.
- Los contactos asociados con bobinas, temporizadores, contadores y otras instrucciones tienen el mismo convenio de numeración como su dispositivo de control.
- Los dispositivos que indican una operación de arranque para un artículo en particular son normalmente conectados en paralelo (de modo que cualquiera de ellos puede iniciar o cambiar el elemento particular sobre) tal como se muestra en la figura 2.3.

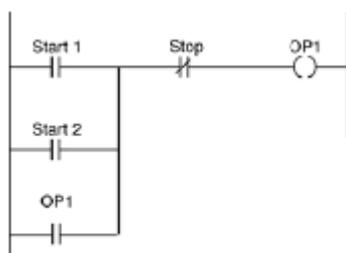


Figura 2. 3: Esquema de contactos (KOP) de la operación de arranque.
Elaborado por: Autores

- Los dispositivos que indican una operación de parada para un artículo en particular están normalmente conectados en serie (para que cualquiera de ellos puede detener o cambiar los elementos particulares apagado).

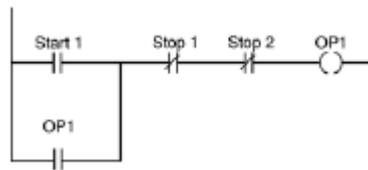


Figura 2. 4: Esquema de contactos para detener la operación.

Elaborado por: Autores

- La operación de enclavamiento se utiliza cuando la señal de entrada de arranque momentáneamente enclava de la señal de inicio en el estado ON; de manera que cuando la entrada de arranque pasa al estado OFF, la señal de arranque permanece activa ON. La operación de enclavamiento también se conoce como el mantenimiento de un contacto. Las figuras 2.3 y 2.4 también son ejemplos de enclavamiento.
- Un estado de las direcciones de salida está disponible inmediatamente para escalones o ramas que siguen su generación.
- Lógica Interactiva: escalones KOP que aparezcan más adelante en el programa a menudo interactúan con los escalones KOP anteriores. Este mecanismo de retroalimentación conveniente se puede utilizar para proporcionar información sobre la finalización con éxito de una secuencia de operaciones o para proteger el sistema en general debido a la falta de algún aspecto.

2.3. Las diferentes instrucciones KOP.

Las instrucciones KOP se pueden dividir en las siguientes categorías:

- Lógica de relé.
- Temporizador (timer) y contadores.
- Aritmético.
- Lógico.
- Movimiento
- Comparación
- Manipulación de archivos
- Instrucciones de secuenciador
- PID
- Instrucciones de comunicación
- Varios (subrutinas, etc.)

Cada uno de éstos se discutirán brevemente en las secciones siguientes.

2.3.1. Lógica de relé.

Hay dos instrucciones principales en esta categoría, que son:

- a. **Contacto normalmente abierto:** a veces referido como "examinar si está cerrada" o "Examinar On". Esta instrucción analiza su ubicación en la dirección de memoria para una condición ON. Si esta posición de memoria está en ON o 1, la instrucción está en ON o TRUE o 1. Si la ubicación está en OFF o 0, la instrucción está en OFF o FALSO o 0. La figura 2.5 muestra el símbolo de contacto abierto.



Figura 2. 5: Símbolo de contacto normalmente abierto.
Elaborado por: Autores

- b. **Contacto normalmente cerrado:** a veces denominado “Examine si está abierto” o “Examinar Off”. Esta instrucción analiza su ubicación en la dirección de memoria para una condición OFF. Si esta posición de memoria está en ON o 1, la instrucción está en OFF o 0. La posición de memoria está en OFF o 0, la instrucción está en ON o TRUE o 1. La figura 2.6 muestra el símbolo de contacto cerrado.



Figura 2. 6: Símbolo de contacto normalmente cerrado
Elaborado por: Autores

2.3.2. Salida de energización de bobinas.

Cuando el escalón KOP se ajusta a una condición TRUE u ON (encendido), la instrucción de activación de salida establece su posición de memoria a un estado ON; lo contrario si el escalón KOP se ajusta a una condición FALSE u OFF, la bobina de activación de salida establece su posición de memoria a una condición OFF.

La figura 2.7 muestra el símbolo para la salida de energización de bobinas.

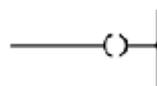


Figura 2. 7: Símbolo de salida para energización de bobinas.
Elaborado por: Autores

2.3.3. Relés de control maestro (MCR).

La figura 2.8 muestra el símbolo MCR como relé de control maestro. Esencialmente, cuando el MCR está energizado, las bobinas de salida para

cada escalón siguiente pueden ser accionadas por la lógica apropiada. Cuando se desactiva MCR, las bobinas de salida para cada escalón siguiente, no puede ser activada incluso si la lógica adecuada para esa bobina que pretende conducir en el estado activado o verdadero.



Figura 2. 8: Símbolo del relé de control maestro
Elaborado por: Autores

2.3.4. Timers.

Existen tres tipos de temporizadores principales:

1. Temporizador ON de retardo.
2. Temporizador OFF de retardo.
3. Temporizador remanente (retentivo)

Existen tres parámetros asociados con cada temporizador:

1. El valor de preselección: es el número constante de unidades de tiempo que el temporizador usa 'a veces' para ser activado o desactivado.
2. El valor acumulado: es el número de unidades de tiempo de grabación, durante cuánto tiempo el temporizador ha temporizado de forma activa.
3. La base de tiempo: indican las unidades de tiempo en el que el temporizador opera por ejemplo 1 segundo, 0.1 segundos, 0.01 segundos, y posiblemente milisegundos o 0.1 minutos.

El funcionamiento del temporizador “Timer ON” se muestra en la figura 2.9, donde la bobina de salida del temporizador se activa cuando el tiempo acumulado se suma al valor predeterminado debido a que el escalón, está siendo energizado para este período de tiempo. Si las condiciones del escalón hacen a la condición falsa antes de que el valor del acumulador sea igual al valor de preselección, el valor del acumulador de inmediato se restablecerá a un valor cero.

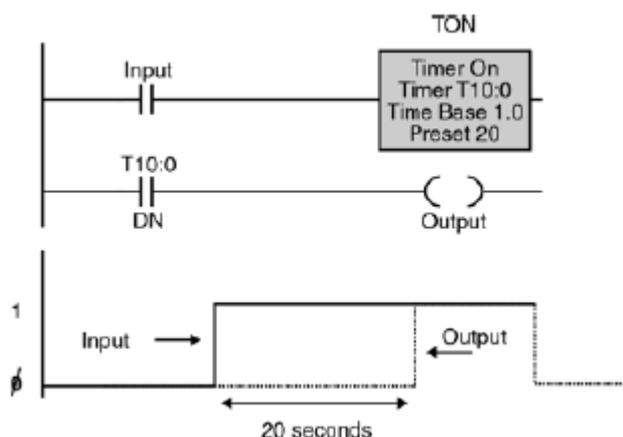


Figura 2. 9: Operaciones de Time On con Diagrama de temporización.
Elaborado por: Autores

2.3.5. Contadores de cuenta ascendente.

El contador incrementa el valor del acumulador por 1, por cada transición del contacto de entrada de “falso” a “verdadero”. Cuando el valor acumulado es igual al valor de preselección, la salida del contador se energizará. Cuando la entrada “ENABLE” (habilitar) está desactivada o se le da una instrucción de restablecimiento (en la misma dirección que el contador), el contador se pone a cero y el valor acumulado se pone a cero.

2.3.6. Contadores de cuenta regresiva.

Este contador decrementa el valor del acumulador (que se ubicó en el valor de preselección) por 1, por cada transición del contacto de entrada de “falso” a “verdadero”. Cuando el valor del acumulador es igual a cero, la salida del contador está energizada. Los contadores conservan su cuenta acumulada durante un apagón.

2.3.7. Instrucciones aritméticas.

Las diversas instrucciones aritméticas se basan en cualquiera número entero o punto flotante aritmético. La manipulación de los valores ASCII y BCD a veces es también admisible. Las instrucciones típicas disponibles son:

- Adición
- Sustracción
- Multiplicación
- División
- extracción de la raíz cuadrada
- convertir a BCD

El escalón debe ser verdadero para permitir la operación aritmética. Por ejemplo, una operación de adición se muestra en la figura 2.10.



Figura 2. 10: Operación de adición.
Elaborado por: Autores

Se debe tener cuidado, cuando se utilizan estas operaciones, para monitorear los bits de control, tales como el acarreo, el desbordamiento, cero y firmar los bits en caso de cualquier problema. La otra cuestión es garantizar que los registros de punto flotante se utilizan como registros de destino, donde los valores de origen son de punto flotante, de lo contrario se perderá precisión al realizar la operación aritmética.

2.3.8. Operaciones lógicas.

Además de las operaciones lógicas que se pueden realizar con los contactos y bobinas de relé, que se han discutido anteriormente, puede haber una necesidad de hacer operaciones lógicas o booleanas en una palabra de 16 bits. Las diversas operaciones lógicas que están disponibles son: (a) AND, (b) OR, (c) XOR (OR exclusiva), y (d) NOT (negación o complemento). El escalón apropiado debe ser verdadero para permitir la operación lógica.

2.3.9. Move (Movimiento)

Esta instrucción mueve el valor de la fuente en la dirección definida a la dirección de destino cada vez que se ejecuta esta instrucción.



Figura 2. 11: Instrucción MOVE.
Elaborado por: Autores

2.3.10. Instrucciones de comparación

Estas instrucciones son muy útiles para comparar el contenido de las palabras entre sí. A continuación se muestran instrucciones típicas de comparar dos palabras para:

- Igualdad
- no es igual
- menor que
- menor que o igual a
- mayor que
- mayor que o igual a

Cuando se cumplen estas condiciones pueden ser conectados en serie con una bobina que luego conducen en estado activado.

2.3.11. Manipulación de bloques o archivos.

Las palabras en un PLC son definidos como localizaciones de 16 bits en la memoria. Pueden ser utilizados para almacenar los contenidos de un módulo de entrada A/D con resolución de 16 bits o los estados de las entradas y salidas (externos o internos) digitales. Un archivo o bloque por otro lado se considera que es una colección de palabras contiguas. Los archivos también se conocen como tablas de datos. La creación de archivos típicos es:

- Mover (palabra en un archivo, el archivo de la palabra, un archivo a otro)
- Operaciones lógicas (como AND, OR, XOR, NOT)

- Operaciones aritméticas (sumar, restar, multiplicar, dividir, raíz cuadrada)
- Los operadores de comparación (igual, no igual, menor que, menor o igual, mayor que, mayor o igual)

Estas operaciones se realizan en los elementos denominativos correspondientes de cada archivo: por ejemplo, para la operación de adición de archivos, la primera palabra en el fichero A se añade a la primera palabra en el archivo B. El resultado de la suma se convierte en la primera palabra en el archivo de resultados.

2.3.12. Instrucción secuencial.

Una instrucción de lógica de escalera secuencial reemplaza la secuencia de tambor mecánico (véase figura 2.12) utilizado en el pasado.

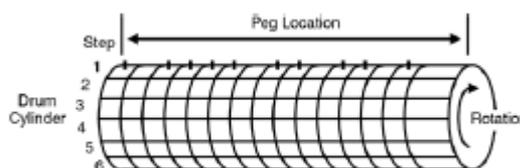


Figura 2. 12: Secuencia mecánico con 12 pasos.

Fuente: Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009)

Cuando se hace girar el tambor secuencial mecánico, los 16 contactos fueron impulsados por las clavijas (situados en el tambor) para abrir y cerrar. La secuencia sería dar un paso a la vez. Cada paso tendría un patrón particular de clavijas correspondientes al estado deseado para los 16

contactos para ese paso. Los contactos podrían utilizarse para controlar los dispositivos de salida externos.

El enfoque PLC para este problema sería tener 12 registros, con 16 ubicaciones de bits para cada paso, tal como se muestra en la figura 2.13. Una máscara a veces se añade a la secuencia de bits que no pueden ser utilizados.

		Bit Locations															
Step	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
	2																
	3																
	4																
	5																
	6																
	.																
	.																
	.																
	12																

Figura 2. 13: Tabla de secuencias.

Fuente: Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009)

2.3.13. Subrutinas y operaciones de salto.

Hay dos formas principales de transferir el control del programa de lógica de escalera de la ruta secuencial estándar en el que se ejecuta normalmente.

Estos son:

- saltar a una parte del programa cuando la condición de entrada del escalón se vuelve verdadera (a veces llamado salto a una etiqueta o saltar).
- saltar a un bloque independiente del diagrama de escalera llamada subrutina.

2.3.14. Saltar a una etiqueta o Skip.

La instrucción JUMP permite al procesador para que proceda a cualquier parte del programa (ya sea hacia delante [por delante] de la instrucción de salto de corriente o hacia atrás [detrás de] la instrucción de salto de corriente). La instrucción JUMP procede a una etiqueta definida cuando el escalón en el que está situado llega a ser verdadero. Un ejemplo de salto de etiqueta se muestra en la siguiente figura 2.14.



Figura 2. 14: El uso del salto a una etiqueta de instrucciones.
Elaborado por: Autores

2.3.15. Saltar a una subrutina.

Cuando un escalón más específico en el que se encuentra el salto a una subrutina (JSR) es verdadera, el procesador pasa al archivo de subrutina apropiado. Un archivo de subrutina, es un módulo independiente al diagrama de escalera que se utiliza repetidamente por el programa principal. La figura 2.15 muestra un ejemplo de programa un salto a una subrutina.

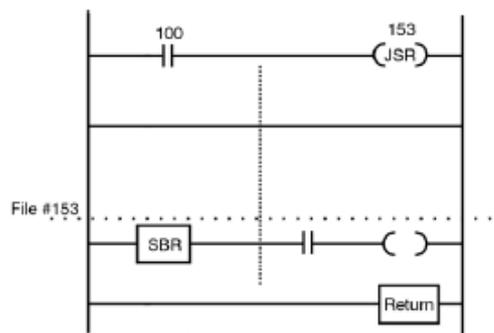


Figura 2. 15: La Estructura de subprograma.
Elaborado por: Autores

2.4. Las restricciones en el uso de diagramas de contactos lógicos.

Algunos usuarios, sin saberlo, tienen problemas con la entrada de una escalón del KOP en el PLC, debido a las limitaciones en la comunicación de una sintaxis incorrecta por los paquetes relevantes. Las limitaciones típicas son:

- Número de bobinas y contactos por escalón o red.
- Contactos verticales
- La jerarquización o anidación de los contactos
- Dirección de flujo de potencia
- Rangos de valores predefinidos

2.5. Fundamentos de SCADA y telemetría.

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos (*Supervisory Control and Data Acquisition, SCADA*) han estado en uso en diversas formas por más de treinta años. Los sistemas de telemetría son un elemento clave de un sistema SCADA que proporcionando la transferencia de datos analógicos y digitales de las unidades de terminales remotas (*Remote Terminal Units, RTU*) a las estaciones maestras. El término SCADA implica que hay dos actividades que son necesarias:

- . La adquisición de datos y su posterior traslado a un sitio central, y
- El control de algunos procesos o de equipos centrales.

Hay cuatro componentes de un sistema SCADA:

- La ubicación central que tiene la estación de control para todo el sistema, normalmente proporciona la interfaz del operador, para la visualización de información y control de los sitios remotos.
- La estación maestra (o estaciones) recoge los datos de los diversos sitios y también puede actuar como una interfaz de operador para la visualización de información y control de los sitios remotos.
- La RTU proporciona una interfaz para las señales digitales situadas en cada sitio remoto de campo analógica.
- El sistema de comunicaciones proporciona el camino o la ruta para las comunicaciones entre la estación maestra y el sitio remoto.

2.6.1. Estructura de la unidad de terminal remota.

Una RTU es una unidad autónoma de control y adquisición de datos, generalmente basado en un microprocesador, que monitorea y controla equipos en algún lugar remoto desde una estación central. Su tarea principal es controlar y adquirir datos de equipos en una ubicación remota y transferir estos datos a una estación central. La figura 2.16 muestra el diagrama esquemático de una unidad de terminal remota.

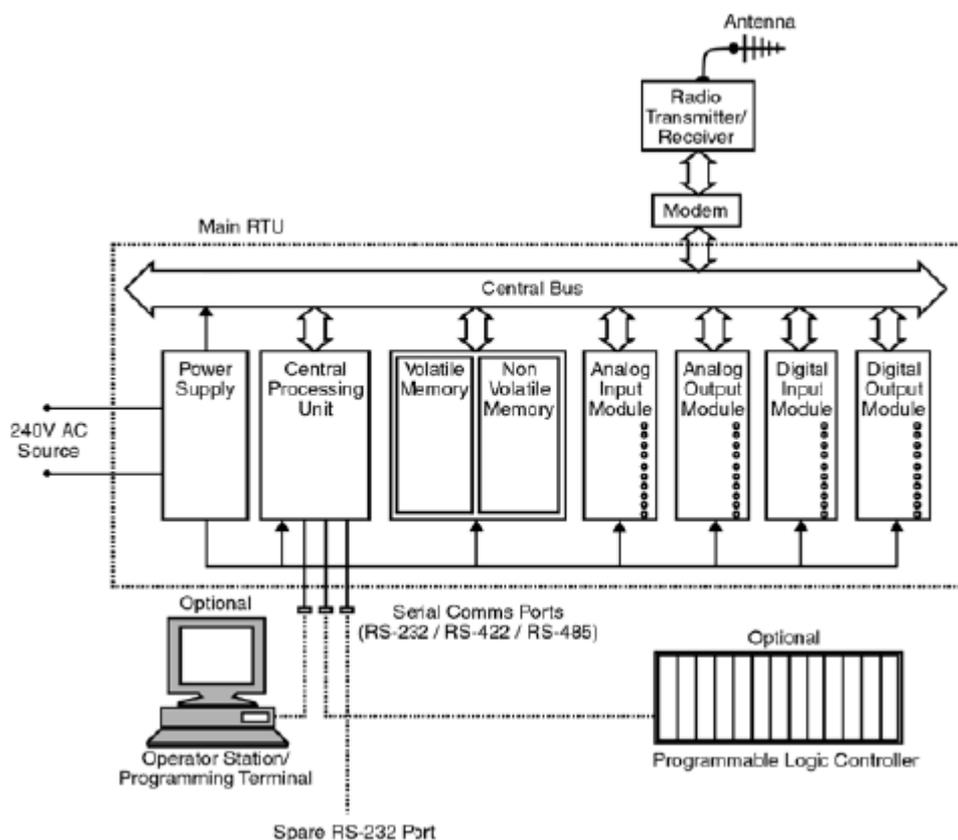


Figura 2. 16: Diagrama esquemático de una unidad de terminal remota.
Fuente: Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009)

2.6.2. Especificaciones de una RTU.

Cuando se escribe una especificación, los siguientes aspectos deben ser considerados:

a. Hardware

- Capacidad de expansión de RTU individuales (normalmente hasta 200 puntos analógicos y digitales).
- Fuera de los módulos de la plataforma
- Número máximo de sitios de la RTU en un sistema, que debe ser ampliable a 255 como máximo.

- Sistema modular - ningún orden en particular o la posición en la instalación (módulos en un rack).
- Funcionamiento robusto – la falla de un módulo no afectará el funcionamiento de otros módulos.
- Minimización del consumo de energía (CMOS puede ser una ventaja)
- Generación de calor minimizada.
- Construcción física robusta.
- Maximización de la inmunidad al ruido (debido al ambiente hostil).
- Temperatura de -10 a 65 ° C (condiciones de funcionamiento).
- Humedad relativa de hasta 90%.
- Indicación clara de diagnóstico.
 - LEDs de estado visibles.
 - Diagnóstico de posible fallo local.
 - Opción de diagnóstico de fallas remotas.
 - Estado de cada módulo y canales de E/S.
- Todos los módulos conectados a un bus común.
- La interconexión física de los módulos al bus deberá ser seguro y adecuado para su uso en ambientes hostiles.
- Facilidad de instalación del cableado de campo.
- Facilidad de sustitución del módulo.
- Terminales roscados desmontables para la desconexión y reconexión de cableado.

b. Consideraciones medioambientales

Una RTU se instala normalmente en una ubicación remota con las condiciones medioambientales bastante fuertes. Por lo general, se especifican las siguientes condiciones:

- Rango de temperatura ambiente entre 0°C y 60°C.
- Temperatura de almacenamiento de -20°C a +70°C.
- Humedad relativa de 0 a 95% sin condensación.
- Sobretensión no disruptiva para soportar sobrecargas de energía típicamente de 2.5 kV y 1 MHz durante 2 segundos con 150 Ohm de impedancia de la fuente.
- Prueba de descarga estática donde 1.5 cm de chispas se descargan a una distancia de 30 cm procedente de la unidad.
- Otras condiciones incluyen polvo, vibración, lluvia, protección de sal y neblina.

c. Software y firmware.

- Comprobaciones de compatibilidad para configuraciones de software y de hardware versus hardware real disponible
- Mantiene la sesión iniciada de todos los errores que se producen en el sistema tanto de acontecimientos externos y fallas internas
- Acceso remoto de los registros de errores y registros de estado.
- El software funciona de forma continua a pesar de que sistema se encuentre apagado o en marcha, a pesar de la pérdida de la fuente de alimentación u otros fallos.

- Software de filtrado dispuesto en los canales de entrada analógica.
- Programa de aplicación se aloja en la memoria RAM no volátil.
- Configuración y herramientas de diagnóstico para:
 - configuración del sistema.
 - configuración de hardware y software.
 - el desarrollo del código de aplicación/gestión/operación.
 - los registros de errores.
 - Funcionamiento remoto y local.

2.7. Estructura de la estación central de sitio/maestro.

La figura 2.17 muestra una estación maestra. A continuación se describen las siguientes funciones típicas:

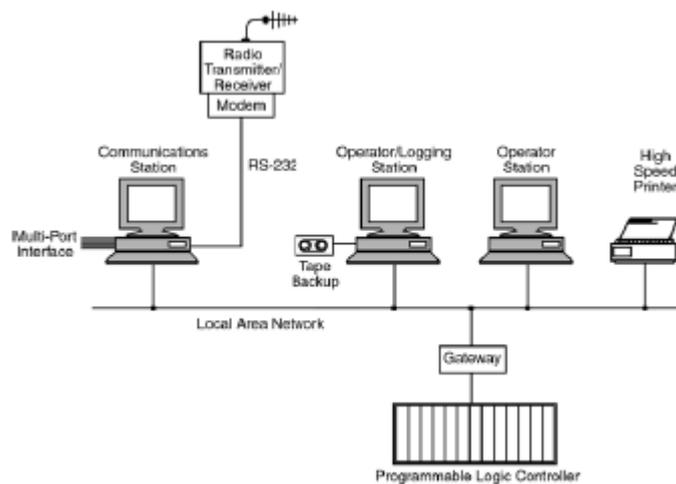


Figura 2. 17: Diagrama esquemático de la estación central maestra.
Fuente: Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009)

2.7.1. Establecimiento de Comunicaciones.

- Configurar cada RTU.
- Inicializar cada RTU con parámetros de entrada/salida.

- Descargar programas de control y adquisición de datos a la RTU.

2.7.2. Operación del enlace de comunicaciones.

- Para una disposición maestro-esclavo, se monitorea cada dato de la RTU y poder escribir en cada RTU.
- Iniciar sesión de alarmas y eventos en el disco duro.
- Enlaces de entradas y salidas a diferentes RTU automáticamente.

2.7.3. Diagnóstico.

- Proporcionar información exacta de diagnóstico sobre fallas de la RTU y posibles problemas.
- Predecir posibles problemas, como sobrecargas de datos.

Hay un buen número de características importantes que deben ser especificados en un sistema SCADA para lograr un rendimiento óptimo del sistema operativo. Estos son: (a) tiempos de respuesta del sistema, (b) expansión del sistema, y (c) pruebas del sistema.

2.7.4. Tiempos de respuesta del sistema.

Estos deben especificarse cuidadosamente para los siguientes eventos.

Las velocidades típicas que se consideran aceptables son:

- Visualización de valor analógico o digital (adquirido de RTU) en la pantalla de estación maestra del operador (de 1 a 2 s como máximo).
- Solicitud de control del operador RTU (1 s, es crítico; 3 s no es crítico)

- Acuse de recibo o reconocimiento de la alarma en la pantalla del operador (1 s)
- Indicación de todas las nuevas visualizaciones en la pantalla del operador (1 s)
- Recuperación de tendencia histórica y visualización en pantalla del operador (2 s)
- Secuencia de los registro de eventos (en RTU) de los eventos críticos (1 ms)

Es importante que los tiempos de respuesta sean coherentes en todas las actividades del sistema SCADA. De ahí que las cifras anteriores son irrelevantes a menos que también especifiquemos la carga típica del sistema en el que se mantendrán las tasas de respuesta superiores.

2.7.5. Expansión del sistema.

Una figura típica citada en la industria, es que si la expansión del sistema SCADA se prevé, entonces el requisito actual del sistema SCADA no debe superar el 60% de la potencia de procesamiento de la estación maestra. Además, el almacenamiento disponible de masas (en el disco) y la memoria (RAM) deben ser aproximadamente 50% del tamaño eventual.

2.7.6. Pruebas del Sistema.

Los requerimientos evidentes como la buena especificación de funcionamiento y procedimientos de prueba de fábrica se supone que deben cumplirse. Es importante que:

- esté especificado correctamente el rendimiento del sistema requerido.
- las condiciones normales de carga y de pico deben ser probados.
- la prueba debe ser lo más cercano a las condiciones reales como sea posible (usando software de simulación si es necesario)

2.8. Microcontroladores PIC de 8 bits.

Microchip Technology un proveedor líder de microcontroladores y semiconductores analógicos, que ofrecen soluciones completas de control integrados que combinan las ventajas del tiempo de comercialización con un alto rendimiento y una mayor funcionalidad. La amplia familia de microcontroladores de 8 bits de Microchip, presenta una arquitectura RISC propia y se comercializa bajo el nombre comercial microcontrolador PIC.



Figura 2. 18: Dispositivos PIC de 8 bits.

Fuente: Microchip.

2.9. La ventaja de microchip.

Con más de 290 microcontroladores en la gama de productos, Microchip ofrece soluciones para toda la gama de rendimiento de los microcontroladores de 8 bits. La solución de microcontroladores PIC cuenta con una arquitectura de gran alcance, tecnologías flexibles de memoria, herramientas de desarrollo fáciles de utilizar, documentación técnica completa y soporte de diseño en entrada a través de una red comercial y la distribución en todo el mundo.

Los microcontroladores PIC de propiedad de Microchip se han convertido rápidamente en un estándar en todo el mundo con más de cuatro mil millones de dispositivos vendidos y más de 400.000 sistemas de desarrollo entregados desde 1990. Microchip es reconocido como el proveedor # 1 de microcontroladores de 8 bits, basado en los envíos de unidades en todo el mundo.

2.9.1. La ventaja de microchip. Bajo riesgo de desarrollo de productos

Los microcontroladores PIC logran el desarrollo de productos de bajo riesgo, proporcionando la expansión del tamaño del programa sin problemas. La compatibilidad del Pin facilita la disminución de reemplazos de los tipos de paquetes, así como variaciones de memorias de programa reprogramable (Flash) y programable de una sola vez (OTP) sin necesidad de reescribir por completo el código.

MPLAB de Microchip es un entorno de desarrollo integrado (*Integrated Development Environment, IDE*) y potente, compatible con el desarrollo de

productos de bajo riesgo, proporcionando una solución de gestión completa para todos los sistemas de desarrollo en una sola herramienta. Si la programación de un dispositivo de 6 pines u 80 pines, se deberá aprender a utilizar el entorno de todas las actividades de diseño de microcontroladores PIC.

2.9.2. Coste más bajo del sistema.

Una amplia gama de productos permite a Microchip ofrecer a los ingenieros una adecuada integración de periféricos analógicos y digitales, que van desde simples módulo digitales a módulos analógicos sofisticados. Estos periféricos integrados minimizan el número de componentes y así también el costo total del sistema, por lo tanto aumenta la fiabilidad. Las opciones de memoria Flash y OTP de Microchip, optimizan el desarrollo de productos y promueven mayor ahorro de costes.

2.10. Arquitectura basada en RISC.

La arquitectura del microcontrolador PIC se basa en un conjunto de instrucciones RISC de Harvard modificado (véase la figura 2.25), que proporciona una ruta de migración fácil de 6 a 80 pines y desde 384 bytes a 128 Kbytes de memoria de programa. Mediante la combinación de características RISC con una arquitectura Harvard de doble bus modificado, se hace un PIC más rápido y flexible.

El núcleo PIC18F es la arquitectura más popular para los nuevos diseños de microcontroladores. Un conjunto de instrucciones simples establece la

migración sin fisuras entre las familias de productos de microcontroladores PIC, es la elección lógica para diseños que requieran flexibilidad y rendimiento.

Ventajas

- ✓ Instrucciones de 12, 14 y 16 bits son compatibles ascendientemente y adaptados para maximizar la eficiencia de procesamiento y aumentar el rendimiento.
- ✓ Las instrucciones y los datos se transfieren en buses separados, evitando los cuellos de botella de procesamiento y aumentando el rendimiento general del sistema.
- ✓ Dos etapas de canalización permiten una instrucción a ejecutar, mientras que la siguiente instrucción es finalizada.
- ✓ Instrucciones de palabras anchas individuales aumentan la eficiencia del código de software y reducen la memoria del programa requerido.
- ✓ Con tan sólo 33 a 79 instrucciones, las tareas de programación y depuración son fáciles de aprender y realizar.
- ✓ Compatibilidad de dispositivos que permite a los diseñadores mantener su inversión de capital en el desarrollo de código y herramientas de desarrollo de recursos.
- ✓ Diversas memorias Flash estándar proporcionan ofertas en la industria desde las industrias líderes en la resistencia y la retención. Los dispositivos con la opción de auto-escritura tienen la habilidad de

forma remota de programar y actualizar la aplicación en el campo del MCU.

- ✓ La memoria EEPROM de datos es una opción disponible para aquellas aplicaciones que requieran seguridad en la memoria no volátil para los datos que cambian con frecuencia.

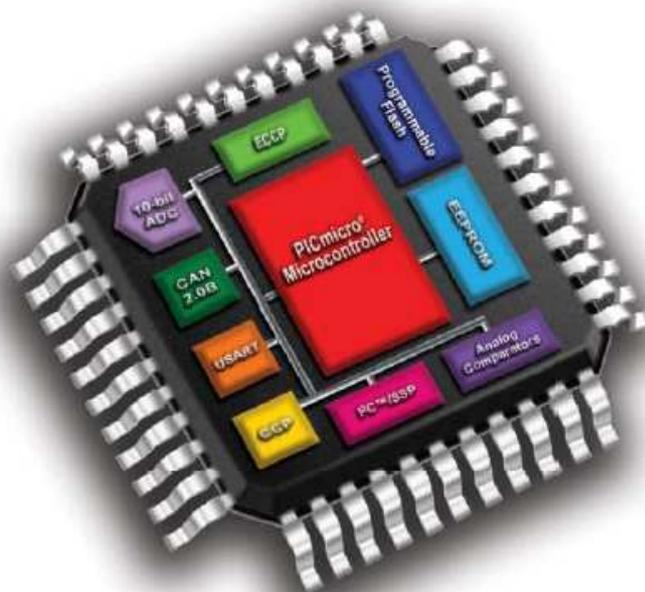


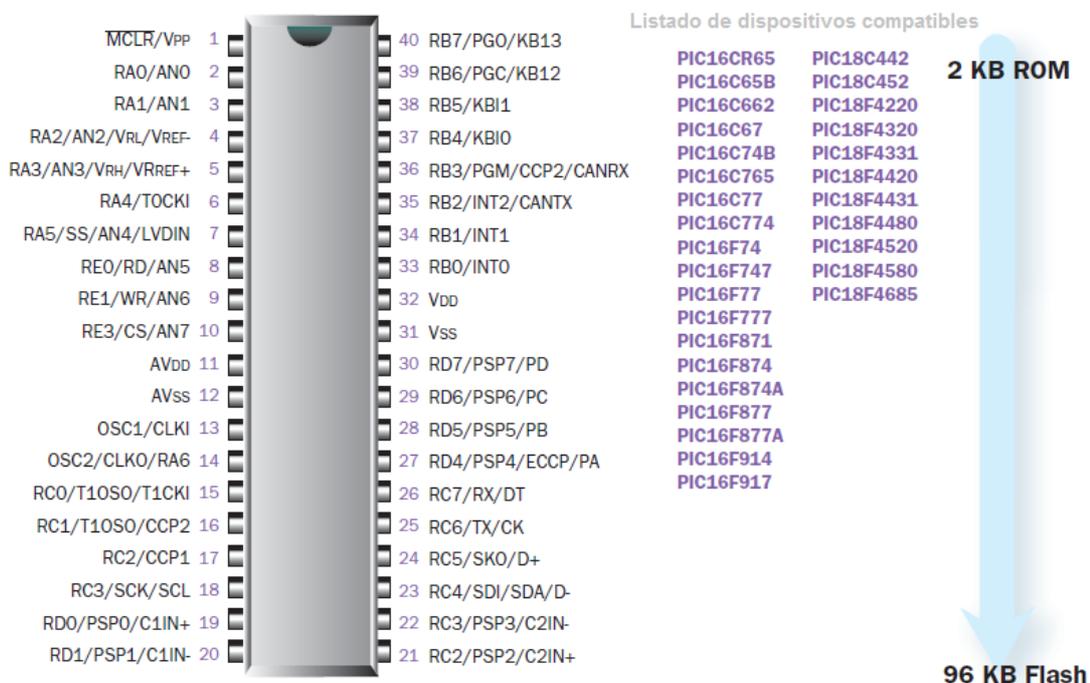
Figura 2. 19: Arquitectura RISC
Fuente: Microchip.

2.11. Migración estratégica de microcontroladores PIC.

Como parte de una estrategia inherente que permita ofrecer a los clientes un entorno de desarrollo de bajo riesgo, la familia de los microcontroladores PIC ofrece una fácil migración dentro de la gama completa de sus productos, tal como se muestra en la figura 2.20.

La migración entre los diferentes microcontroladores PIC permite varias ventajas, como la reducción de costos futuros, mejoras de características y

cambios de desarrollo con impacto mínimo en el software existente y el entorno de desarrollo de ingeniería.



2.12. Arquitecturas del microcontrolador PIC.

Los microcontroladores PIC de Microchip de 8 bits, se dividen en tres categorías de arquitecturas que ofrecen una variedad de opciones para cualquier requisito de aplicación:

- ✓ Arquitectura de línea base (baseline) de 8 bits: palabra de programa de 12 bits
- ✓ Arquitectura de gama media (mid-range) de 8 bits: Palabra de programa de 14 bits
- ✓ Arquitectura de alto rendimiento (High Performance) de 8 bits: Palabra de programa de 16 bits

La figura 2.21 muestra las tres arquitecturas ya mencionadas.

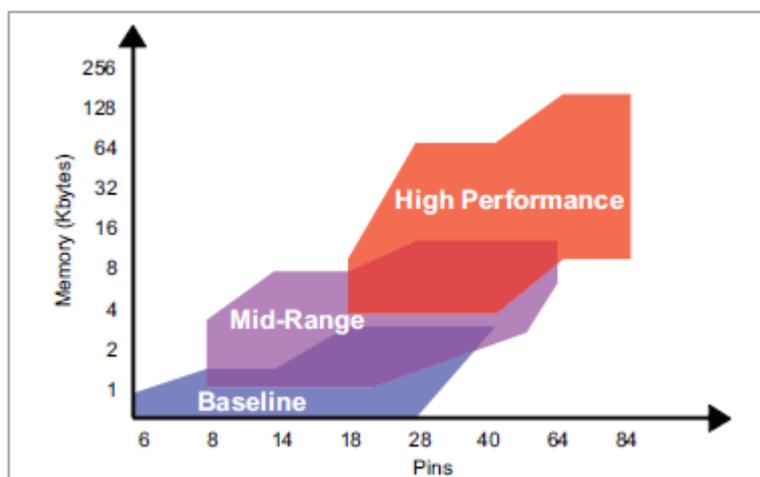


Figura 2. 21: Tres tipos de arquitecturas de los microcontroladores PICs.
Fuente: Microchip

2.12.1. Arquitectura de línea base.

La arquitectura de línea de base incluye la familia PIC10F y partes de las familias PIC12 y PIC16. Estos dispositivos utilizan una arquitectura de programa de palabra de 12 bits con opciones de paquetes de 6 a 28 pines. El conjunto de funciones de manera concisa definida de la arquitectura de línea de base, permite que las soluciones de productos sean más rentables. Una gama de voltajes de funcionamiento bajo, hace que esta arquitectura sea ideal para aplicaciones que funcionan con baterías.

La familia PIC10F es la última incorporación de Microchip a la cartera de productos. La serie PIC10F200 ofrece otra primicia en la industria, un barato microcontrolador flash de 8 bits de 6 pines. Con sólo seis pines, son extremadamente fácil de usar y tiene una corta curva de aprendizaje para cualquier persona no experimentada en el diseño con microcontroladores.

Además, pueden ser utilizados para una serie de desafíos de diseño que tradicionalmente no son resueltos por un microcontrolador.

La familia PIC12 de gran alcance de los microcontroladores PIC basados en arquitectura RISC de 12 bits en DIP o SOIC de 8 pines (véase la figura 2.22) con opciones de memoria de programa Flash u OTP. Los PIC16C5X y PIC16F5X son productos de línea de base, que se ofrecen en 14, 18, 20 y 28 pines SOIC y SSOP bien establecidos.



Figura 2. 22: Microcontrolador PIC de 8 pines.
Fuente: Microchip

2.12.2. Arquitectura de gama media.

La Arquitectura de gama media incluye a miembros de las familias PIC12 y PIC16 que cuentan con una arquitectura de programa de palabra de 14 bits. Estas familias están disponibles con opciones de paquetes de 8 a 64 pines. Los microcontroladores PIC de Microchip de 14 bits también están disponibles en paquetes más altos de la cantidad de pines con opciones de memoria de programa Flash y OTP.

Los productos Flash ofrecen un rango de voltaje de operación de 2.0 V a 5.5 V, manejo de interrupciones, una pila de hardware más profundo,

múltiples canales A/D y memoria de datos EEPROM. Todas estas características proporcionan los microcontroladores de gama media con un nivel de inteligencia no disponibles anteriormente, debido a consideraciones de costo o tamaño.

Los dispositivos de gama media PIC16 ofrecen una amplia gama de opciones de paquetes, así como de bajos a altos niveles de integración de periféricos. Estos dispositivos PIC16 cuentan con varios periféricos analógicos y digitales en serie, tales como USB, SPI, I2C, USART, LCD y convertidores A/D. Los microcontroladores de gama media PIC16 han interrumpir la capacidad de manejo con una pila de hardware de 8 niveles.



Figura 2. 23: Dispositivo microcontrolador PIC de gama media.
Fuente: Microchip

2.12.3. Arquitectura de alto rendimiento.

Arquitectura de Alto Rendimiento de Microchip abarca la familia PIC18 de dispositivos. Estos microcontroladores utilizan una arquitectura palabra programa de 16 bits con opciones de paquetes de 18 a 80 pines.

Los dispositivos PIC18 son microcontroladores de alto rendimiento con convertidores A/D integrados. Todos los microcontroladores PIC18 incorporan una avanzada arquitectura RISC que soporta dispositivos Flash y OTP. El microcontrolador PIC18 ha mejorado las características principales, nivel 32 de pila y múltiples interrupciones internas y externas. Las instrucciones y buses de datos separados de la arquitectura Harvard permiten una palabra de instrucción de 16 bits con datos de 8 bits separados.

Un total de 79 instrucciones (conjunto de instrucciones reducido) están disponibles. La familia PIC18 tiene características especiales para reducir los componentes externos, minimizando así los costos, mejorar la fiabilidad del sistema y reducir el consumo de energía. La familia PIC18 se construye sobre las bases establecidas por los otros microcontroladores PIC de 8 bits y proporciona a los ingenieros una fácil migración sin problemas a estos niveles más altos de rendimiento y conjuntos de características.



Figura 2. 24: Dispositivo microcontrolador PIC de alto rendimiento.
Fuente: Microchip.

CAPÍTULO 3: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SOFTWARE Y HARDWARE.

3.1. Funcionamiento del Sistema de Riego.

El sistema de riego automatizado a implementar esta basado mediante dispositivos, tales como, microcontrolador, sensor de humedad, convertidor analógico/digital, controlador de relé, válvula solenoide, y batería.

El sensor mide la humedad del suelo, de tal manera que una vez que el suelo se seca o satura, envía una señal al microcontrolador para que se tome una acción posterior. Dicha acción provocara la apertura o cierre la válvula solenoide, la cual permite o detiene la irrigación de agua proveniente desde la fuente hacia el campo.

El sensor de humedad deberá ser enterrado en el campo en la profundidad requerida por el fabricante. El nivel de humedad detectado por el sensor se mostrará en la pantalla LCD. Si el contenido de humedad en el campo baja, y se reduce hasta el umbral límite inferior, se emite la señal para activar el relé.

Después de alcanzar el límite de umbral superior, el sensor da la señal correspondiente al microcontrolador y el relé se desactiva, por lo tanto la válvula de solenoide se cierra

3.2. Convertidor de datos de humedad.

En la figura 3.1 se denota de forma general como están vinculados cada uno de los dispositivos desde la batería de 9 voltios, que pasa por un regulador de voltaje LM7805 para alimentar 5 Vcc al microcontrolador, el sensor de luz determina el momento en cual regar las plantas en coordinación con el sensor de humedad.

La antena de Bluetooth envía la lectura del sensor de humedad hacia el teléfono Android a una tasa de transferencia de datos de 9600 bits por segundo, así también la antena Xbee envía de forma inalámbrica los valores al computador para ser visualizados en una interfaz diseñada en LabView.

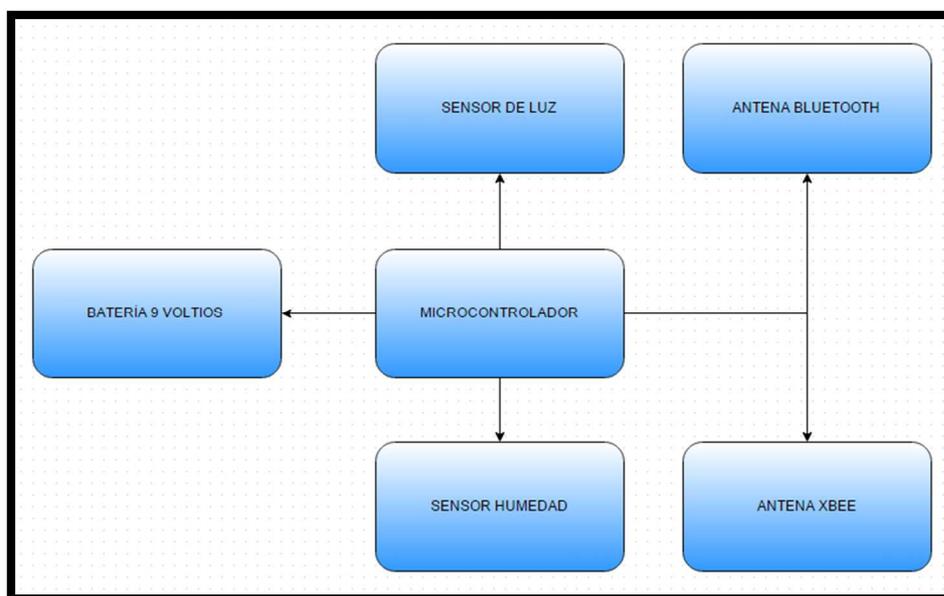


Figura 3. 1: Diagrama de bloques del sistema de riego.
Elaborado por: Autores.

En la figura 3.2 la batería también posee el mismo regulador LM7805 para respetar los niveles de voltaje entregados al microcontrolador y

garantizar su funcionamiento. La antena Xbee permite llevar los datos al computador por protocolo serial UART, es decir, que maneja todas las comunicaciones hechas vía Bluetooth y Xbee para el sistema de riego. Mientras, que el LCD permitirá visualizar la medición del sensor de humedad.

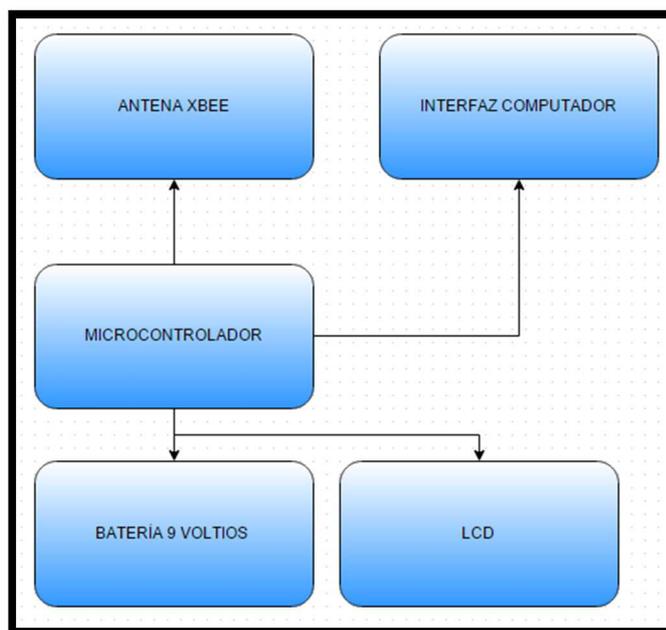


Figura 3. 2: Diagrama de bloques de la interfaz al computador
Elaborado por: Autores.

Para el diagrama ASM de la figura 3.3 se inicializa al microcontrolador para una frecuencia de trabajo de 8 MHz y dos entradas analógicas, una para el sensor de humedad y otra para el sensor de luz, se establece una comunicación serial UART a 9600 baudios. El programa espera por el dato serial UART desde el teléfono vía Bluetooth, el mismo que es depositado en el pin RX de recepción de datos mediante comunicación serial, para ser comparados y reenviar los comandos al concentrador de datos por Xbee. Posteriormente se activa la conversión analógica digital, para luego ser transformada a texto y ser enviado al computador.

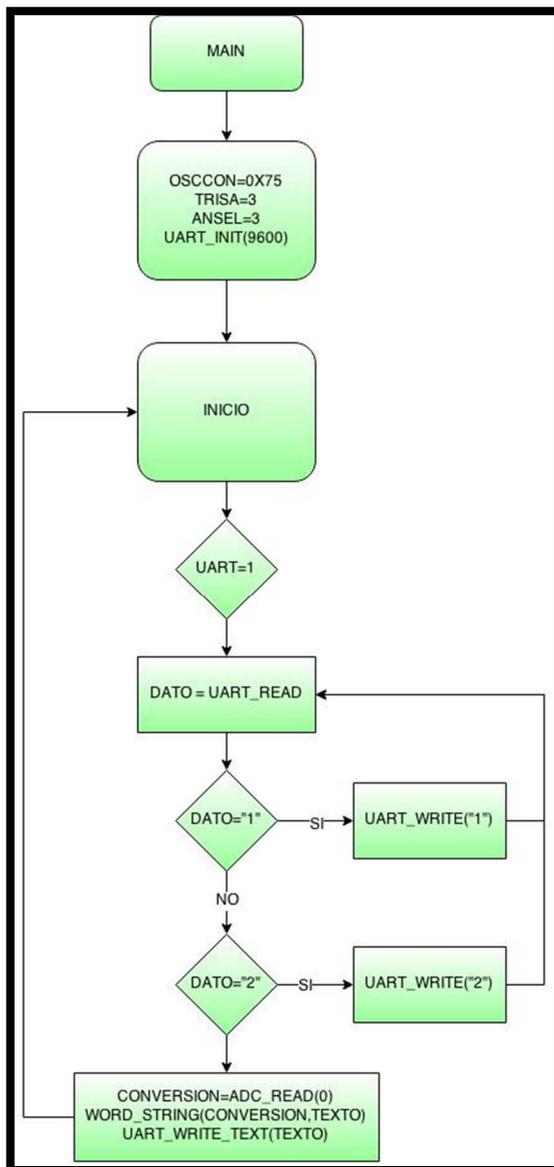


Figura 3. 3: Diagrama ASM para el convertidor de datos de humedad
Elaborado por: Autores.

En la figura 3.4 se inicializa el display LCD para presentar mensajes de texto con la información obtenida del sensor de humedad, es decir, que se utilizan los registros de interrupción por recepción de datos para mantener la prioridad en los datos de ingreso. Los datos recibidos son comparados para activar el relay y posteriormente serán mostrados en un LCD.

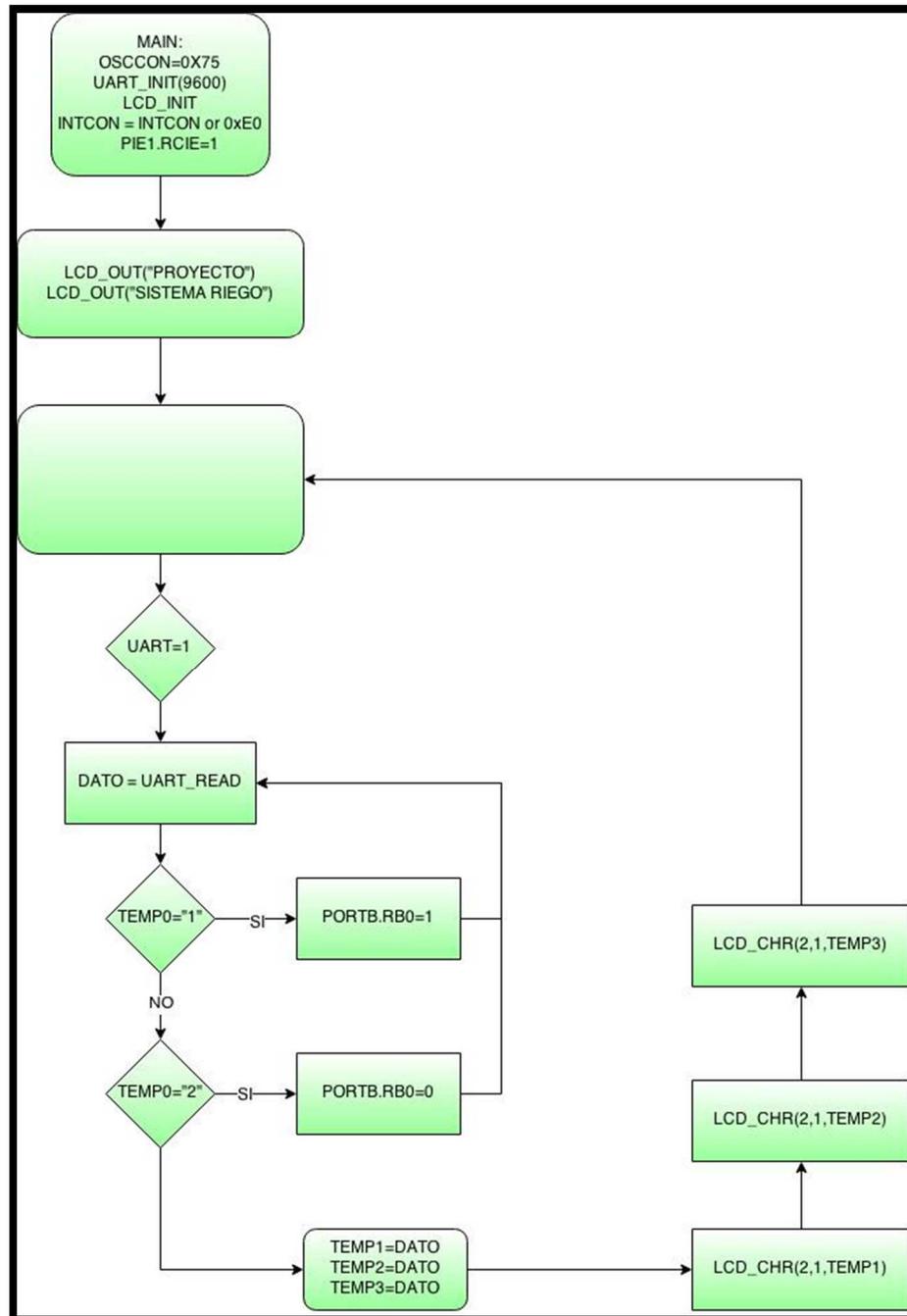


Figura 3. 4: Diagrama ASM de la interfaz al computador
Elaborado por: Autores.

3.3. Diseño en LabView de adquisición de datos de la humedad.

La figura 3.5 muestra la programación sobre LabView, que vendría a ser la interfaz del software para interpretar los datos adquiridos del sensor de humedad y a la vez se muestran gráficamente los datos del sensor, estos datos pueden ser exportados en un archivo de Excel, haciendo click derecho sobre la gráfica. En otras palabras, el diagrama de bloques representa la conexión para la comunicación UART y gráfica de datos en los elementos GAUGE y Waveform Char.

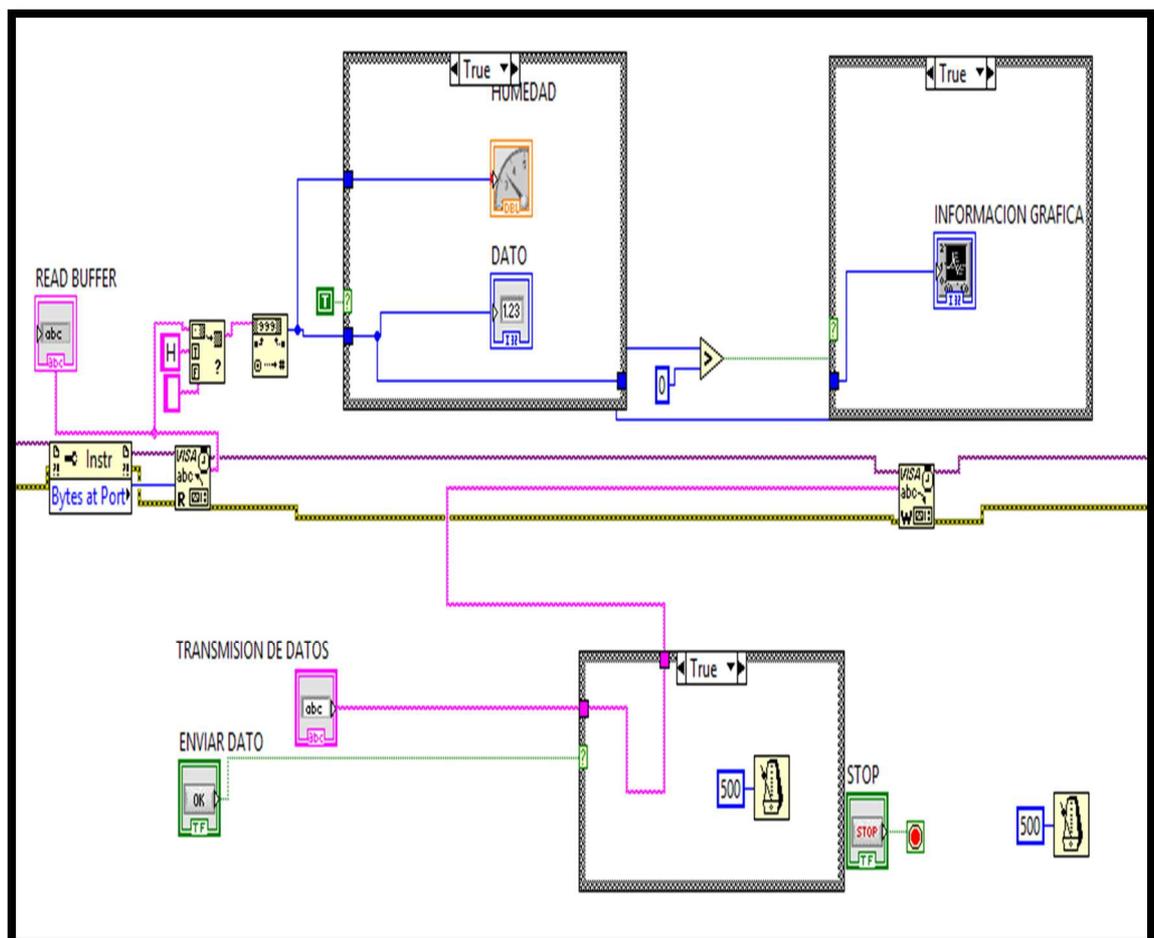


Figura 3. 5: Programación gráfica para adquirir datos del sensor de humedad.
Elaborado por: Autores.

Para la comunicación entre el hardware (sensor de humedad) y software diseñado en LabView, se debe especificar el puerto COM que permite siempre la comunicación con el dispositivo. La figura 3.6 muestra la pantalla principal del sistema de adquisición de datos. Por ejemplo, el puntero de color rojo representa el porcentaje de humedad entre 0%-100%.

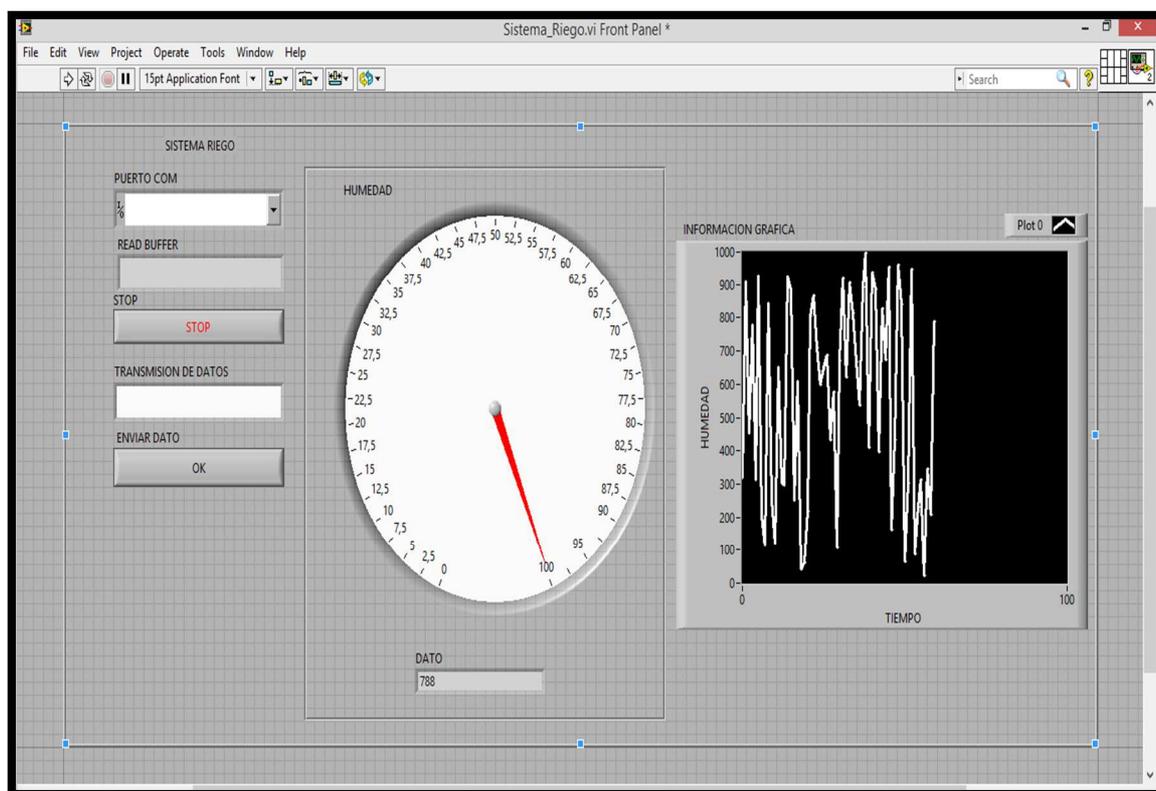


Figura 3. 6: GUIDE de la interfaz para la adquisición de datos.
Elaborado por: Autores.

3.4. Programación en MIKROBASIC para conversión de datos del sensor de humedad y para comunicación al computador.

A continuación se explica la programación en Mikrobasic para convertir los datos adquiridos del sensor de humedad y la comunicación al computador.

Convertidor de datos de humedad.

Las siguientes líneas de programación, permiten configurar los pines de entrada analógica a través de TRIS e inicialización a cero voltios de las demás entradas. La comunicación serial UART se establece a 9600 baudios.

```
main:
oscccon = %01110101
trisa = %00000001
porta = %00000000
portb = %00000000
trisb = %00000000
trisc = %10000000
portc = %00000000
ansel = %00000001
anselh = %00000000
UART1_Init(9600)
```

Después, se comparan los datos obtenidos desde el celular y son reenviados por XBEE hacia el computador.

```
if UART1_Data_Ready = 1 then
.....
dato = UART1_Read
end if
if dato = "1" then
.....
dato = 0
UART1_Write_Text("1")
end if
if dato = "2" then
.....
dato = 0
UART1_Write_Text("2")
end if
```

Finalmente, se compara el comando recibido y ejecuta la función de conversión analógica concatenada con el carácter H.

```

if dato = "3" then
    conversion = Adc_Read(0)
    WordToStr(CONVERSION,TEXTO)
    UART1_Write_Text("H")
    UART1_Write_Text(texto)

```

Interfaz al computador

A continuación se muestran líneas de programación que permiten la conexión con los pines del LCD para la presentación de mensajes de texto.

```

dim LCD_RS as sbit at RB1_bit
LCD_EN as sbit at RA3_bit
LCD_D4 as sbit at RC2_bit
LCD_D5 as sbit at RA4_bit
LCD_D6 as sbit at RC1_bit
LCD_D7 as sbit at RA2_bit

LCD_RS_Direction as sbit at TRISB1_bit
LCD_EN_Direction as sbit at TRISA3_bit
LCD_D4_Direction as sbit at TRISC2_bit
LCD_D5_Direction as sbit at TRISA4_bit
LCD_D6_Direction as sbit at TRISC1_bit
LCD_D7_Direction as sbit at TRISA2_bit

```

Mediante estas líneas de programación se presentan los mensajes en la pantalla LCD en la fila y columna correspondiente.

```

Lcd_Init()           ' inicio de lcd
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR) ' borrar lcd
Lcd_Cmd(_LCD_CURSOR_OFF) ' Cursor off
Lcd_Out(1,1,"PROYECTO") ' mensaje linea 1
Lcd_Out(2,1,"SISTEMA RIEGO") ' mensaje linea 2
Delay_1sec
Lcd_Cmd(_LCD_CLEAR) ' borrar lcd
Lcd_Out(1,1,"HUMEDAD:") ' mensaje linea 1

```

En las siguientes líneas de programación se realiza la activación de recepción de datos serial.

```
INTCON = 0XC0 ' Activado interrupciones globales
          ' Activado interrupciones perifericas
PIR1.RCIF=0
PIE1.RCIE=1
```

Mediante estas cuatro líneas se mostrará en el LCD la información del porcentaje de la humedad en la fila 2 y las columnas 1 hasta la 4.

```
Lcd_Chr(2,1,TEMP1)
Lcd_Chr(2,2,TEMP2)
Lcd_Chr(2,3,TEMP3)
Lcd_Chr(2,4,"%")
```

Finalmente, estas líneas de programación permiten el accionamiento del evento Activar/Desactivar el relé para hacer posible el paso del agua.

```
if TEMPO = 1 then
.....
    PORTB.RB0=1
end if
if TEMPO = 2 then
.....
    PORTB.RB0=0
end if
```

3.5. Diseño de la placa del sistema de riego en ARES de PROTEUS 8.

El diseño en Proteus 8 se hace un con PAD 80-40 y T-20 para el grosor de pista con el fin de no perder alguna, durante su degradación en el ácido.

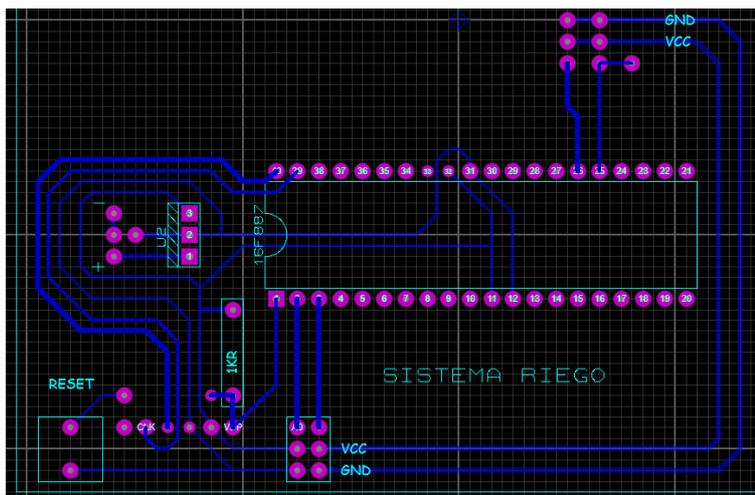


Figura 3. 7: Diseño de la tarjeta del sistema de riego en Proteus.

Elaborado por: Autores.

Las pistas son impresas y verificadas posteriormente para localizar pérdida de pista alguna, tal como se muestra en la figura 3.8.

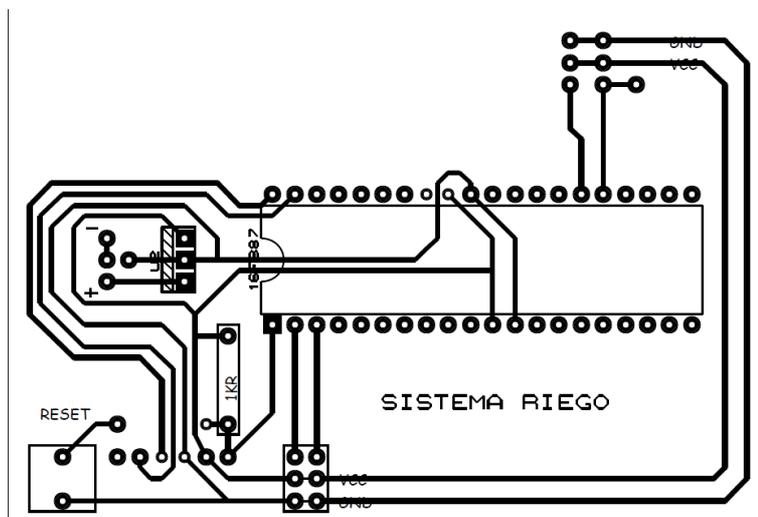


Figura 3. 8: Visualización de pistas y terminales para el sistema de riego.

Elaborado por: Autores.

La figura 3.9 muestra la vista tridimensional (3D) del diseño virtual de la tarjeta del sistema de riego.

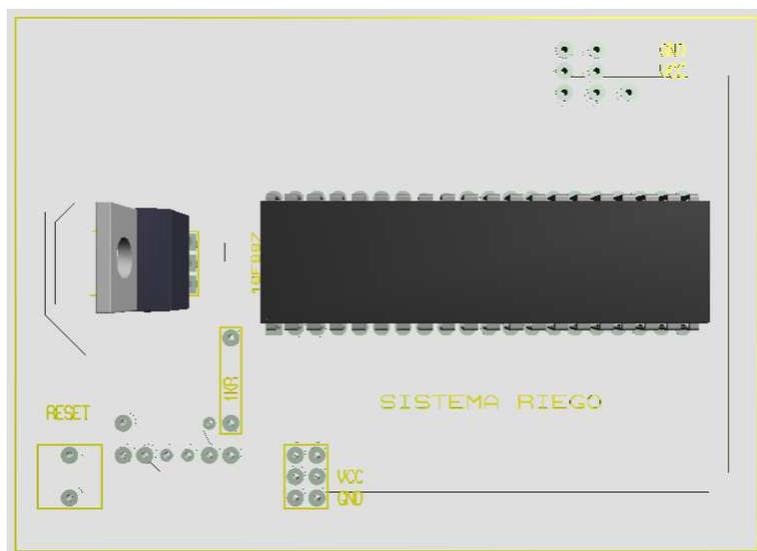


Figura 3. 9: Vista 3D de la tarjeta del sistema de riego.

Elaborado por: Autores.

En la tabla 3.1 se muestra la interconexión de cada uno de los pines de los dispositivos con el microcontrolador.

Tabla 3. 1: Conexión de periféricos al microcontrolador.

MICROCONTROLADOR	SENSOR DE HUMEDAD
RA0	AN
VCC	5V
GND	GND
MICROCONTROLADOR	SENSOR DE LUZ
RA1	SGN
VCC	5V
GND	GND
MICROCONTROLADOR	ANTENA BLUETOOTH
RC6	RX_DATO
RC7	TX:DATO
VCC	5V
GND	GND
MICROCONTROLADOR	ANTENA XBEE
RC6	RX
VCC	5V
GND	GND
DISPOSITIVO LCD	MICROCONTROLADOR
EN	RA3
RS	RB1
D4	RC2
D5	RA4
D6	RC1
D7	RA2
MICROCONTROLADOR	RELAY
RB0	SGN
VCC	5V
GND	GND

Elaborador por: Autores

3.6. Diseño de la aplicación en Android con App Inventor.

En la figura 3.10 se presenta la interfaz instalada en Android con botones de inicio de comunicación, activación/desactivación de bomba de agua, en el text_box se muestra el porcentaje de humedad.



Figura 3. 10: Pantalla principal de la interfaz en App Inventor.

Elaborado por: Autores.

Mediante la programación en bloques de la figura 3.11 se envían los comandos por cada click presionado, los comandos de control son los caracteres “1” y “2”.

La figura 3.12 presenta el diagrama de bloques que permite el enlace de comunicación entre celular y sensor.

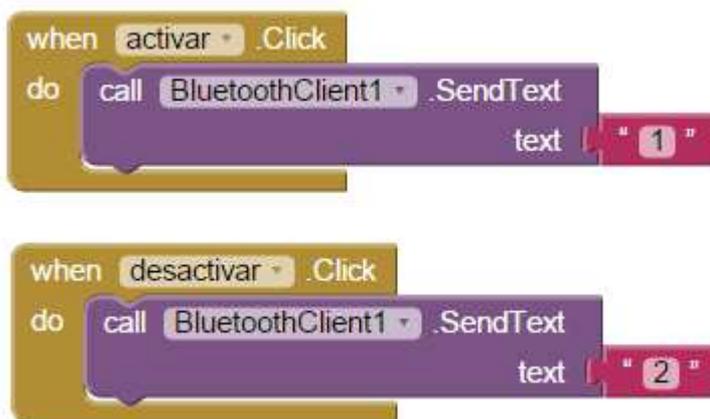


Figura 3. 11: Programación para el accionamiento de los comando de control.

Elaborado por: Autores.



Figura 3. 12: Programación para el enlace entre celular y sensor.

Elaborado por: Autores.

En la figura 3.13 se muestra la programación que permite la recepción de datos del sensor humedad.

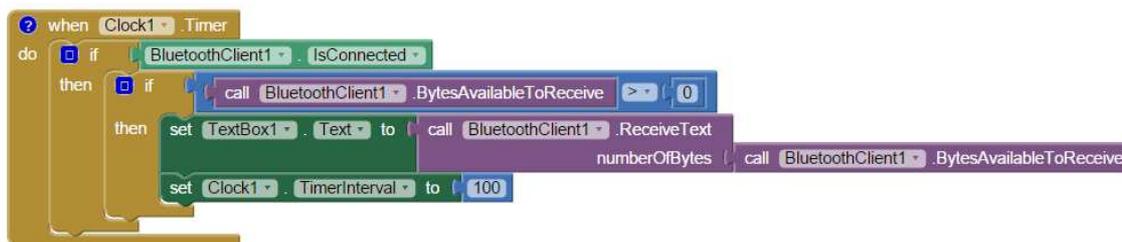


Figura 3. 13: Programación para recibir datos del sensor de humedad.

Elaborado por: Autores.

En la figura 3.14 se presenta la programación en app inventor para finalizar la comunicación con sensor de humedad.



Figura 3. 14: Programación para finalizar la comunicación.

Elaborado por: Autores.

CAPÍTULO 4: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. Conclusiones.

- A través de la descripción de los sistemas de automatización sobre PLCs y Microcontroladores PICs se pudo evidenciar las potencialidades de cada uno, los dos dispositivos son robustos, aunque PLC es para automatizar procesos más industriales, mientras que los microcontroladores PICs se lo puede realizar a un menor coste.
- El sistema de riego basado en microcontroladores PIC fue diseñado para ser capaz de abastecer de agua a las granjas con o sin la presencia del agricultor y también reducir el desperdicio de agua, incorporando en él, sensores que monitorean la humedad del suelo. Todo esto se logró mediante el uso del micro controlador PIC16F877 que es el cerebro del sistema de riego, que controla todas las operaciones del sistema.
- La comunicación entre el emisor y los receptores es en tiempo real ya que la transferencia de datos se lleva a cabo a 9600 bits por segundo, tanto en las antenas Xbee como en el protocolo Bluetooth.

- El sistema de riego autónomo es muy fácil de aplicar, ya que no requiere de muchos conocimientos técnicos tanto como para su instalación y operación.
- Se determino que para cada tipo de tierra se requiere hacer un estudio de la conductividad del suelo, para que en base a los resultados obtenidos se puedan definir los rangos de trabajo del sistema de riego autónomo.

4.2. Recomendaciones.

- Utilizar los microcontroladores PIC para el desarrollo de propuestas de trabajos de titulación que permita la automatización de ciertos procesos que no requieran de mayor inversión, debido a que si utilizan un PLC el coste es muy elevado.
- Ampliar el laboratorio de control y automatismo para equipar con sistemas de entrenamiento de microcontroladores PIC que sirvan de ayuda al aprendizaje en la asignatura de sistemas de automatización.
- Agregar un microcontrolador para el monitoreo del estado de la batería, ya que se determinó durante las prácticas que el enlace se rompe debido a un bajo voltaje en la fuente de alimentación.

- Se recomienda la instalación de un panel solar para la recarga de las baterías de 9 voltios que energizan al sistema de riego autónomo, para garantizar la alimentación constante del sistema.

- Para garantizar el rango de alcance de la comunicación entre los elementos del sistema de riego autónomo se recomienda que las antenas tengan punto de vista entre sí, evitando obstáculos que puedan debilitar la señal.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Benerjee, G., & Singhal, R. (2010). Microcontroller Based Polyhouse Automation Controller. *International Symposium on Electronic System Design*.
- Camargo, M. (2013). *Sistema de control de riego automático mediante el monitoreo de humedad del suelo vía internet*. Querétaro: Universidad Autónoma de Querétaro.
- Chakraborty, T., Alam, K., Mal, S., & Biswas, U. (2014). Automatic Electronic Water Level management System using PIC Microcontroller. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 30-33.
- Dinesh, N., Pramod, S., & Sravani, C. (2013). Intelligent Irrigation System. *International Journal of Agricultural Science and Research*, 23-30.
- Ibrahim, D. (2006). *Microcontroller Based Applied Digital Control*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Kazma, C., Ileri, F., & Ugurdag, F. (2009). Microcontroller Based Methodology for Part Tracking in Industrial Automation. *Trends in the Development of Machinery and Associated Technology*, 413-416.
- Mai, L., & Oo, M. (2014). Design and Construction of Microcontroller Based Wireless Remote Controlled Industrial Electrical Appliances Using ZigBee Technology. *International Journal of Scientific Research Engineering & Technology*, 79-84.
- Mandado, E., Marcos, J., Fernández, C., & Armesto, J. (2009). *Autómatas Programables y Sistemas de Automatización*. Barcelona: Marcombo.

- Mendoza, J., Gruber, L., Torrealba, C., & Lugo, J. (2010). Diseño, construcción y evaluación de un equipo automatizado para riego por microaspersión. *Scielo-Bioagro*, 235-238.
- Molina M., J. (2010). *Automatización y telecontrol de sistemas de riego*. Barcelona: Marcombo.
- Rodriguez , A. (2011). *Sistemas SCADA*. Barcelona: Marcombo.
- Ruiz, L., Guerrero, D., Ruiz, A., Jiménez, M., & Molina, J. (2013). Sistema de automatización y telecontrol mediante microcontroladores para la gestión del riego de cultivos en maceta con lisímetros de pesada. *VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas*. Madrid.
- Tárraga M., P. (2012). *Sistema de riego controlado por sensores de humedad*. IES Universidad Laboral Albacete.
- Tolozá, J., Leiva, L., Riba, A., Carmona, F., & Acosta, N. (2010). Desarrollo de un prototipo de sistema portátil para detección en tiempo-real de la necesidad de riego en cultivos de producción intensiva. *CACIC*, 962-971.
- Villela, R., Reyes, C., & Sandoval, R. (2007). Automatización de un sistema de riego. *Revista Digital de la Universidad Autónoma de Zacatecas*.