

**ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO
SEDE – LATACUNGA**



**CARRERA DE INGENIERÍA
ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO EN
INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN**

**“AUTOMATIZACION Y PUESTA EN SERVICIO DEL EQUIPO
DE FUMIGACIÓN ELECTROSTÁTICO FPS 3K DE LA
EMPRESA “EGASFLO”**

SILVIA EMPERATRIZ ALPÚSIG CUICHÁN

IVÒN PATRICIA ESCOBAR ANCHAGUANO

LATACUNGA, DICIEMBRE DEL 2007

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente proyecto de grado fue elaborado en su totalidad por las señoritas:

Silvia Emperatriz Alpùsig Cuichán.
Ivòn Patricia Escobar Anchaguano.

Bajo nuestra dirección, como requisito para la obtención del título de Ingeniero Electrónico en Instrumentación.

Ing. José Maria Rodríguez R.
DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. Sixto Reinoso V.
CODIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro sincero agradecimiento al Ingeniero Gustavo Moreno, Gerente Técnico de la Empresa “EGASFLOR”, por el apoyo y apertura brindada; a todos los maestros y amigos que colaboraron para la culminación exitosa de nuestro proyecto.

A la Escuela Politécnica del Ejército, por los conocimientos adquiridos en nuestra formación profesional, a nuestro director y codirector de manera especial al Ingeniero José María Rodríguez por su apoyo y amistad incondicional.

*Silvia
Ivòn*

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento va expresado a Dios y a la Virgen Santísima por la salud y la vida recibida.

A mis padres queridos Martha y Carlos por su comprensión y apoyo incondicional para la culminación de mi carrera, que Dios los bendiga y les tenga siempre a mi lado.

A mis hermanos Paola y Carlos por su amistad y ayuda en mis momentos difíciles, que esta meta que hoy e culminado sea un aliento para que ustedes sigan adelante y no desfallezcan ante ningún problema, gracias.

A mi compañera y gran amiga Silvi por su comprensión y amistad brindada, gracias por compartir conmigo la satisfacción y alegría de haber culminado con éxito este proyecto.

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo y sacrificio entregado para la realización de este proyecto va dedicado a mi amado hijo Esteban quien a sido mi fuente de inspiración y quien me ha enseñado el verdadero sentido de la vida, a Edwin por su amor comprensión y ayuda durante esta etapa de mi vida.

Ivón

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por la vida prestada por el hermoso regalo de mi familia, de manera especial agradezco de todo corazón a mis queridos padres *Juan y Emperatriz* por su apoyo moral, económico y espiritual para el alcance de cada una de mis metas, a mis hermanos Byron y Juan Carlos por compartir junto a mí su cariño y amistad.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, a mis padres, a mis hermanos, al pequeño Danny y a mi amiga Meli, gracias a todos por su amistad, comprensión y paciencia brindada, a toda mi familia que día a día lucha por conseguir un estilo de vida mejor. A todos los amig@s por compartir junto a mí mis experiencias, sueños y logros especialmente a Ivón por permanecer junto a mí en el alcance de una de mis metas.

Silvi

CONTENIDO

CAPITULO I FUNDAMENTOS

INTRODUCCION

1.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	1
1.2 SISTEMAS DE FUMIGACIÓN.....	3
1.2. Importancia de la fumigación.....	3
1.2.2 Sistemas de Fumigación Electrostático.....	3
1.2.2.1 Principio de Funcionamiento.....	4
1.2.2.2 Boquilla de Fumigación.....	5
1.2.2.3 Ventajas de los fumigadores electrostáticos.....	6
1.2.3 Aplicación de agroquímicos.....	7
1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA.....	8
1.4 AUTOMATIZACIÓN CON MICROCONTROLADOR.....	13
1.4.1 Tipos de Autumatización.....	14
1.4.1.1 Fija.....	14
1.4.1.2 Programable.....	15
1.4.1.3 Flexible.....	15
1.4.2 Microcontroladores PIC.....	15
1.4.3 Aplicaciones de los microcontroladores.....	16
1.4.4 Microcontroladores PIC 18F452.....	16
1.4.5 Microcontrolador PIC 16F628A.....	24
1.4.5.1 Características Generales.....	25
1.4.5.2 Arquitectura del PIC 16F628A.....	26
1.4.5.3 Comunicación de los PIC.....	28
1.5 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICOS POR RF.....	34
1.6 RELOJ DS1307.....	40

1.7 MEMORIA 24LC512.....	41
1.8 VISUALIZADOR LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY).....	45
1.9 MÓDULOS DE RADIO FRECUENCIA.....	46
1.9.1 Módulos de transmisión y recepción de la serie HP3 de Linx.....	46
1.9.1.1 TXM 900 HP3 – PPO.....	47
1.9.1.2 RXM 900 HP3 - PP0.....	47
1.9.1.3 Selección de canales.....	52
1.9.2 Módulos de radio frecuencia TWS-434 y RWS-434.....	52
1.9.3 MAX 232.....	55
1.10 TRANSDUCTORES SENSORES Y ACONDICIONADORES.....	55
1.10.1 Acondicionamiento y presentación.....	56

CAPITULO II ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 ESPECIFICACION DE REQUISITOS DEL SISTEMA.....	58
2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA.....	59
2.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES.....	61
2.3.1 Selección de microcontroladores.....	61
2.3.2 Selección del reloj en tiempo real.....	63
2.3.3 Selección de la memoria EEPROM.....	64
2.3.4 Selección de la pantalla LCD.....	65
2.3.5 Selección del motorreductor	66
2.3.6 Selección de engranajes.....	68
2.3.7 Selección de módulos RF para la comunicación.....	68
2.3.7.1 Módulos de transmisión y recepción de la serie HP3	68
2.3.7.2 Módulos TWS-434 y RW-434.....	69
2.3.8 Selección de relés.....	69

2.3.9 Selección del microswitch.....	69
2.4 DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE DE SUPERVISIÓN.....	70
2.4.1 Hardware.....	70
2.4.2 Diseño del software de supervisión.....	77
2.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE MANGUERA.....	91
2.5.1 Motorreductor	92
2.5.1.1 Sistemas de engranajes para el motorreductor.....	93
2.5.2 Batería y alternador.....	94
2.5.3 Sistemas de poleas.....	97
2.5.4 Panel de mando para recolección de manguera.....	99
2.5.5 Sistema de rodillos para envolvimiento.....	100
2.5.6 Arreglo de relés para cambio de giro.....	101
2.6 SISTEMA DE DETECCIÓN DE NIVEL BAJO.....	101
2.7 MICROSWITCH INDICADOR DE FIN DE RECOLECCIÓN.....	103
2.6 DISEÑO DE CONTROL REMOTO POR RF.....	104
 CAPITULO III PRUEBAS EXPERIMENTALES	
 3.1 DESCRIPCION FISICA DEL SISTEMA.....	 109
 3.2 MEDICIONES Y PRUEBAS EXPERIMENTALES.....	 111
3.2.1. Sistema de comunicación inalámbrico.....	111
3.2.2. Pruebas del sistema de fumigación.....	113
3.2.3. Facilidad de operación del software RegFum Egasflor v1.0.....	114
3.2.4.	
Validaciones.....	114

3.3 ANALISIS DE RESULTADOS.....	115
3.3.1. Sistemas de comunicación inalámbricos.....	115
3.3.2. Sistemas de fumigación electrostático.....	115
3.3.3. Parámetros de comunicación.....	116
3.4 ANALISIS TÉCNICO-ECONÓMICO.....	116
3.5 ALCANCES Y LIMITACIONES.....	117

CAPÍTULO IV CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES.....	119
4.2 RECOMENDACIONES.....	121

BOBLOGRAFIA Y ENLACES.....	124
-----------------------------------	------------

ANEXOS

ANEXO A	Glosario de Términos
ANEXO B	Diagramas Electrónicos
ANEXO C	Manual de usuario
ANEXO D	Hojas de especificaciones técnicas

INTRODUCCION

La automatización en los últimos años ha revolucionado el mundo industrial, pues cada día más sistemas y procesos tienden a ser autónomos usando algún tipo de control. Los Microcontroladores se han constituido como herramienta fundamental de estos sistemas de control, siendo utilizados en la mayoría de procesos para un desarrollo científico y tecnológico.

La agricultura moderna además de responder a exigencias de mercado en cuanto a cantidad y calidad de sus productos, debe cumplir exigencias ambientales. Así se plantea una agricultura competitiva y ambientalmente sana para el siglo XXI. En otras palabras, es buscar la sostenibilidad económica y ambiental de la producción agrícola. La protección de los cultivos contra las diferentes plagas (insectos, enfermedades, malezas, roedores, etc.) adquiere cada día una mayor relevancia. Los controles sanitarios exigen tecnologías eficientes que permitan al productor ser competitivo y contribuir a preservar los recursos que sustentan el proceso agrícola.

El presente trabajo, se proyecta en la necesidad de mejorar la calidad de un producto de consumo humano y cumplir con las exigencias que esto representa, la aplicación de la tecnología en la agricultura ha contribuido mucho para que este campo se extienda y satisfaga muchas de las necesidades existentes. El objetivo principal de este proyecto es automatizar y poner en servicio al equipo de Fumigación Electrostático FPS 3K de la empresa "EGASFLOR".

Este equipo de fumigación aplica la tecnología electrostática para la aplicación de insecticida llamada electrostática envolvente, esta técnica permite depositar más eficientemente los químicos en las plantas que los fumigadores habituales, por esta razón se considero oportuno poner en operación este equipo y adaptar elementos que permitan facilitar su operación.

Con este fin, el proyecto se a dividido en cuatro capítulos indicados a continuación:

En el Capitulo I, se presenta el marco teórico referencial: principio de funcionamiento del sistema de fumigación electrostático, definiciones, comunicación I2C, estudio de los microcontroladores y lenguajes de programación.

En el Capitulo II, se refiere al trabajo en si de las autoras es el análisis y diseño de cada uno de los sistemas que conforman la automatización del equipo de fumigación electrostático, el desarrollo del software para cada uno de los sistemas basado en las necesidades planteadas y tomando en cuenta que el microcontrolador es la base fundamental del proyecto.

En el Capitulo III, se presentan las pruebas experimentales y los resultados obtenidos de cada sistema que constituye la automatización del equipo de fumigación como son los equipos de RF el registro de fumigación y otras correspondientes al equipo.

En el Capitulo IV, se encuentran las conclusiones y recomendaciones obtenidas durante la ejecución de éste proyecto.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS

1.1 ANTECEDENTES Y DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La empresa EGASFLOR se dedica a la producción y comercialización de productos de explotación agrícola, realiza sus labores agrarias en la hacienda la Argentina ubicada en el cantón Salcedo, provincia de Cotopaxi. Cultiva en mayor proporción brócoli para exportación y en menor proporción aves de postura y huevos para consumo nacional. Cuenta con sesenta y cuatro hectáreas destinadas para el cultivo de brócoli. En la figura 1.1 se puede apreciar parte de la extensión de la empresa.



Figura 1.1 Extensiones de brócoli en la empresa Egasflor.

El brócoli pertenece a la familia de las crucíferas, a la variedad botrytis y a la subvariedad cymosa Lam¹, su periodo de cultivo es de 90 días, es considerado uno de los productos de mayor exportación dentro y fuera de la provincia, por lo

¹ <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/brocoli.htm>

que el producto debe ser tratado de acuerdo a normas internacionales suizas y americanas en cuanto al uso de fungicidas, tomándose en cuenta principios activos, periodos de carencia², y dosis aplicadas. Estas normas exigen al agricultor que su producto cumpla con requisitos de sanidad en cuanto a plagas y enfermedades sin exceso de aplicación de productos tóxicos por lo que se requiere eliminar estos problemas sin descuidar el cuidado del entorno ambiental, a la vez que se garantiza una exportación de calidad.



Figura 1.2 Planta de brócoli

El equipo de Fumigación Electroestático FPS5K ha sido reemplazado por la empresa fabricante con otro modelo, encontrándose actualmente en el mercado con el modelo GPS5K ambos tienen el mismo principio de funcionamiento, el cual fue comprobado al realizar un contraste con el manual de usuario del modelo GPS5K facilitado por ESS (ELECTROSTATIC SPRAYIN SYSTEM), a la vez se realizó entrevistas con operadores de maquinas similares y personal técnico entendido en el campo, de todo este análisis se identifican los siguientes problemas:

- Equipo de fumigación fuera de operación por un tiempo prolongado.
- Falta de dispositivos mecánicos y eléctricos.
- Operación manual de recolección de la manguera.
- Electrodo de la pistola aspersora fuera de funcionamiento.

² Período que dura el producto en la planta industrial.

1.2 SISTEMAS DE FUMIGACION³

El manejo técnico de cultivos exige el conocimiento de la movilidad de una población plaga la misma que esta dada por el estado fonológico⁴, nutricional y climático del vegetal. Cuando cualquiera de estos elementos se altera o sufren cambios bruscos, brotan las plagas de insectos u otros organismos nocivos en el cultivo, requiriendo de procedimientos para la aplicación de químicos que controlen la proliferación de estos, se desinfecta por medio de humo, polvos en suspensión, líquidos, gas o vapores adecuados dependiendo del sistema de fumigación aplicado.

1.2.1. Importancia de la Fumigación⁵

Los parámetros de calidad internacional ISO 9000 y 14000 para alimentos exigen características de sanidad en cuanto a plagas y enfermedades así como se resalta la importancia de la presencia de residuos tóxicos en el producto.

La idea de obtener plantas que resistieran la agresión de los insectos ha sido un viejo sueño acariciado por científicos y agricultores.

No está en la mano del hombre modificar las condiciones meteorológicas. Más asequible parece la lucha contra los insectos. Las plantas transgénicas ofrecen un ejemplo elocuente de respuesta de la ciencia a ese respecto. Los insectos constituyen el grupo de organismos más abundante de la tierra, muchos causan daños considerables en las cosechas. Sin miedo a exagerar, podría afirmarse que el desarrollo de la agricultura ha dependido en buena medida de la capacidad del hombre para amortiguar las pérdidas provocadas por los insectos.

En el mercado se puede encontrar una variada gama de equipos de fumigación que varían de acuerdo al cultivo, la zona o lugar donde se cultiva y al tamaño del área que se desea fumigar entre estos equipos existentes podemos mencionar los siguientes:

³HALLEY, R.J, Manual de Agricultura y Ganadería, Editorial Noriega, Primera Edición 1990.

⁴ Variaciones atmosféricas en relación con la vida de las plantas.

⁵ Estruch, Juan José. Plantas resistentes a insectos. Investigación y Ciencia.

- Hidráulico
- No Electrostático
- Electrostático

1.2.2. Sistemas de Fumigación Electrostático

Los fumigadores electrostáticos producen un vapor de gotitas con carga eléctrica que se lleva a la planta a través de un flujo de aire en alta velocidad. Este proceso resulta dos veces más eficaz en depositar los químicos que el de los fumigadores hidráulicos y los fumigadores no electrostáticos. La fumigación electrostática optimiza el control de insectos y enfermedades, y a la vez reduce el costo de aplicación.

1.2.2.1. Principio de Funcionamiento

La carga electrostática causa una fuerza de atracción entre las gotitas de vapor y la planta. El concepto es parecido a la atracción electrostática que se genera en la secadora entre una camisa y unos calcetines.

La carga de las gotitas en el vapor es baja, pero la fuerza de atracción que causa entre la planta y las gotitas es grande porque las gotitas son de bajo peso. La fuerza eléctrica que atrae el vapor hacia la planta es 40 veces más grande que la fuerza de la gravedad. Esto significa que las gotas cambiarán su dirección de movimiento, y fluyen hacia arriba contra la gravedad cuando se acercan a la superficie de la hoja. Las gotitas cambian su dirección de movimiento para cubrir la cara inferior de la hoja y el dorso del tallo. Este fenómeno sorprendente, causado por la electrostática se llama “electrostática envolvente.”

La eficacia de la cobertura del vapor tiene que ver con la uniformidad de las gotitas sobre la superficie de la planta. La figura 1.3 muestra la calidad de cobertura que se puede lograr con un fumigador electrostático en comparación con un fumigador hidráulico. La cobertura en la cara inferior es mejor por motivo de la electrostática envolvente. La uniformidad es mejor por causa de la

turbulencia aérea y el tamaño consistente de las gotitas. El control de insectos y enfermedades es mejor porque éstos tienen mayor posibilidad de contactarse con una gotita. Además, muchas veces la quemadura química se reduce porque el pesticida⁶ no se acumula en gotas grandes.

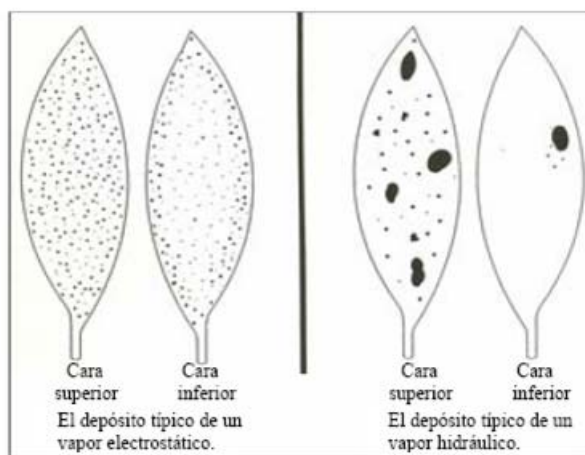


Figura 1.3 Comparación de cobertura entre fumigadores hidráulico y electrostático

La cobertura lograda con un fumigador electrostático es más nítida. El vapor está bien distribuido sobre ambas caras de las hojas. Los fumigadores hidráulicos producen gotitas que varían en tamaño y se agrupan sobre la hoja.

1.2.2.2. Boquilla de Fumigación

La parte clave del fumigador electrostático es la boquilla que atomiza el aire y le otorga una carga eléctrica. El aire y el líquido entran separados en la parte posterior de la boquilla. El aire fluye a una alta velocidad a lo largo de la boquilla y choque con el líquido en la punta de la boquilla, causando la formación de numerosas gotitas de vapor. El diámetro de las gotitas es de 30 a 60 micrones. La presión de aire que el sistema requiere es de 30 a 40 psi. Para lograr una atomización equivalente con un fumigador hidráulico, se requiere casi 3000 psi. Mientras que el vapor es atomizado, un electrodo coloca una carga eléctrica sobre cada gotita seguidamente, la fuerza del flujo turbulento de aire lleva las gotitas cargadas a la planta.

⁶ Producto que se destina para combatir plagas.

La carga electrostática de las gotitas del vapor es negativa. La carga positiva de la planta atrae las gotitas a la superficie de la planta. Las gotitas cargadas siguen líneas de fuerza eléctrica y envuelven las hojas y el tallo de la planta. Las gotitas cargadas pierden su carga eléctrica cuando llegan en contacto con la hoja.

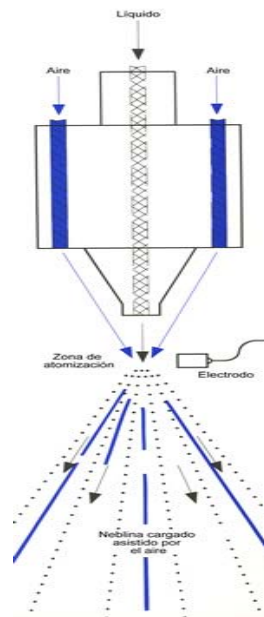


Figura 1.4 Boquilla de fumigación

1.2.2.3. Ventajas de los Fumigadores Electrostáticos

Varios tipos de estudios sobre el depósito del vapor que evalúan el fumigador electrostático han sido realizados por investigadores en varias universidades. Estos estudios generalmente enfocan en uno de cuatro temas importantes:

1. El análisis del depósito y el alcance del vapor
2. El control de insectos y enfermedades
3. La seguridad del trabajador y del medio ambiente
4. La seguridad del cultivo

La prueba del depósito tiene que ver con la cantidad de vapor que se deposita sobre las hojas de las plantas. La eficacia del fumigador se indica por la cantidad de vapor depositado. Una baja cantidad depositada indica que el vapor no está

dando en el blanco; puede ser que esté corriendo al suelo, o flotando en el aire más allá de la planta. Muchas veces las pruebas del depósito concentran en medir la cantidad de vapor en la cara inferior de la hoja o dentro del dosel de la planta, donde se hallan la mayoría de los problemas con insectos y enfermedades.

1.2.3. Aplicación de agroquímicos⁷

La agricultura moderna además de responder a exigencias de mercado en cuanto a cantidad y calidad de sus productos, debe cumplir exigencias ambientales. Así se plantea una agricultura competitiva y ambientalmente sana para el siglo XXI. En otras palabras, es buscar la sostenibilidad económica y ambiental de la producción agrícola. La protección de los cultivos contra las diferentes plagas (insectos, enfermedades, malezas, roedores, etc.) adquiere cada día una mayor relevancia. Los controles sanitarios exigen tecnologías eficientes que permitan al productor ser competitivo y contribuir a preservar los recursos que sustentan el proceso agrícola.

En la protección de cultivos, el agricultor debe utilizar racionalmente todos los medios que estén a su alcance y contribuyan al control de plagas. Este es el concepto de Manejo Integrado de Plagas (MIP), en el cual los agroquímicos juegan un papel fundamental. El uso seguro y eficaz de plaguicidas exige conocer los principios que rigen las aplicaciones de esas sustancias y las características de los equipos necesarios para realizarlas.

• Presión vs Volumen

La descarga de un equipo depende de la presión de aplicación. A mayor presión mayor descarga y viceversa. Cuando se calibra un equipo para aplicar un volumen determinado por hectárea (lt/ha), se requiere que la descarga de la boquilla (lt/min) sea constante para que el volumen se pueda distribuir uniformemente sobre el área tratada. Cuando la presión cambia durante la aplicación, la

⁷ Maruyama , “Tecnología para la Aplicación de Agroquímicos,1996

descarga de la boquilla se altera, dando como resultado una pobre distribución del plaguicida y por consiguiente una aplicación de muy baja calidad.

1.3 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO Y OPERACIÓN DE LA MÁQUINA⁸

La GPS-5KTM es una unidad que funciona por si sola que se muestra en la figura 1.5. El motor provee energía al compresor para producir el aire presurizado. El aire pasa a través del radiador, es enfriado, y sigue dos rutas diferentes. Una de las rutas va al carrete de la manguera y la otra pasa por el regulador de presión del tanque y luego va al tanque de acero inoxidable con una capacidad de cinco galones. Cuando el motor está encendido y el regulador de presión del tanque está dentro del rango de 12-15 psi, el tanque es continuamente presurizado y agitado para prevenir la separación y asentamiento de los químicos. La manguera de doble línea, la cual lleva líquido presurizado y líneas de aire, alimenta a la pistola aspersora⁹ de mano. El líquido se combina con el aire presurizado y atomiza en gotas de 40 micrón¹⁰.

Las gotitas están cargadas electrostáticamente y asperjadas por medio de las boquillas. Las gotitas son adheridas a toda la superficie de la planta en la dirección en que la pistola aspersora de mano sea dirigida, incluyendo el envés de las hojas y el follaje profundo con todo y tallos, a causa de una carga electrostática.

En su arquitectura encontramos un manubrio que puede ser usado manualmente o unido a un vehículo pequeño para halar el equipo

⁸ ELECTROSTATIC SPRAYING SYSTEMS, INC Manual de Propietario de GPS-5k

⁹ Dispositivo utilizado por el operador para la aplicación del fungicida.

¹⁰ Micrómetro.- medida de longitud

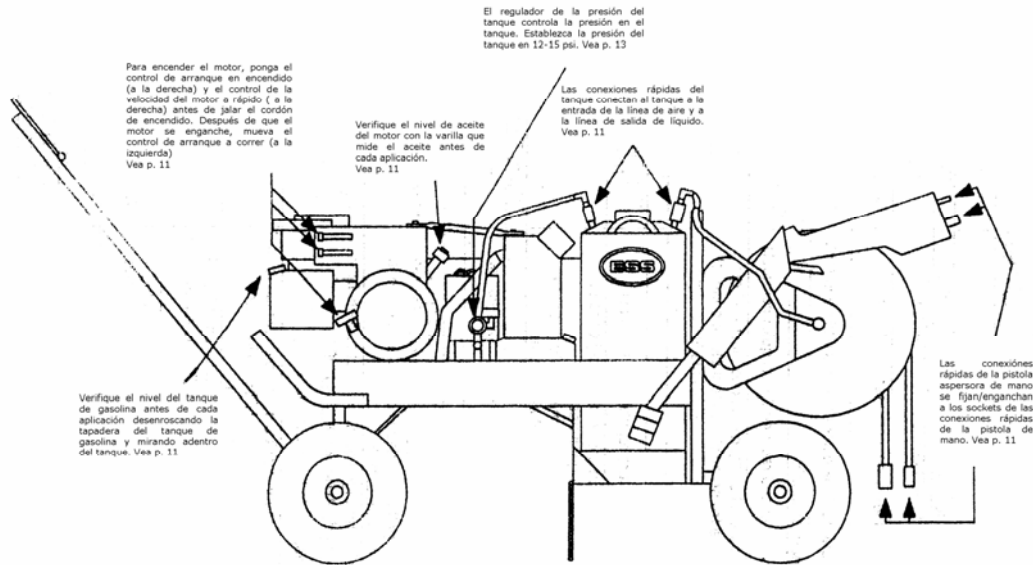


Figura 1.5 Vista de costado del equipo de fumigación

• **El motor**

El equipo GPS-5KTM usa un motor de gasolina de 5 caballos de potencia para darle potencia al compresor de aire como se muestra en la figura 1.6. Antes de cada aspersión los niveles de gasolina y de aceite deben de ser verificados. Se debe usar gasolina sin plomo y aceite 10W-30.



Figura 1.6 Motor del equipo GPS5K

• **El compresor**

El compresor que se observa en la figura 1.7, produce aire presurizado el cual es usado para atomizar y propulsar el líquido. Los niveles de aceite deben de ser

verificados antes de cada aplicación. Se debe usar aceite para compresores de presión 30 en el compresor.



Figura 1.7 Compresor

- **Las conexiones rápidas**

Hay cuatro sets de conexiones rápidas (conectores y sockets) en la aspersora como se observa en la figura 1.8; entrada del tanque, salida/enchufe del tanque, entrada de líquido de la pistola aspersora de mano, y entrada de aire de la pistola aspersora de mano.



Figura 1.8 Conexiones Rápidas

- **El carrete de la manguera**

El carrete de la manguera contiene una manguera de doble línea que corre desde la unidad principal a la pistola aspersora de mano. El aire (manguera roja) y líquido (manguera gris) son enviados al carrete de la manguera del compresor y

del tanque. Hay un filtro en la entrada de líquido en el carrete de la manguera. El filtro consiste en un tamiz, un anillo, y un tazón. La figura 1.9 muestra la ubicación del carrete de manguera.

Se debe verificar y limpiar el filtro periódicamente para evitar la acumulación de basura.



Figura 1.9 Carrete de manguera

- **El tanque**

El tanque es de acero inoxidable con capacidad de 5 galones como se observa en la figura 1.10. Hay una palanca de la válvula en la tapadera del tanque que permite al operador sacar la presión del tanque antes de abrirlo. Cuando la palanca esta horizontalmente, el tanque es presurizado; cuando la palanca esta verticalmente, el tanque no es presurizado. Se escuchará una pequeña cantidad de aire saliendo de la tapa del tanque aún cuando la palanca esté horizontalmente debido a la agitación.



Figura 1.10 Tanque

- **El regulador de presión del tanque**

El regulador de presión del tanque controla la cantidad de presión en la línea de presión del tanque. La presión del tanque óptima es de 12-15 psi. Para aumentar la presión se debe girar la válvula que se encuentra a lado del regulador en sentido de las agujas de un reloj, para disminuir la presión se debe girar en sentido contrario a las agujas de un reloj. La figura 1.11 muestra el regulador de presión.



Figura 1.11 Regulador de presión

- **La válvula de seguridad**

El equipo GPS-5K™ tiene una válvula de seguridad de 100 psi la cual esta conectada al regulador de presión del tanque. Esta válvula releva una presión mayor a 100 psi para proteger a la aspersora de cualquier daño por alguna presión del aire en extremo. A continuación se muestra en la figura 1.12 la válvula de seguridad.



Figura 1.12 Válvula de seguridad

- **La pistola aspersora de mano**

La pistola aspersora de mano es sostenida por el operador durante la operación. La activación del gatillo produce la aspersión de líquidos. Esta pistola aspersora de mano tiene las siguientes partes que requerirán servicio: el filtro de aire, el filtro de líquidos, la boquilla, y las baterías. Ver figura 1.13.

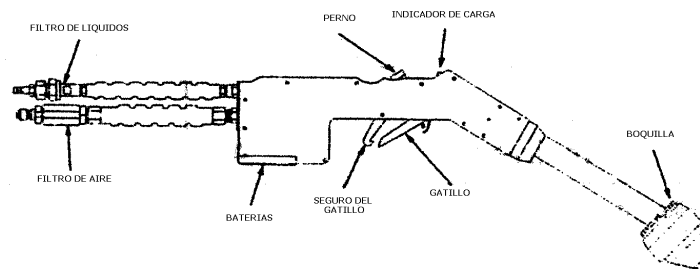


Figura 1.13 Pistola aspersora

1.4 AUTOMATIZACIÓN CON MICROCONTROLADOR

La automatización en los últimos años ha revolucionado el mundo industrial, pues cada día más sistemas y procesos tienden a ser autónomos usando algún tipo de control, siendo los microcontroladores quienes han constituido una herramienta fundamental de estos sistemas de control. La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.¹¹ Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- Parte Operativa
- Parte de Mando

La *Parte Operativa*, es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada.

¹¹ <http://electronica.udea.edu.co/gepar/cursosextension/semautom.htm>

Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

La *Parte de Mando*, suele ser un autómatas programable (tecnología programada). En un sistema de fabricación automatizado el autómatas programable esta en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes del sistema automatizado.

Los objetivos de la automatización son:

- Mejorar la productividad de la empresa, reduciendo los costes de la producción y mejorando la calidad de la misma.
- Mejorar las condiciones de trabajo del personal, suprimiendo los trabajos penosos e incrementando la seguridad.
- Realizar las operaciones imposibles de controlar intelectual o manualmente.
- Mejorar la disponibilidad de los productos, pudiendo proveer las cantidades necesarias en el momento preciso.
- Simplificar el mantenimiento de forma que el operario no requiera grandes conocimientos para la manipulación del proceso productivo

1.4.1 Tipos de Automatización

1.4.1.1. Fija

Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por lo tanto es adecuada para diseñar equipos especializados para procesar productos o componentes de éstos con alto rendimiento y elevadas tasas de producción.

1.4.1.2. Programable

Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de productos a obtener. En este caso, el equipo de producción está diseñado para ser adaptable a variaciones en la configuración del producto. Esta característica de adaptabilidad se logra haciendo funcionar el equipo bajo el control de un programa de instrucciones para el producto dado. La producción se obtiene por lotes.

1.4.1.3. Flexible

Es una categoría situada entre las dos anteriores. Se ha comprobado que es más adecuada para el rango medio de producción. Con este tipo de automatización pueden obtenerse simultáneamente varios tipos de producto, en el mismo sistema de fabricación.

1.4.2 Microcontroladores PIC

El microcontrolador o PIC (Programmable Integrated Circuits) es un circuito integrado de alta escala de integración que incorpora la mayor parte de los elementos que configuran un controlador, dispone normalmente de los siguientes componentes:

- Procesador o CPU (Unidad central de procesamiento), cuyo objetivo es el de interpretar las instrucciones de programa.
- Memoria RAM (memoria de acceso aleatorio), para contener los datos.
- Memoria PROM (memoria programable de solo lectura), en la cual son memorizadas de manera permanente las instrucciones del programa a seguir.
- Memoria EEPROM (memoria de lectura y escritura eléctrica), esta memoria es utilizada para almacenar configuraciones y ciertas variables.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, Puertas Serie y Paralelo, Conversores Analógico/Digital, Conversores Digital/Analógico, etc.).

- Líneas de E/S para comunicarse con el exterior.
- Generador de impulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

Los microcontroladores se diferencian principalmente por el tamaño de las memorias que estos tienen, la velocidad de procesamiento y los dispositivos periféricos. Este circuito integrado posee todos los componentes de un computador. Debido a su tamaño es posible montar el controlador en el propio dispositivo al que controla. En este caso el controlador recibe el nombre de controlador empotrado.

1.4.3 Aplicaciones de los microcontroladores.

Hoy en día muchos productos incorporan un microcontrolador con el fin de aumentar sustancialmente sus prestaciones, reducir su tamaño y costo, mejorar su fiabilidad y disminuir el consumo. Los microcontroladores están siendo empleados en multitud de sistemas presentes, como son juguetes, horno microondas, frigoríficos, televisores, computadoras, impresoras, módems, sistema de arranque de un automóvil, control de sistemas en una nave espacial, etc.

Una aplicación típica podría emplear varios microcontroladores para controlar pequeñas partes del sistema. Estos pequeños controladores podrían comunicarse entre ellos y con un procesador central, probablemente más potente, para compartir la información y coordinar sus acciones, como, de hecho, ocurre ya habitualmente en cualquier PC.

1.4.4 Microcontrolador PIC 18F452

El microcontrolador PIC 18F452, posee una memoria de programa de 16384 Word, Memoria de datos EEPROM de 256 bytes, memoria RAM de 1536 bytes y 33 pines de entrada y salida, los cuales se dividen en:

- Puerto A: 6 bits
- Puerto B : 8 bits

- Puerto C: 8 bits
- Puerto D:8 bits
- Puerto E: 3 bits

Además de ello posee 5 Conversores Análogo - Digital A/D, una de las principales diferencias frente a los otros pic es la capacidad que posee, y por esta razón es el más utilizado en proyectos avanzados que requieren mayor numero de entradas y/o salidas, como automatización de procesos industriales, alarmas residenciales, etc. Ver figura 1.14. Una desventaja es que debe ser conectado con un cristal externo (4 MHz – 10 MHz), y necesita en el Master Clear una resistencia Pulí - Up, ya que no hay forma de deshabilitar esta opción.

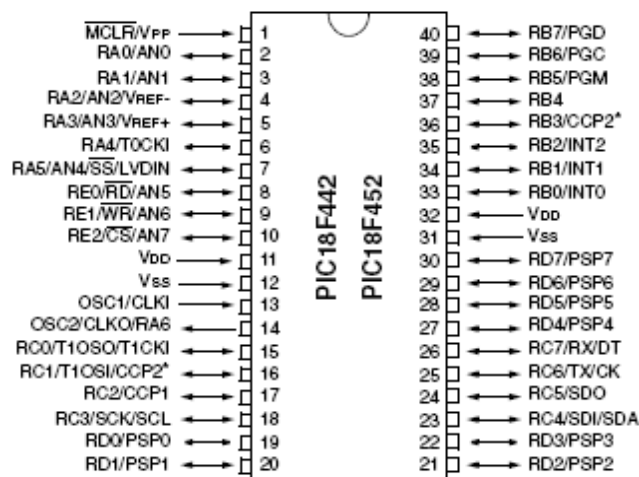


Figura 1.14 Disposición de pines del PIC 18F452

a) Características principales del PIC

- Procesador de arquitectura RISC avanzada
- Hasta 8K palabras de 14 bits para la Memoria de Programa, tipo FLASH.
- Hasta 1536 Bytes de memoria de Datos RAM.
- Hasta 256 bytes de memoria de datos EEPROM.
- Pines de salida compatibles para el PIC 16C73/74/76/77.

- Memoria de programa lineal con direccionamiento a 32 Kbytes
- Memoria de datos lineal con direccionamiento a 1.5 Kbytes.
- Hasta 10 operaciones:
 - DC : con un oscilador de 40 MHz a la entrada del reloj, con un oscilador de 4 MHz - 10 MHz a la entrada del reloj con PLL activo
- 16 bits para instrucciones, 8 bits para el bus de datos.
- Prioridad de niveles para las interrupciones.
- Alta corriente de (fuente sumidero) sink/source 25 mA/25 MA.
- Tres pines de interrupción externa
- Timer0: temporizador-contador de 8 bits- 16 bits con preescaler de 8 bits
- Timer1: temporizador-contador de 16 bits.
- Timer2: temporizador-contador de 8 bits con 8 bits de registro de periodo (el tiempo-base para PWM)
- Timer3: temporizador-contador de 16 bits
- Opción Secundaria de oscilador de reloj entre Timer1/Timer3
- Dos módulos de Captura, Comparación, PWM (CCP).
- Los pines de CCP pueden configurarse de la siguiente manera:
- La entrada de la captura: la captura es el 16-bits, con un máximo de resolución de 6.25 ns (TCY/16)
- La comparación es de 16-bits, con un máximo de resolución de 100 ns (TCY)
- Salida del PWM: La máxima resolución de PWM es 1 a 10 bits,
 La frecuencia de PWM: La resolución de 8-bits = 156 kHz
 La resolución del 10-bits = 39 kHz
- Puerto Serie Síncrono Master (MSSP)

- Dos modos de funcionamiento:
- 3-cables SPI (soportan todos los 4 modos de SPI)
- I2C modo maestro esclavo.
- Bajo consumo:
 - < 1.6 mA valor para 5 V y 4 MHz
 - 25 μ A para 3V y 32 KHz
 - <0.2 μ A en standby.
- Voltaje de alimentación comprendido entre 2 y 5,5 V.

b) Organización de la memoria

Existen tres bloques de memoria:

- Memoria de programa
- Memoria de datos (RAM)
- Memoria EEPROM

La memoria de datos y la memoria de programa usan buses separados.

c) Organización de la memoria de programa

El 18f452 tiene 32 Kbytes de memoria FLASH esto significa que el PIC puede almacenar hasta 16K palabras con una sola instrucción. La dirección del vector de RESET es 0000h y la dirección del vector de interrupción es 0008h y 0018h.como se observa en la figura 1.15.

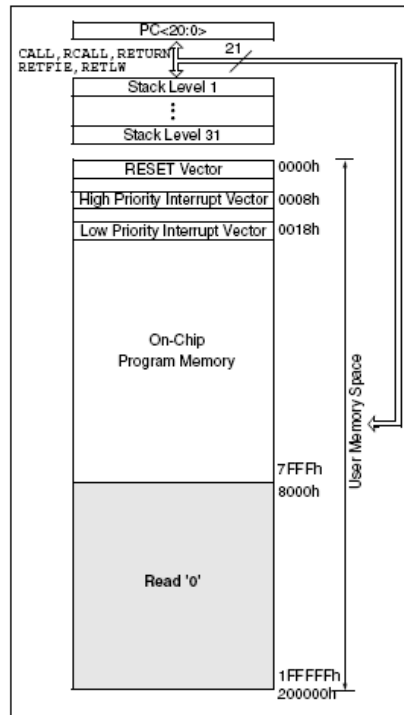


Figura 1.15 Memoria del programa

d) Memoria de Programa FLASH

La memoria de Programa FLASH puede ser leída, escrita, y borrada durante el funcionamiento normal en el rango de VDD. La lectura de la memoria de programa se ejecuta en un byte de tiempo, la escritura se ejecuta en bloques de 8 bytes de tiempo, y es borrada en bloques de 64 bytes de tiempo.

Escribir o borrar en la memoria de programa podría cesar las instrucciones futuras hasta que se complete la operación. La memoria de programa no puede ser accedida durante la escritura o el borrado por consiguiente el código no puede ser ejecutado, un programa interior indica el tiempo en que termino la escritura y el borrado.

e) Memoria de datos EEPROM

La EEPROM de Datos direcciona la memoria RAM de datos que es leída y escrita durante la operación normal del rango de VDD. La memoria de datos no es

directamente mapeada en el espacio del archivo de registro. En cambio, se dirige indirectamente a través de los Registros de las Funciones Especiales (SFR). Hay cuatro SFRs usados para lectura y escritura del programa y datos de la memoria EEPROM. Estos registros son:

- EECON1
- EECON2
- EEDATA
- EEADR

La memoria de Datos EEPROM permite leer y escribir un byte. Al unir el bloque de memoria de datos, EEDATA y los sostenimientos de 8 bit de datos para lectura/escritura y el bloque EEADR las direcciones de las localizaciones de la EEPROM pueden ser accedidas. Estos equipos tienen 256 bytes de EEPROM de datos con un rango de dirección desde 0h a FFh. La memoria EEPROM de datos soporta altos ciclos de borrado y de escritura. Un byte escribe automáticamente, borra la localización y escribe el nuevo dato, el tiempo de escritura es controlado por un chip de tiempo. El tiempo de escritura puede variar con el voltaje y la temperatura.

g) Pines de propósito general

- OSC1/CLKI (13): Entrada del cristal de cuarzo o del oscilador externo.
- OSC2/CLKO(14): Salida del cristal de cuarzo. En modo RC la pastilla OSC2 obtiene la cuarta parte de la frecuencia que se introduce por OSC1. que determina el ciclo de instrucción.
- VSS (12-31): Conexión a Tierra.
- VDD (11-32): Entrada de la alimentación positiva.
- MCLR#/VPP (1): Entrada de RESET o entrada del voltaje de programación.

h) Puerta A

- RA0/ANO(2): Actúa como línea digital de E/S o como entrada analógica al conversor AD (canal 0).
- RA1/AN1 (3): Igual que RA0/ANO.
- RA2/AN2/VREF – (4): Puede ser línea digital de E/S, entrada analógica 2 o entrada del voltaje negativo de referencia.
- RA3/AN3/VREF + (5): Línea digital de E/S, entrada analógica 3 o entrada del voltaje de referencia positivo.
- RA4/TOCKI (6): Línea digital de E/S o entrada del reloj Timer 0. salida con colector abierto.
- RA5/AN4/SS/LVDIN (7): Línea digital de E/S, entrada analógica 4, selección de entrada para SPI como esclavo.
- RA6 (14): Salida del cristal de cuarzo

i) Puerta B

- RB0/INT0 (33): Línea digital de E/S o entrada de petición de interrupción externa 0.
- RB1/INT1 (34): entrada de petición de interrupción externa 1.
- RB2/INT2 (35): Línea de E/S digital, entrada de petición de interrupción externa 2.
- RB3/CCP2 (36): Línea digital de E/S o entrada de captura2, salida del comparador2 y salida del PWM2.
- RB4 (37): Línea de E/S digital, entrada para la interrupción por cambio de pin.

- RB5 (38): Línea de E/S digital, entrada para la interrupción por cambio de pin. Entrada de programación del pin en bajo voltaje ICSP.
- RB6/PGC (39): Línea digital de E/S, entrada para la interrupción por cambio de pin. En la programación ICPS recibe las señales de reloj.
- RB7/PGD(40): Línea digital de E/S, entrada para la interrupción por cambio de pin. En la programación serie actúa como entrada de datos.

j) Puerta C

- RC0/T1OSO/T1CK1 (15): Línea digital de E/S o salida del oscilador del Timer 1 o como entrada de reloj externa del Timer 1 y Timer3.
- RC1/T1OSI/CCP2 (16): Línea digital de E/S o entrada del oscilador o entrada al módulo Captura2, salida del Comparador2 de la salida del PWM2.
- RC2/CCP1 (17): Línea digital de E/S también puede actuar como entrada al módulo Captura1, salida del Comparador2 de la salida del PWM1.
- RC3/SCK/SCL (18): Línea digital de E/S o entrada de reloj serie síncrona / salida de los modos SPI e I²C.
- RC4/SDI/SDA (23): Línea digital de E/S o entrada de datos en modo SPI o I/O datos en modo I²C.
- RC5/SDO (24): Línea digital de E/S o salida de datos SPI.
- RC6/TX/CK (25): Línea digital de E/S o pin de transmisión USART asíncrono o como reloj del asíncrono.
- RC7/RX/DT (26): Línea digital de E/S o pin de recepción USART asíncrono o como datos en el síncrono.

k) Puerta D

- RDO/PSPO – RD7/PSP7: Los 8 pines de esta puerta pueden actuar como líneas de E/S digitales como líneas para la transferencia de la información en la comunicación de la puerta paralela esclava.

l) Puerta E

- REO/RD/AN5: Línea digital de E/S o señal de lectura para la puerta paralela esclava o entrada análoga (canal 5).
- RE1/WR/AN6: Línea digital de E/S o señal de escritura en la puerta paralela esclava o entrada análoga al convertor A/D (canal 6).
- RE2/CS/AN7: Línea digital de E/S o activación / desactivación de la puerta paralela esclava o entrada analógica (canal 7).

1.4.5 Microcontrolador PIC 16F628A

Uno de los microcontroladores más populares en la actualidad es el PIC16F628A entre sus características soportan hasta 100.000 ciclos de escritura en su memoria FLASH, y 1'000.000 ciclos en su memoria EEPROM (tiempo de retención de datos 100 años), este está reemplazando rápidamente al popular PIC16F84A pues presenta grandes ventajas como las que se muestran en la tabla 1.1

Tabla 1.1 Tabla de comparación entre el PIC16F84A y los PIC16F6XX

	PIC 16F84A	PIC16F628A
Memoria de programa FLASH	1024 x 14	2048 x14
Memoria datos RAM	68 x 8	224 x 8
Memoria datos EEPROM	64 x 8	128 x 8
Pines de entrada/salida	13	16
Comparadores de voltaje	0	2
Interrupciones	4	10
Timers 8/16bits	1	3
Módulos PWM / CCP	No	Si
Comunicación serial USART	No	Si

1.4.5.1. Características Generales

- Velocidad de operación hasta 20 MHz con oscilador-externo.
- Oscilador interno RC (resistencia condensador) de 4 MHz calibrado de fábrica al $\pm 1\%$.
- Admite 8 configuraciones de oscilador.
- Ocho niveles de PILA.
- Procesador con arquitectura HARVARD.
- Conjunto reducido de instrucciones RISC (35) gama media.
- Instrucciones de un ciclo excepto los saltos (200nS por instrucción a 20 MHz).
- Resistencias PULL-UP programables en el puerto B.
- Pin RA5 MCLR programable como reset externo o pin de entrada.
- Rango de operación desde 3V. hasta 5.5V.
- 15 pines de I/O y 1 sólo de entrada (RA5).
- Temporizador perro guardián WDT independiente del oscilador.
- Programable con bajo voltaje LPV(5V.).
- Programación serial en circuito ICSP por 2 pines: RB6 reloj y RB7 datos.
- Código de protección programable por sectores.
- Memoria de programa FLASH 2048K. de 100.000 ciclos escritura/borrado.
- Memoria de datos EEPROM de 1.000.000 ciclos escritura/borrado de 100 años retención.
- circuitos comparadores análogos con entradas multiplexadas.
- Timers, Timer 0 a 8 bits, Timer 1 a 16 bits y Timer 2 a 8 bits.
- Módulos CCP, captura compara 16 bits, y PWM, modulación de ancho de pulso 10 bits.

- 10 fuentes de interrupción.
- Módulo de comunicación serial USART/SCI.
- Capacidad de corriente para encender leds directamente (25 mA I/O) por cada pin.

1.4.5.2. Arquitectura del PIC16F628A

El PIC16F628A utiliza un procesador con arquitectura Harvard como se muestra en la figura 1.16, consiguiendo mayor rendimiento en el procesamiento de las instrucciones, esta arquitectura a diferencia de la Von Neumann, utiliza dos bloques de memorias independientes, una contiene instrucciones y la otra sólo datos, cada una con su respectivo sistema de buses de acceso, 8 líneas para los datos y 14 líneas para las instrucciones, con lo que es posible realizar operaciones de acceso lectura o escritura simultáneamente en las 2 memorias, a esto se conoce como paralelismo.

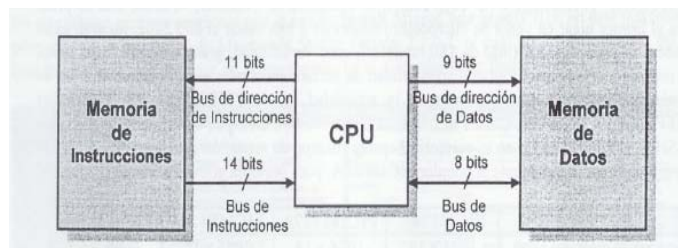


Figura 1.16 Arquitectura Harvard

El CPU del microcontrolador emplea una avanzada arquitectura RISC (computador con juego de instrucciones reducido) con un set de 35 instrucciones poderosas pertenecientes a la gama media de la familia de los microcontroladores PIC, la mayoría de instrucciones se ejecutan en un ciclo de instrucción a excepción de los saltos que requieren de 2 ciclos, dentro de su procesador existe una PILA de 8 niveles que permiten el anidamiento de subrutinas, esto quiere decir que puede recordar 8 lugares diferentes de línea de programa e ir regresando a cada uno en el orden inverso al que fueron anidados. A continuación se observa en la figura 1.17.

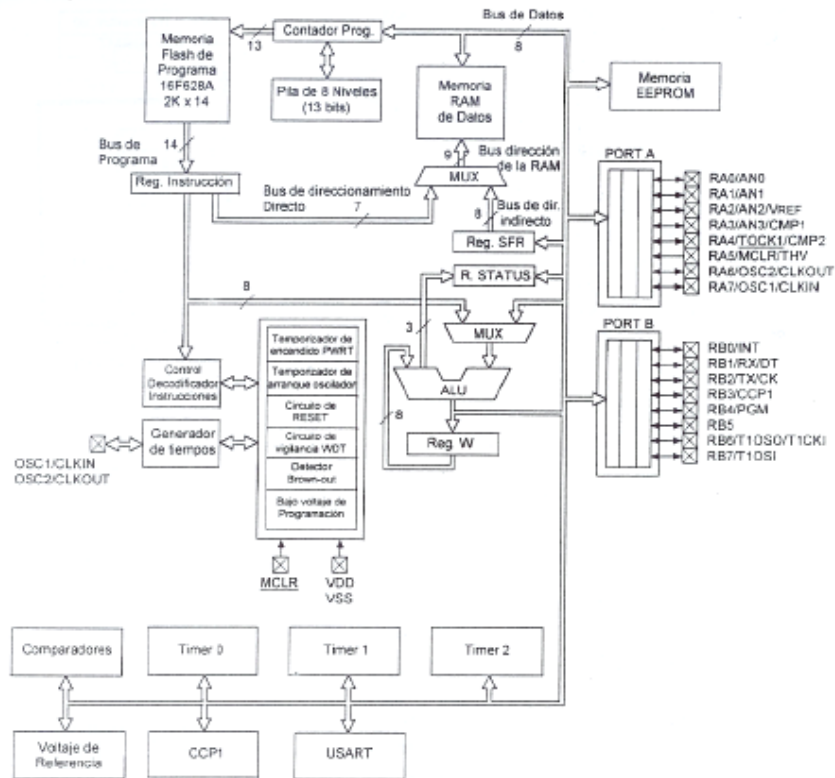


Figura 1.17 Diagrama de los bloques funcionales del PIC (Conexión de las 3 memorias FLASH, RAM y EEPROM)

a) Diagrama de pines y funciones

Excluyendo los dos pines de alimentación, todos los 16 pines restantes pueden ser configurados como entradas o salidas, algunos de ellos tienen funciones especiales como se muestra en la figura 1.18.

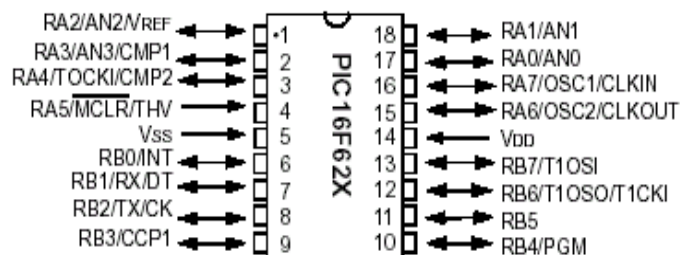


Figura 1.18 Pines del microcontrolador 16F628A

Tabla 1.2 Tabla de pines con sus funciones especiales.

PIN	NOMBRE	DESCRIPCION
17	RA0/AN0	Pin bidireccional I/O, entrada comparador análogo
18	RA1/AN1	Pin bidireccional I/O, entrada comparador análogo
1	RA2/AN2/VREF	Pin bidireccional I/O, entrada comp. Análogo y voltaje de referencia
2	RA3/AN3/CMP1	Pin I/O, entrada comp. Análogo y salida del comparador análogo 2.
3	RA4/TOCK/CMP2	Pin I/O, entrada reloj TIMER0 y salida del comparador análogo 2.
4	RA5/MCLR/VPP	Pin de entrada, en modo MCLR activa RESET externo.
15	RA6/OSC2/CLKOUT	Pin I/O, entrada oscilador externo, salida de ¼ de la frecuencia OSC 1.
16	RA7/0SC1/CLKIN	Pin I/O, entrada oscilador externo, entrada del reloj externo.
6	RBO/INT	Pin I/O, resistencia PULL-UP programable, entrada de interrupción ext.
7	RB1/RXIDT	Pin I/O, resist. Pull-Up, entrada dato RS232, I/O dato serial asincrónico
8	RB2ITXICK	Pin I/O, resist. Pull-Up, entrada dato RS232, I/O señal de reloj asincrónico
9	RB3/CCP1	Pin I/O, resist. Pull-Up, módulo CCP/PWM entrada o salida
10	RB4/PGM	Pin I/O, resist. Pull-Up, entrada de voltaje bajo de programación.
11	RB5	Pin I/O, resist. Pull-Up programable.
12	RB6/T1OSC/T1CKI	Pin I/O, resist. Pull-Up, salida oscilador TIMER1, entrada reloj de ICSP
13	RB7/T1OS1	Pin I/O, resist. Pull-Up, salida oscilador TIMER1, I/O datos de ICSP

1.4.5.3. Comunicación de los PIC

La comunicación serie es una forma muy apreciada de transferir datos digitales entre sistemas y circuitos integrados, dada la reducida cantidad de líneas que precisa. En los PIC18F4Xx, se ha implementado en el silicio de sus chips MSSP(Master Synchronous Serial Port), que provoca una excelente interfaz de comunicación de los microcontroladores con otros microcontroladores y diversos periféricos, entre los que se destacan las memorias EEPROM serie, los conversores A/D, los controladores de displays, LCD etc. De esta forma, el usuario dispone de algunos pines de la puerta C, que correctamente programadas sirven para manejar directamente la comunicación serie. Además, el módulo MSSP admite dos de las alternativas más usuales en la comunicación síncrona:

- SPI (Serial Peripheral Interface).
- I²C (Inter – Integrated Circuit)

a) SPI (Serial Peripheral Interface)

La comunicación serie en modo SPI la utilizan principalmente las memorias (RAM y EEPROM) y utilizan tres líneas para llevar a cabo. El modo I2C solo se emplea

dos líneas y, recientemente ha conseguido una importante implantación en la comunicación de circuitos integrados, existiendo en el mercado todo tipo de periféricos capaces de trabajar con este protocolo (memorias, controladores, relojes, conversores, etc.)

El **modo SPI** permite la transferencia de datos de 8 bits en serie, que pueden ser transmitidos y recibidos de forma síncrona y simultánea. Para el establecimiento de la comunicación se utilizan tres líneas:

- SDO (Serial Data Out): Salida de datos en serie.
- SDI (Serial Data In): Entrada de datos en serie.
- SCK (Serial Clock): Reloj de sincronización.

Puede ser necesaria utilizar una cuarta línea de control más cuando el PIC que se utiliza trabaja en modo de esclavo. En este caso el pin SS# (selección de esclavo) se debe activar a tierra, la figura 1.26 muestra la comunicación:

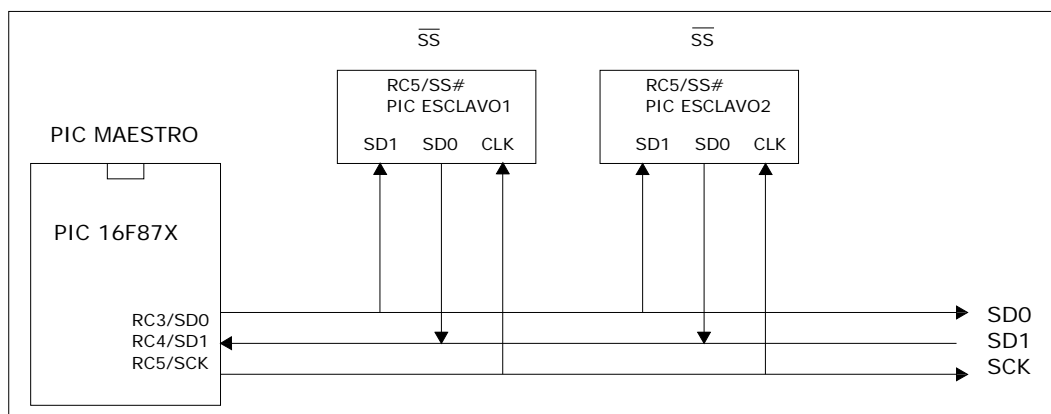


Figura 1.19 Comunicación SPI entre un PIC maestro y otros dos esclavos

b) I²C (Inter – Integrated Circuit)

El **modo I²C** fue desarrollado por *Philips* para cubrir sus propias necesidades en la implementación de diversos productos electrónicos que requería una elevada interconexión de circuitos integrados. El protocolo I²C utiliza únicamente dos líneas para la transferencia de la información entre los elementos que se

acoplan al bus. Una de dichas líneas se dedica a soportar los datos, es bidireccional se llama SDA; la otra lleva los impulsos de reloj para la sincronización, es unidireccional y recibe el nombre de SCL.

Las definiciones o términos utilizados en relación con las funciones del bus I2C son las siguientes:

- **Maestro (Master):** Dispositivo que determina la temporización y la dirección del tráfico de datos en el bus. Es el único que aplica los pulsos de reloj en la línea SCL. Cuando se conectan varios dispositivos maestros a un mismo bus la configuración obtenida se denomina "multi-maestro".
- **Esclavo (Slave):** Cualquier dispositivo conectado al bus incapaz de generar pulsos de reloj. Reciben señales de comando y de reloj proveniente del dispositivo maestro. Se pueden conectar hasta 128 dispositivos, que son los dispositivos seleccionados por el maestro mediante 7 bits (dirección del esclavo)
- **Bus Desocupado (Bus Free):** Estado en el cual ambas líneas (SDA y SCL) están inactivas, presentando un estado lógico alto. Únicamente en este momento es cuando un dispositivo maestro puede comenzar a hacer uso del bus.
- **Comienzo (Start):** Sucede cuando un dispositivo maestro hace ocupación del bus, generando esta condición. La línea de datos (SDA) toma un estado bajo mientras que la línea de reloj (SCL) permanece alta.
- **Parada (Stop):** Un dispositivo maestro puede generar esta condición dejando libre el bus. La línea de datos toma un estado lógico alto mientras que la de reloj permanece también en ese estado.
- **Dato Válido (Valid Data):** Sucede cuando un dato presente en la línea SDA es estable mientras la línea SCL está a nivel lógico alto.

- **Dato No válido (Invalid Data):** Sucede cuando un dato presente en la línea SDA es estable mientras en la línea SCL está a nivel lógico bajo.

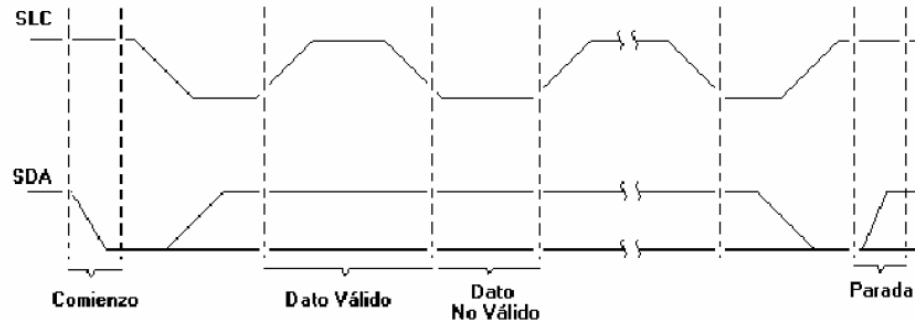


Figura 1.20 Representación del flujo de datos en I²C

Los impulsos de reloj siempre los genera el maestro y tienen la función de sincronizar las transferencias con todos los esclavos, colgados a las dos líneas.

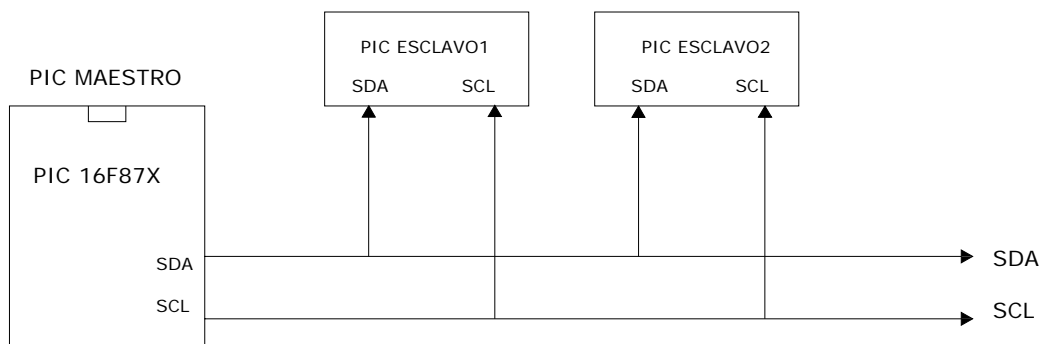


Figura 1.21 El maestro se conecta a todos los esclavos en el bus I2C con sólo dos líneas

Los PIC18F45X contienen un módulo MSSP con dos puertas para la comunicación síncrona, o sea, con señal de reloj. Además, también disponen de un módulo USART capaz de soportar la comunicación serie síncrona y asíncrona.

c) USART

Llamado SCI (Serial Communications Interface), puede funcionar como un sistema de comunicación *full dúplex* o bidireccional asíncrono, adaptándose a multitud de

periféricos y dispositivos que transfieren información de esta forma, tales como el monitor CRT o el ordenador PC. También puede trabajar en modo síncrono unidireccional o *half dúplex* para soportar periféricos como maestros, conversores, etc. El USART puede trabajar de tres formas:

- Asíncrona (Full dúplex, bidireccional)
- Síncrona – Maestro (Half dúplex, unidireccional)
- Síncrona – esclavo (Half dúplex, unidireccional)

En esta forma de comunicación serie, se usa la norma RS232C, donde cada palabra de información o dato se envía independientemente de los demás. Suele constar de 8 o 9 bits y van precedidos de un bit de START (inicio) y detrás de ellos se coloca un bit de STOP (parada). En el protocolo asíncrono RS232C, la frecuencia en baudios (bits por segundo) a la que se realiza la transferencia se debe efectuar a un valor normalizado: 330, 600, 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, etc.

De los modos de funcionamiento del USART, la comunicación serie asíncrona es la más utilizada. El PIC18F45X incorpora el hardware para comunicación vía RS-232 con un ordenador tipo PC. Para ello, el PC deberá emular un terminal con el software apropiado. La figura 1.22 ilustra una conexión USART.

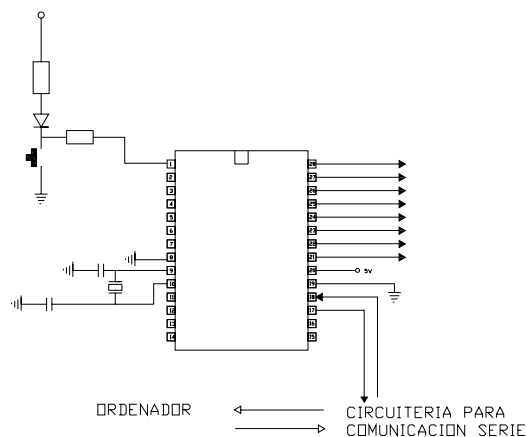


Figura 1.22 Conexión tipo USART

d) Protocolo RS232.

Se estableció en 1969 en USA. Norma internacional de transmisión serial entre dos dispositivos, que utilizan señales de voltaje para comunicarse. Debido a que se emplea una señal de voltaje, el RS-232C no puede transmitir señales a largas distancias (máximo 15 metros). Este estándar presenta algunos problemas que hace que no se lo utilice a menudo en las comunicaciones para la instrumentación. Es un sistema no balanceado, punto a punto razón por la cual pueden transmitir datos a bajas velocidades. Para este proyecto se utilizó esta interface para la comunicación entre el microcontrolador y la PC, ya que no se requiere de altas velocidades ni largas distancias.

Para la comunicación se necesitan tres pines:

- 1) Transmisión de datos
- 2) Recepción de datos
- 3) Tierra.

Otros pines que tiene disponible esta interface se usan para el control de flujo de datos, pero no requieren ser utilizados, ya que esta interface involucra la conexión entre un Equipo Terminal de Datos (DCE) y un Equipo de Comunicación de Datos (DCE).

d.1) Disposición de pines del puerto serial.

El puerto serie posee dos tipos de señales: señales de datos y señales de control. La interface RS – 232 normal posee 25 pines, sin embargo la mayoría de computadores disponen de un conector de 9 pines. De los cuales se utilizan tres la disposición de pines en el conector se distribuye de acuerdo a la figura 1.23.

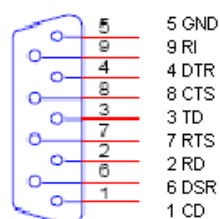


Figura 1.23 Distribución de pines del conector DB9.

La tabla muestra la función de cada pin en un conector macho de 9 pines.

Tabla 1.3 Funciones de los pines del puerto serie.

Pin	Etiqueta	Nombre de la Señal	Tipo de Señal
1	CD	Detector de portadora	Control
2	RD	Dato recibido	Datos
3	TD	Dato transmitido	Datos
4	DTR	Listo el terminal	Control
5	GND	Señal de referencia	Tierra
6	DSR	Listo set de datos	Control
7	RTS	Petición de envío	Control
8	CTS	Listo para envío	Control
9	RI	Indicador de timbrado	Control

1.5 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICOS POR RF¹²

Una de las tecnologías más interesantes de la industria actual probablemente sea el mundo de las comunicaciones inalámbricas. Esta afirmación no se basa en el último avance de las comunicaciones, sino en el más significativo. A menudo, todos escuchamos cómo la evolución de la tecnología nos liberará de los tradicionales cables que proporcionan las comunicaciones actuales. Sin embargo, las comunicaciones inalámbricas han estado durante décadas a nuestro alrededor, en una variedad de usos y técnicas.

Actualmente las transmisiones inalámbricas constituyen una eficaz y poderosa herramienta que permite la transferencia de voz, datos y video, sin la necesidad de utilizar cables para establecer la conexión. Esta transferencia de información es lograda a través de la emisión de ondas de radio, permitiendo así tener dos grandes ventajas las cuales son la movilidad y flexibilidad del sistema en general.¹³

¹² Regis J.Bates , Comunicaciones Inalámbricas De Banda Ancha, McGraw-Hill.

¹³ <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No2/mauriem.html>

a) Técnicas de modulación habituales

Se utilizan muchas variantes de la modulación para preparar la información que se transmitirá sobre las ondas electromagnéticas. Los métodos de modulación más comunes son los siguientes:

- Modulación de amplitud AM o ASK
- Modulación de frecuencia FM o FSK
- Modulación de fase PM o PSK
- Modulación de amplitud y cuadratura QAM o QPSK

Las técnicas más comunes, las que hoy en día utilizan los proveedores, incluyen las técnicas FM y QAM. Como ya se anotó en el funcionamiento general del espectro RF, se emplean diversas bandas de frecuencias para la transmisión de señales radioeléctricas. Al observar el mapa del espectro RF mostrado en la figura 1.32, se detectan las diferencias entre los modos en que se asignan las radiofrecuencias y se utiliza la longitud de onda.

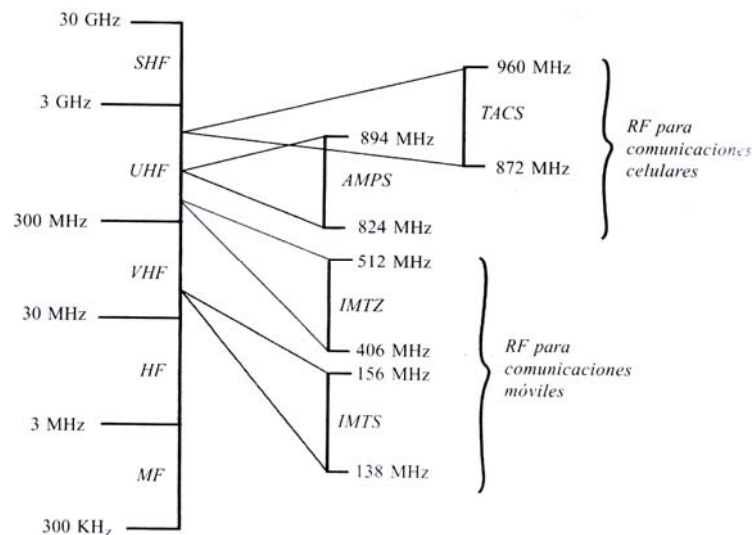


Figura 1.24 Distribución de las bandas de frecuencias.

Las señales radioeléctricas se dispersan sobre el espacio en el que se radian. La potencia de la señal se degradará con la distancia a una tasa predecible. Cuanto más alejado está el transmisor del receptor, mayor es el riesgo de degradación de la señal. Todo esto depende de otras condiciones, como el terreno y las estructuras hechas por el hombre que se encuentran en el camino, como ya se anotó en la sección 1.5. Por lo tanto, el uso de los diferentes segmentos del espectro, depende de la disponibilidad de las frecuencias en una zona determinada y del equipo que modula la señal. La modulación es la técnica empleada en las radiocomunicaciones para transformar el mensaje que se envía a un formato y forma apropiados. El formato debe satisfacer las características naturales del medio (en este caso las ondas radioeléctricas). La señal de información que contiene el mensaje se modifica (se transforma) para poder transportarlo. Este agente de cambio es el modulador, que modificará la forma o el formato de la onda electromagnética para transportar apropiadamente la señal por el equipo de transmisión. La modulación es un hecho reversible; el receptor demodula la onda portadora para extraer la información de la onda electromagnética. De este modo, se usa un modulador y un demodulador para manejar la transferencia de información.

c) Envoltente de la señal modulada

Cuando se utiliza un sistema radioeléctrico para el transporte de información (voz, datos, vídeo, etc.) se requiere una portadora base. Esta señal es una portadora no modulada, un tono constante que se envía entre los sistemas radioeléctricos punto a punto. En el sistema se introduce la información, que va a ser modulada (cambia la frecuencia de la portadora base) con la frecuencia de portadora, creándose una envoltente modulada con la voz (o con cualquier información que se desee transmitir) en la onda radioeléctrica. Esta envoltente se transmite a la estación receptora, donde se extrae la frecuencia de la portadora y queda la información.

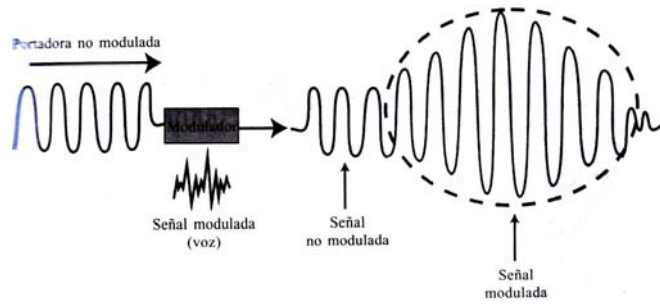


Figura 1.25 Envoltora de la señal modulada

c.1) Modulación de amplitud

La modulación de una señal sobre una radiofrecuencia puede proporcionarse de muchas maneras. Los sistemas analógicos que inicialmente se empleaban, utilizaban la *modulación de amplitud* (AM, *Amplitude Modulation*). En AM, la información se modula sobre la señal mediante el cambio de amplitud de la portadora. La frecuencia se mantiene constante. Los cambios de amplitud de este tipo de modulación se muestran en la figura 1.26.

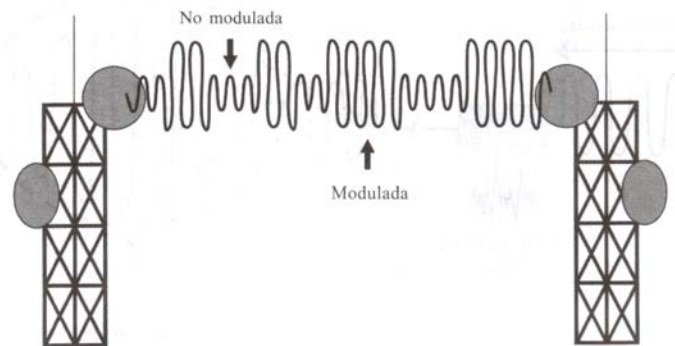


Figura 1.26 Modulación en amplitud

Las dos componentes de la transmisión electromagnética analógica que varían constantemente son la amplitud y la frecuencia, cuyos cambios se producen en el dominio del tiempo. Si la frecuencia se mantiene constante, entonces se pueden proporcionar cambios (modulación) a la amplitud de la portadora base.

El receptor buscará los cambios de amplitud. Este método recibe el nombre de *modulación por desplazamiento de amplitud* ASK (ASK, *Amplitud Shift Keying*). El

problema de un sistema AM es la propensión a degradarse por los cambios de amplitud. El ruido de la onda radioeléctrica viene en forma de amplitudes o incrementos en los niveles de ruido. El resultado es que los sistemas AM son más propensos al error y al ruido.

c.2) Modulación de frecuencia

La segunda opción es modular la frecuencia y mantener la amplitud constante. La frecuencia de la onda portadora se modifica para transportar el mensaje. Puesto que no cuenta con la envolvente de la portadora para transmitir información, esta modulación es relativamente inmune al ruido que perjudica a la señal AM. La *modulación de frecuencia* (FM, *Frequency Modulation*) se usa en sistemas radioeléctricos para comunicaciones móviles analógicas, en radiodifusión comercial y en la mayoría de los demás sistemas de comunicación bidireccional.

Mientras la amplitud de la información cambia, la frecuencia de la portadora varía en la misma proporción. Las polaridades positivas de la señal de información provocan el aumento de la frecuencia, mientras que las polaridades negativas provocan la disminución de la misma. El margen del cambio de frecuencia se denomina desviación de la portadora. No puede permitirse que esta desviación lleve a la frecuencia portadora fuera del ancho de banda del canal porque si no interferiría con los canales adyacentes. En la figura 1.27 se muestra la modulación de frecuencia.

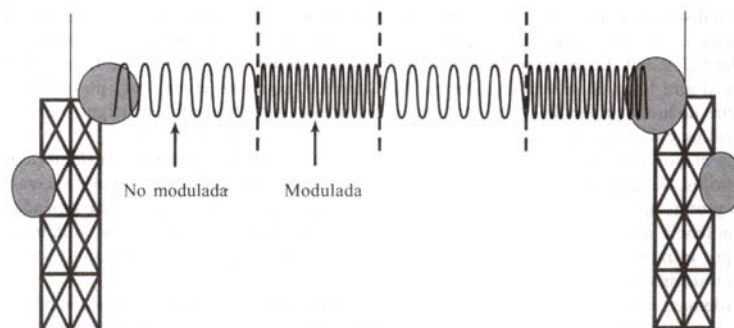


Figura 1.27 Modulación de frecuencia

- **Modulación digital**

La principal ventaja de las técnicas de modulación digital es la robustez o mejora de la resistencia al ruido. En los sistemas analógicos, cada componente de la red añade alguna degradación a la señal. Los sistemas digitales ofrecen servicios de voz y datos sin ruido y libres de errores mediante la detección de distorsiones o de pérdidas, que corrige antes de que se entreguen al terminal del usuario final.

La modulación digital se usa para estampar la información que contiene una señal digital en una onda portadora analógica. Existe una relación temporal entre los pulsos cuadrados de la información digital y las ondas portadoras moduladas digitalmente. En la figura 1.28 se muestran algunos ejemplos las técnicas de modulación digital que se emplean en los sistemas de radiocomunicaciones, y son las siguientes:

- **Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK, *Frequency Shift Keying*)**

Donde la frecuencia de la onda de soporte o portadora se cambia de un valor a otro para indicar los estados de los datos. Este método se utiliza en el canal de control AMPS para convertir datos binarios en tonos analógicos compatibles con la portadora analógica.

- **Modulación por desplazamiento de fase (PSK, *Phase Shift Keying*)**

La fase de la portadora se conmuta entre varios estados. Un modulador de dos estados sólo transmite valores de acuerdo a un único bit. Los sistemas modernos utilizan moduladores multiestado para transmitir valores con muchos bits (chips) en cada cambio de fase.

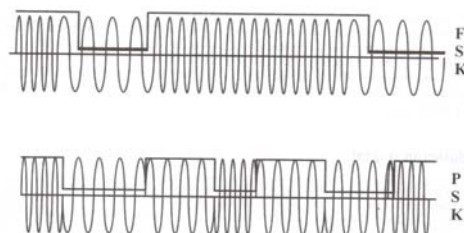


Figura 1.28 Técnicas de modulación digital

1.6 RELOJ DE TIEMPO REAL DS1307¹⁴

El circuito integrado DS1307, es un reloj/calendario de tiempo real con una presentación DIP de 8 pines, de Dallas Semiconductor, el cual provee segundos, minutos, horas, día de la semana, mes, día del mes y el año. El fin de mes es automáticamente ajustado para aquellos meses que tienen menos de 31 días, e incluye compensación por año bisiesto. El reloj opera entre los formatos de 24 horas o 12 horas con indicador de meridiano AM/PM. Una de sus características principales es que al presentarse fallas en la alimentación (V_{CC}) el DS1307 cambia automáticamente al modo de operación con batería para no perder su configuración. La figura 1.29 muestra el diagrama de bloques del RTC.

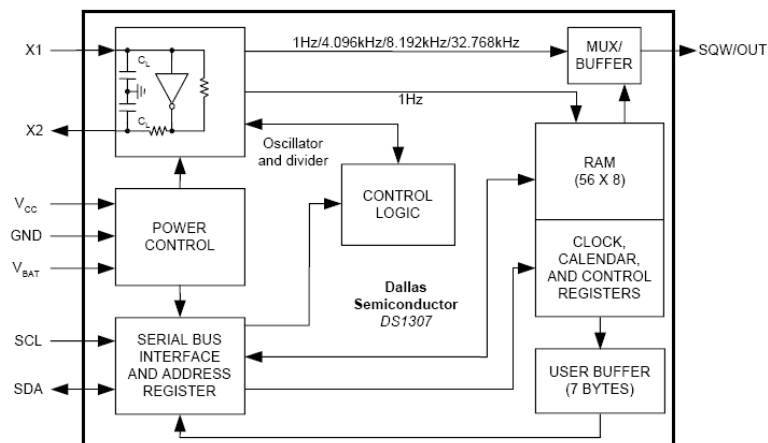


Figura 1.29 Diagrama de bloques reloj/calendario DS1307

a) Características generales

- La dirección del DS1307 en el bus es D0h, posee una memoria RAM de 56 bytes para almacenamiento de datos.
- Trabaja con interface serial I2C operando en modo esclavo.
- Salida de onda cuadrada de frecuencia programable.
- Consumo menor a 500 nA en modo alimentación por baterías.
- Rango de temperaturas de operación entre -40°C y $+85^{\circ}\text{C}$.

¹⁴ <http://www.maxim-ic.com>

b) Descripción de pines

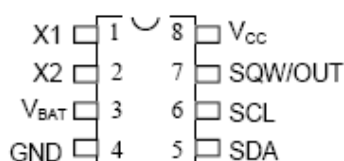


Figura 1.30 Diagrama de pines DS1307

Tabla 1.4 Descripción de pines DS1307

PIN	NOMBRE	FUNCION
1	X1	Conexión estándar de un cristal de cuarzo 32.768khz. Entrada del oscilador puede ser conectado a un oscilador externo de 32.768 khz.
2	X2	Terminal flotante del oscilador externo conectado a X1.
3	V _{BAT}	Positivo de la batería de resguardo.
4	GND	Tierra
5	SDA	Serial Data Input/Output. Es la entrada o salida de datos Para la interface serial I2C. Este pin es de colector abierto y requiere una resistencia pullup externa.
6	SCL	Serial Clock Input. Es la entrada de reloj para la interface I ² C y es usado para sincronizar el movimiento de datos de la interface serial.
7	SQW/OUT	Square Wave/output Driver. Salida de pulsos con frecuencias de (1Hz,4kHz,8kHz,32kHz),esta salida es de colector abierto por lo tanto requiere una resistencia de pullup externa.
8	V _{CC}	VCC (+ 5 V)

1.7 MEMORIA 24LC512¹⁵

El circuito integrado 24LC512 es una memoria serie del tipo 64K x 8 E₂PROM, es decir, una memoria eléctricamente borrable de 512 Kbits, capaz de operar en un amplio rango de tensiones (2.5 a 5.5v) y a una frecuencia máxima de reloj de 400KHz.

¹⁵ www.comunidadelectronicos.com/articulos/i2c.htm
www.datasheetcatalog.com

Este dispositivo permite realizar lecturas aleatorias y secuenciales de hasta 512 Kbits, es decir, el espacio total direccionable que puede ser ampliado hasta 4 Mbits mediante la utilización de tres líneas adicionales de direccionamiento que permiten conectar hasta ocho dispositivos en un mismo bus. Está disponible en estándar de ocho pines plástico DIP, SOIC, DFN y 14 pins TSSOP. La figura 1.31 muestra el diagrama de bloques de la memoria

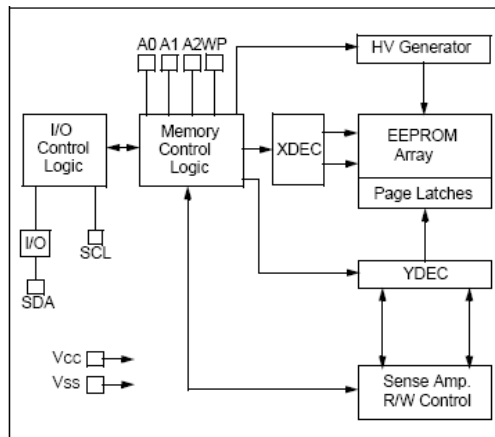


Figura 1.31 Diagrama de bloques memoria 24LC512

a) Características generales

- Tecnología CMOS de baja potencia:
- La corriente máxima en escritura es de 5 mA a 5.5V
- La corriente máxima en lectura es de 400 μ A a 5.5V
- La corriente de espera (standby) a 5.5V son 100 nA
- El bus formado por dos hilos con una interfaz serie, compatible con el estándar I2C
- Protección de escritura del hardware
- En un mismo ciclo pueden ser realizadas operaciones de borrado y escritura.
- La capacidad de cada página de escritura es de 128 bytes.
- Circuito interno de supresión de ruido.

- Hasta 1.000.000 de ciclos de borrado y escritura
- El tiempo máximo de escritura por ciclo es de 5ms.
- El dispositivo cuenta con una protección contra las descargas de electricidad estática de 4.000V.
- Tiempo máximo de permanencia de datos de 200 años.
- Rangos de temperaturas de funcionamiento:
 - Industrial (I): -40°C a +85°C.
 - Automoción (E): -40°C a +125°C.

a) Descripción de pines

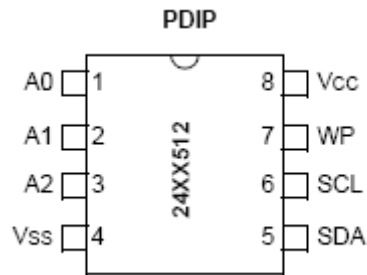


Figura 1.32 Diagrama de pines memoria 24LC512

Tabla 1.5 Descripción de pines de la memoria 24LC512

PIN	NOMBRE	FUNCION
1	A0	Selección de chip
2	A1	Selección de chip
3	A2	Selección de chip
4	V _{SS}	Tierra
5	SDA	Datos Serie
6	SCL	Señal de reloj
7	WP	Modo W/R
8	V _{CC}	Terminal Positivo (+5V)

- **Entradas A0, A1 y A2**

Las entradas A0, A1 y A2 son utilizadas por el 24LC512 para las operaciones con múltiples dispositivos. Los niveles lógicos en estas entradas se comparan con los bits correspondientes de la dirección esclavo. Pueden conectarse hasta ocho dispositivos en el mismo bus usando combinaciones de bits del Chip Select. Si estos pines se dejan sin conectar, las entradas serán conectadas internamente a Vss mediante un circuito interno de pull-down. En la mayoría de las aplicaciones, la direcciones de entrada A0, A1 y A2 son cableadas a nivel lógico '0' o '1', para los usos en los cuales estos pines son controlados por el microcontrolador u otro dispositivo de lógica programable, los pines de selección de chip deben ser puestos a nivel lógico '0' o '1' antes de que la operación normal del dispositivo pueda proceder.

- **Datos Serie (SDA)**

Este es un pin bidireccional que se usa para transferir direcciones y datos de entrada y de salida de los dispositivos. Se trata de un pin en colector abierto, por lo tanto, el bus SDA requiere una resistencia de pull-up para conectarse a Vcc (típicamente 10 k. para 100 khz, 2 k. para 400 khz y 1 MHz) Para una transferencia de datos normal, SDA permite el cambio solo durante el nivel bajo de SDL. Los cambios durante el estado alto de SCL son reservados para indicar las condiciones de Start y Stop.

- **Reloj Serie (SCL)**

Esta entrada se utiliza para sincronizar la transferencia de datos con el dispositivo.

- **Protección de Escritura (WP)**

Este pin puede ser conectado a Vss o a Vcc El circuito interno de pull-down de este pin mantendrá el dispositivo en un estado de no protección si permanece flotante, sin embargo, ésta no es una práctica recomendable. Si WP se conecta a

Vss, las operaciones sobre la memoria pueden ser realizadas (lectura/escritura de la memoria completa, desde 0000 a FFFF) Si se conecta a Vcc, la operación de escritura se inhibe mientras que la operación de lectura no se ve afectada.

1. 8 VISUALIZADOR LCD (LIQUID CRYSTAL DISPLAY)¹⁶

Los módulos LCD (Display de Cristal Líquido), son utilizados para mostrar mensajes que indican al operario el estado de la maquina, o para dar instrucciones de manejo, mostrar valores, etc. El LCD permite la comunicación entre las máquinas y los humano, este puede mostrar cualquier caracter ASCII, y consumen mucho menos que los displays de 7 segmentos, existen de varias presentaciones por ejemplo de 2 líneas por 8 caracteres, 2x16, 2x20, 4x20, 4x40, etc. Sin backlight (14 pines) o con backlight (16 pines, iluminado de pantalla), el LCD más popular es 2x 16, 2 líneas de 16 caracteres cada una. Tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera cualquier equipo electrónico de una forma fácil y económica.

a) Descripción de pines

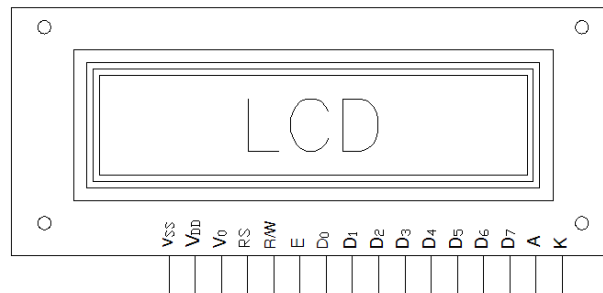


Figura 1.33 Distribución de pines del LCD Hitachi 44780

¹⁶ PALACIOS Enrique, REMIRO Fernando, LÒPEZ Lucas, “ Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de Proyectos”, RA-MA Editorial, España, 2004.

Tabla 1.6 Descripción de pines del LCD Hitachi 44780

PIN	SIMBOL O	DESCRIPCION
1	V _{SS}	Tierra de alimentación GND
2	V _{DD}	Alimentación de +5V _{CC}
3	V _O	Ajuste del contraste del cristal líquido (0 a +5V)
4	RS	Selección del registro control/datos RS = 0 reg. Control RS = 1 reg. Datos
5	R/W	Lectura/Escritura en LCD R/W = 0 escritura R/W = 1 lectura
6	E	Habilitación E = 0 módulo desconectado E = 1 módulo conectado
7...14	D0..D7	Bus de datos
15	A	Alimentación del backlight +3,5 V a +5V _{CC}
16	K	Tierra GND del backlight

1. 9 MÓDULOS DE RADIO FRECUENCIA

1. 10

1.9.1 Módulos de transmisión y recepción de la serie HP3 de LINX¹⁷

Los módulos de transmisión y recepción de la serie HP3 de LINX son una potente herramienta de comunicación inalámbrica que garantiza un seguro desempeño empleando demodulación FM/FSK y una avanzada conversión doble en la arquitectura sintetizada del microprocesador controlado. Los modelos HP3 son diseñados para brindar un alto desempeño inalámbrico transfiriendo información análoga a digital en la banda de 902 - 928MHz. Estos módulos de la serie HP3 se destaca por sus ocho canales seleccionables de forma paralela, otras versiones de la misma casa fabricante adicionan 100 canales selecciones seriales. El acople entre transmisor y receptor HP3 crea un vínculo confiable para transmitir información análoga y digital encima de los 1000 pies (bajo condiciones optimas) (1 pie = 0.3048m). La figura 1.34 ilustra los módulos de RF.

¹⁷ www.linxtechnologies.com

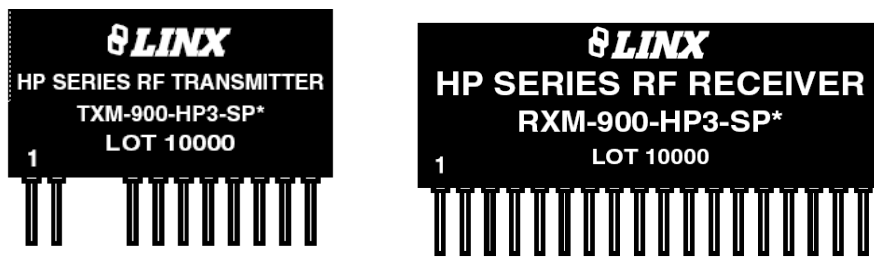


Figura 1.34 Transmisor y receptor RF de la serie HP

1.9.1.1 TXM 900 HP3 – PPO

El transmisor Serie HP3 es de alto rendimiento, capaz de transmitir información analógica (FM) y digital (FSK) por múltiples canales. La demodulación FM / FSK ofrece ventajas significativas con respecto a los métodos de modulación AM u OOK, además incluyen incremento de inmunidad de ruido y la habilidad del receptor de capturar la presencia de señales múltiples. Esto ayuda especialmente cuando las bandas están saturadas como en las que operan el módulo HP3.

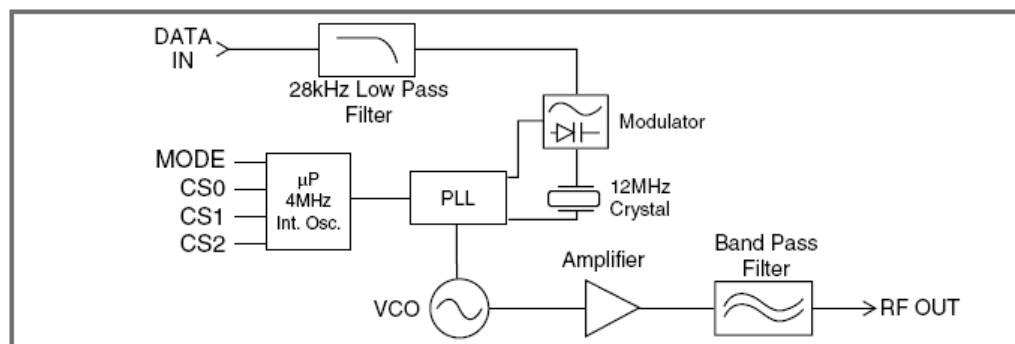


Figura 1.35 Diagrama de bloques del transmisor RF HP3

a) Características

- Canales seleccionables por usuario 8 paralelos/ 100 serie (versiones PS).
- Demodulación FM/FSK para funcionamiento destacado e inmunidad al ruido.

- Arquitectura sintetizada para precisión de frecuencia.
- Interface transparente análogo / digital.
- Ancho rango análogo su capacidad incluye audio (50 Hz a 28Khz)
- Rango de temperatura (-30°C a +85°C).
- No requiere componentes de RF externos.
- Compatible con los módulos Serie HP anteriores.
- Funciones de CTS.
- Rango de polarización (2.8 a 13.0VDC).
- Velocidad alta de datos oscila por encima de 56 kbps
- Empacados en diseño SMD & Pinned.
- No produce sintonización.

a.1) Aplicaciones

- Redes inalámbricas / Traslado de los Datos
- Análogo inalámbrico / Audio
- Casa / la Automatización Industrial
- Acceso remoto / Control
- Monitoreado remoto / Telemetría
- RFID de gran alcance
- Vínculo MIDI
- Voz / Música / Vínculos de intercomunicación

b) Distribución de Pines

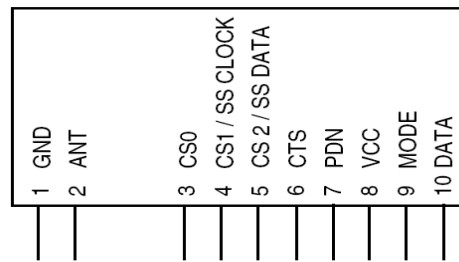


Figura 1.36 Diagrama de pines del transmisor RF de la serie HP

Tabla 1.7 Descripción de los pines del transmisor RF modelo HP3

Pin #		Name	Description
SMD	SIP		
1	1	GND	Analog Ground
2	2	ANT	50-ohm RF Output
3		GND	Analog Ground (SMD only)
4		NC	No Electrical Connection. Soldered for physical support only.
5	3	CS0	Channel Select 0
6	4	CS1 / SS CLOCK	Channel Select 1 / Serial Select Clock. Channel Select 1 when in parallel channel selection mode, clock input for serial channel selection mode.
7	5	CS2 / SS DATA	Channel Select 2 / Serial Select Data. Channel Select 2 when in parallel channel selection mode, data input for serial channel selection mode.
8	6	CTS	Clear-To-Send. This line will go high when the transmitter is ready to accept data.
9	7	PDN	Power Down. Pulling this line low will place the receiver into a low-current state. The module will not be able to receive a signal in this state.
10	8	V _{CC}	Supply Voltage
11	9	MODE	Mode Select. GND for parallel channel selection, V _{CC} for serial channel selection
12	10	DATA	Digital / Analog Data Input. This line will output the demodulated digital data.
13, 20		GND	Analog Ground (SMD only)
14-19, 21-24		NC	No Electrical Connection. Soldered for physical support only. (SMD only)

1.9.1.2 RXM 900 HP3 PP0

El modelo HP3 tiene un alto desempeño multicanal, conversión dual éste receptor es capaz obtener información analógica (FM) y digital (FSK) para una transferencia con el transmisor de la serie HP3.

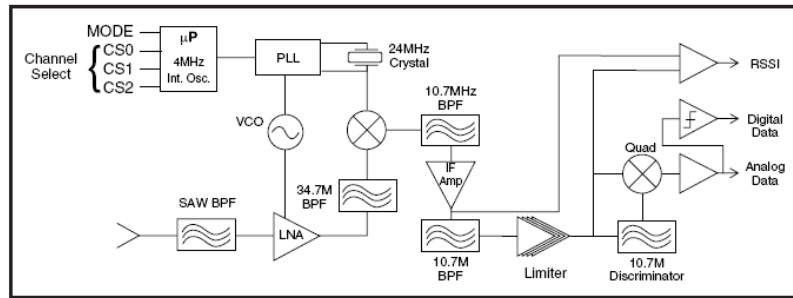


Figura 1.37 Diagrama de bloques del receptor RF modelo HP3

a) Características

- Canales seleccionables por usuario 8 paralelos/ 100 serie (versiones PS)
- Demodulación FM/FSK para funcionamiento destacado e inmunidad al ruido.
- Sensibilidad excepcional (típico -100dBm)
- Ancho rango análogo su capacidad incluye audio (50 Hz a 28Khz)
- RSSI y líneas de Power - Down
- Arquitectura sintetizada para precisión en frecuencia
- No requiere componentes RF externos
- Compatible con módulos anteriores de la serie HP
- Velocidad de datos alta (encima de los 56kbps)
- Rango de alimentación 2.8 a 13.0 VDC
- Interface serie Directa
- Encapsulado por pines y SMD
- Rango de temperatura (-30°C a +85°C)

a.) Aplicaciones incluidas

- Red Inalámbrica / Transferencia de Datos
- Radio inalámbrico / Audio

- Casa / Automatización Industrial
- Acceso Remoto / Control
- Monitoreo Remoto / Telemetría
- Longitud de rango RFID
- Vinculo MIDI
- Voz / Música / Vínculos de intercomunicación

b) Descripción de pines

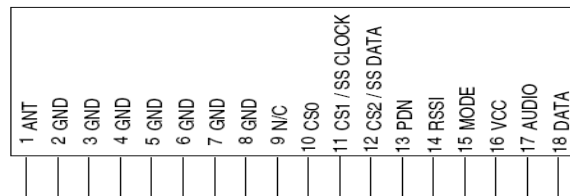


Figura 1.38 Diagrama de pines receptor HP3

Tabla 1.8 Descripción de pines del receptor HP3

Pin #	Name	Description
1	ANT	50-ohm RF Input
2-8	GND	Analog Ground
9	NC	No Connection
10	CS0	Channel Select 0
11	CS1 / SS CLOCK	Channel Select 1 / Serial Select Clock. Channel Select 1 when in parallel channel selection mode, clock input for serial channel selection mode.
12	CS2 / SS DATA	Channel Select 1 / Serial Select Data. Channel Select 2 when in parallel channel selection mode, data input for serial channel selection mode.
13	PDN	Power Down. Pulling this line low will place the receiver into a low-current state. The module will not be able to receive a signal in this state.
14	RSSI	Received Signal Strength Indicator. This line will supply an analog voltage that is proportional to the strength of the received signal.
15	MODE	Mode Select. GND for parallel channel selection, V _{CC} for serial channel selection
16	V _{CC}	Supply Voltage
17	AUDIO	Recovered Analog Output
18	DATA	Digital Data Output. This line will output the demodulated digital data.
19-36	NC	No Connection (SMD only)

1.9.1.3 Selección de canales

Todos los modelos de receptor de HP3 se caracterizan por sus ocho canales paralelos seleccionables. El modo paralelo es seleccionado conectando a tierra la línea MODE. En este modo, la selección del canal es determinada por los estados lógicos de los pines CS0, CS1, y CS2, como se muestra en la tabla 1.9. Un “0” representa tierra y un “1” la alimentación positiva.

Tabla 1.9 Selección paralela de canales

CS2	CS1	CS0	Channel	Frequency
0	0	0	0	903.37
0	0	1	1	906.37
0	1	0	2	907.87
0	1	1	3	909.37
1	0	0	4	912.37
1	0	1	5	915.37
1	1	0	6	919.87
1	1	1	7	921.37

1.9.2 Módulos de radio frecuencia TWS-434 y RWS-434¹⁸

Los módulos TWS-434 y RWS-434 son sencillos de utilizar, extremadamente pequeños y nos permiten realizar controles remotos de Radio Frecuencia (RF) a 433.92 MHz Utilizan modulación del tipo ASK, pueden ser usados en alarmas para vehículos, sistemas de seguridad, teléfonos inalámbricos, control de robots y otros sistemas de control remoto.

- **Módulo transmisor**

El TWS-434 tiene una potencia de salida de hasta 8mW a 433.92MHz, alcanzando distancias de aproximadamente 140 metros en espacios abiertos y de 60 metros en espacios internos donde se tengan obstáculos. La figura 1.39 muestra al transmisor.

¹⁸ www.rentron.com



Figura 1.39 Módulo TWS-434

El Transmisor TWS-434 acepta tanto señales lineales como digitales de entrada, puede operar con una tensión que va desde 1.5 Volts a 12 Volts-DC. La figura 1.40 muestra la disposición y función de cada pin de este módulo.



Figura 1.40 Disposición y función de cada pin del TWS-434

a) Especificaciones eléctricas del TWS-434

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Supply Voltage		2.0	-	12.0	V
I _p	Peak Current	2V / 12V	-	1.64 / 19.4	-	mA
V _h	Input High Voltage	I _{data} = 100uA (High)	V _{cc} -0.5	V _{cc}	V _{cc} +0.5	V
V _l	Input Low Voltage	I _{data} = 0 uA (Low)	-	-	0.3	V
F _o	Operating Frequency		433.90	433.92	433.94	MHz
T _r / T _f	Modulation Rise / Fall Time	External Coding	-	-	100 / 100	uS
P _o	RF Output Power – Into 50Ω	V _{cc} = 9 to 12 V V _{cc} = 5 to 8V	-	16 14	-	dBm
D _r	Data Rate	External Coding	-	2.4K	3K	Bps

- **Módulo receptor**

El RWS-434 es un módulo receptor que opera 433.92MHz, y tiene una sensibilidad de 3uV. El receptor RWS-434 opera con una alimentación entre 4.5 y 5.5 Volts-DC y tiene tanto salida lineal como digital, además contiene un capacitor variable para el ajuste de la frecuencia de recepción utilizando un destornillador plástico.

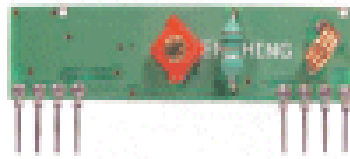


Figura 1.41 Módulo RWS-434

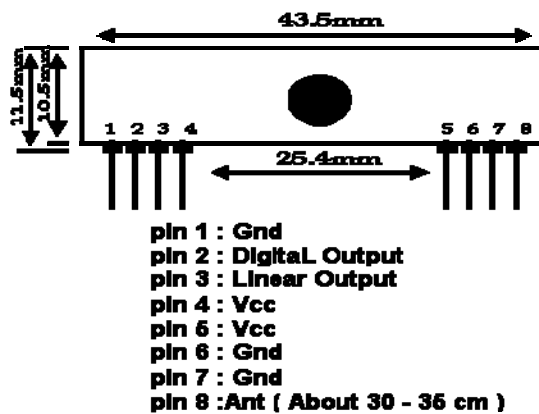


Figura 1.42 Disposición y función de cada pin del RWS-434

a) **Especificaciones eléctricas del RWS-434**

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Unit
Vcc	Supply Voltage		4.5	5	5.5	V
It	Operating Current		-	3.5	4.5	mA
	Channel Width	+ / - 500				kHz
Rd	Data Rate				3k	Bps
Vdat	Data Out	Idata = +200 uA (High)	Vcc-0.5	-	Vcc	V
		Idata = -10 uA (Low)	-	-	0.3	V

1.9.3 MAX232¹⁹

El MAX232 es el circuito integrado estándar para convertir señales TTL/CMOS a señales RS232, la figura 1.43 ilustra este integrado. El chip incluye inversores, ya que un 0 lógico se transforma en un nivel alto en el lado RS-232 y vice versa. Además, el chip es alimentado con una fuente simple de +5 voltios, y a través de la conexión externa de 4 condensadores electrolíticos de 1 ó 10[μ F] (dependiendo del fabricante del chip) genera el voltaje necesario para la transmisión RS-232. Cada chip posee 2 drivers y 2 receptores, con lo cuál pueden conectarse las dos señales de datos y, de ser necesario, una señal de control de entrada y otra de salida.

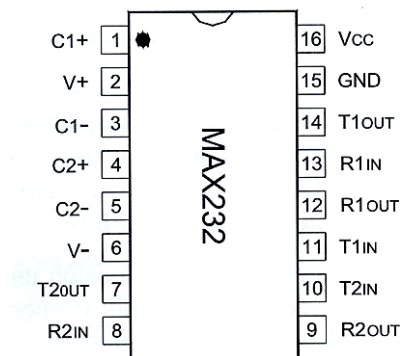


Figura 1.43 Circuito integrado MAX232

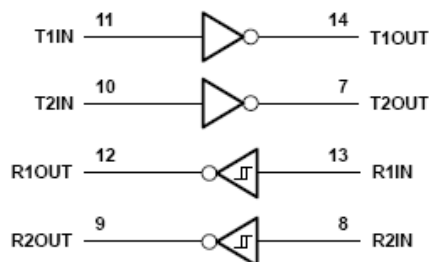


Figura 1.44 Diagrama lógico MAX232

¹⁹ www.dalsemi.com

Las señales de salida del PIC son entre 0 y 5V. Lo que el MAX232 hace es poner 12V en el pin T1OUT cuando se alimenta con 5V el pin T1IN. De esta forma se pueden pasar datos hacia el computador.

1. 11 TRANSDUCTORES SENSORES Y ACONDICIONADORES²⁰

Se denomina transductor, a todo dispositivo que convierte una señal de una forma física en una señal correspondiente pero de otra forma física distinta. Por tanto un transductor es un dispositivo físico que convierte un tipo de energía en otro. Esto significa que la señal de entrada es siempre una energía o potencia, pero al medir una de las componentes de la señal suele ser tan pequeña que puede despreciarse, y se interpreta que se mide sólo la otra componente.

Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía del medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida. Sensor y transductor se emplean a veces como sinónimos, pero sensor sugiere un significado más extenso: la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que, por su naturaleza o tamaño, no pueden ser percibidas directamente por los sentidos. Transductor, en cambio, sugiere que la señal de entrada y la de salida no deben ser homogéneas.

Actualmente se emplea el término sensor para designar el transductor de entrada, y el término actuador o accionamiento para designar el transductor de salida. Los primeros pretenden la obtención de información, mientras que los segundos buscan la conversión de energía. A veces, sobre todo en el caso de la medida de magnitudes mecánicas, puede señalarse la presencia de un elemento designado como sensor primario, que convierte la variable de medida en una señal de medida, siendo el sensor electrónico quien la convierte en una señal eléctrica.

1.10.1 Acondicionamiento y presentación

Los acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores, son los elementos del sistema de medida que ofrecen, a partir de la señal de salida de un sensor

²⁰ PALLAS, Ramón “Sensores y Acondicionadores de Señal” Tercera Edición Alfaomega México

electrónico, una señal apta para ser presentada o registrada o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento estándar. Consisten normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen, entre otras funciones, las siguientes: amplificación, filtrado, adaptación de impedancias y modulación o demodulación. Si se considera, por ejemplo, el caso en que una de las etapas de tratamiento de la señal de medida es digital, si la salida del sensor es analógica, que es lo más frecuente, hará falta un convertidor A/D. Éstos tienen una impedancia de entrada limitada, exigen que la señal aplicada sea continua o de frecuencia de variación lenta, y que su amplitud esté entre unos límites determinados, que no suelen exceder de 10 V.

Todas estas exigencias obligan a interponer un acondicionador de señal entre el sensor, que muchas veces ofrece señales de apenas unos milivoltios, y el convertidor A/D. La presentación de los resultados puede ser de forma analógica (óptica, acústica o táctil) o numérica (óptica). El registro puede ser magnético o sobre papel, e incluso electrónico (memorias eléctricas), y exige siempre que la información de entrada esté en forma eléctrica.

CAPÍTULO II

ANÁLISIS Y DISEÑO

2.1 ESPECIFICACIÓN DE REQUISITOS DEL SISTEMA

Los equipos y componentes electrónicos seleccionados para el diseño e implementación de este proyecto han sido escogidos de acuerdo a los requerimientos técnicos y económicos de la empresa EGASFLOR, logrando un mejor desempeño para las tareas de registro y maniobras de fumigación empleadas en el cultivo de brócoli. Los pasos del proceso de automatización y puesta en marcha del equipo de fumigación electrostático fueron considerados de la siguiente manera:

- 1.- Reutilización de los componentes eléctricos y mecánicos del equipo de fumigación que se encuentren en condiciones favorables y satisfagan los requerimientos técnicos del proyecto.
- 2.- Selección de componentes externos para el recogido de la manguera capaces de ser acoplados al sistema de energía del equipo de fumigación.
- 3.- Diseño e implementación de actuadores para la recolección automática del carrete de manguera controlados por un sistema remoto vía radio frecuencia.
- 4.- Diseño e implementación de un registro de fumigaciones cuyos parámetros han sido seleccionados por el cliente en este caso el departamento de control de fumigaciones de la empresa EGASFLOR.

5.- Comunicación del registro de fumigaciones con la PC para la impresión de reportes de fumigación, el que contiene usuario, lote fumigado, hora inicio de fumigación, fecha, hora de finalización de fumigación, entre los parámetros mas destacados.

6.- Elaborar un manual de operación del registro de fumigaciones.

2.2 DIAGRAMA DE BLOQUES DEL SISTEMA

Para la realización del proyecto, se ha tomado en cuenta el diagrama de bloques de la figura 2.1. A continuación se muestra una breve descripción del diagrama.

B0.- Este bloque es la representación del microcontrolador encargado del manejo del reloj en tiempo real para el control de la hora de fumigación.

B1.- Módulos de visualización de hora y fecha actual.

B2.- Representa al microcontrolador encargado de realizar las funciones de almacenamiento de los parámetros de fumigación acordados con el cliente.

B3.- Visualización de parámetros del sistema.

B4.- El PIC2 se encuentra ubicado en el equipo de fumigación electrostático se encarga de recibir las señales emitidas por el sistema de control remoto para el manejo del sistema de recolección de manguera.

B5.- Corresponde al sistema diseñado para la recolección de la manguera.

B6.- Representa los finales de carrera utilizados para generar la señal de nivel y finalización de recolección de manguera.

B7.- Este bloque representa el sistema transmisor de control remoto utilizado para la recolección e manguera.

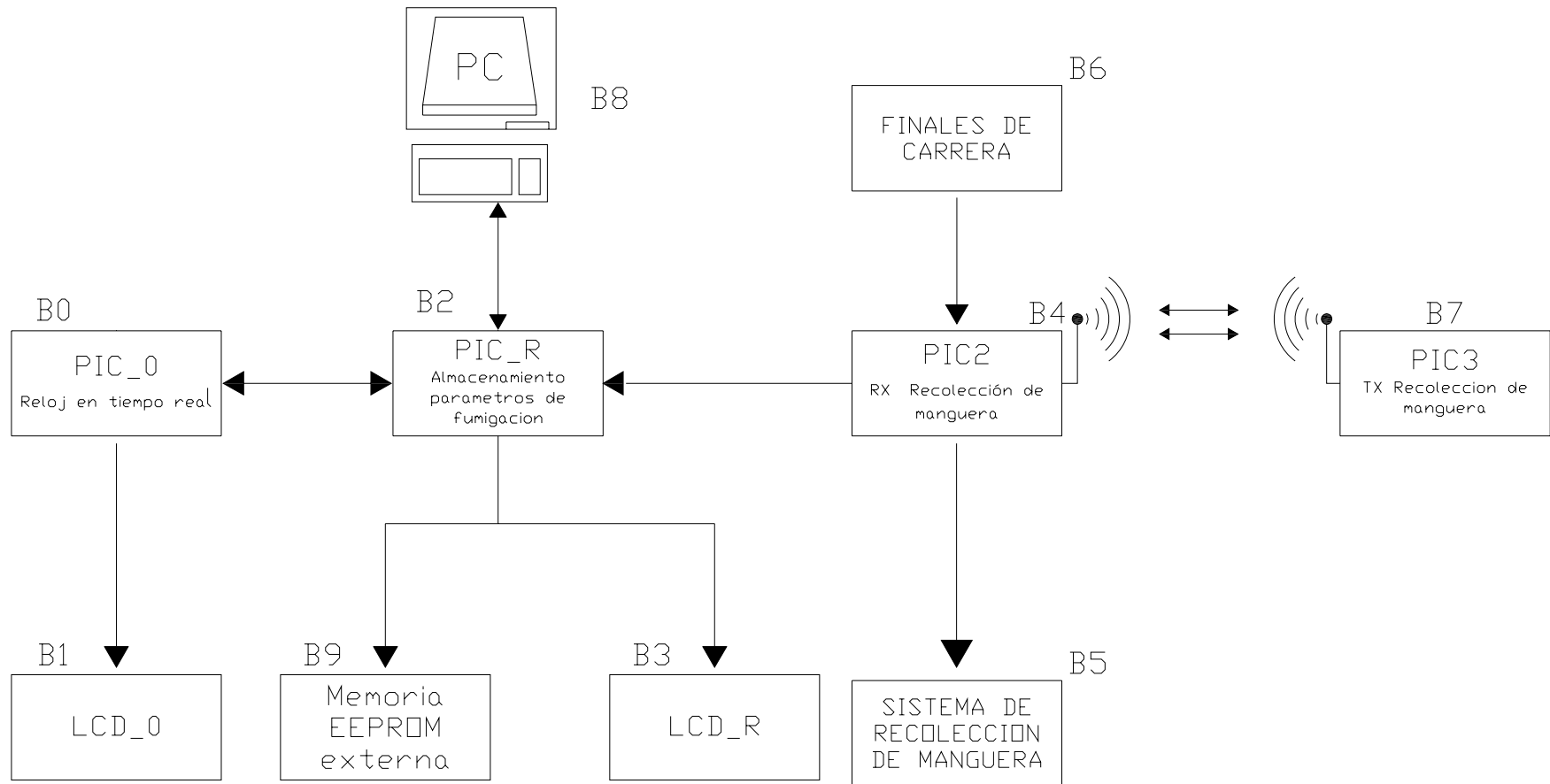


Figura 2.1 Diagrama de bloques del sistema

B8.- Esta representación corresponde a una PC convencional utilizada para generar una base de datos del registro de fumigación con los parámetros descargados desde el PIC.

B9.- Representación de la memoria externa utilizada para el almacenamiento de datos durante un período de tiempo.

2.3 SELECCIÓN DE COMPONENTES

La selección de componentes se convierte en uno de los aspectos importantes para una culminación exitosa del desarrollo del proyecto, cabe recalcar que los componentes han sido seleccionados de acuerdo a las características técnicas del proyecto sin dejar a un lado la disponibilidad y el costo en el mercado.

2.3.1 Selección de microcontroladores

Los microcontroladores son circuitos integrados programables que concentran en una placa de silicio, ciertas partes de los elementos que integran un CPU, los cuales benefician al desarrollo de un proyecto, el papel desempeñado por este componente en la realización de este trabajo es de vital importancia, ya que el mismo es el que controla las determinadas tareas del sistema en general, mediante un programa o algoritmo desarrollado bajo el lenguaje MICROCODE, el cual, permite junto con las entradas y salidas del PIC el manejo de los demás dispositivos que conforman el proyecto. Para la selección de estos dispositivos se tomó en cuenta la capacidad de memoria, el tamaño, funciones integradas en el pic, pines de entrada/salida disponibles y tamaño, por lo que se realizó un cuadro comparativo con las principales características de los microcontroladores existentes en el mercado acorde a las necesidades del proyecto.

Tabla 2.1 Tabla comparativa de la familia 18FXXX

Device	On – Chip Program Memory		On Chip RAM (bytes)	Data
	FLASH (Bytes)	#Single Word Instructions		EEPROM (bytes)
PIC18F242	16 K	8192	768	256
PIC18F252	32 K	16384	1536	256
PIC18F442	16 K	8192	768	256
PIC18F452	32 K	16384	1536	256

Tabla 2.2 Tabla comparativa de la familia 16FXXX

	PIC 16F84A	PIC16F628A
Memoria de programa FLASH	1024 x 14	2048 x14
Memoria datos RAM	68 x 8	224 x 8
Memoria datos EEPROM	64 x 8	128 x 8
Pines de entrada/salida	13	16
Comparadores de voltaje	0	2
Interrupciones	4	10
Timers 8/16bits	1	3
Módulos PWM / CCP	No	Si
Comunicación serial USART	No	Si

Algunas de las características por las que se optó por el microcontrolador PIC 18F452 son las siguientes:

- a) Memoria de Programa Extensa
- b) Dispone de comunicación mediante protocolo I²C
- c) Disponible comunicación serie
- d) Cuenta con 33 pines I/O
- e) Fácil acceso en el mercado

Para la implementación del registro es necesaria una memoria extensa en el microcontrolador, ya que el programa debe realizar muchas tareas secuenciales

las cuales se traducen en un sinnúmero de líneas de programación a su vez son necesarios muchos pines para el control externo del pic, el protocolo I²C es de gran ayuda para la comunicación con el reloj en tiempo real y la manipulación de la memoria EEPROM externa, no se puede dejar atrás la importancia del puerto USART utilizado para la comunicación PIC – PC. En el sistema de control remoto fue utilizado el PIC16F628 debido a las prestaciones que ofrece y a su reducido tamaño los cuales facilitan la implementación en la carcasa.

2.3.2 Selección del reloj en tiempo real

Uno de los aspectos importantes dentro del diseño del registro es el correcto almacenamiento de la hora de inicio, finalización y fecha de fumigación datos que serán tomados desde un reloj en tiempo real capaz de comunicarse con el PIC mediante un protocolo de comunicación, para esto se tomó en consideración el circuito integrado DS1307 el cual es capaz de mantener en forma automática un conteo completo de hora y fecha, incluso con compensación de año bisiesto. El reloj de tiempo real tiene la capacidad de comunicación a través del protocolo I2C. Este protocolo de comunicación utiliza una comunicación *serial síncrona* por medio de dos líneas una de datos (SDA) y una de reloj (SCL), las cuales están debidamente conectadas a los pines del PIC destinados para esta función actuando el reloj como esclavo y el PIC como maestro. A continuación se muestra una tabla de los registros de almacenamiento del reloj en tiempo real, se puede encontrar más detalles de este dispositivo en los anexos de este documento.

Tabla 2.3 Registros del reloj DS1307

ADDRESS	BIT 7	BIT 6	BIT 5	BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	BIT 0	FUNCTION	RANGE
00H	CH	10 Seconds			Seconds				Seconds	00–59
01H	0	10 Minutes			Minutes				Minutes	00–59
02H	0	12	10 Hour	10 Hour	Hours				Hours	1–12 +AM/PM 00–23
		24	PM/ AM							
03H	0	0	0	0	0	DAY			Day	01–07
04H	0	0	10 Date		Date				Date	01–31
05H	0	0	0	10 Month	Month				Month	01–12
06H	10 Year				Year				Year	00–99
07H	OUT	0	0	SQWE	0	0	RS1	RS0	Control	—
08H–3FH									RAM 56 x 8	00H–FFH

2.3.3 Selección de la memoria EEPROM

Entre los aspectos tomados en cuenta para la selección de la memoria externa cabe recalcar los siguientes:

- a) Voltaje de alimentación del dispositivo
- b) Tiempo de recolección de datos (trd)
- c) Número de fumigaciones realizadas en un día (#f)
- d) Número de celdas ocupadas diariamente (celdas)
- e) Costo del dispositivo

El tiempo de recolección de datos es 30 días (puede variar hasta 60), el número de fumigaciones cada día son cuatro, en cada fumigación se requieren 15 celdas de 1 byte cada una. Para obtener el total de datos almacenados realizamos el desarrollo de la siguiente fórmula:

$$total\ datos\ almacenados\ (tda) = trd * \#f * celdas \quad (Ec. 1)$$

Desarrollando la ecuación 1 tenemos:

$$tda = trd * \#f * celdas$$

$$tda = 60 * 4 * 15$$

$$tda = 3600\ celdas$$

De acuerdo al resultado el total de datos almacenados (tda) en 60 días ocupa un espacio de 3600 celdas de la memoria externa EEPROM a continuación se presenta en la tabla 2.4 una breve descripción de la capacidad de almacenamiento de las memoria externas EEPROM las cuales trabajan con un voltaje de alimentación de 5V disponibles en el mercado:

Tabla 2.4 Tipos de memorias EEPROM

Dispositivo	Capacidad	Control	Tamaño dirección
24LC01B	128 bytes	%1010xxx0	1 byte
24LC02B	256 bytes	%1010xxx0	1 byte
24LC04B	512 bytes	%1010xxb0	1 byte
24LC08B	1 Kbytes	%1010xbb0	1 byte
24LC16B	2 Kbytes	%1010bbb0	1 byte
24LC32B	4 Kbytes	%1010ddd0	2 bytes
24LC65	8 Kbytes	%1010ddd0	2 bytes
24LC512	512 Kbits	%1010ddd0	2 bytes
24C16A	16Kbits	%1010ddd0	2 bytes

Se escogió una memoria EEPROM 24LC512 sobredimensionando la capacidad de almacenamiento para evitar pérdida de datos. Este tipo de memoria cuenta con una interfaz de comunicación a través del protocolo I2C cuando este dispositivo envía el dato a través del bus SDA, el mismo es definido como transmisor mientras que cuando recibe, el bus es definido como receptor. El bus SDA es controlado por un dispositivo maestro el cual genera un reloj serial (SCL), que controla el acceso al bus y genera las condiciones de inicio y parada, mientras la memoria trabaja como esclavo. Este componente es el que permite el almacenamiento de todos los parámetros para el registro de fumigaciones.

2.3.4 Selección de la pantalla LCD

Al momento de selección de una pantalla para el desarrollo de una interfaz hombre/máquina se tomó en cuenta los requerimientos del cliente y los parámetros de visualización del registro y reloj en tiempo real, por lo que se consideró una pantalla de cristal líquido LCD de 16 pines con 2 líneas de 16 caracteres cada una este tipo de pantallas tienen la capacidad de mostrar cualquier carácter alfanumérico, permitiendo representar la información que genera el microcontrolador de una forma fácil y económica.

Su dimensiones permiten la utilización de un reducido espacio para la su instalación final. Se utilizó dos pantallas de cristal liquido para el proyecto por motivos de visualización una de éstas muestra el menú para el ingreso de parámetros de fumigación y en la otra permite la visualización de la hora y fecha actual.

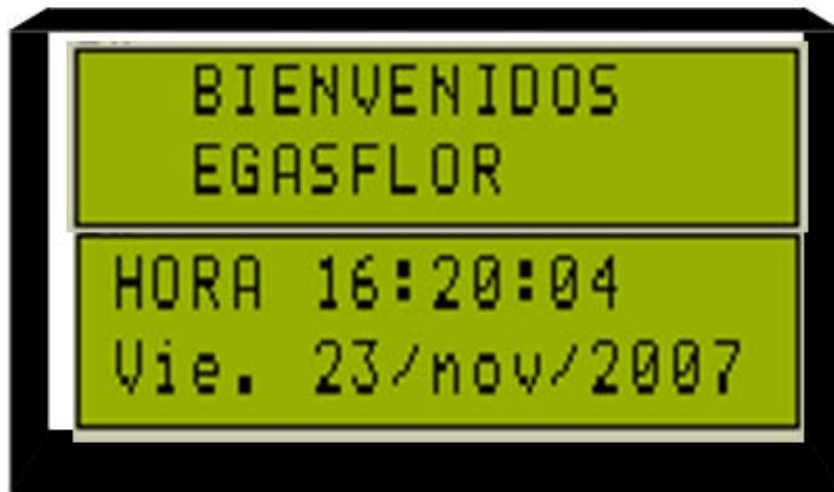


Figura 2.2 Vista frontal de pantallas de visualización

2.3.5 Selección del motorreductor para la recolección de manguera.

Los motores eléctricos son muy utilizados en una automatización y en especial en la industria como actuadores o fuentes de movimiento mecánico. Para realizar el recogimiento automático del carrete de manguera se ha elegido un motorreductor el mismo que debe cumplir con las siguientes características:

1. Potencia, en HP, de entrada y de salida.
2. Velocidad, en RPM, de entrada y de salida.
3. Par (o torque), a la salida del mismo, en KG/m.
4. Relación de reducción: índice que detalla la relación entre las RPM de entrada y salida.

Considerando que la potencia es el dato principal que debemos conocer para adquirir un motor, se ha calculado el torque necesario para envolver la manguera con la ayuda de un torcometro obteniendo el siguiente resultado:

$$\text{Torque} = 15 \text{ lbf/pie}$$

Tomando en cuenta que la potencia que las unidades de potencia de un motor se encuentran en el mercado representada en HP, realizamos la conversión de unidades correspondiente.

De donde:

$$1 \text{ Nm} = 0.73756 \text{ lbf/pie}$$

entonces:

$$20 \text{ lbf/pie} = 27.116 \text{ Nm}$$

Realizando una recolección manual de la manguera y con la ayuda de un cronometro se encontró que es posible realizar 25 vueltas en un minuto. Para el cálculo de la potencia se utilizo la siguiente ecuación:

$$\tau [N * m] = \frac{9950 * P [w]}{rpm} \quad \text{Ec. 2}$$

Despejando y reemplazando los datos obtenidos en la ecuación 2 tenemos:

$$P [w] = \frac{\tau [N * m] * rpm}{9550}$$

$$P [w] = \frac{27.116 [N * m] * 25rpm}{9550}$$

$$P [w] = 0.07 \text{ w}$$

Basándonos en los cálculos realizados encontramos en el mercado un motor con una potencia de 1/6 de HP y 50 rpm, que se acopla a nuestras necesidades ayudado de un motorreductor permite la recolección de la manguera.

2.3.6 Selección de los engranajes para acoplar el motorreductor

Los engranajes o ruedas dentadas son mecanismos utilizados para transmitir potencia mecánica entre las distintas partes de una máquina. La principal ventaja que tienen las transmisiones por engranaje respecto de la transmisión por poleas es que no patinan como las poleas, con lo que se obtiene exactitud en la relación de transmisión.

Considerando que para recoger la manguera se necesita un promedio de 25 RPM y conociendo que el motorreductor genera 50 RPM obtenemos una relación de 2 a 1, es decir la relación de dientes que se eligió para el diseño de los engranajes es de 50 dientes a 25 dientes tomando en cuenta que el número de dientes de un engranaje es fundamental para calcular la relación de transmisión.

2.3.7 Selección de los módulos de RF para la comunicación.

Los módulos de RF son muy utilizados en la actualidad encontrando en el mercado una gran variedad de modelos y marcas que van desde los más simples hasta los más complejos. Para la selección de estos módulos se debe tomar en cuenta los parámetros que se detallan a continuación:

- Frecuencia de operación
- Tipo de modulación
- Distancia de alcance
- Potencia

2.3.7.1. Módulos de transmisión y recepción de la serie HP3 de LINX

- Frecuencia de transmisión: 433.92 MHz
- Tipo de modulación: FM/FSK
- Transferencia de información: análoga a digital
- Banda de transferencia: 902 - 928MHz

- Ocho canales seleccionables de forma paralela
- Alcance: 304.8m en condiciones óptimas

Refiérase al anexo correspondiente al transmisor y receptor de la serie HP3 de LINX, para consultar características eléctricas más detalladas.

2.3.7.2. Módulos TWS-434 y RWS-434

- Frecuencia de transmisión: 433.92 MHz
- Tipo de modulación: ASK
- Alcance: 140m en espacios abiertos
60m en donde se tengan obstáculos.

De igual manera las características, técnicas y eléctricas se encuentran en el anexo correspondiente a los Módulos TWS-434 y RWS-434.

2.3.8 Selección de los relés

Se utilizó 4 relés de estado sólido para el control del sistema de recolección de manguera los mismos que serán activados por el PIC2. Los parámetros considerados para la selección de los relés son:

- Voltaje y Corriente

Con la utilización de los cuatro relés de 12Vdc y 10A se conseguirá el cambio de giro para el motor.

2.3.9 Selección de los microswicht

Los switches y microswicht son muy utilizados como dispositivos sensores, estos interruptores son sensores de tipo lógico por trabajar con niveles 0 y 1. Se debe considerar el voltaje y la corriente para la elección de estos elementos, además de la gran variedad que existe en el mercado se puede elegir según la necesidad y la aplicación.

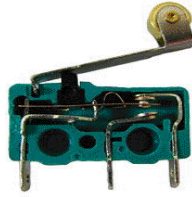


Figura 2.3 Microswicht

2.3.10 Selección de los transistores de potencia

Para el circuito de control que activa los relés se consideró colocar transistores de potencia, estos elementos deben ser elegidos de acuerdo a la corriente que se va a manejar, en este caso el motor para recolección de manguera trabaja con una corriente de 0.8 A, siendo esto la clave para elegir un transistor que maneje una corriente que sea 4 veces la corriente nominal del motor.

Con estas características tenemos los transistores TIP 122 que están siendo utilizados en el circuito de control de donde:

$$I_C = 5 \text{ A}$$

$$V_{CE} = 100 \text{ V}$$

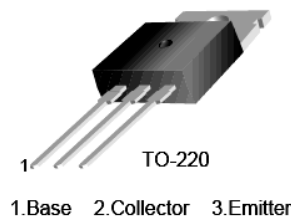


Figura 2.4 TIP 122

2.4 DISEÑO DE HARDWARE Y SOFTWARE DE SUPERVISIÓN

2.4.1. Hardware

En primera instancia se ha desarrollado el diseño del hardware para el proyecto en general, para esto se ha dividido al mismo en dos partes, la primera de estas

constituye el diseño del registro de fumigaciones y la segunda corresponde al sistema remoto de control para la recolección automática de manguera.

El trabajo de los microcontroladores utilizados en el diseño del Registro de fumigación se muestra en la siguiente figura:

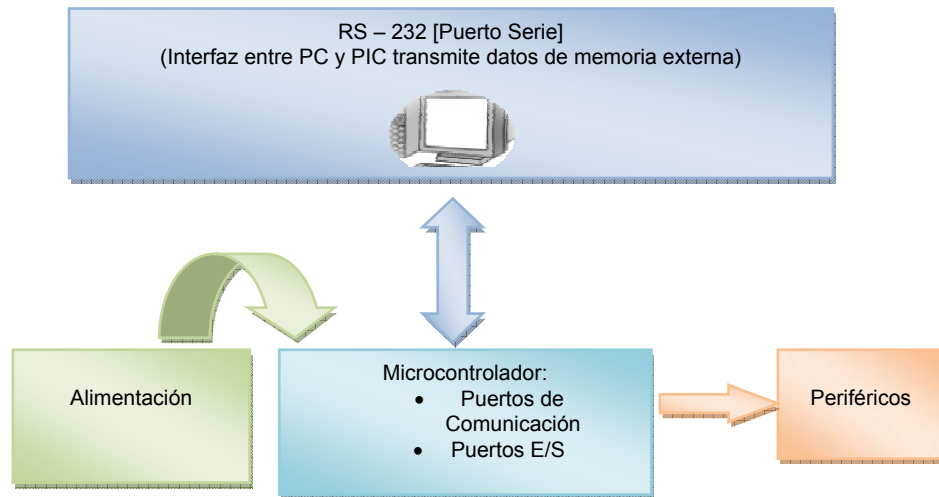


Figura 2.5 Funciones realizadas por el microcontrolador en el registro

Durante el diseño del hardware se ha determinado la cantidad de entradas y salidas (E/S) utilizadas en el microcontrolador, así como también el tipo de las E/S siendo en su mayor parte digitales, las mismas que serán relacionadas con los diagramas de flujo del siguiente ítem para realizar el algoritmo de control que corresponde al diseño del software, la implementación del hardware queda distribuido como se muestra en la figura 2.6.

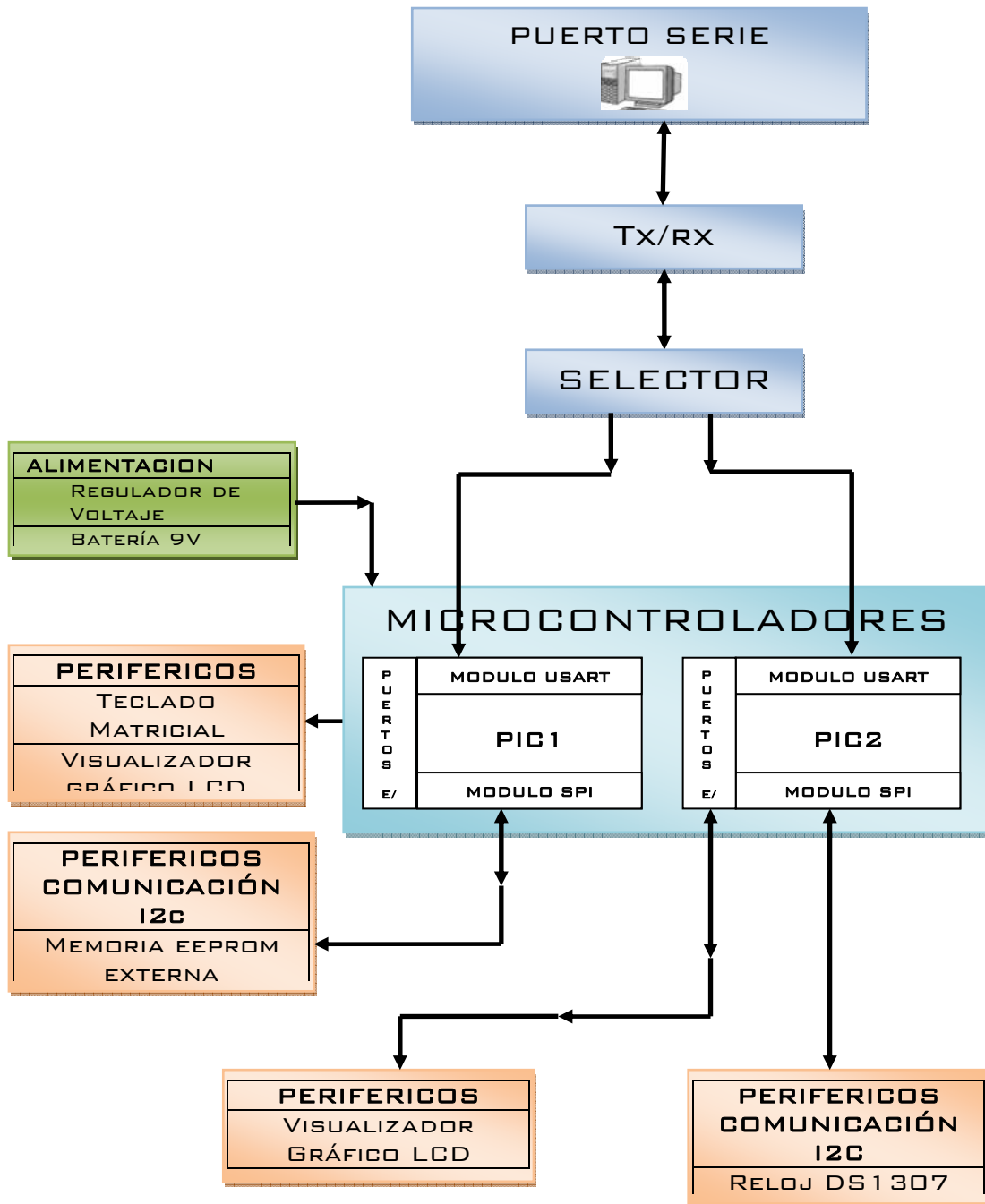


Figura 2.6 Distribución de pines y funciones utilizadas en el PIC del registro.

- **El teclado**

En la figura 2.7, se muestra el teclado matricial utilizado para el ingreso de datos en el registro.

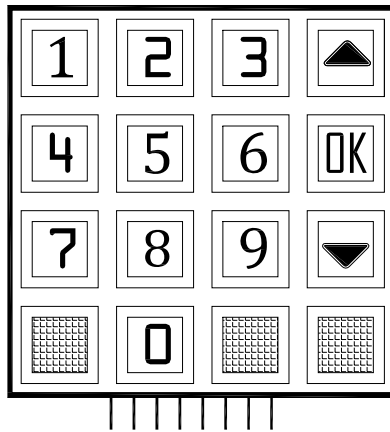
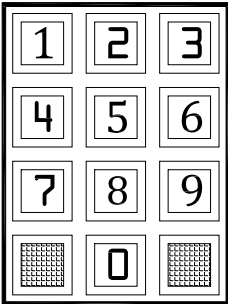
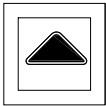
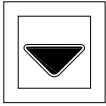



Figura 2.7 Teclado

La descripción de las funciones del bloque de teclas se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5 Funciones del bloque de teclas

TECLA	DENOMINACION	FUNCION
	Bloque numérico	Permite ingreso numero de lote rango 1 -15
	Búsqueda atrás	Admite desplazamientos anteriores.
	Búsqueda adelante	Admite desplazamientos hacia adelante.
	OK	Acepta y almacena la opción elegida.

- **Periféricos de comunicación I2C**

Para estos circuitos integrados se utilizó la configuración de la figura 2.8, debido a que los pines SDA y SCL son de colector abierto requieren una resistencia de pull-up para conectarse a Vcc, su valor ha sido fijado en 4.7 K Ω . Mediante software se ha deshabilitado la utilización de esta resistencia para la línea de reloj SCL.

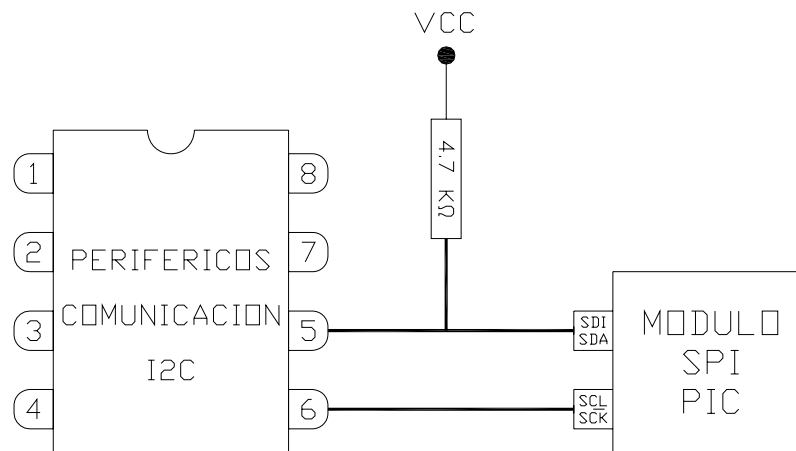


Figura 2.8 Configuración periféricos I2C

- **Alimentación**

Las fuentes de alimentación para los microcontroladores y dispositivos conectados a los puertos de E/S han sido diseñadas tomando en cuenta el rango de voltaje soportado por los mismos para verificación de los rangos refiérase al anexo correspondiente a la hoja de datos de los dispositivos utilizados.

Para el circuito de acoplamiento de señal se utilizó el regulador de voltaje 7805, la distribución de pines se muestra en la figura 2.9.

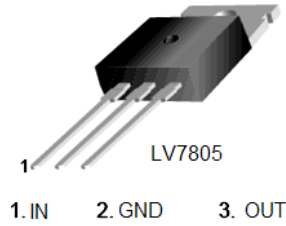


Figura 2.9 Distribución de pines 7805

El sistema de recolección de manguera esta diseñado para 12Vdc, suministrados por una batería de auto que gracias a un alternador y al motor a gasolina existente en la máquina fumigadora la batería puede ser recargada. Esta fuente de alimentación servirá para suministrar energía tanto para el registro de fumigación como para el modulo de radio frecuencia manejado por el PIC2.

• **Selector**

La comunicación PIC/PC incluye la descarga de los datos desde la memoria EEPROM externa hacia el software de supervisión desarrollado en Labview, así como la opción de actualizar la reloj en tiempo real DS1307 tomando datos desde la PC, para esto se colocó un selector para la elección de la tarea, la comunicación RS232 tiene un modo de trabajo punto a punto, por lo que es necesaria la selección de la tarea antes del procedimiento de descarga o actualización para evitar problemas en el software de supervisión.

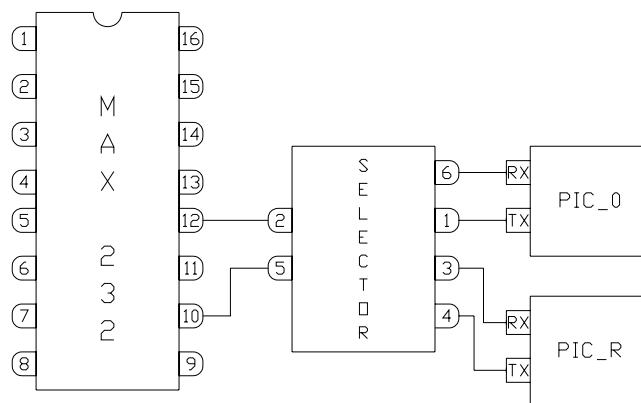


Figura 2.10 Configuración del selector funciones de comunicación



Figura 2.11 Selector

- **TX/RX**

Se utilizó el estándar de comunicaciones propuesto por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA), RS232 utilizando un cable de transmisión serie con conectores DB9 tanto para el lado del pic como para la PC. Las señales con la que actúa el puerto son digitales (0 - 1) y la tensión a la que trabaja es de 12 Voltios, es decir:

12Vlts. = "0" L

-12 Volts = "1" L

Las señales de salida del PIC están entre 0 y 5V, por lo que es necesaria la utilización del circuito integrado MAX232, los pines utilizados son:

- Rx Recepción
- Tx Transmisión
- RTS Indica que el ordenador al no estar ocupado puede recibir datos,

En la figura 2.13 se muestra el esquema de conexiones para este circuito integrado:

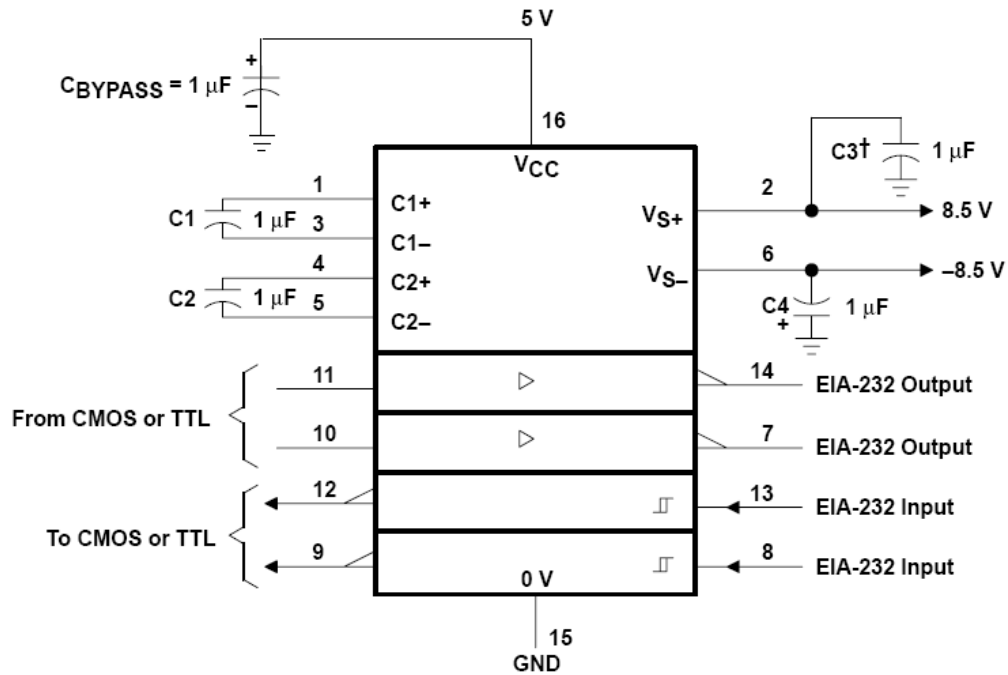


Figura 2.12 Circuito típico de conexiones MAX232

2.4.2. Diseño del software de supervisión

Para mayor facilidad en la depuración del programa final se desarrollo el software en los microcontroladores en subrutinas independientes realizando el siguiente análisis previo:

- Ingreso y reconocimiento de clave
- Ingreso de número de lote, selección de insecticida, selección de aditivo.
- Almacenamiento de datos en la memoria EEPROM externa.
- Petición hora inicio fumigación
- Reconocimiento de señales para el almacenamiento de la hora de finalización.
- Lectura y escritura del RTC (reloj en tiempo real).

- Lectura y envío de datos desde la memoria EEPROM externa hacia la PC.
- Actualización de hora mediante PC.

• **Programa principal**

En este espacio se realiza las configuraciones de puertos, contadores, así como la inicialización, definición de variables y librerías a ser utilizadas, el programa permanece en modo de espera hasta que se recibe señales externas para ejecutar subrutinas correspondientes siempre que se den las condiciones necesarias para el cumplimiento de éstas.

El programa principal para cada uno de los microcontroladores se muestra en la figura 2.15:

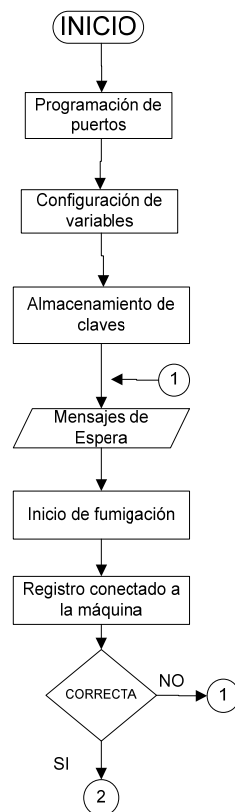


Figura 2.13 Diagrama de flujo programa principal registro fumigación

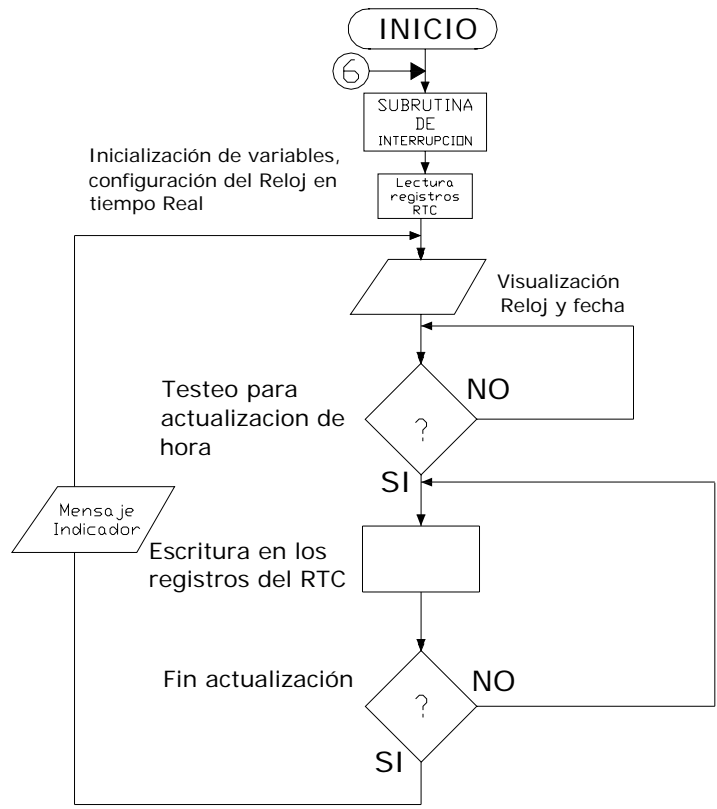


Figura 2.14 Diagrama de flujo programa principal RTC

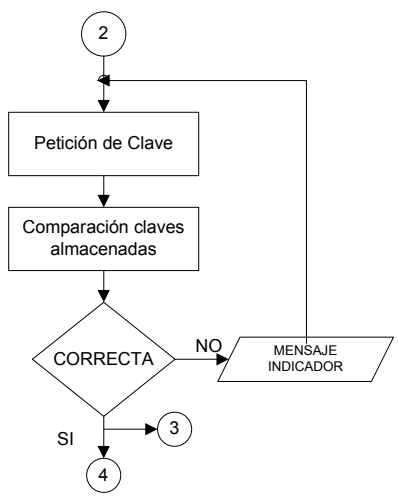


Figura 2.15 Ingreso y reconocimiento de clave

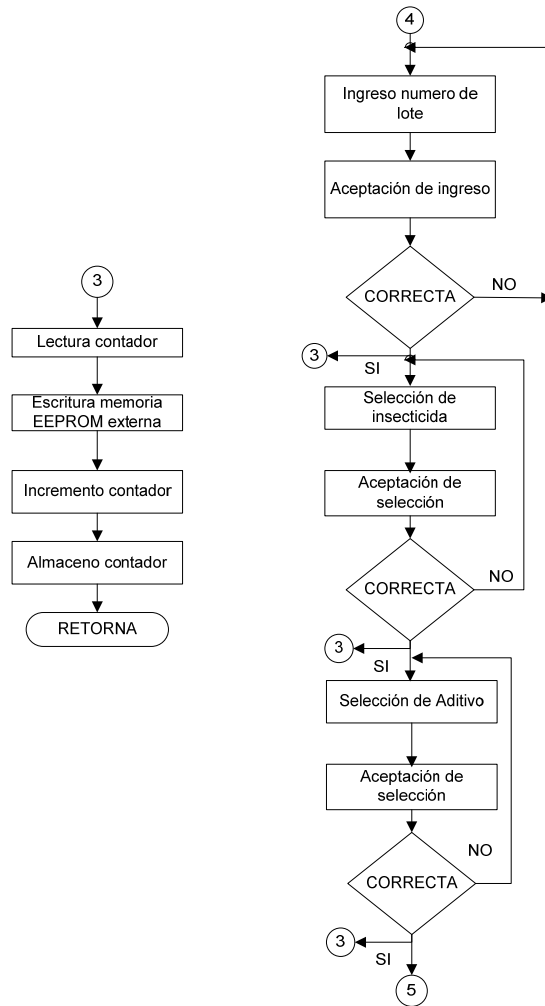


Figura 2.16 Diagrama de flujo para selección de componentes y escritura memoria EEPROM.

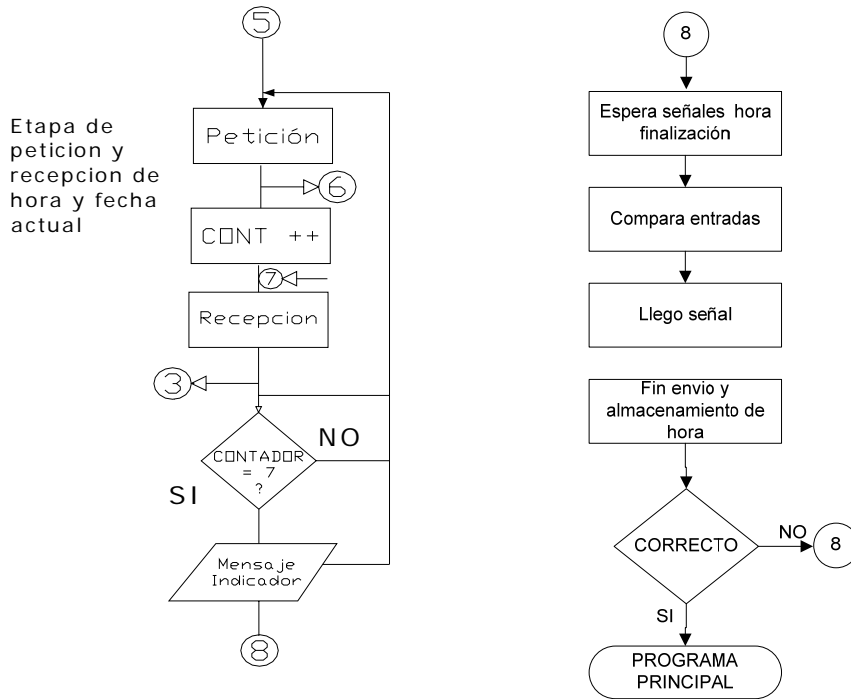


Figura 2.17 Petición y almacenamiento de hora

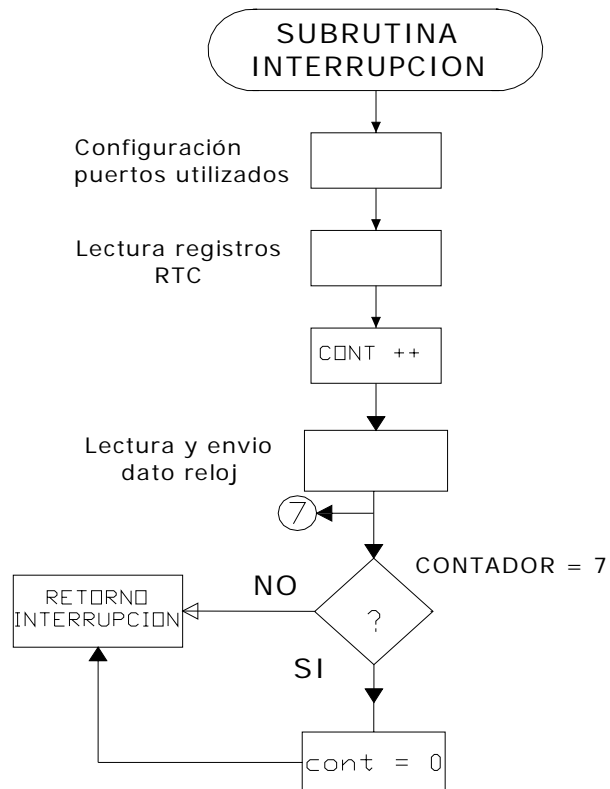


Figura 2.18 Diagrama de flujo para lectura y envío hora actual

Para la lectura y consecuentemente el envío de datos desde la memoria externa EEPROM se utilizó el diagrama de flujo de la figura 2.19.

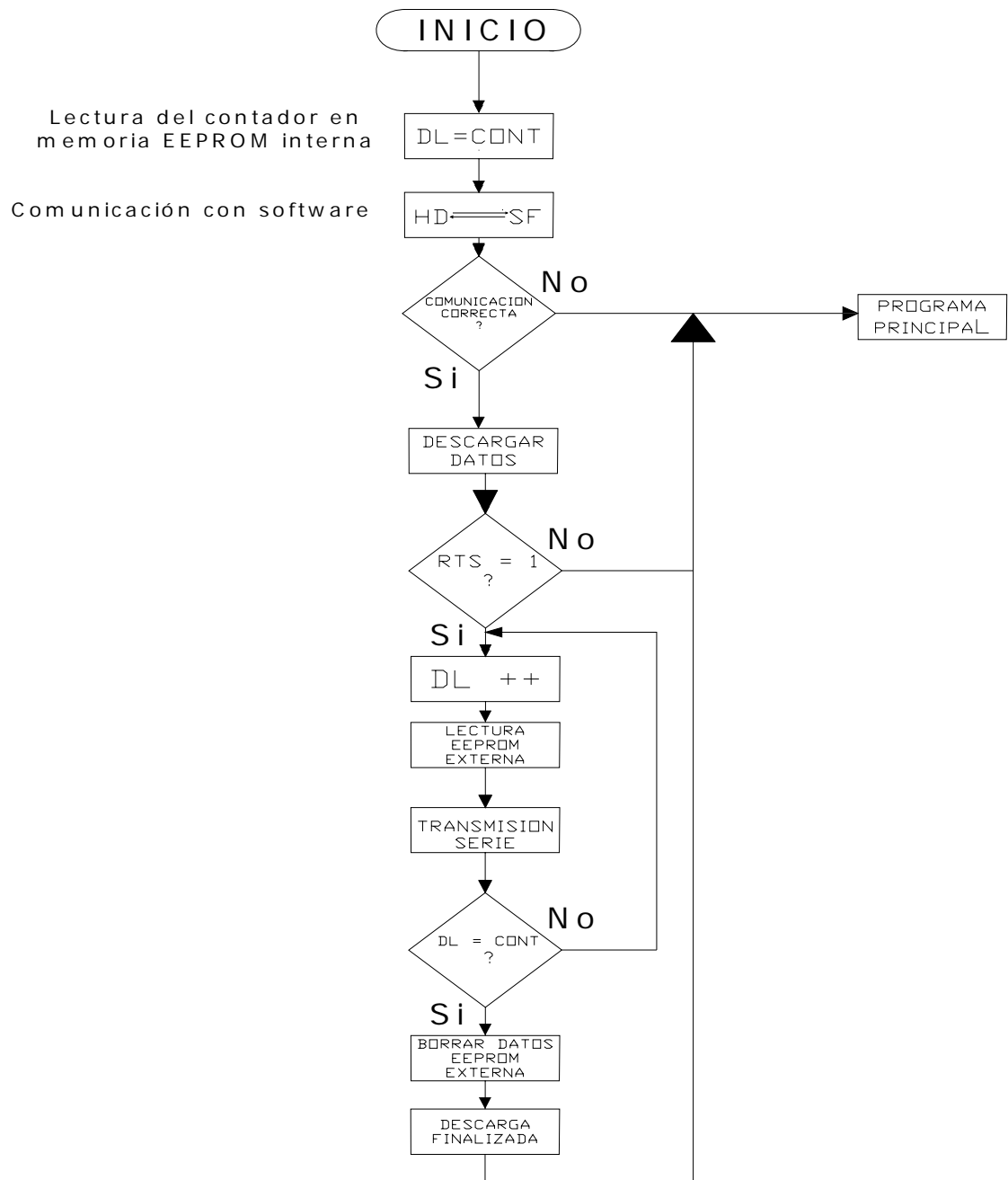


Figura 2.19 Subrutina de descarga PIC – PC

- **Diseño del programa de supervisión “RegFum Egasflor” v1.0**

Para la recepción y consecuentemente el manejo de los datos desde la PC se ha diseñado una interfaz capaz de ser manejada por el operador de manera sencilla y rápida para el almacenamiento de los registros, el diseño del software esta basado en el lenguaje de programación tipo gráfico LabView. Este lenguaje de programación, cuenta con estructuras capaces de elaborar el algoritmo deseado para la aplicación. Se ha distribuido el diseño en tres etapas por motivos de simplificación en las líneas de código, estas son:

- Interfaz de descarga PIC – PC
- Creación y visualización de la base de datos
- Control de actualización de hora

Para controlar al puerto serie, la CPU emplea direcciones de puertos de E/S se utilizó el COM1, puerto serie por defecto corresponde, la inicialización del puerto tanto de entrada como salida es la selección del puerto de comunicaciones. Los puertos serie (COM), son bidireccionales esta comunicación permite a tanto al pic como al software de supervisión recibir datos, así como también transmitirlos.

Mayor distancia menor velocidad

Tomando en cuenta que el estándar utilizado en la comunicación serializa los datos se configuró la velocidad del puerto a 9600 baudios (misma velocidad del pic), adicionalmente la configuración del puerto serial VISA que se encuentra en LabView presenta parámetros adicionales que pueden ser configurados de acuerdo a la entorno del proyecto a continuación se presenta en la figura 2.22 el comando VISA para la comunicación.

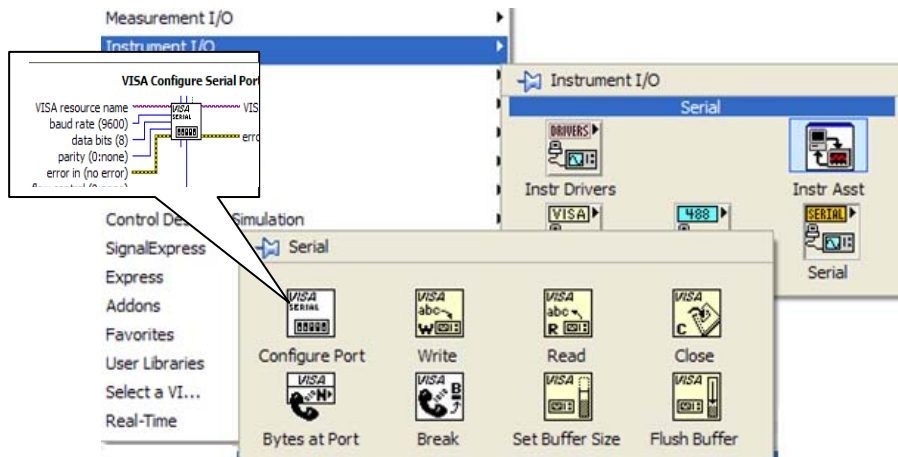


Figura 2.20 Localización del comando VISA

Una base de datos es la recopilación de información relativa a un asunto o propósito particular

²¹, para el manejo de nuestro registro se ha utilizado el sistema de gestión de base de datos relacional en Microsoft Access la posibilidad adicional en Access sobre la creación de ficheros con bases de datos que pueden ser consultados por otros programas facilita la fácil interacción entre el software de supervisión y la base de datos.

Mediante este programa se puede manejar la información desde un único archivo de base de datos. Dentro del archivo, puede utilizar:

- Tablas para almacenar los datos.
- Consultas para buscar y recuperar únicamente los datos que necesita.
- Formularios para ver, agregar y actualizar los datos de las tablas.
- Almacenar los datos una vez en una tabla y verlos desde varios lugares, entre otros.

Se creó una tabla para almacenar los datos obtenidos, es importante señalar que los nombres de cada campo deben ser idénticos a lo manejados en LabView para lograr el resultado que se requiere.

²¹ <http://www.monografias.com/trabajos34/microsoft-access/microsoft-access.shtml>

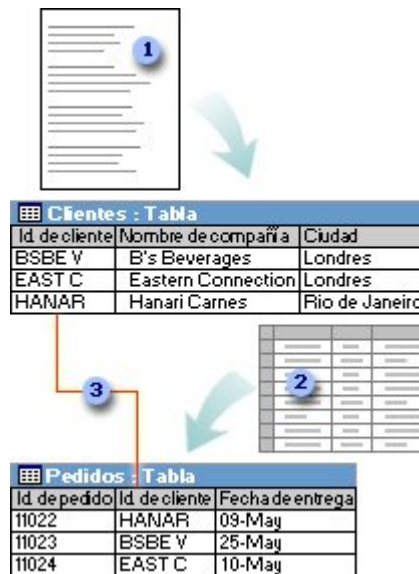


Figura 2.21 Ejemplo de diseño de tabla en Microsoft Access.

Para las consultas desde LabView se ha utilizado “consultas de paso a través”, esto quiere decir que se enviará los comandos directamente a un servidor de base de datos ODBC configurado previamente.

Para la configuración se consideró los siguientes pasos:

En las ventanas del sistema operativo desde Panel de Control se puede configurar el servidor, esta opción se encuentra dentro de herramientas administrativas, como se muestra en la figura 2.22:

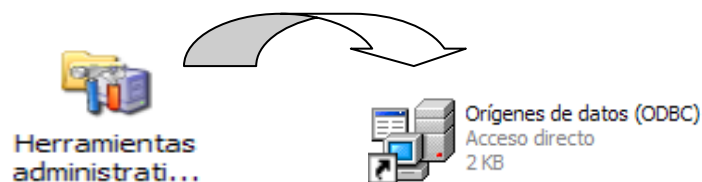


Figura 2.22 Pasos para acceso a configuración de servidor base de datos.

En este paso se debe agregar el origen de la base de datos a ser leído, en nuestro caso es Microsoft Access estos archivos se crean con la extensión *.mdb. A continuación se ingresa el nombre del origen de datos y se selecciona la

ubicación de la tabla creada en Access. Con estos pasos el servidor queda listo para ser manejado desde LabView.

Para la administración de los datos se utiliza algunos de los Comandos SQL estos representan órdenes estándar para el acceso a cualquier tipo de bases de datos. Los comandos típicos se muestran en la tabla 2.6.

Tabla 2.6 Comandos SQL

Comando	Descripción y ejemplo
CREATE TABLE	Crea una nueva tabla en una base de datos existente. CREATE TABLE Tabla (Nombre CHAR(50), Numero INTEGER, Valor DOUBLE);
SELECT	Devuelve datos de una o más tablas. SELECT * FROM Tabla; SELECT Nombre, Numero FROM Tabla;
INSERT	Añade una o más filas a una tabla especificada. INSERT INTO Tabla (Nombre, Numero, Valor) VALUES (´José´, 18, 0.234);

Para el proceso de actualización de la hora y fecha en tiempo real se utilizó comandos propios de Labview los cuales permiten tomar la hora actual desde la PC, leer los datos y enviarlos hacia el μ C de uno en uno hasta completar todos los datos requeridos. Los comandos utilizados fueron encontrados en la paleta mostrada en la figura 2.23:

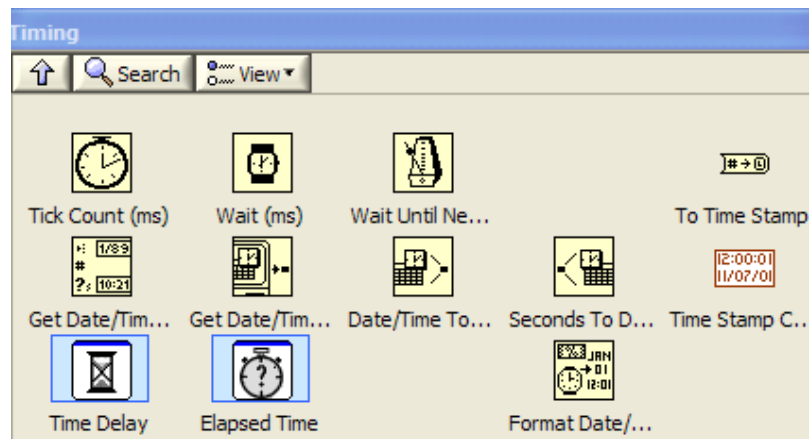


Figura 2.23 Paleta utilizada en la actualización de hora PC/PIC

Guiados por la descripción de los pasos anteriores y tomando en cuenta las necesidades previas del software se obtiene las siguientes pantallas:

- **Ventana principal**

Desde esta pantalla se puede acceder a través de botones de ejecución a las tres funciones del software.

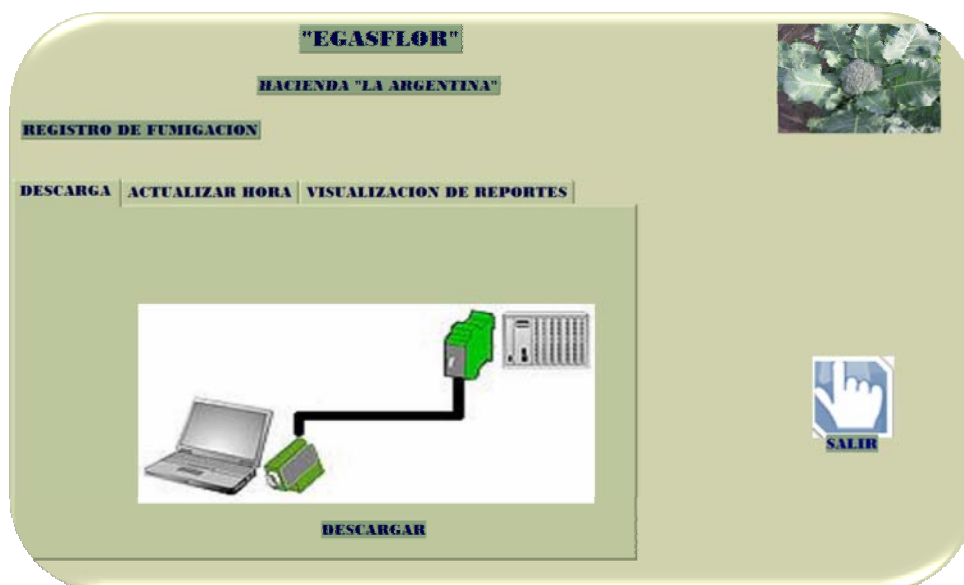


Figura 2.24 Ventana Principal del registro RegFum v1.0.

- **Ventana de descarga**

Esta ventana realiza las siguientes funciones:

- Recepción de datos
- Conversión de los datos recibidos.
- Creación de base de datos
- **Presentación de descarga.**

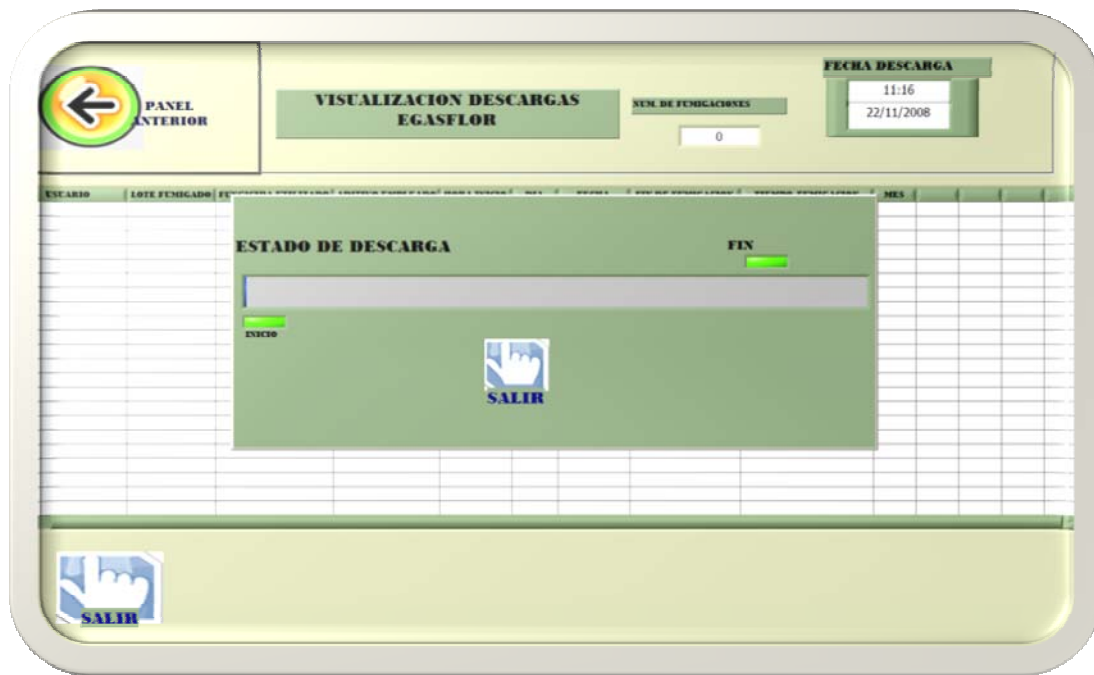


Figura 2.25 Ventana de descarga del registro RegFum Egasflor

- **Ventana de visualización de reportes**

Esta ventana permite al usuario la visualización de los reportes guardados en la base de datos, esta visualización se puede realizar por el nombre del operador, numero de lote fumigado, fecha de fumigación, o a su vez visualiza un reporte

mensual, estas ventanas permiten la selección del ítem que se desee visualizar así como también permite la impresión de los mismos. Las figuras 2.26 y 2.27 muestran la ventana que contiene opciones de visualización así como también la ventana que muestra los reportes realizados por distintos usuarios respectivamente.



Figura 2.26 Ventana de opciones de visualización.



Figura 2.27 Visualización de reportes por usuario.

- **Ventana de actualización de hora.**

Configurada para recibir una señal del PIC para empezar actualización de hora y fecha desde la PC.



Figura 2.28 Ventana de actualización de hora

Cada una de las ventanas posee botones de retorno y salida del programa, estos se muestran en la figura 2.29 y 2.30 respectivamente.



Figura 2.29 Retorno de panel



Figura 2.30 Salir del programa

2.5 DISEÑO DEL SISTEMA DE RECOLECCIÓN DE MANGUERA

La máquina de fumigación electrostática originalmente poseía un carrete de manguera con una manivela para la recolección como se muestra en la figura 2.31:



Figura 2.31 Vista frontal y lateral del carrete

Uno de los objetivos de este proyecto fue la recolección automática de esta manguera para lo cual se utilizó los siguientes sistemas:

- Motorreductor
- Batería y alternador
- Sistema de poleas
- Panel de mando para recolección de manguera
- Sistema de rodillos para el envolvimiento
- Sistema de relés para cambio de giro

2.5.1 Motorreductor

De acuerdo a los requerimientos planteados en el diseño se colocó un motor de corriente continua acoplado a un motorreductor en lugar de la manivela existente para tener un control automático de recolección.

Los motorreductores son elementos mecánicos muy adecuados para el accionamiento de todo tipo de máquinas y aparatos de uso industrial, que necesiten reducir su velocidad de una forma eficiente, constante y segura.²²

Las ventajas de usar reductores y/o motorreductores son:

- Alta eficiencia de la transmisión de potencia del motor.
- Alta regularidad en cuanto a potencia y par transmitidos.
- Poco espacio para el mecanismo.
- Poco tiempo de instalación y mantenimiento.
- Elemento seguro en todos los aspectos, muy protegido.

El motorreductor elegido ha sido acoplado y soldado en a una base en la máquina para su funcionamiento como se muestra en la figura siguiente:

²² <http://www.solomantenimiento.com/articulos/m-reductores-motorreductores.htm>

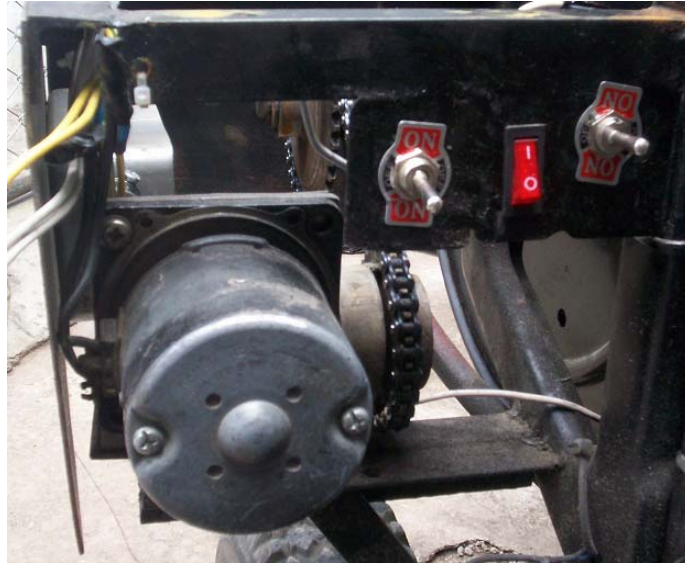


Figura 2.32 Motorreductor acoplado al carrete de manguera

Para potencias mayores se utilizan equipos reductores separados del motor. Los reductores consisten en pares de engranajes con gran diferencia de diámetros, de esta forma el engrane de menor diámetro debe dar muchas vueltas para que el de diámetro mayor de una vuelta, de esta manera se reduce la velocidad de giro. Para obtener grandes reducciones se repite este proceso colocando varios pares de engranes conectados uno a continuación del otro.

2.5.1.1 Sistema de engranajes para el motorreductor

Los engranajes están formados por dos ruedas dentadas, de las cuales a la mayor se le denomina corona y la menor piñón. Un engranaje sirve para transmitir movimiento circular mediante contacto de ruedas dentadas. Una de las aplicaciones más importantes de los engranajes es la transmisión del movimiento desde el eje de una fuente de energía, como puede ser un motor de combustión interna o un motor eléctrico, hasta otro eje situado a cierta distancia y que ha de realizar un trabajo. De manera que una de las ruedas está conectada por la fuente de energía y es conocido como engranaje motor y la otra está conectada al eje que debe recibir el movimiento del eje motor y que se denomina engranaje conducido.

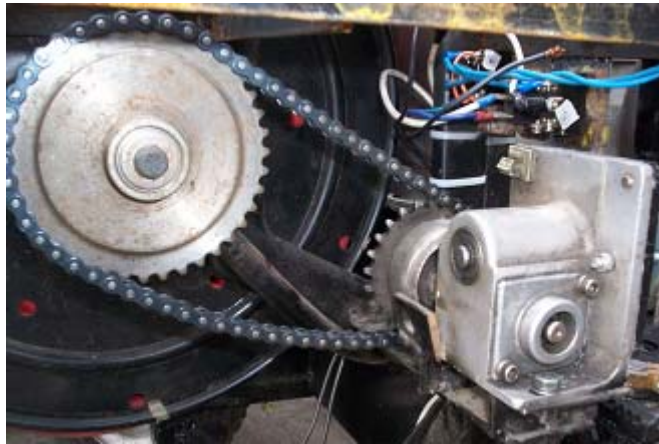


Figura 2.33 Sistema de engranajes

2.5.2 Batería y alternador

La fuente de alimentación utilizada para este sistema es una batería de un automóvil debido a que la máquina es independiente de cualquier otra forma de alimentación y tomando en cuenta su robustez y el medio en el que se la maneja. Por esta razón se diseñó un sistema parecido al de los automóviles para generar energía eléctrica.



Figura 2.34 Fuente de alimentación

La batería es un dispositivo electroquímico que permite almacenar energía en forma química para posteriormente convertirla en energía eléctrica.

El proceso tiene la característica de ser reversible, es decir, una batería que suministró energía eléctrica y se encuentra descargada, puede ser recargada y almacenar energía para uso posterior.²³

El Alternador es una máquina destinada a transformar la energía mecánica en eléctrica, generando, mediante fenómenos de inducción, una corriente alterna.²⁴

El funcionamiento de la batería y el alternador en conjunto es el siguiente:

- Una batería de un automóvil, no es más que una caja para el almacenamiento de energía eléctrica. Se puede comparar con el depósito de combustible de un auto, pero en vez de almacenar combustible líquido la batería nos proporciona energía eléctrica directamente.
- Un alternador de un automóvil sirve para generar energía eléctrica. Es una máquina eléctrica rotativa y tiene el aspecto de un motor eléctrico redondo mediano, de tamaño mitad del de una batería estándar. Genera energía eléctrica para atender al consumo eléctrico que se pueda tener en el auto, en nuestro caso en el funcionamiento del motor acoplado al carrito de manguera y para rellenar o cargar la batería, pero siempre que un motor como el del auto este en marcha, es decir cuando la máquina de fumigación este encendida va a provocar movimiento en el alternador.

²³ <http://www.novarsa.com.ar/otros.htm>

²⁴ <http://es.wikipedia.org/wiki/Alternador>



Figura 2.35 Acople del alternador al motor de la máquina

De esta manera se puede distinguir las dos diferencias fundamentales entre la batería y el alternador:

1. La batería es un almacén de energía eléctrica, y el alternador es un generador de energía eléctrica. La energía eléctrica almacenada en una batería, está disponible siempre, incluso cuando se tiene el motor del auto parado.
2. El alternador, para proporcionar energía eléctrica, necesita que el motor del auto lo mueva. Para nuestra aplicación el motor de la máquina de fumigación debe estar encendido caso contrario el alternador no genera energía.

Es así que conseguimos obtener alimentación para nuestro motor y evitar que la batería se agote utilizando los mismos medios de la máquina.



Figura 2.36 Sistema de batería y alternador

2.5.3 Sistemas de poleas

Las **poleas** son ruedas que tienen el perímetro exterior diseñado especialmente para facilitar el contacto con cuerdas o correas. En esta aplicación las poleas de correa son muy utilizadas.

La polea de correa trabaja necesariamente como polea fija y, al menos, se une a otra por medio de una correa, que no es otra cosa que un anillo flexible cerrado que abraza ambas poleas.

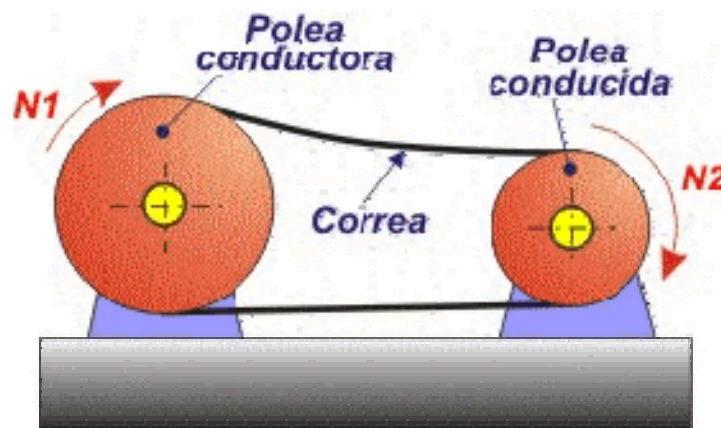


Figura 2.37 Poleas de correa

Este tipo de poleas tiene que evitar el deslizamiento de la correa sobre ellas, pues la transmisión de potencia que proporcionan depende directamente de ello. Esto obliga a que la forma de la garganta se adapte necesariamente a la de la sección de la correa empleada. Su utilidad se centra en la transmisión de movimiento giratorio entre dos ejes distantes; permitiendo aumentar, disminuir o mantener la velocidad de giro, mientras mantiene o invierte el sentido. Encontrándolas en una aplicación como generadores de electricidad,²⁵

La máquina fumigadora originalmente poseía el sistema de poleas que se muestra en la siguiente figura:

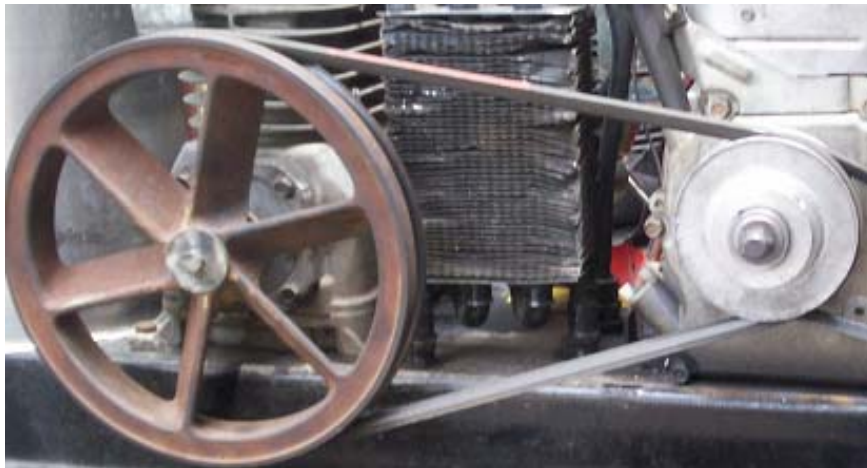


Figura 2.38 Sistema de poleas de la máquina fumigadora

Este sistema fue diseñado especialmente para la máquina sin tomar en cuenta ningún sobredimensionamiento ni sobrecarga. A este sistema de poleas se le adaptó una polea doble de la misma medida que la original para obtener transmisión de energía para la recarga de la batería de 12V. Por esta razón la máquina solo puede realizar una acción a la vez o bien empieza a trabajar como fumigadora o solamente recarga la batería existente, al tratar de realizar las dos acciones provoca que la máquina se apague porque originalmente no fue diseñada para sobre cargas.

²⁵ [http:// Estudio de la polea de correa.htm](http://Estudio de la polea de correa.htm)

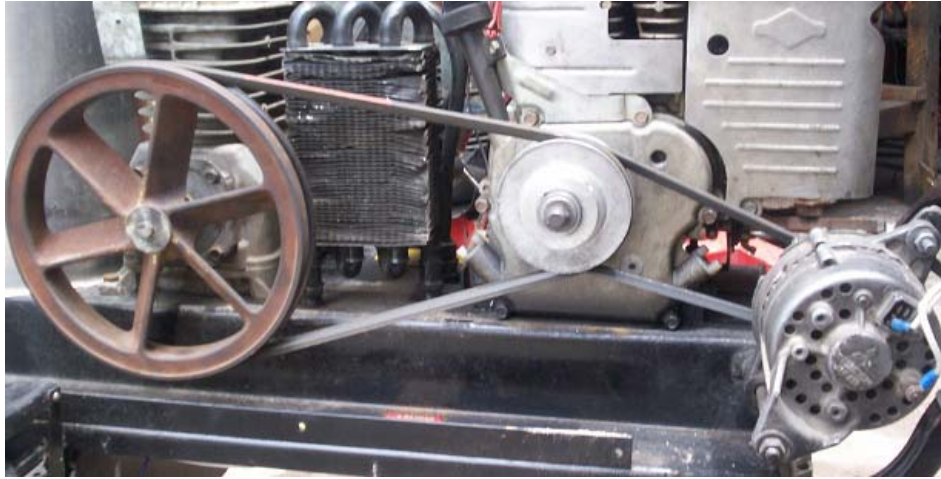


Figura 2.39 Sistema de poleas y alternador

2.5.4 Panel de mando para recolección de manguera

El sistema de mando para la recolección de manguera se encuentra dividido en dos modos de operación:

- Un switch para elegir el modo en el que se desea operar
- Un switch para mando manual

Además consta de un interruptor de encendido/apagado para la recarga de la batería.



Figura 2.40 Panel de mando para recolección de manguera

El switch1 ubicado al lado izquierdo del panel permite elegir el modo a operar sea este automático o manual, la posición 1 permite elegir el modo automático, la posición 2 es off y la posición 3 escoge el modo manual como se muestra en la siguiente figura.



Figura 2.41 Posiciones del switch

El switch2 utilizado para la recolección manual se encuentra ubicado al lado derecho del panel, la posición 1(Salida) permite envolver la manguera, la posición 2 es off y la posición 3 (Entrada) permite el cambio de giro del motor para que la manguera se desenvuelva con facilidad.

La ubicación de estos switches facilita el control para la recolección automática, de esta forma evitaremos que exista un corto circuito y ocasionar problemas en el motor. El switch1 permite el paso de corriente para que se activen las bobinas de los relés comandados desde el PIC siempre y cuando este se encuentre en la posición 1, cortando el paso de corriente para el mando manual, si el switch1 esta en modo manual es decir la posición 3 deshabilita los relés y habilita el uso del switch2.

2.5.5 Sistema de rodillos para el envolveramiento

Durante el diseño del sistema de recolección de manguera se consideró necesario colocar un par de rodillos en el carrete de manguera para facilitar el enrollamiento de esta, debido a que sin la existencia de estos rodillos la manguera

se enrollaba en un solo lado enredándose y causando problemas para el motor el cual se veía obligado a entregar una potencia elevada.

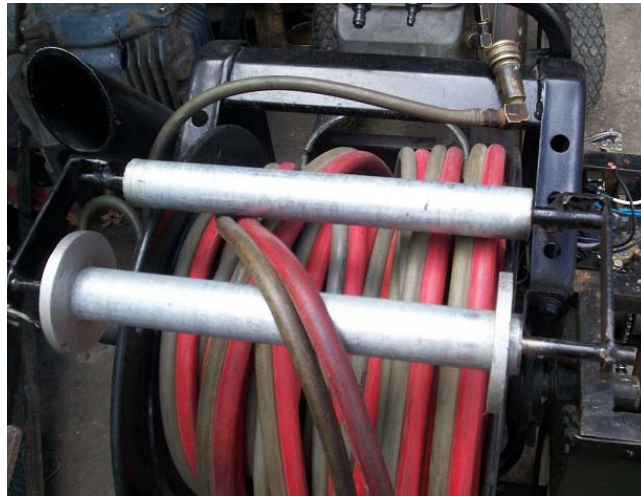


Figura 2.42 Sistema de rodillos

2.5.6 Arreglo de relés para cambio de giro

Con el interés de buscar la automatización del enrollamiento de manguera fue necesario colocar dos pares de relés para realizar los dos giros del motor en forma automática, y evitar cualquier corto o mal funcionamiento del motor, el un giro del motor permite el enrollamiento de la manguera mientras que el otro giro facilita el desenvolvimiento de la misma, ya que por el sistema acoplado desenrollar la manguera sin cambiar de giro se torna muy forzoso y complicado. En el anexo B se puede observar el diagrama del circuito para el sistema de relés para el motorreductor.

2.6 SISTEMA DE DETECCIÓN DE NIVEL BAJO EN EL TANQUE CONTENEDOR DE FUNGICIDA

Como una forma de alertar al operador sobre el desabastecimiento de fungicida que hay en el tanque, se opto por diseñar un sistema que permita detectar el nivel bajo existente en el tanque, para lo cual había que tomar en cuenta que el tanque

es de acero inoxidable y que dentro de este existe mucha turbulencia debido a la presión que ingresa en el, cuando se encuentra operando la máquina.



Figura 2.43 Tanque de fungicida

Por esta razón la posibilidad de usar un sensor de nivel u otro tipo de sensor que requiriera que en el tanque se realicen perforaciones para el montaje del sensor no era lo más recomendado , debido a que al realizar alguna perforación el tanque perdería presión y no trabajaría normalmente presentando complicaciones.

Considerando el problema anteriormente planteado, la forma de detectar el nivel sería pues utilizando medios externos basados en el peso del tanque cuando se encuentre vacío y cuando esté lleno. Para este sistema se colocó un resorte debajo del tanque considerando que este tiene que comprimirse cuando este el tanque lleno e ir descomprimiéndose a medida que el tanque se esté vaciando.



Figura 2.44 Resorte para detección de nivel

En cierto punto en el que el nivel este completamente bajo el tanque se elevara y accionara el microswicht que dará la señal al PIC para el control. En la figura 2.45 se muestra este mecanismo.



Figura 2.45 Microswicht indicador de nivel

2.7 MICROSWICHT INDICADOR DE FIN DE RECOLECCION

Con la finalidad de asegurar que por algún descuido del operador o falla del sistema en si, el motorreductor se quede accionado se consideró colocar un microswicht debajo del carrete de manguera para que sea accionado cuando la manguera llegue a su fin de recolección y desactive los relés de control.



Figura 2.46 Vista frontal del microswicht

2.8 DISEÑO DEL SISTEMA CONTROL REMOTO POR RF

Considerando el esfuerzo humano que debía realizar un operador para recoger la manguera y para facilitar este proceso sin tener que recorrer cierta distancia entre el operador y la máquina, se decidió implementar un control remoto que permita satisfacer esta necesidad sin inconvenientes. Para el diseño de este control se ha tomado en consideración los siguientes parámetros:

- La extensión de manguera a ser recogida
- La facilidad de operación del control remoto
- La posibilidad de realizar una comunicación bidireccional
- Permitir alertar al operador de un nivel bajo de fungicida que tiene el tanque

Este sistema esta constituido por dos microcontroladores PIC 16F628 distribuidos de la siguiente manera:

- PIC2 como TX/RX ubicado en la máquina de fumigación
- PIC3 como TX/RX constituyendo el control remoto.

Las funciones que realiza el PIC2 en este sistema son las siguientes:

- Trabaja como decodificador de los módulos de RF, para el receptor del modelo HP3 de Linx y para el transmisor TWS 434
- Mediante las señales recibidas por el RX de Linx comanda los relés ubicados para el funcionamiento del motor para la recolección en forma automática.

- Recibe la señal de nivel bajo detectada por el PIC_R y envía así una señal por el TWS 434 hacia el control.
- Recibe la señal del microswitch 2 para desactivar los relés indicando que se terminó de recoger toda la manguera. Colocado en off al juego de relés.
- Se comunica en forma serial con el PIC 18F452 (PIC_R), en el instante que el microswitch1 es detectado para almacenar la hora de finalización de fumigación.
- Posee un botón de activación que permite aceptar la alarma producida en el control debido a la señal del microswitch1, con este botón se envía una señal por el TWS al control.
- Tiene dos leds indicadores: el led de color verde indica que el pic se encuentra funcionando y el led de color amarillo indica que se mandó a activar la recolección.

Partiendo de la estructura de programación de los PICs se tiene el siguiente diagrama de flujo para el PIC2:

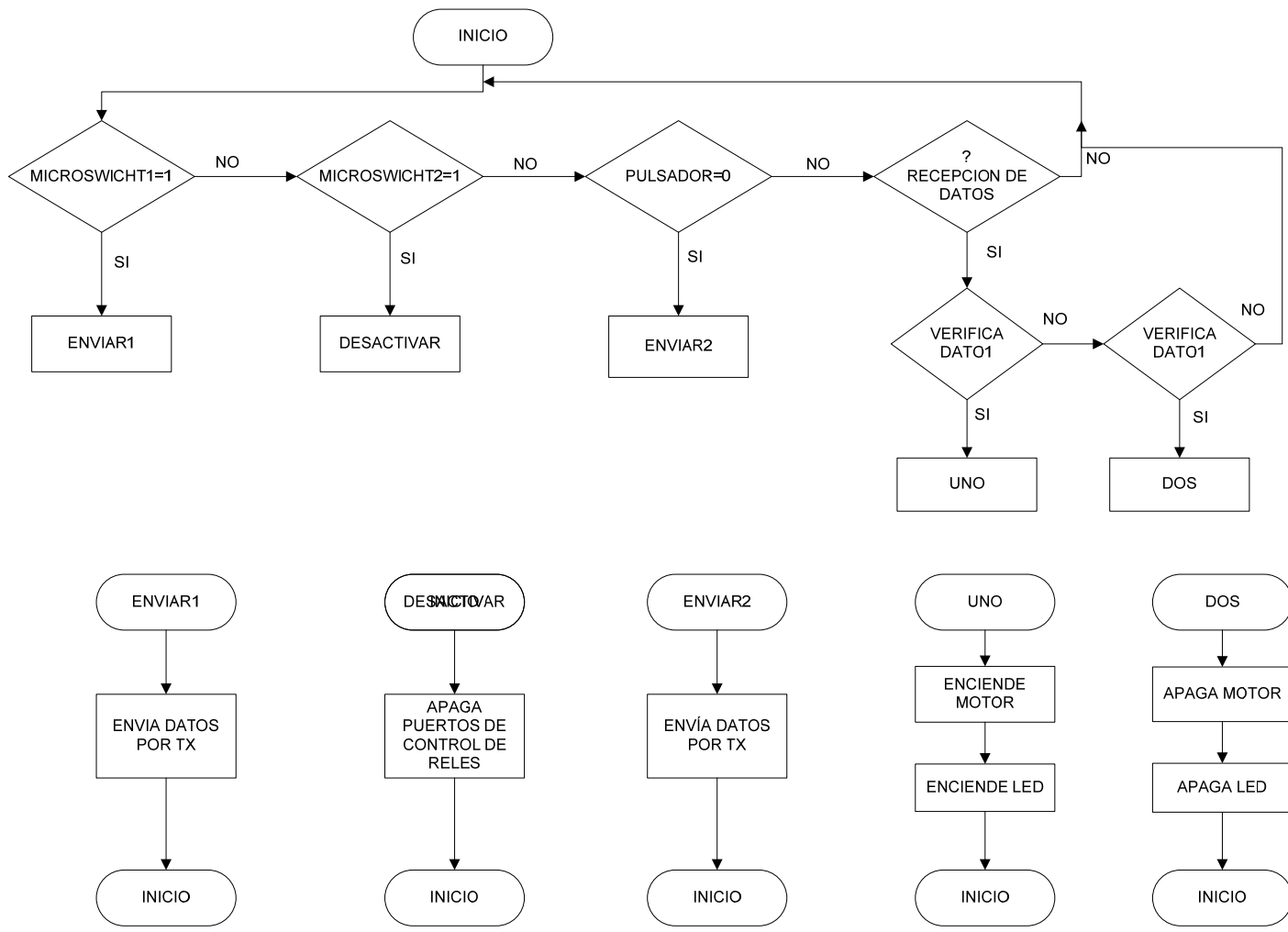


Figura 2.47 Diagrama de flujo PIC ubicado en el equipo de fumigación

El PIC3 es el control remoto y tiene las siguientes funciones:

- Trabaja como decodificador de los módulos de RF, para el transmisor del modelo HP3 de Linx y para el receptor RWS 434

Posee dos botones de activación:

- Botón Start: Envía la señal por el TX para activar los relés de recogimiento de manguera.
- Botón Stop: Envía la señal por el TX para desactivar los relés de recogimiento y activar los relés de cambio de giro del motor en la máquina fumigadora
- Consta de tres leds indicadores: el led rojo indica encendido del control, el led amarillo indica la activación del botón Start y el envío de datos y el led verde indica la activación de alarma recibida por el RX que se dio en el PIC2 por el microswitch1 que indica nivel bajo en el tanque, este se apagará cuando el botón de activación del PIC2 sea pulsado y envíe una señal.

La programación utilizada para este PIC se contempla en el siguiente diagrama de flujo

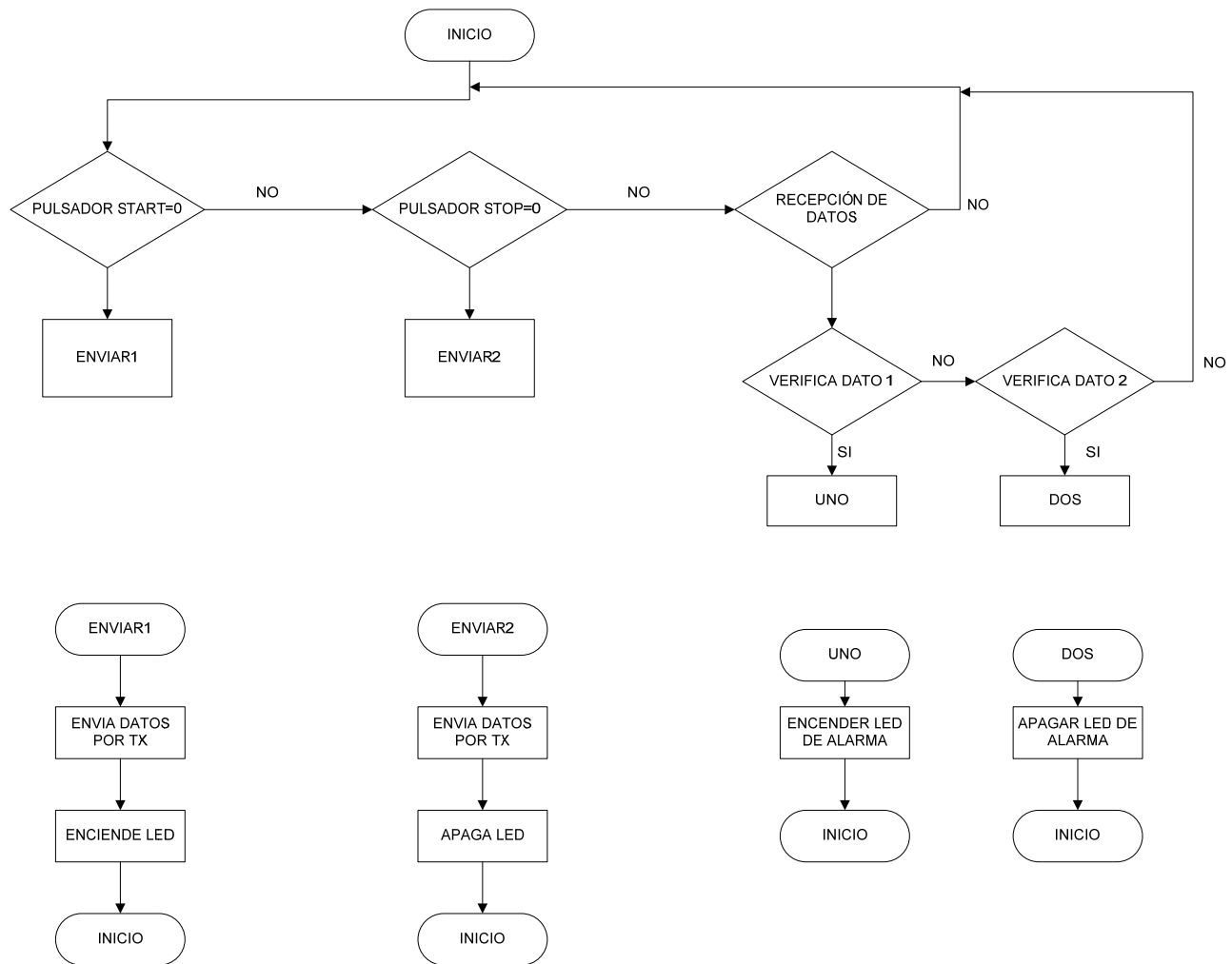


Figura 2.48 Diagrama de flujo correspondiente al PIC3

CAPÍTULO III

PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.1 DESCRIPCIÓN FÍSICA DEL SISTEMA

El acoplamiento de automatización del equipo de fumigación electrostático está implementado en una base metálica que es parte del recubrimiento del mecanismo encargado de la recolección de manguera como se muestra en la figura 3.1.

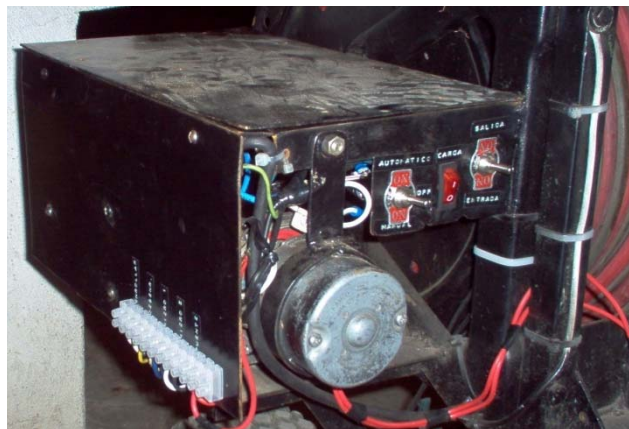


Figura 3.1 Soporte de las tarjetas de control

Los parámetros físicos y eléctricos del equipo de fumigación son:

Fuentes de alimentación:

Batería de plomo ácido de 12 voltios.

Batería de litio 3.5 voltios.

Batería 6F22 de 9 voltios.

Sistema de recolección de manguera:

Longitud de manguera: 40 metros.

TX/RX: Frecuencia 900 MHz.

Presión de salida: 12 a 15 psi.

Volumen del tanque: 20 litros.

TX/RX: frecuencia 400 MHz.

Peso aproximado: 136 Kg.

Altitud: 2800 m.s.n.m

Humedad: 95% RH

Temperatura de operación aproximada: -50°C a 55°C

La figura 3.2 contrasta el estado inicial y final del equipo de fumigación.



Figura 3.2 Contraste del estado inicial y final de la máquina

Debido al funcionamiento del motor en el equipo de fumigación, se presentan vibraciones considerables que provocan que los elementos electrónicos existentes en la tarjeta vibren de la misma manera, esta acción no interrumpe el buen funcionamiento de los sistemas de control electrónico pero con el transcurso de tiempo podrían causar daños irreversibles en los equipos, para esto se adaptó cauchos para disminuir las vibraciones.

Las cajas en las que se ubican las tarjetas electrónicas son de plástico y compactas resistentes a las agresiones del medio ambiente. El registro de fumigación está colocado en la máquina de fumigación y trabaja conjuntamente con el PIC que controla la recolección automática de la manguera, el registro una vez que recoge la señal de alarma del nivel bajo dada por el microswich almacena la hora de finalización de fumigación, por esta razón este registro se hace dependiente de la máquina fumigadora, ya que está encendido hasta que se termine la fumigación y permite el ingreso de una nueva fumigación cuando se

llene nuevamente el tanque, de esta forma se controla el numero de veces que se realiza la fumigación en un lote. La figura 3.3 muestra el registro:



Figura 3.3 Registro de fumigación

El control remoto tiene como fuente de alimentación una batería de 9V, su tamaño es considerable, utiliza un entorno amigable con el usuario, como se observa en la figura 3.4.



Figura 3.4 Vista general del control remoto

3.2 MEDICIONES Y PRUEBAS EXPERIMENTALES

3.2.1. Sistema de comunicación inalámbrico.

Para comprobar el funcionamiento del control para la recolección de la manguera vía radio frecuencia se realizó pruebas considerando los ambientes de trabajo de este dispositivo, cabe señalar que estas pruebas fueron realizadas para los dos módulos de radio frecuencia utilizados en el proyecto, la tabla 3.1 presenta estas pruebas:

Tabla 3.1. Pruebas de transmisión y recepción de los módulos TWS 434 – RWS 434

CLIMA	VELOCIDAD TX /RX (bps)	DISTANCIA (m)	LINEA DE VISTA	RECEPCION	Número de intentos
Despejado	1200	20	SI	OK	1
			NO	OK	1
		40	SI	OK	1
			NO	OK	2
		50	SI	OK	2
			NO	OK	4
Despejado	2400	20	SI	OK	1
			NO	OK	1
		40	SI	OK	1
			NO	OK	2
		50	SI	OK	2
			NO	NR	1
Nublado	2400	20	SI	OK	1
			NO	OK	1
		40	SI	OK	3
			NO	NR	--
		50	SI	OK	4
			NO	NR	--

Tabla 3.2. Pruebas de TX/RX módulos TXM-900-HP3-SP/ RXM-900-HP3-SP

CLIMA	VELOCIDAD TX /RX (bps)	DISTANCIA (m)	LINEA DE VISTA	RECEPCION	Número de intentos
Despejado	2400	50	SI	OK	1
			NO	OK	1
		100	SI	OK	1
			NO	OK	1
		200	SI	OK	1
			NO	OK	1
Despejado	9600	50	SI	OK	1
			NO	OK	1
		100	SI	OK	1
			NO	OK	1
		200	SI	OK	1
			NO	OK	1
Nublado	2400	50	SI	OK	1
			NO	OK	1
		100	SI	OK	1
			NO	OK	1
		200	SI	OK	1
			NO	OK	1
Nublado	9600	50	SI	OK	1
			NO	OK	1
		100	SI	OK	1
			NO	OK	1
		200	SI	OK	1
			NO	OK	1

3.2.2. Pruebas del sistema de fumigación.

La fumigación del equipo GPS5k se basa en “electrostática envolvente”, de acuerdo a las entrevistas realizadas con operadores de este tipo de sistemas y

especialmente la versión del ingeniero Gustavo Moreno gerente técnico de la empresa EGASFLO, quien manifestó que la adherencia del insecticida en la planta es en mayor proporción en comparación con los sistemas de fumigación tradicionales, estas pruebas fueron realizadas con la utilización de un reactivo y luz ultravioleta, tomando en cuenta las debidas protecciones del operador durante la fumigación.

3.2.3. Facilidad de operación del software RegFum Egasflor v1.0.

El entorno amigable desarrollado en el RegFum Egasflor v1.0 permite la fácil utilización del programa por el personal encargado del control de fumigaciones la tabla 3.3 muestra los resultados del tiempo de aprendizaje para el manejo del equipo.

Tabla 3.3. Pruebas de operación del RegFum Egasflor v1.0

Nombre	Formación	Función	Tiempo [min]
Gustavo Moreno	Ingeniero Agrónomo	Gerente Técnico	15
Ramiro Espinoza	Ingeniero Agrónomo	Gerente General	15
Ángel Salgado	Bachiller	Supervisor de Fumigación	18

3.2.4. Validaciones

a) Comunicación PIC – PC

La posición errónea del selector de comunicación impide la realización exitosa de la transmisión de datos PIC – PC / PC – PIC, además esta transmisión de datos cuenta con un control de flujo desde el puerto COM de la PC el que permite la verificación de la conexión correcta del cable. En caso de desconexión del cable el pic muestra un mensaje de error y permite al usuario volver a descargar siempre y cuando el cable serie se encuentre conectado.

b) Introducción de parámetros

El registro de fumigación posee tres claves predeterminadas es decir el ingreso de claves o el pulso de teclas inadecuadas no son admitidas en ninguna selección en el caso de presión de estas teclas el registro permanece inalterable.

3.3 ANALISIS DE RESULTADOS

Como todo proyecto de investigación y diseño debe estar sometido a una evaluación de resultados se realizó ésta evaluación en base experimentales realizadas en la sección 3.2 se realizó el análisis de resultados para el correcto funcionamiento de la aplicación instalada.

3.3.1. Sistema de comunicación inalámbrico

El funcionamiento óptimo de este sistema cumple con las siguientes características técnicas:

Distancia: 40 metros

Frecuencia del sistema de recolección: 900 Mhz

Frecuencia del indicador de alarma: 434 Mhz

Velocidad de TX/RX: 2400 bps.

3.3.2. Sistema de fumigación electrostático.

La cobertura lograda con un fumigador electrostático es más nítida que la lograda con los fumigadores tradicionales, el vapor que este equipo produce se distribuye uniformemente sobre ambas caras de las hojas. El control de insectos y enfermedades es mejor porque el tamaño y consistencia de las gotas tienen mayor posibilidad de contactarse con la hoja de la planta evitando de este modo la quemadura química y la acumulación del insecticida en gotas grandes.

3.3.3. Parámetros de comunicación.

Los parámetros sometidos a prueba para la comunicación desde el PIC hacia el software RegFum Egasflor radicaron en tres aspectos importantes:

- Velocidad de transmisión.
- Confiabilidad de envío y recepción de datos
- Funcionamiento efectivo de la comunicación.

Si uno de los dos dispositivos transmite o recibe a una velocidad distinta los datos son considerados como basura, provocando una incoherencia con la comparación de datos almacenados para su presentación final. El ordenamiento de los datos para posteriormente su representación están basados en el uso de un contador por lo tanto se debe tener presente el incremento del mismo de acuerdo a cada una de las recepciones de lo contrario se perderán datos en la transmisión y posteriormente una falla en la base de datos.

3.4 ANALISIS TÉCNICO – ECONÓMICO

Desde el punto de vista técnico una vez realizadas las pruebas correspondientes la implementación del proyecto cumple con los objetivos propuestos por el usuario, sin importar el tipo de elementos requeridos para su realización y montaje final, sin embargo es necesario detallar los elementos con sus costos correspondientes dentro del mercado.

Tabla 3.4. Detalle de costo de los componentes

N_ITEM	DETALLE	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	SUBTOTAL
1	MICROCONTROLADORES 16F628A	2	5,00	10,00
2	MICROCONTROLADORES 18F452	2	12,00	24,00
3	MODULOS VISUALIZADORES	2	15,00	30,00
4	TECLADO	1	8,00	8,00
5	MEMORIA EEPROM EXTERNA	1	7,00	7,00
6	RELOJ TIEMPO REAL	1	7,00	7,00
7	BUFFER MAX 232	1	2,50	2,50
8	OSCILADORES	4	2,50	10,00
9	BATERIAS PEQUEÑAS	2	2,00	4,00
10	CONJUNTO DE RESISTENCIAS, PULSADORES, SWITCHS	1	6,00	6,00
11	MODULOS INALAMBRICOS MODELO HP3 - SPO LINX	2	85,00	170,00
12	MODULOS INALAMBRICOS MODELO TWS	2	15,00	30,00
13	TRANSISTORES DE POTENCIA	2	0,90	1,80
14	RELES 12 V/30A	4	4,00	16,00
15	MOTOR C.C. 12V - 1/6 HP 0.8 A	1	100,00	100,00
16	REDUCTOR	1	60,00	60,00
17	MECANISMO ENGRANES	1	50,00	50,00
18	MICROSWITCH	2	25,00	50,00
19	SISTEMA DE RODILLOS	1	20,00	20,00
20	CONJUNTO DE SELECTORES, ACOPLÉS, OTROS	1	30,00	30,00
21	BATERIA CARRO	1	66,00	66,00
22	REPARACIONES VARIAS	1	50,00	50,00
23	ELEMENTOS PARA CIRCUITO IMPRESO	4	10,00	40,00
24	CAJAS DE ALOJAMIENTO	4	15,00	60,00
25	VARIOS	1	50,00	50,00
				902,30

Tabla 3.5. Costo de mano de obra

N_Item	Descripción	Costo (USD)	N. horas - humano	Subtotal (USD)
1	Ingeniería de proyecto	15,00	200	3,000.00
2	Montaje e instalaciones	2.50	100	250
			Total	3,250.00

Por lo tanto el costo total de proyecto es 4,152.30/100 dólares americanos.

3.5 ALCANCES Y LIMITACIONES

La implementación de equipos adicionales para el registro de fumigaciones estableció los siguientes alcances :

- El funcionamiento y modo de operación del equipo de fumigación electrostático es óptimo.
- Supervisión de fungicidas y aditivos utilizados en cada lote fumigado.
- Registro inalterables de fumigaciones.
- Menor esfuerzo físico del operador en la fumigación.
- Control del tiempo empleado por cada fumigación de acuerdo al operador.
- Ahorro de registradores y mayor orden de trabajo.
- Mejor control de calidad del producto en periodo de carencia.

Una vez realizadas las pruebas experimentales del equipo de fumigación electrostático se ha notado las siguientes limitaciones:

- No se pueden realizar las funciones de fumigación y recarga de batería al mismo tiempo.
- El funcionamiento de recolección de manguera depende del voltaje de alimentación entregado por la batería de carro implementado en el equipo de fumigación.
- La función de alarma implementada en el control remoto depende de la distancia de alcance de los equipos TWS 434.
- La descarga de registros PIC – PC depende de la adecuada posición manual del selector.
- Se requiere del ingreso de todos los parámetros del registro de fumigación para su almacenamiento.
- La velocidad de desenvolvimiento de manguera es lenta y moderada.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Al término del proyecto y de acuerdo a las experiencias obtenidas se exponen las siguientes conclusiones y recomendaciones:

4.1 CONCLUSIONES

- Se logró el cumplimiento del objetivo general del proyecto automatización y puesta en servicio del equipo de fumigación electrostático GPS 5K, de la empresa EGASFLOR.
- Se comprobó que los módulos de RF modelo TWS 434 presentan poca confiabilidad y estabilidad a medianas distancias (60 m) sin embargo su costo dentro del mercado hace que sea utilizado para comunicaciones a cortas distancias.
- El adecuado funcionamiento de los dispositivos que utilizan comunicación I2C conectados al PIC en este caso el reloj de tiempo real DS1307 y la memoria EEPROM externa depende de la correcta configuración de la palabra de control.
- El protocolo de comunicación I2C utiliza estructura de bus serie lo que permite la utilización de poco hardware y mínimo cableado.

- Los dispositivos conectados al bus I2C tienen un protocolo de comunicaciones tipo maestro/esclavo esto permite el manejo de varios dispositivos logrando expandir la capacidad de memoria.
- La utilización de un retardo cada vez que son utilizadas las funciones de escritura y lectura en la memoria externa 24LC512 permiten obtener datos correctos de lo contrario la mayor parte se obtiene datos erróneos.
- Para la compilación de los programas se requiere de la instalación previa de las librerías correspondientes a los PIC18.
- El motor de combustión interna ubicado en el equipo de fumigación está diseñado para soportar la carga creada por el compresor, al añadir el alternador con el fin de recargar la batería, se apaga por sobrecarga.
- El voltaje de alimentación entregado por la batería debe ser igual o mayor a 12 V_{DC} para el funcionamiento adecuado de la recolección de manguera.
- La utilización de módulos de baja frecuencia de trabajo limitan la distancia de alcance en la comunicación.
- Las interrupciones en el PIC son de gran utilidad para el desarrollo de algunas subrutinas en el tiempo adecuado pero a su vez resultan laboriosas al momento de configuración.
- Para la comunicación tipo serie es indispensable la utilización del circuito integrado MAX 232, para la conversión de voltajes RS232 a TTL y viceversa.
- Los módulos RF modelo HP3 – SP0 de Linx trabajan con frecuencias altas y debido a sus características de fabricación son capaces de comunicarse entre si a grandes distancias incluso sin la necesidad de la utilización de una antena.

- Para evitar errores en el envío y recepción de datos PIC – PC se debe asegurar que al Transceiver llegue información de uno solo de los dos pic para evitar problemas de realimentación, esto se logra con la adecuada posición del selector a la hora de comunicación.

4.2 RECOMENDACIONES

Microcontrolador:

- Para el manejo de microcontroladores es recomendable la utilización de las líneas destinada para funciones específicas ya que estas simplifican la configuración de algunos parámetros.
- Se recomienda tener presente las recomendaciones y sugerencias de los fabricantes para la utilización de cualquier dispositivo tanto en el diseño y desarrollo de hardware y software evitando de esta manera errores, daños y demoras.
- Es recomendable disminuir la sensibilidad del teclado por software para evitar ingresos repetitivos.
- Para la correcta lectura y escritura en la memoria externa desde el pic se recomienda verificar el tamaño de la palabra de control indicado en la hoja de datos, puesto que esta palabra varía de acuerdo al modelo de memoria utilizada.

Labview.

- Se recomienda utilizar un solo tipo de comparaciones sean estas de texto o numéricas con las funciones ADO SQL en LabView para la búsqueda dentro de la base de datos evitando de este modo errores y fallas en el proceso.

- Se recomienda cerrar la aplicación y apagar el registro en caso de presentarse algún error en la descarga de datos, para evitar la pérdida completa de datos y poder volver a ejecutar la acción.
- Se recomienda abrir y cerrar la aplicación VISA encargada de la comunicación para evitar errores en el procedimiento.

LCD.

- Se recomienda tomar en cuenta la forma de visualización de datos en el LCD, para visualizar nuevos datos los anteriores deben ser borrados de la pantalla evitando sobre escritura y caracteres sobrantes en la pantalla.

Sistema de Recolección.

- Es recomendable sobredimensionar los voltajes y corrientes de los elementos utilizados para el control del motor ya que éste genera corrientes picos equivalentes a dos veces el valor de la corriente nominal.
- Una batería de plomo ácido generalmente tiene una vida útil larga y duradera dependiendo de la utilización y la constante recarga de la misma, por lo que se recomienda realizar una recarga previa antes de realizar la fumigación.
- Es recomendable la utilización de indicadores luminosos para el trabajo con módulos de radio frecuencia de este modo se facilita la verificación de su funcionamiento.
- Para evitar abultamientos al momento de enrollamiento de manguera es recomendable la utilización del sistema de rodillos, estos actúan de forma simultanea trayendo y llevando la manguera de un extremo del carrete al otro.

Radio Frecuencia.

- Se recomienda en lo posible la utilización de los módulos de radio frecuencia con línea de vista esto ayuda especialmente al óptimo funcionamiento del aviso de alarma en donde fueron implementados los radios modelo TWS 434.
- En los anexos se pueden encontrar los manuales de usuario del equipo de fumigación, del registro y del sistema de recolección de manguera se recomienda el manejo de estos equipos de acuerdo a los pasos y sugerencias de los manuales para evitar fallas en los sistemas.

BIBLIOGRAFÍA Y ENLACES

1. PALLAS, Ramón., “Sensores y Acondicionadores de Señal”, Tercera Edición Alfaomega, México
2. HALLEY, R.J., “Manual de Agricultura y Ganadería”, Editorial Noriega, Primera Edición 1990.
3. ESTRUCH, Juan José., “Plantas resistentes a insectos Investigación y Ciencia.”, McGraw –Hill – Madrid 1993
4. ELECTROSTATIC SPRAYING SYSTEMS, INC Manual de Propietario de GPS-5k.
5. REGIS J, “Comunicaciones Inalámbricas De Banda Ancha”, Serie de Telecomunicaciones, Editorial McGraw-Hill.
6. Folleto “Tecnología Maruyama para la Aplicación de Agroquímicos”
7. PALACIOS Enrique, Remiro Fernando, López Lucas, “ Microcontrolador PIC16F84 Desarrollo de Proyectos”, RA-MA Editorial, España 2004.
8. PALLAS, Ramón “Sensores y Acondicionadores de Señal” Tercera Edición Alfaomega México

ENLACES

9. www.linxtechnologies.com
10. www.rentron.com
11. www.dalsemi.com

12. <http://www.solomantenimiento.com/articulos/m-reductores-motorreductores.htm>
13. <http://www.novarsa.com.ar/otros.htm>
14. <http://es.wikipedia.org/wiki/Alternador>
15. <http://www.euroresidentes.com/Alimentos/brocoli.htm>
16. <http://electronica.udea.edu.co/gepar/cursosextension/semautom.htm>
17. <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No2/mauriem.html>
18. <http://www.maxim-ic.com>
19. www.comunidadelectronicos.com/articulos/i2c.htm
20. www.datasheetcatalog.com