

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA LA FINCA “LA  
DUQUEZA” DEL MUNICIPIO DE BARBOSA**

**OLIVER LONDOÑO LOPEZ  
JULIAN CAMILO MESA MONSALVE**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
TECNOLOGIA EN SISTEMAS MECATRONICOS  
MEDELLIN  
2016**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA LA FINCA “LA  
DUQUEZA” DEL MUNICIPIO DE BARBOSA**

**OLIVER LONDOÑO LOPEZ  
JULIAN CAMILO MESA MONSALVE**

**Trabajo de grado para optar el título de tecnólogo en sistemas mecatronicos**

**Asesor  
Carlos Alberto Monsalve Jaramillo  
Especialista en Gerencia de Mantenimiento**

**INSTITUCION UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
FACULTAD DE INGENIERIA  
TECNOLOGIA EN SISTEMAS MECATRONICOS  
MEDELLIN  
2016**

## **Dedicatoria**

En el presente trabajo queremos hacer un reconocimiento a todas aquellas personas que han contribuido en la formación profesional y humana a lo largo de nuestras vidas, misma que no sería igual sin las enseñanzas y atenciones, tanto en los salones de clase como por fuera; la paciencia, la perseverancia y el trabajo en equipo fue de gran utilidad para vencer las adversidades y poder continuar con nuestro objetivo en común que tenemos desde el día que empezamos a emprender en la institución. No seríamos los mismos sin todos aquellos a quienes hemos conocido durante transcurso de nuestra carrera académica ya que juntos compartimos conocimientos, los cuales nos ayudaron a crecer cada día más como personas y profesionales.

Oliver Londoño López  
Julián Camilo Mesa Monsalve

## **Agradecimientos**

A Dios, por darnos la vida, la fortaleza, la salud y el amor para seguir siempre adelante sin decaer.

Mi sincera gratitud a nuestros profesores, por no dudar de nuestra capacidad y por impulsar el deseo de lucha y perseverancia en alcanzar las metas trazadas en la vida, por estar en el momento oportuno, gracias.

Un especial agradecimiento a todo el personal de la Biblioteca donde día a día nos colaboraban y nos guiaban con nuestras actividades académicas.

A todas las personas que de alguna u otra forma contribuyeron con nosotros.

Oliver Londoño López  
Julián Camilo Mesa Monsalve

## Contenido

	Pág.
Introducción .....	17
1. Planteamiento del problema .....	18
1.1 Descripción .....	18
1.2 Formulación .....	18
2. Justificación.....	19
3. Objetivos .....	20
3.1 Objetivo general .....	20
3.2 Objetivos específicos .....	20
4. Marco teórico .....	21
4.1 Autómata amp1-d.....	21
4.1.1 Descripción técnica .....	21
4.1.2 Estructura .....	22
4.1.3 Características .....	23
4.1.4 Entorno de programación mgdplus .....	24
4.2 Motobombas.....	28
4.2.1 Descripción técnica bomba periférica.....	28
4.2.2 Estructura de bomba periférica .....	29
4.2.3 Características de bomba periférica .....	29
4.2.4 Descripción de bombas sumergibles.....	29
4.2.5 Estructura de bombas sumergibles.....	30
4.2.6 Características de bomba sumergible.....	32
4.3 Comparación de algunos sistemas de riego .....	33
4.3.1 Riego por aspersión.....	33

4.3.2 Riego por difusores. ....	34
4.3.3 Riego por goteo. ....	35
4.3.4 Riego subterráneo.....	35
4.3.5 Riego por cintas de exudación. ....	36
4.3.6 Riego por manguera. ....	37
4.4 Aspersores .....	37
4.4.1 Descripción técnica .....	37
4.4.2 Estructura .....	38
4.4.3 Tipos de aspersores .....	39
4.4.4 Características .....	42
4.5 Sensores de humedad .....	43
4.5.1 Descripción técnica .....	43
4.5.2 Estructura .....	43
4.5.3 Características .....	44
4.6 Elementos de control y maniobra.....	46
4.6.1 Pulsadores .....	46
4.6.2 Sensores para nivel de agua .....	46
4.6.3 Relés .....	47
4.6.4 Contactores.....	48
4.6.5 Temporizadores o relés de tiempo .....	49
4.7 Elementos de protección .....	50
4.7.1 Descripción .....	50
4.7.2 Relés térmicos. ....	50
4.8 Elementos de señalización .....	51
4.8.1 Descripción. ....	51

4.8.2 Acústicos .....	51
4.8.3 Ópticos .....	51
4.9 Cables eléctricos.....	52
4.9.1 Cables eléctricos, composición y tipos .....	53
4.9.2 Colores normalizados.....	53
4.10 Electroválvulas .....	55
5. Metodología .....	57
5.1 Tipo de proyecto .....	57
5.2 Método .....	57
5.3 Instrumentos de recolección de información .....	57
5.3.1 Fuentes primarias .....	57
5.3.2 Fuentes secundarias.....	57
6. Resultados del proyecto .....	58
7. Conclusiones .....	93
8. Recomendaciones.....	95
9. Referencias bibliográficas .....	96

## Lista de figuras

<i>Figura 1</i> Autómata .....	22
<i>Figura 2.</i> Estructura autómata.....	23
<i>Figura 3.</i> Entorno de programación.....	25
<i>Figura 4.</i> Máquinas de estado.....	26
<i>Figura 5.</i> Control proceso de secuencia.....	27
<i>Figura 6.</i> Bomba periférica.....	28
<i>Figura 7.</i> Bomba sumergible .....	30
<i>Figura 8.</i> Riego por aspersión.....	34
<i>Figura 9.</i> Difusores .....	34
<i>Figura 10.</i> Riego por goteo .....	35
<i>Figura 11.</i> Riego subterráneo .....	36
<i>Figura 12.</i> Cinta de exudación.....	36
<i>Figura 13.</i> Aspersores .....	38
<i>Figura 14.</i> Tipos de aspersores .....	39
<i>Figura 15.</i> Aspersor sectorial.....	41
<i>Figura 16.</i> Aspersor circular .....	41
<i>Figura 17.</i> Sensor de humedad .....	43
<i>Figura 18.</i> Pulsador.....	46
<i>Figura 19.</i> Sensor de nivel de agua.....	47
<i>Figura 20.</i> Relé de 8 pines .....	48
<i>Figura 21.</i> Contactor .....	49
<i>Figura 22.</i> Relé térmico .....	51
<i>Figura 23.</i> Elementos señalización acústica .....	51
<i>Figura 24.</i> Piloto luminoso .....	52
<i>Figura 25.</i> Partes del cable eléctrico.....	53
<i>Figura 26.</i> Colores para cables en electrónica .....	54
<i>Figura 27.</i> Cables para cableado en electricidad .....	54
<i>Figura 28.</i> Electroválvulas.....	55
<i>Figura 29.</i> Controlador lógico programable .....	60



<i>Figura 30.</i> Arduino .....	60
<i>Figura 31.</i> Autómata ampl-e .....	61
<i>Figura 32.</i> Tapa interior del gabinete .....	62
<i>Figura 33.</i> Acondicionamiento de gabinete control .....	63
<i>Figura 34.</i> Orificios de tapa gabinete .....	63
<i>Figura 35.</i> Pilotos luminosos y pulsadores instalados .....	64
<i>Figura 36.</i> Gabinete acondicionado para cablearlo .....	64
<i>Figura 37.</i> Cableado del tablero de control .....	65
<i>Figura 38.</i> Integrante uno cableando .....	65
<i>Figura 39.</i> Integrante dos cableando.....	65
<i>Figura 40.</i> Tablero de control cableado .....	66
<i>Figura 41.</i> Medición de continuidad.....	66
<i>Figura 42.</i> Multímetro en escala de continuidad .....	67
<i>Figura 43.</i> Medición de resistencia de bobina contactor .....	67
<i>Figura 44.</i> Valor de resistencia bobina contactor .....	67
<i>Figura 45.</i> Tablero de control culminado .....	68
<i>Figura 46.</i> Autómata con alimentación .....	68
<i>Figura 47.</i> Interface hombre-maquina .....	69
<i>Figura 48.</i> Entradas y salidas del sistema.....	70
<i>Figura 49.</i> Entradas y salidas motobomba 1.....	70
<i>Figura 50.</i> Representación gráfica de máquina de estado motobomba 1 .....	71
<i>Figura 51.</i> Entradas y salidas motobomba 2.....	71
<i>Figura 52.</i> Representación gráfica de máquina de estado motobomba 2 .....	72
<i>Figura 53.</i> Entradas y salidas electroválvula 1 .....	72
<i>Figura 54.</i> Representación gráfica de máquina de estado electroválvula 1.....	73
<i>Figura 55.</i> Entradas y salidas electroválvula 2 .....	73
<i>Figura 56.</i> Representación gráfica de máquina de estado electroválvula 2.....	74
<i>Figura 57.</i> Software mgdplus .....	74
<i>Figura 58.</i> Grupos de elementos de mgdplus .....	75
<i>Figura 59.</i> Componentes gráficos agrupadores .....	75
<i>Figura 60.</i> Funciones combinatorias.....	76

<i>Figura 61.</i> Componentes de tiempo.....	77
<i>Figura 62.</i> Elementos de comparación de variables .....	77
<i>Figura 63.</i> Tabla de tareas .....	78
<i>Figura 64.</i> Máquinas de estados .....	79
<i>Figura 65.</i> Opciones de copiar y pegar en mgdplus .....	79
<i>Figura 66.</i> Adicionar una secuencia .....	80
<i>Figura 67.</i> Nombre de máquina de estado .....	80
<i>Figura 68.</i> Nombre asignado a contador de tiempo.....	81
<i>Figura 69.</i> Primer estado de la maquina .....	81
<i>Figura 70.</i> Segundo estado de la maquina .....	81
<i>Figura 71.</i> Tercer estado de la maquina.....	81
<i>Figura 72.</i> Cuarto estado de la maquina .....	82
<i>Figura 73.</i> Tareas control con cuatro maquinas.....	82
<i>Figura 74.</i> Carpeta de estados.....	82
<i>Figura 75.</i> Estados de cada maquina .....	83
<i>Figura 76.</i> Estado arranque motobomba 1 .....	83
<i>Figura 77.</i> Estado reposo motobomba 1 .....	84
<i>Figura 78.</i> Estado encendido motobomba 1 .....	84
<i>Figura 79.</i> Estado espera motobomba 1 .....	84
<i>Figura 80.</i> Estado arranque motobomba 2.....	85
<i>Figura 81.</i> Estado reposo motobomba 2 .....	85
<i>Figura 82.</i> Estado encendido motobomba 2 .....	85
<i>Figura 83.</i> Estado espera motobomba 2 .....	86
<i>Figura 84.</i> Estado arranque electroválvula 1 .....	86
<i>Figura 85.</i> Estado reposo electroválvula 1 .....	86
<i>Figura 86.</i> Estado encendido electroválvula 1.....	87
<i>Figura 87.</i> Estado espera electroválvula 1 .....	87
<i>Figura 88.</i> Realizar máquina de estado por medio de rutina .....	88
<i>Figura 89.</i> Invocar estados a la nueva rutina .....	88
<i>Figura 90.</i> Estado arranque electroválvula 2 .....	89
<i>Figura 91.</i> Estado reposo electroválvula 2 .....	89

<i>Figura 92.</i> Estado encender electroválvula 2.....	89
<i>Figura 93.</i> Estado espera electroválvula 2.....	90

**Lista de tablas**

Tabla 1. <i>Estructura bomba periférica</i> .....	29
Tabla 2. <i>Ventajas y desventajas de algunos sistemas para monitorear la humedad del suelo</i> .....	44
Tabla 3. <i>Costo de materiales</i> .....	91

## Resumen

### DISEÑO DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA LA FINCA “LA DUQUEZA” DEL MUNICIPIO DE BARBOSA

**Oliver Londoño López**

**Julian Camilo Mesa Monsalve**

Este proyecto comprende el diseño y fabricación de un *sistema de riego automatizado* enfocado a la finca “la Duqueza” del municipio de Barbosa, para ello se implementan un grupo de elementos de mando, como son pulsadores, *sensores* de humedad y nivel de líquido, señales inalámbricas por medio de *bluetooth*. Las cuales son analizadas por un módulo electrónico ampl-e, que ha sido configurado por medio de una interface hombre-máquina efectuando expresiones graficas a su software mgdplus, con el objetivo de controlar *actuadores* como son, motobombas y electroválvulas para llevar acabo el riego en el momento más oportuno.

Todo lo anterior busca contribuir al sector agricultor nuevas tecnologías, con el fin de aumentar la calidad del producto, *alta productividad*, mejorar el confort de los empleados y lo más importante la disminución de costos, lo cual permite competir a nivel mundial, logrando un índice de exportación mucho más alto que el actual con respeto a este sector.

#### **Palabras claves:**

Sistema de riego automatizado, sensores, bluetooth, actuadores, alta productividad

## Abstract

### DESIGN OF AN AUTOMATED IRRIGATION SYSTEM FOR THE FARM DUCHESS OF THE MUNICIPALITY OF BARBOSA

**Oliver Londoño López**  
**Julian Camilo Mesa Monsalve**

This project involves the design and manufacture of *automated irrigation system* focused on the farm “Duchess” from municipality of Barbosa, for this group of control elements are implemented, such as buttons, humidity *sensors* and liquid level, signals wireless via *Bluetooth*. Which are analyzed by an electronic module ampl-e, which has been set by a man-machine interface making graphics to your mgdplus software expressions, in order to control *actuators* such as, water pumps and valves to carry out irrigation more opportune time.

All this is to contribute to the agricultural sector new technologies, in order to increase product quality, *high productivity*, improve employee comfort and most importantly reducing costs, enabling compete globally, achieving an index export much higher than the current with respect to this sector.

Keywords:

Automated irrigation system, sensors, Bluetooth, actuators, high productivity

## Glosario

**Automatización:** es un sistema donde se transfieren tareas de producción, donde siempre son ejecutadas por humanos y llevarlas a un conjunto de elementos tecnológicos, cuenta con una parte de mando y otra parte operativa, donde la parte operativa actúa directamente en la máquina y hacen que se muevan como usted lo desea y la parte de mando es un autómata que se programa a gusto de lo que se quiera ejecutar.

**Control lógico:** es una comprobación, inspección, fiscalización o intervención, que hace referencia al dominio o regulación de un sistema donde todo este ordenadamente con los factores de entrada y salidas inicialmente, el cual el razonamiento correcto frente al que no lo es sea lo más racional y determinante a la hora de efectuar una tarea estipulada.

**Homogeneidad:** es dar igualdad, semejanza a una mezcla o sustancia, en el caso de un sistema de riego dar uniformidad a la hora de cubrir todas las esquinas y partes donde no podía llegar el agua inicialmente y así revestir toda el área determinada.

**Humedad del suelo:** es una cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno, los niveles de humedad del suelo determinan el momento del riego, se debe controlar la humedad al menos en una sección del área del campo que difiera de las demás, en cuanto a la textura y aspecto del suelo, la cantidad apropiada es fundamental para obtener un buen rendimiento de los cultivos.

**Interface:** es una conexión entre dos máquinas de cualquier tipo, por lo cual brinda un soporte para la comunicación en diferentes estados, es un espacio donde se desarrolla la interacción y el intercambio. Es un medio que permite a una persona comunicarse con una máquina, también se puede definir como el conjunto que permite que el hombre entienda el código binario y que la máquina pueda leer la instrucción humana.

**Máquinas de estado:** son expresiones matemáticas que relacionan la ejecución de los filtros con el tiempo real. Es un intervalo de tiempo en el cual las variables de salida de cada tarea tienen un

comportamiento estable ej. (reposo, apagado, espera) es un valor específico, cada estado tiene un nombre y se compone de un conjunto de maniobras, el paso de un estado a otro se llama transición y está ligado a una condición la cual es una construcción entre las variables de entrada y el tiempo.

Monitoreo: ayuda a controlar o supervisar una situación donde se refleja que todo está saliendo en óptimas condiciones, por lo tanto bajo los parámetros iniciales ayuda para detectar eventuales anomalías donde normalmente muestra fallas y estados de un control.

Riego: es un proceso que genera un resultado a la hora de hacer una acción como mojar una determinada superficie con el fin de aportar un beneficio para que las plantas puedan subsistir y crecer, el riego por lo tanto es imprescindible para la jardinería y el desarrollo de la agricultura y que en altas temperaturas no genere pérdidas materiales en el cultivo o en cualquier objeto que pueda afectar un mal sistema de aspersión y optimizar la producción.



## **Introducción**

Este proyecto contiene los elementos concernientes al diseño de un sistema de riego automatizado que podrá ser implementado en la finca “la Duqueza” del municipio de Barbosa, ya que en esta se han detectado problemas en su sistema de riego actual, el cual se lleva acabo de una forma manual. Siendo muy poco eficiente ya que se realiza en una zona donde las temperaturas son muy elevadas y al no ejecutar un riego homogéneo en el área. Trae consigo factores negativos que se verá reflejado en la calidad del producto y en la productividad.

Identificados estos problemas lo que va a pretender es lograr mejorar el sistema productivo y la confiabilidad del producto. Implementado una automatización que contara con componentes mecánicos, electrónicos, eléctricos y una interface inalámbrica. Con esta última ver en tiempo real las variables de humedad y tiempo, las cuales son de mucha importancia para aumentar la eficiencia en la producción mes a mes.

La investigación de esta problemática se realizó por el interés de mejorar la calidad en el sector de ganadería y agricultura, aumentar el confort laboral de los empleados disminuyéndoles tareas y así estos desempeñarse mejor.

## **1. Planteamiento del problema**

### **1.1 Descripción**

El municipio de Barbosa está ubicado en el departamento de Antioquia, Este es de mucha ganadería y agricultura. Este promedia una temperatura aproximada de 30| a 35° ocasionando problemas en el cultivo.

Las condiciones en cuanto al clima y la realización manual que se le da a este proceso, no es lo más recomendable debido a que este sector de agricultura es muy amplio y para cada segmento de este se requiere una cantidad de líquido distinta y se debe proceder hacerlo de forma uniforme para garantizar buenos resultados.

Existen pérdidas económicas ya que por el mal sistema de riego las plantas no crecen en las condiciones adecuadas. En cifras se considera una pérdida de producción del 25% de las plantas al mes.

### **1.2 Formulación**

¿Sera posible que el sistema automático va a brindar mejor rendimiento que el sistema actual?

## **2. Justificación**

La realización de un proceso autónomo mejorara las condiciones de irrigación, disminuyendo los problemas de sequía debido a las consecuencias de las altas temperaturas, y así disminuir las pérdidas económicas que se vienen presentando por la no homogeneidad del sistema de riego actual. Gracias a que se va a contar con variables de humedad que van a indicar en todo momento el estado del suelo y esto obviamente va a permitir tener un mayor control, activando el sistema solo cuando se requiera y por un tiempo determinado. Todo esto va facilitar el trabajo del personal de la finca para que su labor sea más efectiva.

### **3. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo general**

Diseñar un sistema de riego para la finca “La Duqueza” del municipio de Barbosa a través de herramientas mecánicas y electrónicas, que permitan mejorar la calidad en el área laboral y productiva.

#### **3.2 Objetivos específicos**

Analizar el sistema de riego actual que presenta la finca, para tener el criterio para así llegar a la mejor solución.

Definir los sistemas mecánicos y electrónicos que se van a utilizar en la realización del proyecto, con el fin de implementar los componentes adecuados para el sistema de riego.

Ensamblar un prototipo del sistema de riego, en el cual se pueda Realizar pruebas y ajustes para detectar fallas que pudiesen presentarse a la hora de realizar el proyecto, así poder disminuir casi a un 100% el margen de error.

## 4. Marco teórico

### 4.1 Autómata amp1-d

**4.1.1 Descripción técnica.** Los autómatas basados en micro controlador de la línea microgrades se denominan ampx (autómata micro-controlado programable), son dispositivos micro electrónico versátil y de alto grado de conectividad. Basados en micro controlador con programación gráfica. Pizarro & Moreno, (s.f) afirma que “microgrades es un conjunto de herramientas de alta productividad compuesto por software, hardware y metodologías de diseño destinados a la solución de problemas de automatización de procesos productivos industriales, comerciales, automotrices y de servicios”.

Pizarro & Moreno(s.f) creen que “Las tendencias actuales para el desarrollo de nuevos productos y soluciones a problemas tecnológicos, demandan de curvas de aprendizaje cortas y de la abstracción del hardware, para que el proceso sea rentable y oportuno”. Adicionalmente es importante que las metodologías orientadas a modelos, sean aplicadas con el fin de lograr soluciones con mayor grado de facilidad en su reproducción y mantenimiento.

“El conjunto de herramientas de Microgrades permite utilizar autómatas programables basados en micro controlador y crear soluciones de automatización desde una interfaz gráfica aplicando el modelamiento secuencial y continuo de los procesos” (Pizarro & Moreno, s.f). Con el uso de estos recursos, un usuario (profesional, estudiante o aficionado) necesita conocer pocos elementos del entorno de programación para desarrollar dispositivos electrónicamente controlados.

Pizarro & Moreno (s.f) considera que “Una de las fortalezas a considerar es el costo y sus prestaciones en comparación con productos similares, sin dejar de lado aspectos como la seguridad, la disponibilidad operativa, la facilidad de uso y la robustez. Se espera que estas notas dejen motivación, claridad y aporte”.



*Figura 1* Autómata.

Fuente: extraído de curso básico de mgdplus

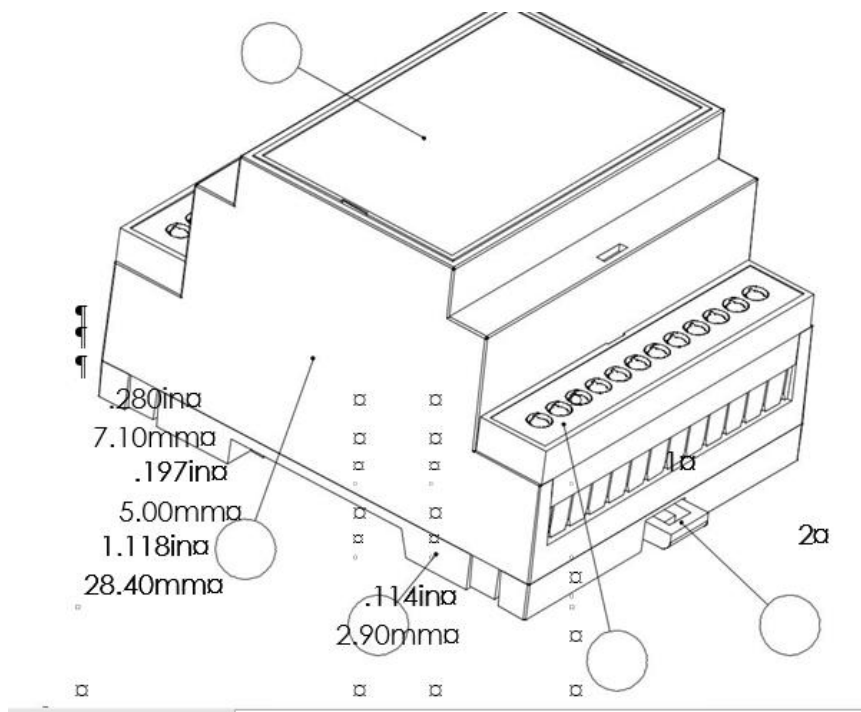
**4.1.2 Estructura.** Basados en micro controlador npx de 8 y de 32 bits con almacenamiento no volátil y rtc, Entradas universales (npn, pnp, 4-20 mA, Vdc, Vac) configurables desde el software, Varias opciones de salidas (Transistor, Relevó, Triac) continuas (PWM) o discretas, Comunicaciones RS485 Modbus y programación por este mismo bus.

Expansión con control centralizado y/o distribuido vía RS485 Mgdexp (Propietario) y Comunicación con interfaz HMI vía cable ribbon 2x3 (Permite utilizar Tablet PC como HMI).

Alimentación de voltaje entre 7 y 35 VDC (disponible fuente 110/220vac – 12V 3A) y módulos de enrutamiento RS485 a USB, Zigbee, Bluetooth, Wifi, Ethernet, GPRS.

Encerramiento plástico flameproof de alta resistencia mecánica, indicación por led de entradas, salidas, alimentación y comunicaciones y con la posibilidad de encargar interfaces para aplicaciones especiales con autoría registrable.

Cable de programación universal RS485 a USB (incluido con el autómata). Modelos de 8 entradas / 8 salidas o 12 entradas / 4 salidas.



*Figura 2.* Estructura automática

Fuente: extraído de curso básico de mgdplus.

**4.1.3 Características.** Este módulo permite desarrollar proyectos de: Lógica digital, control de secuencias, alarmas, máquinas de estado, comunicaciones, etc.

Posee una interfaz hmi vía cable ribbon 2x3. Esta interfaz se puede emplear para múltiples funciones, como el ingreso de datos para el módulo amp1-c en campo, configuración de parámetros de una aplicación en campo, depuración de programas a través del display y control del programa a través del teclado de la interfaz, etc.

Pizarro & Moreno(s.f) asegura que “los autómatas ampx cuentan con más de 15 años en el mercado, siendo utilizados en aplicaciones como automatización de procesos, máquinas industriales, sistemas de acceso, control de puertas, autoclaves, sistemas de aire acondicionado, racks de refrigeración, monitoreo de pozos petroleros, máquinas empacadoras de granos, empacadoras al vacío, monitoreo de energía, transferencias automáticas, control remoto de cruces semafóricos, revisión automatizada de productos electrónicos, trenes de gas

para quemadores, compactadoras de reciclaje, máquinas neumáticas, máquinas hidráulicas, control de iluminación, entre otras”.

**4.1.4 Entorno de programación mgdplus.** Es un software que permite programar micro controladores por medio de una interface gráfica. “Con el uso de este software, un usuario ya sea profesional, estudiante o aficionado. No necesita conocer lenguajes de programación especializados, ni las arquitecturas de los microcontroladores para desarrollar dispositivos electrónicamente micros controlados. Es un software de libre distribución” (Pizarro & Moreno, s.f).

Microgrades deriva su nombre de sus siglas (Microcontrollers graphical development system) y es uno de los entornos de programación gráfica que facilita la labor de diseño de sistemas de automatización, utilizando un sistema operativo híbrido (preceptivo y colaborativo) que realiza las funciones de abstracción del hardware y distribución de tareas.

La herramienta de programación gráfica se llama Mgdplus. Ha sido empleada por un número significativo de empresas de electrónica para crear productos basados en micro controlador, a lo largo de más de 20 años.



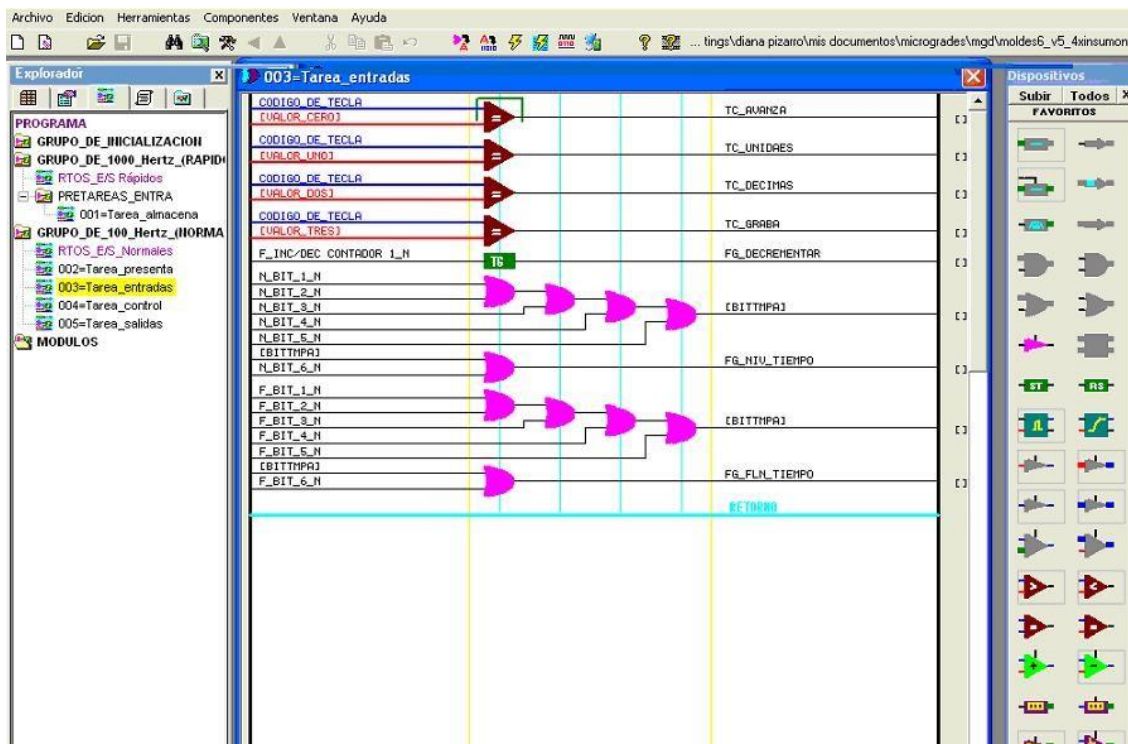


Figura 3. Entorno de programación  
Fuente: extraído de curso básico de mgdplus

El entorno de trabajo tiene una interfaz típica de los programas que corren bajo windows. En la parte izquierda se encuentra el navegador de la aplicación, en el cual se encuentran las tareas que conforman una aplicación agrupadas por la frecuencia de su ejecución. En el centro están las ventanas de cada tarea, en las cuales se ubican los íconos (dispositivos virtuales) que forman la lógica de cada una. En la parte derecha se encuentra la caja de dispositivos, para los cuales se invoca una ayuda pulsando el botón F1.

Las tareas rutinarias se resuelven mediante la ejecución del filtro que define su comportamiento. El filtro en cuestión puede ser una operación matemática, una lectura de datos desde una tabla o desde un periférico, una salida de datos hacia un periférico. Los filtros generalmente pueden ser afectados por una toma de decisiones para entregar respuestas no uniformes (Que no corresponden a la misma fórmula).

Las tareas secuenciales se resuelven mediante el modelamiento a través de máquinas de estado. Estas son expresiones matemáticas de la teoría de los grafos, que relacionan la ejecución de filtros con el tiempo real.

Un estado es un intervalo de tiempo en el cual las variables de salida de la tarea tienen un comportamiento estable (prendido, apagado, parpadeando, con un valor específico). Se utiliza un modelo de máquinas de estado derivado de uml en el cual cada estado tiene un nombre y se compone de un conjunto de maniobras. El paso de un estado a otro se llama transición y está ligado a una condición, la cual es una expresión entre las variables de entrada y el tiempo.

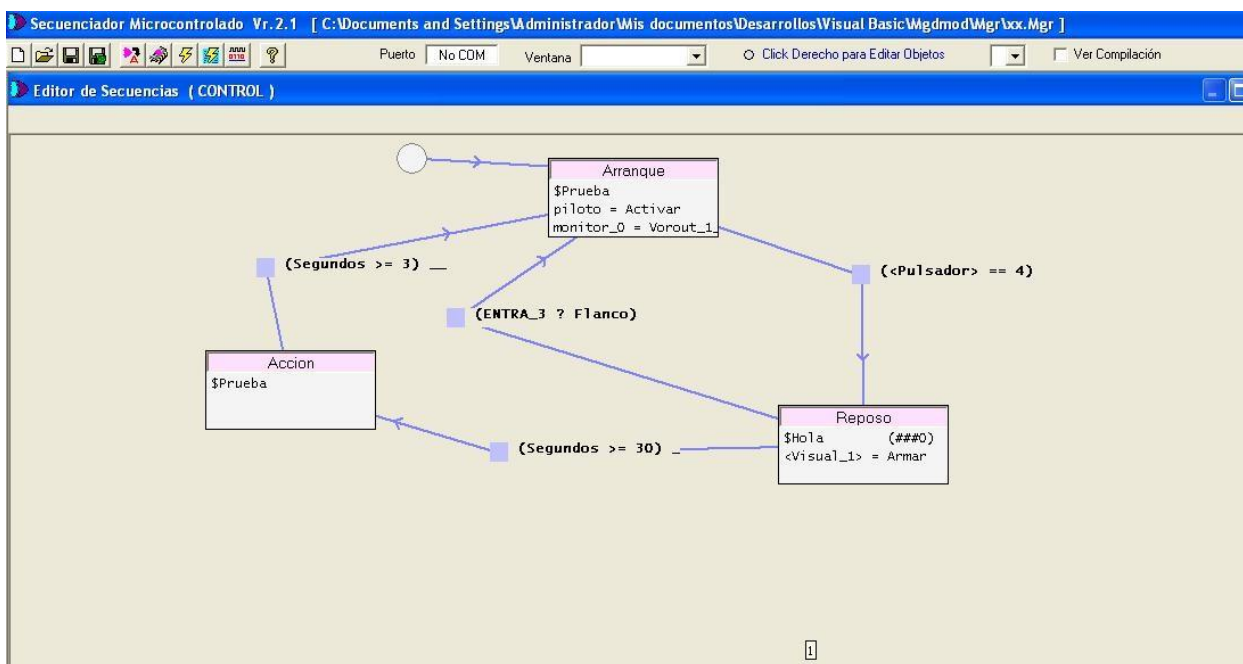


Figura 4. Máquinas de estado

Fuente: extraído de curso básico de mgdplus

La implementación de aplicaciones utilizando amp1 y mgdplus con microgrades está orientada al uso de una plantilla para amp1 que tiene configurados los puertos de entrada y salida, la comunicación modbus, la indicación de entradas y salidas, el almacenamiento no volátil, la interfaz hmi, las seguridades y detección de caídas de voltaje, entre otros.

Se recomienda montar las tareas de control en la frecuencia de operación más baja (50 Hz). El orden de implementación, una vez se tiene la máquina de estado, es el siguiente: En la tarea de control borrar las salidas digitales en la tarea de control y opcionalmente pegar el limitador de estados para garantizar robustez.

Pegar el selector de estados en la tarea de control en cada estado y activar las salidas respectivas y/o asignar valores a las salidas.

Por cada transición que sale del estado montar la lógica y el cambiador de estados si la transición es temporizada, utilizar el temporizador de estados.

En la imagen siguiente se puede ver la implementación de la tarea de control y de uno de los estados de una secuencia.

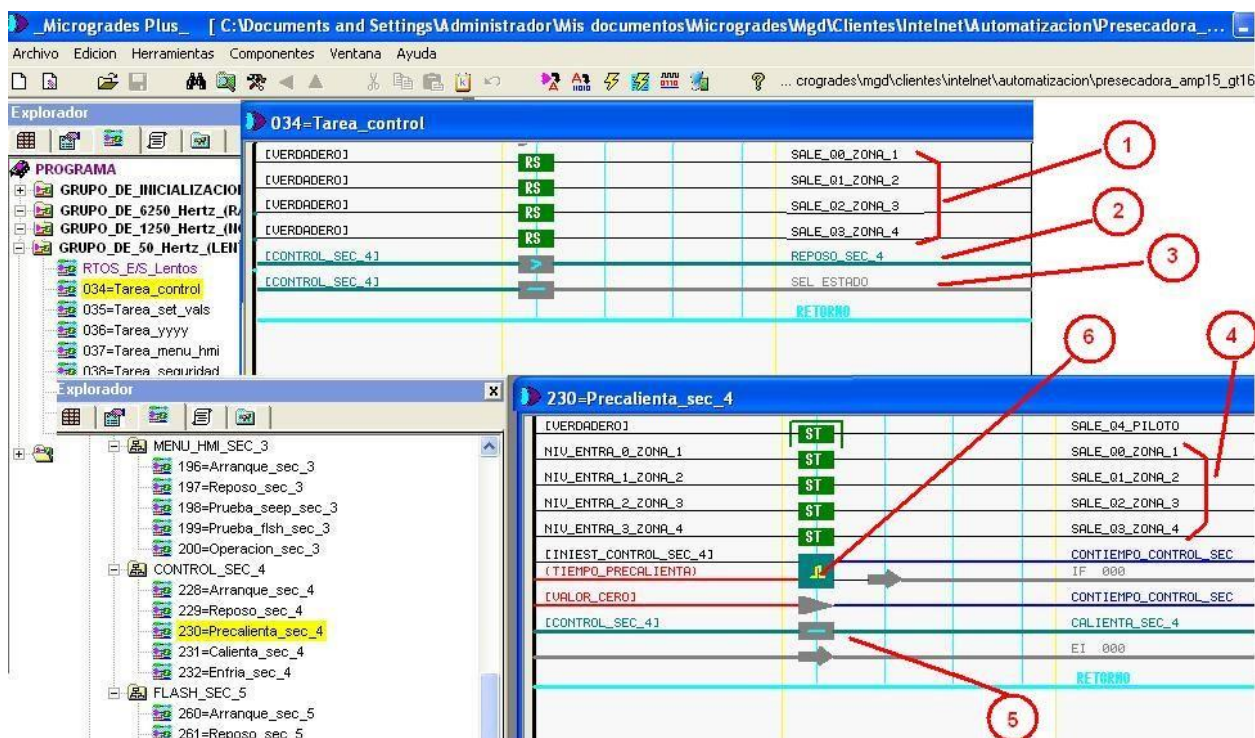


Figura 5. Control proceso de secuencia  
Fuente: extraído de curso básico de mgdplus

En la imagen se ve que sólo es necesario utilizar un conjunto muy pequeño de dispositivos virtuales (dv) para implementar el control de una máquina (entre 5 y 8). Los demás dv del entorno de desarrollo se utilizan para implementar filtros y acceder a los diferentes periféricos. Por ello se recomienda no proceder a partir del conocimiento de cada dv, sino más bien del modelo, seleccionando la operación / agrupador / periférico, necesario para operar sobre los operandos del caso.

## 4.2 Motobombas

**4.2.1 Descripción técnica bomba periférica.** “Una bomba periférica, a veces conocida como bomba regenerativa, es un dispositivo usado para mover fluidos como agua limpia u otros líquidos similares al agua” (Leo, s,f). La bomba consiste principalmente en el cuerpo de la bomba, impulsor, cubierta de la bomba, cojinete, rotor, estator, ventilador, sello mecánico y soporte. Es capaz de invertir la rotación del impulsor, y el impulsor tiene una paleta que gira en un canal tipo anillo en la cubierta de la bomba.



*Figura 6.* Bomba periférica

Fuente: extraído de <http://www.leogroup.es/a1-peripheral-pump.html>

#### 4.2.2 Estructura de bomba periférica.

Tabla 1.

*Estructura bomba periférica*

	<b>Pieza</b>	<b>Material</b>	<b>Observación</b>
1	Condensador	Alta calidad	
2	Cuerpo bomba	Hierro fundido	Tratamiento electroforético ABS
3	Impulsor	Latón	
4	Sello mecánico	Carburo silicona/grafito	
5	Cojinete	Alta calidad	
6	Soporte	Hierro fundido	Tratamiento electroforético ABS
7	Rotor	Lamina enrollada en frio	Eje acero inoxidable soldado
8	Estator	Cubierta de aluminio	Estator de lámina enrollada en frio
9	Ventilador	Noryl	
10	Cubierta del ventilador	Noryl	
10	Sensor Temperatura	Silicio	Protección

Fuente: extraído de <http://www.leogroup.es/al-peripheral-pump.html>

**4.2.3 Características de bomba periférica.** Recomendadas para bombear agua limpia sin partículas abrasivas y líquidos que no son químicamente agresivos con los materiales de los que la bomba está fabricada. Leo(s,f) concluye que son “Adecuadas para uso doméstico y en particular para abastecimiento de agua en combinación con pequeños equipos de presión (Hidroneumáticos), así como para el riego. Debe instalarse en lugares cerrados al menos debe protegerse de las inclemencias del clima”.

**4.2.4 Descripción de bombas sumergibles.** Una bomba sumergible es una bomba que tiene un impulsor sellado a la carcasa. El conjunto se sumerge en el líquido a bombear. “la ventaja de este tipo de bomba es que puede proporcionar una fuerza de elevación significativa pues no depende de la presión de aire externa para hacer ascender el líquido” (Leo, s,f).

**4.2.5 Estructura de bombas sumergibles.** Rodamientos: gracias a la adopción de rodamientos importados nsk, podemos extender la vida útil de nuestra bomba.



*Figura 7.* Bomba sumergible

Fuente: extraído de <https://www.linio.com.mx/p/bomba-sumergible-para-agua-sucia-1-hp-toolcraft-n2i2z6>

**Enfriamiento:** ya sea que el motor esta sobre o bajo la superficie del líquido, el sistema de enfriamiento construido en el interior le permite a nuestra bomba trabajar normalmente. Además, parte del líquido es extraído para acentuar el ritmo producido por el motor desde la bomba de circulación hasta el barril de enfriamiento y hasta la carcasa de la bomba. Cuando la refrigeración externa es requerida, la camisa de refrigeración puede ser separada de la carcasa de la bomba y conectarse individualmente al sistema de enfriamiento.

**Motor:** el motor cuenta con un aislamiento clase f con su máxima temperatura de trabajo a 155 °C. Con la ayuda del sellado efectivo, el grado de protección del motor alcanza ipx8.

**Sellado mecánico:** usamos un sellado mecánico bogman de Alemania. Las dos vías de sellado están en serie la una con la otra y trabajan individualmente para separar el motor del sellado de la bomba con el objetivo de darle al motor una protección doble.

**Cámara de aceite:** el evitar que líquido penetre en el motor, el aceite puede lubricar y enfriar el sellado mecánico y ejecutar la función adjunta de forma efectiva. Cierta cantidad de aire dejado al interior de la cámara puede disminuir el incremento acumulado de la presión.

**Impulsor:** a través de un diseño optimizado, el impulsor no se bloqueará cuando este transporte líquido con su óptimo flujo y tasa y la máxima eficiencia. Hay opciones de impulsores adecuados para cada condición de trabajo. Además, canal único, canal doble e impulsores de tres cuchillas están disponibles.

**Carcasa de la bomba:** usamos la tecnología de cad y cam para fabricar la carcasa de la bomba de forma que tenga una eficiencia máxima y una abrasión mínima.

**Eje:** la bomba comparte el eje con el motor. El dispositivo de sellado a la salida del eje puede prevenir el contacto con el medio para proteger al eje de la corrosión. La lámina del eje de rotación es suficientemente corta para reducir la vibración y defeción. También, podemos extender la duración tanto del sellado mecánico como de los rodamientos y disminuir el ruido producido durante la operación.

**Sistema de monitoreo:** al interior del estator hay tres series de conmutadores de control de calor, que se encuentran en estado normal a una temperatura cercana a la normal y abiertos cuando la temperatura en el estator alcanza los 125°.

una sonda de filtrado de agua es montada en el interior de la cámara de aceite para revisar filtraciones y entregar una señal de alarma cuando el sellado mecánico en el lado de la bomba permite filtraciones y la relación agua aceite en la cámara de aceite alcanza cierto nivel. Así, se corta automáticamente la energía para detener el trabajo de la bomba.

El aceite debe ser reemplazado oportunamente, así como revisar el sellado mecánico en la bomba y reemplazarlo de ser necesario. La caja alambrada completa del motor con una potencia de no menos que 30kw es montada con una prueba de filtraciones para revisar si hay alguna filtración en el cable de sellado.

**Interruptor de flotador:** el interruptor de flotador dará una señal de alarma cuando ocurra una filtración en el sellado mecánico en el lado del motor. A su vez, el líquido va hacia el cuarto de

conmutación y alcanza cierta altura con el objetivo de detener la bomba. Se debe revisar periódicamente el sellado mecánico y reemplazarlo si es necesario.

**4.2.6 Características de bomba sumergible.** Funcionamiento: Un sistema de sellos mecánicos se utiliza para prevenir que el líquido que se bombea entre en el motor cause un cortocircuito. La bomba se puede conectar con un tubo, manguera flexible o bajar abajo de los carriles o de los alambres de guía de modo que la bomba sienta en "un acoplador del pie de los platos", de tal forma conectándola con la tubería de salida.

Aplicaciones: las bombas sumergibles encuentran muchas utilidades, las bombas de etapa simple se utilizan para el drenaje, el bombeo de aguas residuales, el bombeo industrial general y el bombeo de la mezcla. Las bombas sumergibles se colocan habitualmente en la parte inferior de los depósitos de combustible y también se utilizan para la extracción de agua de pozos de agua.

Las bombas sumergibles también se utilizan en depósitos de combustible. Aumentando la presión en el fondo del depósito, se puede elevar el líquido más fácilmente que aspirándolo (succión) desde arriba. Los modelos más avanzados incluyen un separador de agua/aceite que permite reinyectar en el yacimiento sin necesidad de subirla a la superficie.

El sistema consiste en un número de rodets giratorios instalados en serie para aumentar la presión. La energía para hacer girar la bomba proviene de una red eléctrica de baja tensión que acciona un motor especialmente diseñado para trabajar a temperaturas de hasta 150 °.

Se requiere atención especial al tipo de bomba sumergible utilizado cuando se usan ciertos tipos de líquidos. En la mayoría de las aplicaciones se utilizan motores asíncronos de corriente alterna que accionan una bomba centrífuga radial, que puede ser de varias etapas conectadas en serie. Las bombas sumergibles pueden trabajar también con tubería de aspiración, colocando la bomba por encima del nivel del depósito. Sin embargo, para funcionar tienen que estar cebadas, esto es, con agua, de forma que la columna de agua comunique la bomba con el depósito. La tubería de aspiración no puede ser excesivamente alta para que no disminuya excesivamente la



presión en la bomba y evitar la cavitación en la bomba. El líquido bombeado, al circular alrededor del motor, también refrigera a éste. Para que los propósitos se refresquen. Además, si la bomba está situada fuera del depósito, existe la posibilidad de que se produzcan fugas de gasolina y pueda causar un incendio. Algunos tipos de bomba no están preparados para ciertas aplicaciones, como el bombeo de agua caliente o líquidos inflamables.

Leo(s,f) se enfoca a que “El uso de las bombas sumergibles en fuentes de jardín y paredes llamados muros llorones se está haciendo muy común en todo el mundo, con gran variedad de capacidades y tamaños”.

### **4.3 Comparación de algunos sistemas de riego**

**4.3.1 Riego por aspersión.** Este proceso permite que el agua llegue a las plantas o a los sectores verdes que se pretenden regar en forma de lluvia, y al mismo tiempo de forma localizada.

Las mayores ventajas que proporciona este sistema son: limitación del daño a las raíces, ya que mediante riego por surcos o manual resulta difícil controlar la cantidad de líquido utilizado, lo que puede dañarlas o pudrir las ante el contacto con el sol.

“Los aspersores tienen un alcance de más de 6 metros, lo que lo lleva hacer muy útil en una área grande, ya que se va a instalar una cantidad más baja, de igual forma garantizando riego en todas las partes del terreno” (Granados, s.f).



*Figura 8.* Riego por aspersión

Fuente: extraído de <https://vivaelcampo.wordpress.com/2014/06/15/soluciones-ingenieriles-riego-por-aspersion/>

**4.3.2 Riego por difusores.** Son muy parecidos a los aspersores pero la diferencia su tamaño, estos son mucho más pequeños. Tiran el agua a una distancia de entre 2 y 5 metros, según la presión y la boquilla que utilizemos. Abriendo o cerrando un tornillo que llevan modelos en la cabeza del difusor. Se utilizan para zonas más estrechas, por tanto, es lo que los diferencian del sistema de riego con aspersores, donde estos riegan superficies mayores a 6 metros. Los difusores siempre son emergentes.



*Figura 9.* Difusores

Fuente: extraído de [www.tuandco.com](http://www.tuandco.com)

**4.3.3 Riego por goteo.** Consiste en aportar el agua de manera localizada justo a pie de cada planta se encarga de esto los goteros o emisores, estos pueden ser integrados en la misma tubería o de botón que se pinchan en el conducto. Los goteros que se pinchan resulta más prácticos para jardineras o zonas donde las plantas estén más desperdigadas y se le hace el orificio hay donde se necesite.

Este tipo de riego a pesar de que ahorra buena cantidad de agua y se mantiene un nivel de humedad en el suelo constante, sin encharcamiento. Granados(s.f) asevera “que este Posee un gran inconveniente que los emisores se atascan fácilmente, debido especialmente a la cal del agua”.



*Figura 10.* Riego por goteo

Fuente: extraído de <http://riegoporgoteo.net/valencia/>

**4.3.4 Riego subterráneo.** Consiste en una red de tuberías perfectamente distribuidas por el jardín y enterradas a una profundidad concreta. La distancia entre tuberías puede oscilar entre los 20 a 40 centímetros y la profundidad alrededor de los 30 o 40 centímetros. Todo dependerá de las pendientes del terreno, longitud entre emisores de agua en la tubería, calidad del terreno y tipo de vegetación a regar.

“El principal inconveniente que posee esta forma de realizar riego y que hace que haya que estudiar bien si ponerlas o no, es que se atascan los puntos de salida del agua. Por la misma razón que sucede en el tipo de riego por goteo por la cal, y también se posee problemas con las raíces que golpean las tuberías” (Granados, s.f).



*Figura 11.* Riego subterráneo

Fuente: extraído de <http://jardinplantas.com/riego-subterraneo/>

**4.3.5 Riego por cintas de exudación.** Son tuberías de material poroso que distribuyen el agua de forma continua a través de los poros, lo que da lugar a la formación de una franja continua de humedad.

“Posee la desventaja que las presiones de trabajo son menores que las de los goteros, esto hace necesario de reguladores de presión especiales o micro limitadores de caudal y las cintas de exudación se pueden atascar debido a las algas y a los depósitos de cal. Por tanto requieren tratamientos de mantenimiento” (Granados, s.f).



*Figura 12.* Cinta de exudación

Fuente: extraído de <http://veoverde.bligoo.com/tag/consejos>

**4.3.6 Riego por manguera.** Granados(s.f) afirma que “el riego por manguera: regar con manguera supone tenerla en la mano muchas horas. Para el césped está claro que es el peor sistema. Además no se consigue una buena uniformidad, a unos sitios les cae más agua que a otros”.

## 4.4 Aspersores

**4.4.1 Descripción técnica.** “Desde tiempos remotos el hombre comprendió que el agua era indispensable para el desarrollo de las plantas y que cuando éstas carecían de suficiente humedad en el suelo se podía facilitar su desarrollo adicionándola a intervalos regulares” (El jardín, s,f).

Uno de los métodos de riego que se utilizaron desde hace milenios fue el de aplicación de agua a las plantas con una regadera manual. “El riego por la aspersion del agua a presión comenzó hace tres siglos cuando se inventó la bomba hidráulica accionada por vapor y después por motores eléctricos. Hoy es el método más generalizado” (El jardín, s,f). La regadera manual por lo general tiene en el extremo del tubo de entrega unos orificios por lo cual sale el agua y se esparce en pequeñas gotas. Este es el mismo principio usado actualmente con los aspersores mecánicos, solo que la presión a que se somete el líquido y el diseño de las boquillas hace que el trabajo de aspersion sea muy productivo y eficiente.

Se debe hacer un uso equilibrado y justificado de los recursos hídricos disponibles, tanto para rentabilizar la cosecha como para mantener lo mejor posible la estructura del terreno a cultivar.

El principio de este tipo de riego consiste en reducir el tamaño de las gotas de agua a dispersar, obteniendo así un flujo de agua idóneo para el cultivo. Para que todo esto ocurra es necesario la intervención de un elemento mecánico, encargado de transformar la línea de agua en finas gotas de rocío, este elemento es el aspersor.

Denominamos aspersores a los emisores de agua, que funcionando hidráulicamente como una tobera, lanzan el agua pulverizada a la atmósfera a través de un brazo con una o dos salidas

(boquillas) en su extremo, a una distancia superior a 5 m. Distribuyen el agua sobre el terreno con un chorro de agua que gira entre dos extremos regulables (sectoriales) o girando 360 grados (circulares).

El objetivo a conseguir, es la distribución homogénea del agua, evitando así regar zonas no deseadas, o evitar un exceso de agua en otras. Con lo que se consigue un uso controlado y rentabilizado del agua, reduciendo costes innecesarios en el momento del riego del cultivo.



*Figura 13.* Aspersores

Fuente: extraído de <http://www.eljardin.ws/aspersores/>

**4.4.2 Estructura.** El cuerpo del aspersor es el elemento principal en el cual se ensamblan los demás elementos. El cuerpo o cabezal generalmente va atornillado al tubo. Los soportes son las piezas que unen la parte inicial del cuerpo del aspersor con el plato donde está colocado el plato deflector, y tienen un espacio de separación suficiente para que el agua fluya sin afectarse el asperjado. El plato deflector es la pieza cilíndrica, generalmente con ranuras radiales, sobre la cual impacta el agua a presión y se convierte en gotas que se esparcen. En los aspersores de impacto hay una pieza llamada brazo oscilante que es golpeado intermitentemente por chorro y de ese modo se origina un movimiento discontinuo del aspersor. El brazo recupera su posición inicial por medio de muelle de un contrapeso.



Boquillas difusoras: Son las que emiten el líquido en un chorro que al romperse contra el plato deflector se esparce en gotas. Se clasifican en función del tipo de plato:

Boquillas con plato deflector fijo. Son los emisores comúnmente llamados "tipo spray". El plato deflector es fijo y su base puede ser lisa (pulveriza el chorro de agua) o estriada (divide el chorro en tantas partes como estrías tenga el plato).

Boquillas con plato deflector móvil. Estos emisores están provistos de un plato deflector que o bien gira sobre un eje o se mueve libremente. Son emisores de última generación que mejoran la distribución de agua y la uniformidad.

**4.4.3 Tipos de aspersores.** En general, los diferentes tipos pueden agruparse atendiendo a distintos aspectos:

**3.2.3. ASPERSORES**

Los aspersores son dispositivos que separan el líquido en gotas y las distribuyen en el campo en un círculo entero o sólo en una parte de un círculo.

Para operar, el líquido tiene que estar bajo cierta presión hidráulica. Además, la fuerza del chorro de agua se emplea para hacer girar el aspersor.

**3.2.3.1 Tipos de aspersores**

- Aspersores de impacto
- Aspersores de turbina o engranaje
- Aspersores rotativos o de reacción
- Aspersores circulares
- Aspersores sectoriales



*Figura 14.* Tipos de aspersores

Fuente: extraído de <http://es.slideshare.net/huandoval110993/riego-por-aspersion-tic-55438183>

Aspersores giratorios según su velocidad de giro. De giro rápido: de 6 vueltas/min. Es útil en jardinería, viveros, etc.

De giro lento: de 1/4 a 3 vueltas/min: de uso general en agricultura. Para una misma presión los de giro lento consiguen mayor alcance que los de giro rápido, permitiendo espaciar más los aspersores. Según el mecanismo de giro. Pueden ser De reacción, donde la inclinación del orificio de salida origina un par, que mueve el conjunto y De turbina en el cual el chorro incide sobre una turbina que origina el giro.

De choque: el chorro incide sobre un brazo con un muelle, que hace girar el aspersor de forma intermitente. Mediante un mecanismo especial puede moverse sólo en un sector circular en lugar de abarcar el círculo completo (aspersor sectorial).

Según la presión de trabajo. De baja presión: menos de 2,5 kg/cm<sup>2</sup>. Suelen ser de una boquilla de un diámetro menor de 4mm de caudal, descargando menos de 1000 l/h y con giro por choque. Adecuados para marco rectangular o cuadrado, con separación entre aspersores de 12m o en triángulo con separación de menos de 15m. Suelen utilizarse en jardinería y en riego de hortalizas o en frutales con poco ángulo para arrojar el agua por debajo de la copa de los árboles. También en cobertura total para riego anti helada.

De media presión: de 2,5 a 4 Kg/cm<sup>2</sup>. Suelen llevar una o dos boquillas de diámetro, comprendido entre 4 y 7 mm, que arrojan caudales entre 1000 y 6000 l/h. Se usan en marcos que van de 12x12 a 24x24.

De alta presión: Más de 4 Kg/cm<sup>2</sup>. Suelen usarse para aspersores de tamaño grande también llamados cañones, con una, dos o tres boquillas y caudales de 6-40 m<sup>3</sup>/h, pudiendo llegar a superar los 200 m<sup>3</sup>/h. El mecanismo de giro, puede ser de choque o turbina, con alcances entre 25 y 70m. Suelen dar baja uniformidad de distribución al ser fácilmente afectados por el viento. Asimismo, el gran tamaño de gota y la gran altura de caída pueden dañar al suelo desnudo o al cultivo.

Según el número de boquillas. También se considera otro tipo de clasificación según el número de boquillas que posee, una boquilla o varias boquillas.



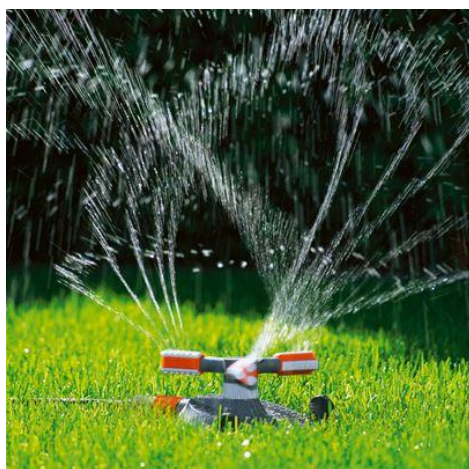
Según el área mojada. Sectoriales, que Tienen la opción de girar sólo en un sector circular en lugar de realizar un giro completo. Indicados para los bordes de las parcelas donde es preciso regar esquinas y laterales Según el ángulo de lanzamiento del chorro. Se encuentran dos tipos: bajo Ángulo entre 0 y 25° o un ángulo normal entre 25 y 45°.



*Figura 15.* Aspersor sectorial

Fuente: extraído de <http://www.traxco.es/tienda/aspersores-sectoriales>

Circulares: mojan una superficie de terreno de forma circular, abasteciendo el agua de una forma homogénea en forma de lluvia.



*Figura 16.* Aspersor circular

Fuente: extraído de [www.gardena.com](http://www.gardena.com)

**4.4.4 Características.** El objetivo a conseguir, es la distribución homogénea del agua, evitando así regar zonas no deseadas, o evitar un exceso de agua en otras. Con lo que se consigue un uso controlado y rentabilizado del agua, reduciendo costes innecesarios en el momento del riego del cultivo.

Ventajas: capacidad de fertilizar o tratar enfermedades con el riego (fertirrigación). Uso homogéneo y equilibrado del agua reduciendo costes considerablemente. Evita el deterioro del terreno al no formar charcos o escorrentías. Es el método más seguro contra heladas. Permite el lavado de sustancias tóxicas bacterianas de la capa foliar del cultivo.

Es muy útil en cultivos tropicales como el café o el cacao, que son muy sensibles a las temperaturas bajas. Es probada su eficacia en cultivos extensivos al mojar la totalidad de la zona radicular de la planta, así como en cultivos de porte rastrojero como los cultivos con fines industriales (remolacha azucarera, tabaco, algodón), o en las leguminosas (judía, lentejas).

Variables del aspersor: los modelos son muy diversos según el ángulo de dispersión, el caudal emitido (medio, bajo, o alto), el alcance de las gotas de agua y la presión de trabajo, el material de fabricación (plástico, latón). Existe una gran variedad para una elección apropiada según el tipo de necesidades del cultivo.

La información mínima que se debería dar sobre los aspersores en general y sobre el funcionamiento es el siguiente: Medida de la rosca del aspersor y especificación para su conexión a la conducción, restricciones de uso (fertilizantes, productos químicos, etc.).

Instrucciones para el montaje de la boquilla de forma correcta, si afecta a su funcionamiento, esquema de despiece para recambios, intervalos de presión de trabajo, diámetro regado, curva caudal presión, ángulo de boquilla, curva de distribución para las presiones de trabajos más usuales y coeficiente de uniformidad teóricos para una simulación sin viento.

## 4.5 Sensores de humedad

**4.5.1 Descripción técnica.** Enciso, Parter, & Peries(s,f) afirman que “Si bien el grado de concentración de agua en el ambiente, no influye mayormente sobre la vida normal de un ser humano (salvo el confort), sabemos que sí resulta relevante para ciertos procesos industriales, ya sean químicos, físicos o biológicos”. Un ejemplo claro es en un proceso donde se va requerir saber la humedad relativa del suelo.

Sensor de humedad del suelo: Este sensor está pensado para el control de humedad del suelo o tierra de plantas y es el sensor perfecto para plantas conectadas. El sensor es muy sencillo de utilizar ya que devuelve una tensión proporcional al nivel de humedad medido. De esta manera se puede saber con relativa precisión si la tierra está seca, húmeda o tiene demasiada agua. Las puntas del sensor están tratadas para resistir mejor la oxidación y alargar su vida útil.

**4.5.2 Estructura.** El sensor de humedad para riego, se compone de dos electrodos concéntricos empotrados en un conglomerado especial, sujetado a su vez por una membrana sintética y encapsulada en una funda de acero inoxidable.

Incorpora un disco amortiguador para reducir la influencia de la salinidad en las lecturas. Si está correctamente instalado responde rápidamente a los cambios de humedad de la tierra. No precisa de calibración ni ajuste, puede medir los niveles de humedad en todos los cultivos con todos los métodos de riego y se adapta a todos los suelos, incluso a los más arcillosos.



*Figura 17.* Sensor de humedad

Fuente: extraído de <http://www.traxco.es/sensor-de-humedad/>

**4.5.3 Características.** Enciso, et al(s,f) asebera que “el monitorear el contenido de agua en el suelo es esencial para ayudar a los agricultores a optimizar la producción, conservar agua, reducir los impactos ambientales y ahorrar dinero”. El monitorear la humedad del suelo le puede ayudar a tomar mejores decisiones en la programación del riego, tales como el determinar la cantidad de agua a aplicar y cuándo aplicarla. También le puede ayudar a igualar los requerimientos de agua del cultivo con la cantidad aplicada con el riego; y así evitar pérdidas de agua excesivas por percolación profunda o por escurrimientos o bien evitar aplicar una cantidad insuficiente. El exceso de irrigación puede incrementar el consumo de energía y los costos de agua, aumentar el movimiento de fertilizantes por debajo de la zona radicular, producir erosión y transporte de suelo y partículas de químicos a los canales de drenaje. El riego insuficiente puede reducir la producción de las cosechas.

Una de las características esenciales que se debe de conocer antes de utilizar un sensor de humedad son: conceptos básicos sobre la capacidad de almacenamiento del agua en el suelo, tipos de sensores que se pueden utilizar según la aplicación, ventajas y desventajas estos sensores.

El mejorar el manejo del agua en sus cultivos, le permitirá conservar agua y aumentar la rentabilidad en sus tierras agrícolas.

Tabla 2.

*Ventajas y desventajas de algunos sistemas para monitorear la humedad del suelo*

	Ventajas	Desventajas
Gravimétrico	-Muy preciso	-Destructivo -Requiere de mano de obra -Consume mucho tiempo
Sensores Watermark	-Buena precisión en suelos de textura media debido a sus partículas de tamaño fino similares a la matriz granular del sensor.	-Respuesta lenta a cambios en el contenido de agua en el suelo después de una lluvia o un riego. -Falta de precisión en suelos arenosos debido a sus partículas grandes.

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Accesible (aproximadamente \$20 por sensor, \$250 por el medidor).</li> <li>-Manejo fácil (peso ligero, tamaño de bolsillo, instalación fácil y lectura directa).</li> <li>-Rango amplio de lecturas de la humedad del suelo (de 0 a 220cb, o Kpa)</li> <li>-Útil durante varias temporadas con un cuidado apropiado.</li> <li>-Medidas continuas en la misma ubicación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere de tiempo para determinar cuál lectura del sensor es la más apropiada para el riego</li> <li>-Requiere de mano de obra intensa para recolectar la información.</li> <li>-Requiere de calibración.</li> </ul>
<p>Sensor de capacitancia: sensores ECH2O (modelos EC-20, EC10 y EC-5)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Capacidad de leer directamente el contenido volumétrico del agua en el suelo.</li> <li>-No requiere de mantenimiento especial.</li> <li>-Alta precisión cuando los sensores están instalados apropiadamente y tienen buen contacto con el suelo.</li> <li>-Amplio rango de operación de 0 hasta suelo saturado.</li> <li>-Medidas continuas en el mismo sitio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Técnica de alto costo, las sondas EC, ech2o tienen un costo de \$100 (de 1 a 10 unidades), sin embargo tiene un costo \$70 cada una si se piden 11 unidades o más. Tienen un medidor portátil para tomar mediciones directas que cuesta \$300. Si se quiere recolectar la información con un registro de datos se requiere una computadora personal</li> </ul>
<p>Tensiómetros</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Bajo costo</li> <li>-Lectura directa de la tensión del agua del suelo para programar el riego.</li> <li>-Medidas continuas en el mismo lugar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Requiere chequeo constante</li> <li>-Opera solamente para succión de la humedad del suelo menor a 80cb (no es útil para suelos más secos).</li> </ul>

Fuente: <http://www.euskobaratza.com/wp-content/uploads/2016/02/Enciso-et-al-2008.-Uso-de-sensores-de-humedad-para-optimizar-el-riego.pdf>

## 4.6 Elementos de control y maniobra

**4.6.1 Pulsadores.** Leiva (s.f) afirma que son “aparatos de maniobra, cuyo contacto, o contactos cambian de posición solamente mientras una fuerza externa actúa sobre ellos, volviendo a su posición original o de reposo tan pronto cese esta” (p.44).

Rasantes: según su apariencia y forma exterior este tipo posee la ventaja de que su botón y carcasa donde se encuentra alojado están al mismo nivel. Suele emplearse cuando se quiere evitar maniobra involuntaria.



*Figura 18.* Pulsador

Fuente: libro controles y automatismos eléctricos

**4.6.2 Sensores para nivel de agua.** El Sensor de nivel es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente.

es.omega.com(s,f) afirma que son “integral para el control de procesos en muchas industrias, los Sensores de nivel se dividen en dos tipos principales. Los Sensor de nivel de punto: se utilizan para marcar una altura de un líquido en un determinado nivel preestablecido. Generalmente, este tipo de sensor funciona como alarma, indicando un sobre llenado cuando el nivel determinado ha sido adquirido, o al contrario una alarma de nivel bajo. Los sensores de nivel continuos son más sofisticados y pueden realizar el seguimiento del nivel de todo un sistema. Estos miden el nivel del fluido dentro de un rango especificado, en lugar de en un

único punto, produciendo una salida analógica que se correlaciona directamente con el nivel en el recipiente”.

Para crear un sistema de gestión de nivel, la señal de salida está vinculada a un bucle de control de proceso y a un indicador visual.

Interruptor de nivel tipo flotador: consta de un flotador pendiente del techo del depósito por una barra a través de la cual transmite su movimiento a una ampolla de mercurio, la hace bascular con un interruptor.

Si el nivel alcanza al flotador lo empuja en sentido ascendente, ascendiendo si la fuerza supera al peso del flotador. Este movimiento es transmitido por la barra y el interruptor cambia de posición. La a, Señal del tipo todo-nada.



*Figura 19.* Sensor de nivel de agua

Fuente: extraído de <http://www.icos.la/Sensor-De-Nivel-Lateral/LA36M40/>

**4.6.3 Relés.** Es un dispositivo que consta de dos circuitos diferentes: un circuito electromagnético (electroimán) y un circuito de contactos, al cual aplicaremos el circuito que queremos controlar.

“Su funcionamiento se basa en el fenómeno electromagnético. Cuando la corriente atraviesa la bobina, produce un campo magnético que magnetiza un núcleo de hierro dulce

(ferrita). Este atrae al inducido que fuerza a los contactos a tocarse. Cuando la corriente se desconecta vuelven a separarse” (Electronica facil, s.f).



*Figura 20.* Relé de 8 pines

Fuente: extraído de [http://es.made-in-china.com/co\\_clinelectrical/product\\_General-Purpose-Relay-Mk2p-8pins-Mk3p-11pins-honhiygeg.html](http://es.made-in-china.com/co_clinelectrical/product_General-Purpose-Relay-Mk2p-8pins-Mk3p-11pins-honhiygeg.html)

Sus características se suelen dar en dos partes, en su parte electromagnética en la cual se presentan variables como su corriente de excitación, la cual se refiere a la Intensidad que circula por la bobina necesaria para activar el relé, tensión nominal de trabajo para la cual el relé se activa, tensión de trabajo entre la tensión mínima y máxima garantizando el funcionamiento correcto del dispositivo y el consumo nominal de la bobina, que va a indicar la potencia que consume la bobina cuando el relé está excitado con la tensión nominal a 20°C.

En sus contactos Tensión de conexión. Entre contactos antes de cerrar o después de abrir, intensidad de conexión máxima que un relé puede conectar o desconectarlo e intensidad máxima de trabajo que puede circular por los contactos cuando se han cerrado.

**4.6.4 Contactores.** Areatecnologia(s,f) corrobora que”el contactor es un aparato de mando a distancia, que puede cerrar o abrir circuitos, ya sea en vacío o en carga. Es la pieza clave del automatismo en el motor eléctrico”.



Su principal aplicación es la de efectuar maniobras de apertura y cierre de circuitos relacionados con instalaciones de motores. Excepto los pequeños motores individuales, que son accionados manualmente, el resto de motores se accionan por contactores.

Un contactor está formado por una bobina y unos contactos, que pueden estar abiertos o cerrados, y que hacen de interruptores de apertura y cierre de la corriente en el circuito.

La bobina es un electroimán que acciona los contactos, abriendo los cerrados y cerrando los contactos abiertos. Cuando le deja de llegar corriente a la bobina los contactos vuelven a su estado de reposo.



*Figura 21.* Contactor

Fuente: extraído de [www.areatecnologia.com](http://www.areatecnologia.com)

**4.6.5 Temporizadores o relés de tiempo.** Leiva(s.f) considera que “Son aparatos en los cuales se abren o cierran determinados contactos llamados contactos temporizados después de cierto tiempo debidamente prestablecidos de haberse abierto o cerrado su circuito de alimentación”(p.49).

## 4.7 Elementos de protección

**4.7.1 Descripción.** Son dispositivos cuya finalidad es proteger una carga, los aparatos de maniobra y la instalación en sí contra posibles daños por el paso de intensidades inadecuadas.

Se dan de forma mecánica. Como bloqueos, sobrecargas momentáneas o prolongadas, excesivas puestas en marcha, etc. Y de origen eléctrico como sobre tensiones, caídas de tensión, desequilibrio de fases, falta de alguna fase, cortocircuitos, etc.

**4.7.2 Relés térmicos.** Leiva,(s.f) “Son elementos de protección únicamente contra sobrecargas, cuyo principio de funcionamiento se basa en la deformación de ciertos elementos bimetálicos bajo el efecto del calor” (p.78), para accionar cuando este alcanza ciertos valores, unos contactos auxiliares que des energizan todo el circuito y energicen al mismo tiempo un elemento de señalización.

El tiempo de desconexión del relé térmico depende de la intensidad de la corriente que circule por las resistencias. Naturalmente que este tiempo debe ser tal que no ponga en peligro el aislamiento de las bobinas del motor, ni se produzcan desconexiones innecesarias, por lo cual deben estar normalmente dimensionadas para la corriente nominal de la carga.

Unas veces que los relés térmicos hayan actuado, acción que se conoce como disparo, se rearmen o retornan al estado de reposo, mediante dos sistemas.

**Rearme manual:** es el operario que debe presionar un botón que lleva el térmico para esta operación. Es el modo más recomendable para los sistemas automáticos, en los cuales el circuito puede energizarse al bajar nuevamente la temperatura del bimetálico.

**Rearme automático:** cuando el relé térmico tiene un sistema por el cual se rearma el mismo, una vez que el bimetálico vuelve a su temperatura normal, no es muy recomendable, pero se puede usar exclusivamente para los casos en los cuales se emplean pulsadores, de manera que la reconexión del contactor solo podrá realizarse accionando nuevamente el pulsador.



Figura 22. Relé térmico

Fuente: extraído de [www.automatizando.com.co](http://www.automatizando.com.co)

## 4.8 Elementos de señalización

**4.8.1 Descripción.** “Son todos aquellos dispositivos cuya función es indicar o llamar la atención sobre el correcto funcionamiento o paros anormales, aumentando así la seguridad del personal y facilitando el control y mantenimiento de las máquinas y equipos” (Leiva, s.f,p,99).

**4.8.2 Acústicos.** Son todas aquellas señales que pueden ser percibidas por el oído, entre los más usados industrialmente figuran las sirenas y los sonidos electrónicos musicales.



Figura 23. Elementos señalización acústica

Fuente: extraído de <http://www.directindustry.fr/produit-fabricant/bouton-poussoir-eao-61122-509.html>

**4.8.3 Ópticos.** Son aquellas señales que pueden ser percibidas mediante los ojos, existen dos tipos:

Visuales: si se emplean determinados símbolos que indican la operación que está realizando en dicho proceso.

Luminosos: cuando se emplean únicamente lámparas, llamados pilotos de diferentes colores para señalar las diversas operaciones.



*Figura 24.* Piloto luminoso

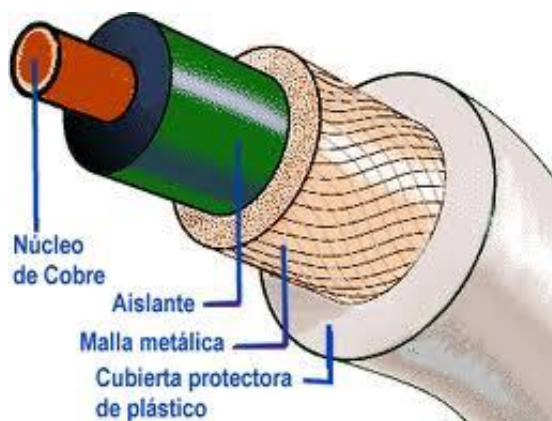
Fuente: extraído de <http://es.aliexpress.com/w/wholesale-led-pilot-light.html>

#### **4.9 Cables eléctricos**

Los conductores eléctricos son los elementos que facilitan el transporte de la energía eléctrica entre el generador y los receptores.

Gudel & Gonzales Dominguez(2009) afirma que “los materiales conductores ofrecen una baja resistencia al paso de las cargas eléctricas. Esta cualidad la presentan los metales dentro de estos, los mejores conductores son la plata, el cobre y el aluminio” (p, 36). La resistencia de un conductor depende, además del material con el que este fabricado, de su longitud, sección y de la temperatura de trabajo.

**4.9.1 Cables eléctricos, composición y tipos.** Los conductores eléctricos, llamados generalmente cables, están compuestos básicamente por el alma del conductor en sí, el aislamiento y en muchos casos cubiertas protectoras.



*Figura 25.* Partes del cable eléctrico

Fuente: extraído de [http://5104-info.blogspot.com.co/2011\\_08\\_01\\_archive.html](http://5104-info.blogspot.com.co/2011_08_01_archive.html)

**Núcleo de cobre:** está compuesta por un solo hilo, o varios trenzados, según se trate de conductores rígidos o flexibles.

**Aislamiento:** es el material encargado de impedir el contacto directo entre las personas y los conductores o entre varios conductores de un cable. Se fabrican de diferentes materiales atendiendo principalmente a la tensión y a las condiciones de trabajo.

Los componentes más utilizados en el aislamiento de conductores eléctricos de baja y alta tensión, por su buen comportamiento frente a los agentes climatológicos, a la abrasión y al fuego, son el neopreno, el etileno propileno, el butil y las siliconas.

**4.9.2 Colores normalizados.** Para una mejor identificación de los conductores, en las instalaciones domésticas e industriales, se asignan los siguientes colores para electrónica y para electricidad.

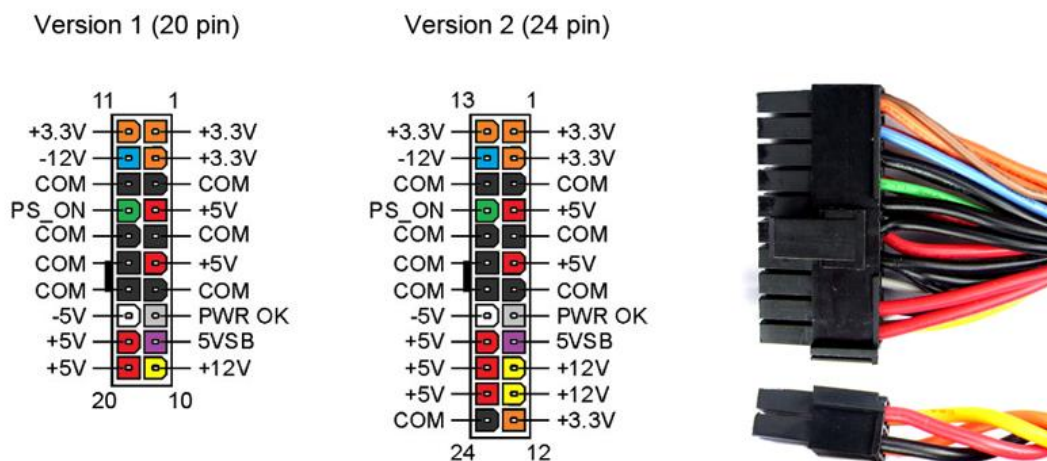


Figura 26. Colores para cables en electrónica

Fuente: extraído de [www.luisllamas.es](http://www.luisllamas.es)

SISTEMA	$1\Phi$	$1\Phi$	$3\Phi Y$	$3\Phi \Delta$	$3\Phi \Delta -$	$3\Phi Y$	$3\Phi Y$	$3\Phi \Delta$	$3\Phi \Delta$
TENSIONES NOMINALES (Voltios)	120	240/120	208/120	240	240/208/120	380/220	480/440	480/440	Mas de 1000 V
CONDUCTORES ACTIVOS	1 fase 2 hilos	2 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 4 hilos	3 fases 3 hilos	3 fases
FASES	Negro trifásico	Negro Rojo	Amarillo Azul Rojo	Negro Azul Rojo	Negro Naranja Azul	Café Negro Amarillo	Café Naranja Amarillo	Café Naranja Amarillo	Violeta Café Rojo
NEUTRO	Blanco	Blanco	Blanco	No aplica	Blanco	Blanco	Gris	No aplica	No aplica
TIERRA DE PROTECCIÓN	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde	Desnudo o verde
TIERRA AISLADA	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	Verde o Verde/ amarillo	Verde o Verde/ amarillo	No aplica	No aplica	No aplica

Figura 27. Cables para cableado en electricidad

Fuente: extraído de <http://hogar.yoreparo.com/electricidad/1333194.html>

#### 4.10 Electroválvulas

La cobertura total de riego consiste en cubrir toda la parcela con una serie de tubos (de plástico, aluminio, etc.) dispuestos sobre la misma y de tal manera que estos, cuando estén regando mediante los aspersores, rieguen de la manera más uniforme posible y que la pluviometría que caiga sobre el terreno sea la misma en cada tramo, para que todas las plantas reciban la dosis de agua por igual. La cobertura total, también tiene la peculiaridad de no tener que cambiar los ramales con el consiguiente ahorro en mano de obra. Claro es, que la inversión económica es algo mayor, debido a tener que comprar más tubos y más aspersores.

En la actualidad es el sistema más extendido dentro de las clases de cobertura que existen y prueba de ello es su eficiencia y garantías de un riego uniforme y competitivo de la actual y especializada agricultura.

“La instalación de electroválvulas en la cobertura total del riego, nos va a hacer aún más fácil y práctico la utilización del mismo, mediante un sencillo programador, el agricultor podrá automatizar el riego de sus parcelas diseñando dentro de la misma los sectores que va a regar en cada postura, la hora en la cual va a conectar el riego, programando también la duración del mismo, la frecuencia, la pluviometría que va a echar, etc. Todo ello sin tener que moverse de casa. Esto conlleva a un ahorro en mano de obra muy interesante para tomar la decisión de montar electroválvulas en el riego” (Revilla, 2016,p,2).



Figura 28. Electroválvulas

Fuente: [www.saneamientos-barrios.com](http://www.saneamientos-barrios.com)

Una electroválvula también conocida como válvula solenoide de uso general, es una válvula que abre o cierra el paso de un líquido de un circuito. La apertura y cierre de la válvula se efectúa a través de un campo magnético generado por una bobina en una base fija que atrae el embolo.



## 5. Metodología

### 5.1 Tipo de proyecto

El proyecto que se va a realizar va a incluir el diseño de un sistema de riego óptimo para la finca “la Duqueza “y construir un prototipo en el cual se va a verificar y analizar muy profundamente. De acuerdo a los análisis se va a determinar que modificaciones se tendrían que tener en cuenta a la hora de implementar el diseño.

### 5.2 Método

Los métodos a utilizar serán. La observación: Se analizará el sistema de riego actual de la finca para encontrar las fallas y proceder al mejoramiento de este.

La modelación: Se realizara el prototipo del sistema para detectar fallas dentro del funcionamiento.

### 5.3 Instrumentos de recolección de información

**5.3.1 Fuentes primarias.** Conocimiento adquirido de los integrantes del proyecto en el trascurso de la carrera, más que todo en las áreas de electrónica, circuitos, maquinas eléctricas, sistemas de control y programación. Lo cual fue muy aplicado en todas las etapas del trabajo.

Observación del sistema actual de la finca y de qué manera los empleados lo realizan, ya que con esto se puede analizar posibles fallas.

**5.3.2 Fuentes secundarias.** Internet, libros, videos, fotografías, documentos relacionados y visitas algunas empresas donde se recibo una excelente asesoría, tales como: Riego y Campo s.a.s (soluciones agrícolas), Maxifer s.a.s (motobombas), home center, Electro Importaciones, Controles y Potencia s.a.s, I +D electrónica, Dinamic Electronic s.a.s.

## 6. Resultados del proyecto

Al iniciar este se sabía que era un objetivo a mediano plazo, que se iba a contar con muy poco tiempo, lo que condiciona y obliga a implementar una buena metodología de trabajo. Debido a eso se toma la decisión de hacerlo de la forma del ciclo phva. El cual día a día iba reflejando excelentes resultados, debido a que lleva una secuencia la cual está hecha para disminuir los errores. Ya que se comienza a planear lo que se pretende realizar, luego se ejecuta todo lo planeado, ya con lo anterior se verifica que lo que se hizo, si es lo que se planeó al inicio. Si en esta etapa del ciclo todo va de una buena forma se pasaría a una cuarta etapa, la cual se trata de actuar; tomando decisiones de mejoramiento continuo. Este proceso cíclico da a reflejar la diferencia de algo ideal, en lo cual todo se ve perfecto en la teoría y llevándolo a la práctica se encuentran factores que se interponen, haciendo que todo no funcione de una forma correcta.

Con respeto a lo anterior se inician encuentros de los integrantes del proyecto, en donde se comienza a verificar el lugar al cual va dirigido la automatización, viendo en forma real la problemática a solucionar y de qué manera se podía hacer posible.

Se encuentra una finca con un área de cultivo muy grande, en la cual se va a pretender la realización de un sistema de riego automatizado eficiente, el cual reflejara un aumento de productividad y calidad del producto.

Al comienzo a pesar de que había mucha intriga la motivación estaba muy alta porque se sabía que no sería fácil, pero si se lograba el crecimiento personal y profesional que se iba alcanzar sería muy alto.

Al detectar que cerca de la finca circulaba agua de un río era buena noticia para el diseño, ya que se iba a contar con una fuente adicional la cual tranquilamente se podría utilizar para el riego del campo y no seguir con lo tradicional del sistema de riego actual que se realizaba de una forma manual; lo cual solo iba a generar desaprovechamiento en el tiempo de los empleados, ya que podría ser utilizado en otros procesos.

Ya al conocer el área a la cual se le debe realizar el diseño respectivo, se va analizar que sistemas de riego existen, características de estos y así se puede determinar cuál es más adecuado. Para el diseño sería el sistema de riego por aspersión, ya que va a brindar algunas ventajas como un flujo homogéneo, un caudal constante y un radio de más de 7 metros con un giro de 360° lo cual lo volvía un sistema interesante. Para corroborar lo anterior se investigo acerca de los diferentes tipos de riego que existen y que características poseían.

El enfoque que se tuvo al conocer el sistema fue a favor del sistema de riego por aspersión. Ya que nos brinda las cualidades que se buscaban, que es suministrar la humedad necesaria para el desarrollo de los cultivos. Entre las cualidades se encuentran: Adaptarse tanto a dosis grandes como pequeñas, adaptarse a terrenos muy permeables (más de 30mm/h) o muy impermeables no necesita nivelaciones, dosifica de forma rigurosa los riegos ligeros, y algo muy importante es que pueden conseguirse altos grados de automatización.

Hasta acá todo pintaba de maravillas ya que aún no aparecían grandes dificultades. Esta etapa se veía algo fácil ya que se creía que por tener conceptos básicos de algunos sistemas de riego, solo era controlar un flujo de agua y darle funcionamientos. Pues estábamos muy erróneos ya que no es para nada fácil hacer un diseño desde cero y menos con la poca experiencia que se contaba. Queríamos hacer todo de una forma muy acelerada pensando en componentes mecánicos y electrónicos que con los días nos íbamos a dar cuenta que no eran muy útiles para la aplicación a la cual los queríamos incluir. Algunos de los componentes que no era muy viable su uso, tanto por factores económicos o de variables de funcionamiento se encuentran los siguientes: queríamos implementar en el sistema de control un plc “controlador lógico programable”.



*Figura 29.* Controlador lógico programable

Fuente: extraído de <https://ramaucsa.wordpress.com/2011/01/31/concepto-plc-controlador-logico-programable/>

A pesar de sus excelentes respuestas a diferentes estímulos que se generan en ambientes industriales, su programación era de un grado de dificultad no tan alto, ya que habíamos manejado su software en una asignatura en la universidad, con bloques de entradas y salidas muy extensas, es apto para recibir señales de una variedad de sensores de diferentes tipos. A pesar de todo esto se toma la decisión de no implementarlo por motivos económicos, ya que este es muy costoso, tenía demasiadas variables las cuales no se iban a utilizar, entonces no tenía lógica ya que se buscaba un sistema económico que se convirtiera en la proposición de valor del proyecto.

Luego se pensó en utilizar arduino que es muy económico y daba la opción de hacer un control inalámbrico.



*Figura 30.* Arduino

Fuente: extraído de <http://www.taringa.net/post/ciencia-educacion/18908375/Aprende-a-programar-Arduino-sin-tener-Arduino.html>

Al investigar sobre arduino nos damos cuenta de que no contaba con un rango de valores admisibles para los sensores que tendríamos que utilizar, y además se concluyó que en lo estético no es tan presentable para mostrar al cliente quien comanda el control del sistema, todo esto debido a su forma estructural.

Acá estábamos en un punto muy frustrante ya que las herramientas que más sabíamos utilizar no encajaban en nuestros planes, a pesar de que no teníamos un plan b, se seguía investigando acerca de los módulos electrónicos que se podrían utilizar, y así fue como resulto la idea de recurrir al autómata amp1-e.



*Figura 31.* Autómata amp1-e  
Fuente: extraído de curso básico de mgdplus

A pesar de que su costo era muy bajo, nos asombró sus cualidades tanto de hardware, como de software, ya que contaba con todo lo requerido para el proyecto, cuenta con las ocho entradas que necesitábamos, tanto digitales como analógicas, lo cual era maravilloso ya que manejaba la señal del sensor de humedad, la cual es muy importante para el control.

Su forma de programar es muy práctica, ya que se hace en forma de máquinas de estado, lo cual la hace muy poco robusta y entendible para cualquier persona sin tantos conocimientos previos.

Ya la moral de nosotros se elevó un poco, al menos ya habíamos solucionado un problema de tantos que iban surgiendo.

Uno de los problemas que siempre resultaba era el dinero, ya que al comienzo se había realizado un presupuesto muy bajo , y a la hora de la verdad se incrementó a más de un 50% , cuando se empezó a comprar todo los componentes como el tablero, canaletas , pilotos, Contactores, relés, borneras, cables , etc. Para dar un ejemplo, al comprar los contactores nos dimos cuenta de que conseguir uno que maneje una bobina de 12 voltios era casi imposible, con lo cual nos implicaba comprar relés para poder controlar una señal de 110 voltios, que era al voltaje que se energizaba la bobina del contactor.

Eso que fuimos muy organizados en cotizar en muchos lugares, cuales negocios manejaban los mejores precios para cada componente. Lo consideramos algo positivo del proyecto, ya que aprendimos a defendernos, en tomar la mejor decisión en cada momento, conocimos muchos lugares, los cuales serán de gran importancia tenerlos encuentra en nuestras vidas profesionales de acá en adelante.

Ya con todo el material comprado comienza el proceso práctico, el cual fue muy interesante, ya que nunca habíamos hecho un tablero de control y esto genero mucha emoción y pasión en realizarlo. Se comienza acondicionando el gabinete de control.



*Figura 32.* Tapa interior del gabinete  
Fuente: propia

El objetivo en esta etapa era realizarlo correctamente y muy estético así que se le fue dedicando mucho tiempo para lograrlo.



*Figura 33.* Acondicionamiento de gabinete control  
Fuente: propia



*Figura 34.* Orificios de tapa gabinete  
Fuente: propia



*Figura 35.* Pilotos luminosos y pulsadores instalados  
Fuente: propia



*Figura 36.* Gabinete acondicionado para cablearlo  
Fuente: propia

En esta etapa ya habíamos dado un paso, quedo muy organizado, ya que se tuvieron muchas variables en cuenta, como medidas, tamaños de los componentes y así se acomodaron de una forma, de tal manera le diera la estética que buscábamos.

Ya con los elementos ubicados, procedemos a cablear, teniendo en cuenta los colores que por normatividad se utilizan para electrónica e instalaciones eléctricas. Un amarillo calibre awg 18 para indicar alimentación de 12 voltios, negro calibre 18 awg para indicar ground, esto por parte del sistema de corriente dc. Para el sistema monofásico utilizamos negro calibre 16 para indicar 110 voltios y blanco calibre 16 para indicar neutra.





*Figura 37.* Cableado del tablero de control  
Fuente: propia



*Figura 38.* Integrante uno cableando  
Fuente: propia



*Figura 39.* Integrante dos cableando  
Fuente: propia

A pesar del cansancio proveniente del trabajo y de las asignaturas que están cursando este semestre, esta parte del proyecto fue muy chévere y se le dedicaron dos noches hasta muy tarde. Pero gracias a este sacrificio se logró un excelente cableado, lo cual se comprobó en pruebas como continuidad, voltajes de salida, conmutación de relés. Todo lo anterior se realizó sin conectar aun el autómata, solo simulando señales.



*Figura 40.* Tablero de control cableado  
Fuente: propia



*Figura 41.* Medición de continuidad  
Fuente: propia



*Figura 42.* Multímetro en escala de continuidad  
Fuente: propia



*Figura 43.* Medición de resistencia de bobina contactor  
Fuente: propia

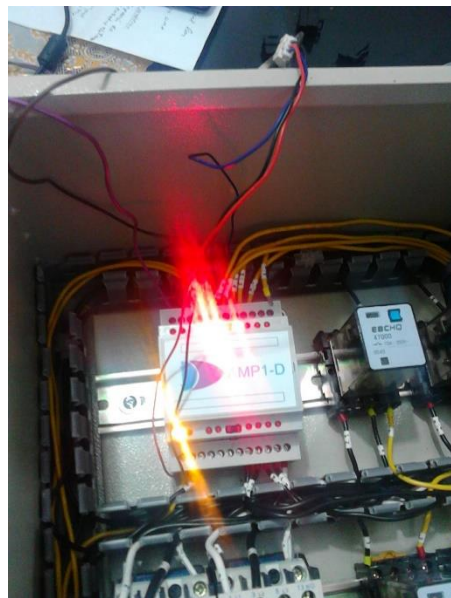


*Figura 44.* Valor de resistencia bobina contactor  
Fuente: propia

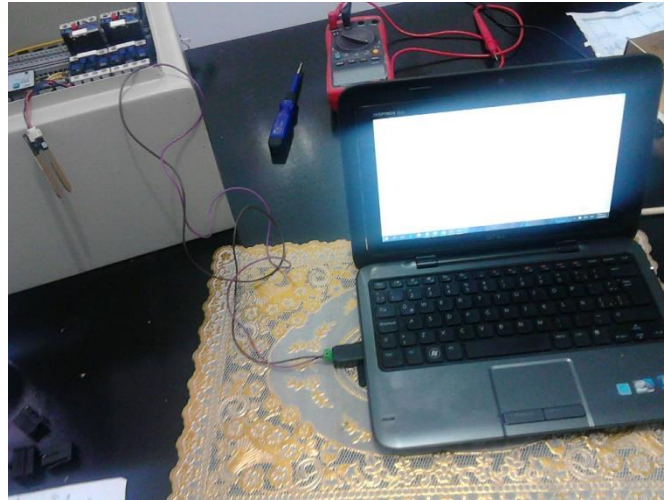
Ya después de todas las pruebas se alisto el gabinete en su parte exterior y quedaría faltando lo más importante que era la programación del autómata, lo cual era algo que anhelábamos pronto empezar a desarrollar.



*Figura 45.* Tablero de control culminado  
Fuente: propia



*Figura 46.* Autómata con alimentación  
Fuente: propia

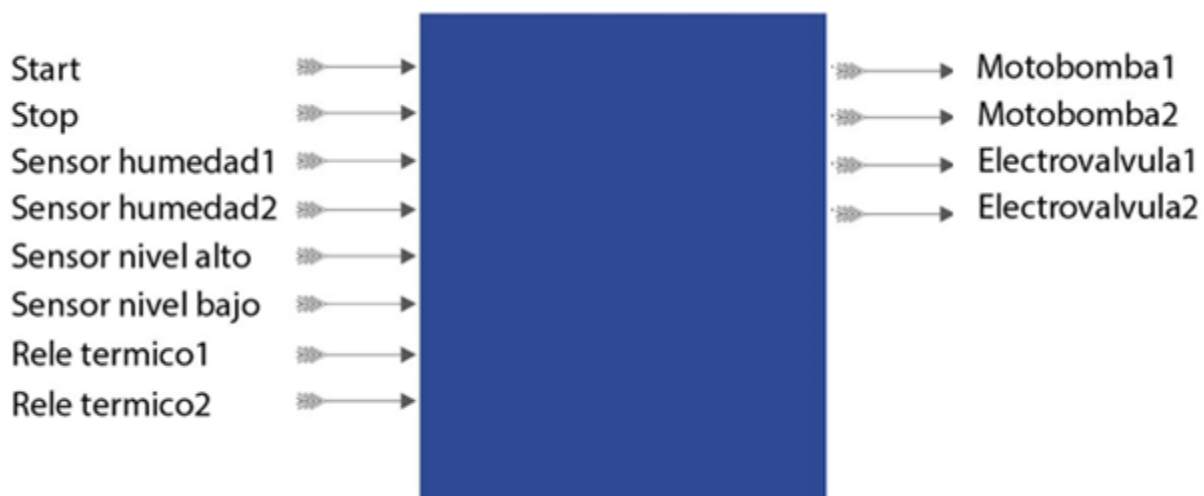


*Figura 47.* Interface hombre-maquina  
Fuente: propia

El software mgdplus lo instalamos en windows 10 , igualmente puede funcionar correctamente en los otros windows. Es un ambiente de programacion grafico asi que los conceptos que tuvimos que aprender para empezar a interactuar en este no fueron muchos. Acontinuacion se dara una descripcion paso a paso de como logramos hacer el programa del sistema de riego.

En este programa se hace por maquinas de estado independientes , pero en secuencia. Para cada salida se le realiza una maquina de estados, la cual esta compuesta por estados del proceso y transiciones. Estas ultimas serian los cambios de estado bajo una condicion.

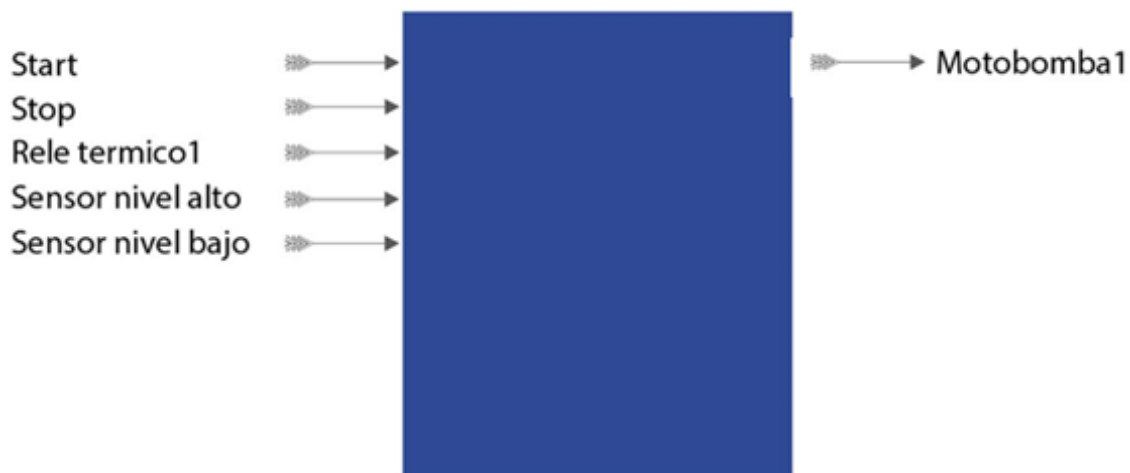
El sistema de riego cuenta con 8 entradas y 4 salidas , sobre estas ultimas es que se hacen las maquinas de estado , en nuestro caso serian 4 maquinas de estados secuenciales. para empezar se debe hacer graficamente la represengacion de las entradas y salidas que commponen todo el sistema. Para luego darle enfoque a cada maquina.



*Figura 48.* Entradas y salidas del sistema

Fuente: diseño propio

Luego se procedió a realizar la gráfica de cada máquina de estado y su respectiva gráfica de entradas y salidas y su respectiva gráfica.



*Figura 49.* Entradas y salidas motobomba 1

Fuente: Diseño propio

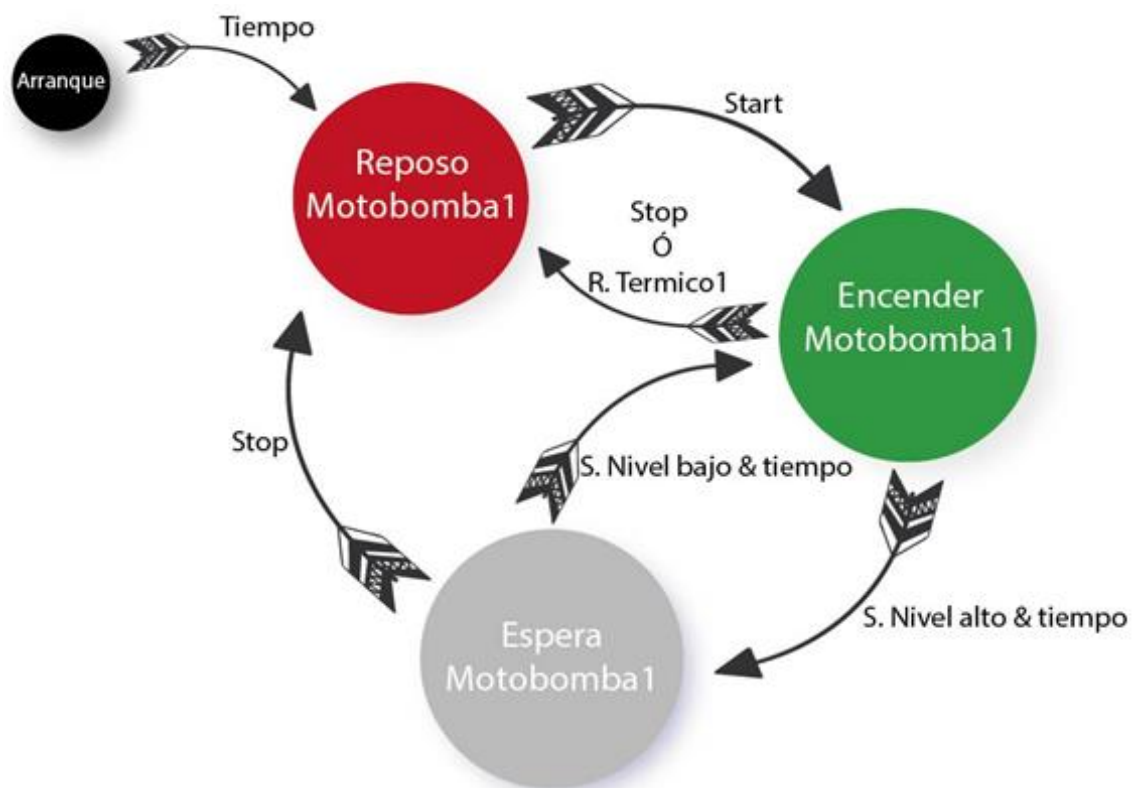


Figura 50. Representación gráfica de máquina de estado motobomba 1

Fuente: diseño propio

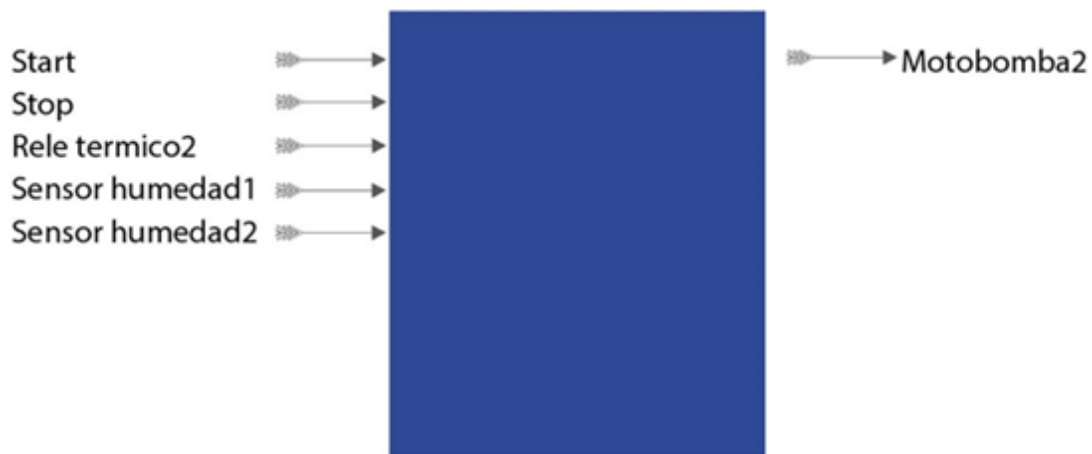


Figura 51. Entradas y salidas motobomba 2

Fuente: diseño propio



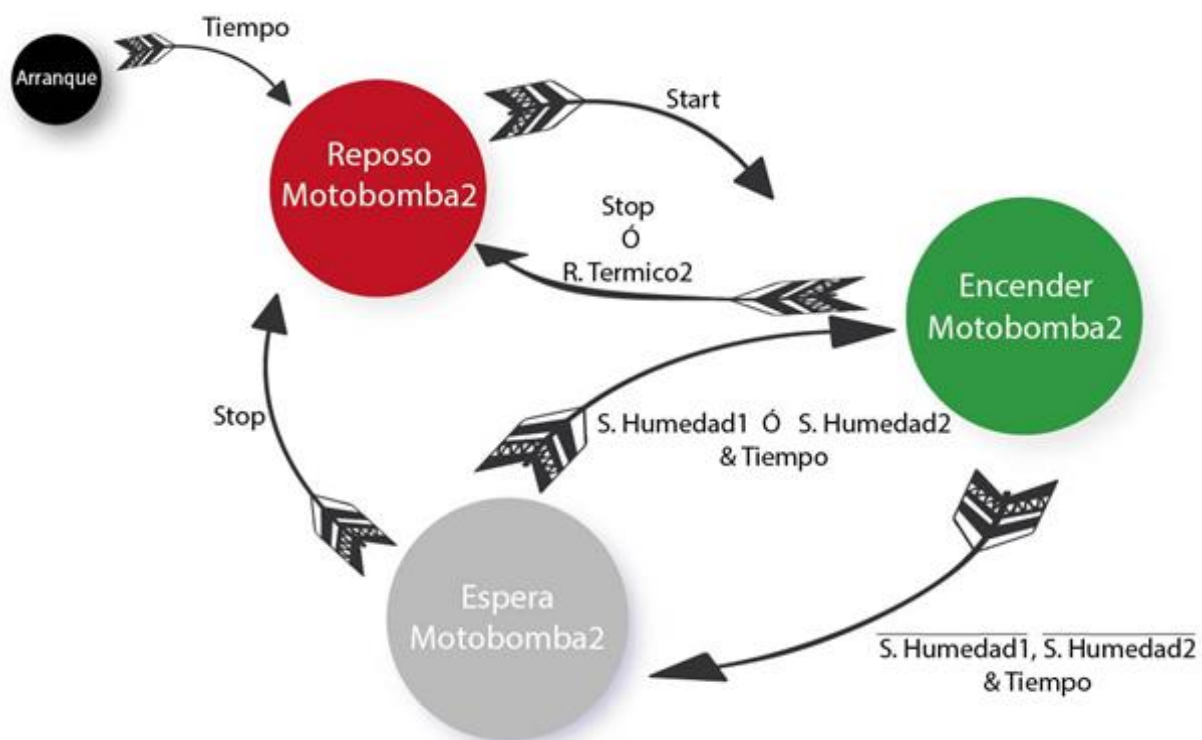


Figura 52. Representación gráfica de máquina de estado motobomba 2

Fuente: diseño propio

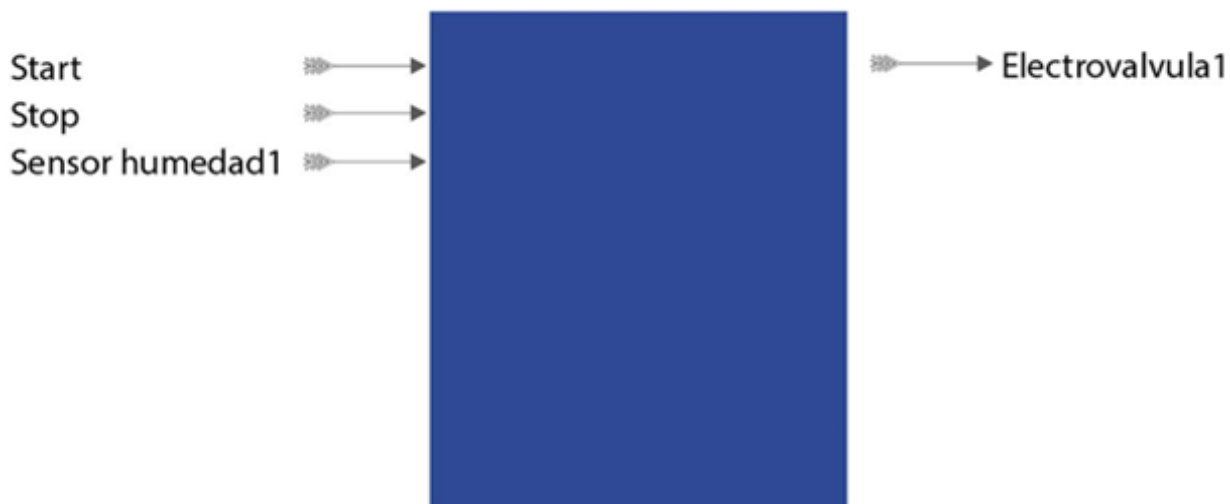


Figura 53. Entradas y salidas electroválvula 1

Fuente: diseño propio



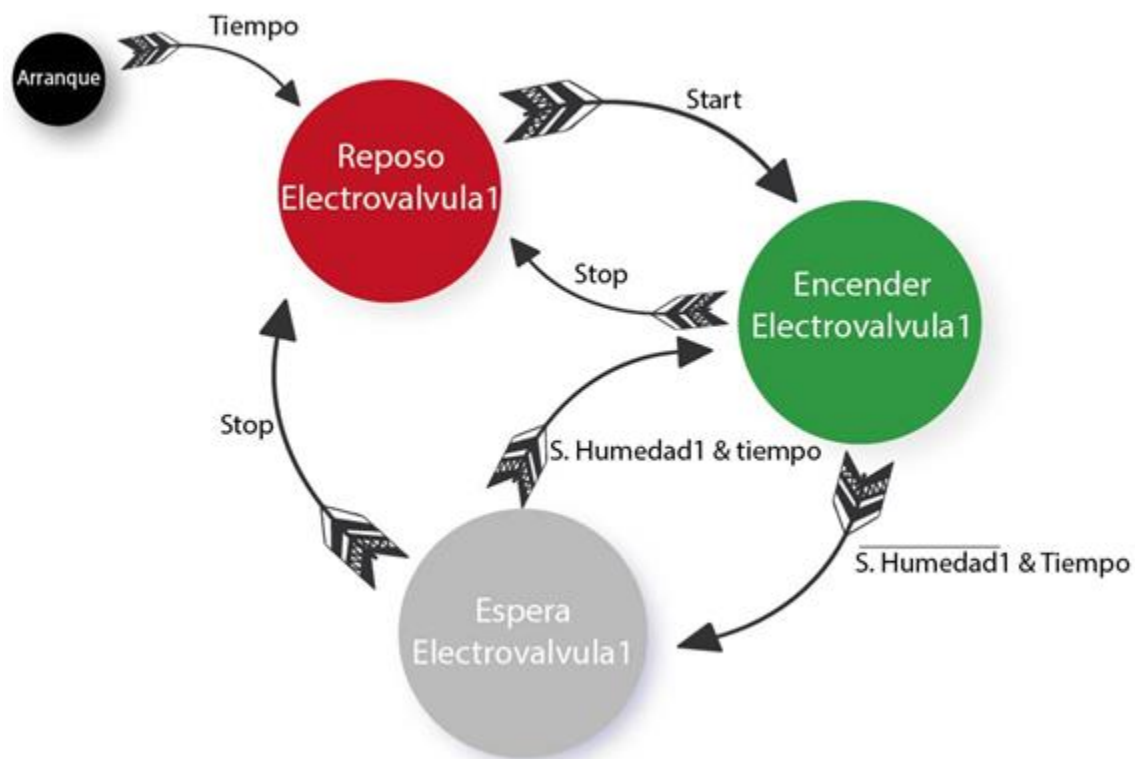


Figura 54. Representación gráfica de máquina de estado electroválvula 1

Fuente: diseño propio

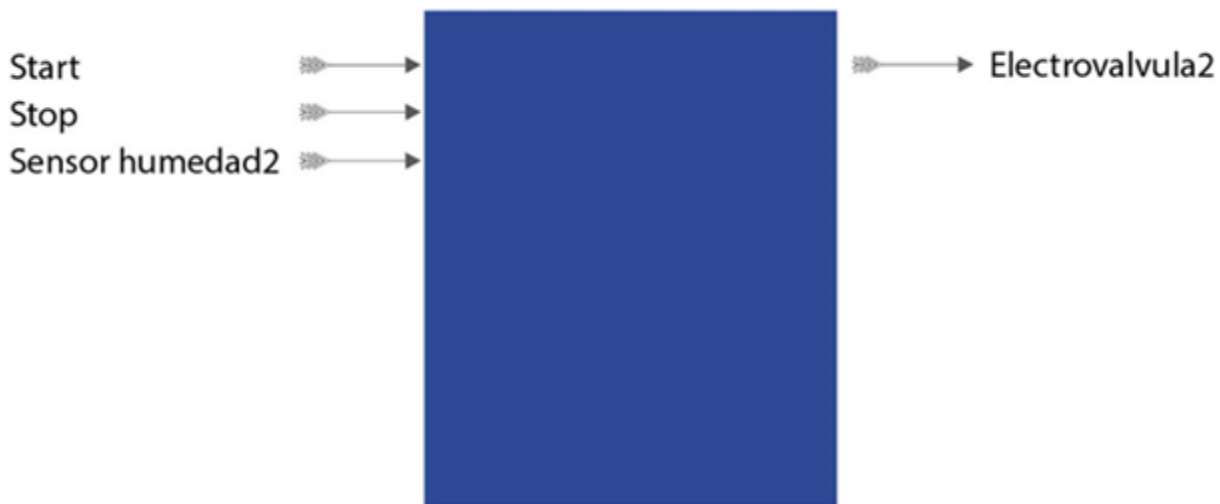
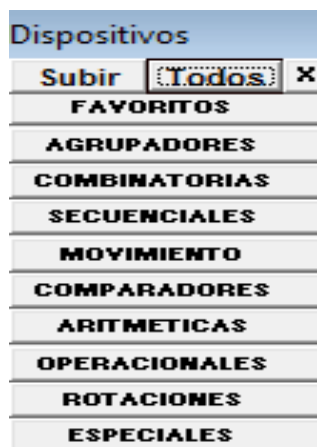


Figura 55. Entradas y salidas electroválvula 2

Fuente: diseño propio



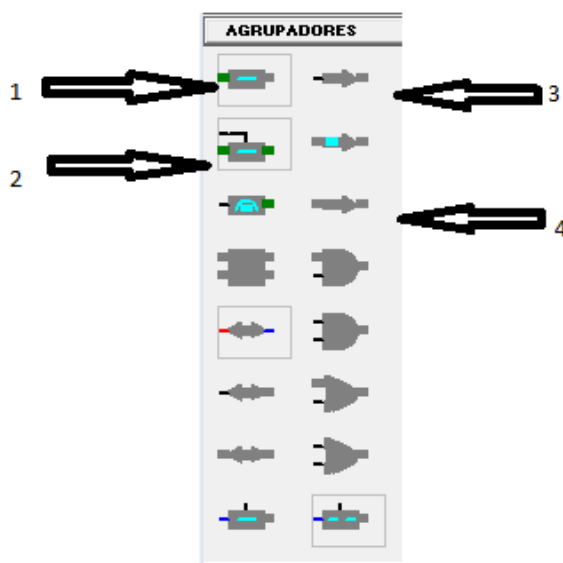
Al lado derecho de la ventana principal se encuentran 10 grupos de dispositivos que se pueden utilizar, pero los que fueron mas basicos y excenciales para el trabajo fueron las funciones que corresponden al grupo de agrupadores, combinatorias,secuenciales y comparadores.



*Figura 58.* Grupos de elementos de mgdplus

Fuente: extraído del software mgdplus

En la parte de agrupadores se encuentran variables muy importantes, como selector de cambios de proceso, cambio de estado de proceso, fin o final de algun proceso.su respresentacion seria la siguiente.



*Figura 59.* Componentes gráficos agrupadores

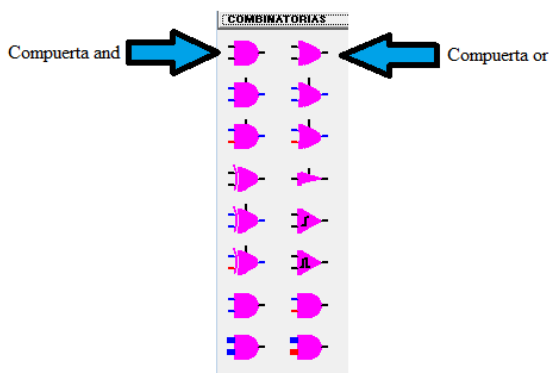
Fuente: extraído del software mgdplus

El numero 1 es el selector de cambio de proceso,el cual lo utilizamos cuando se requiere agregar otra maquina de estado .

El numero 2 es cambio de estado de proceso, el cual se utiliza cuando se quiere que una transicion nos lleve a otro estado dentro de la misma maquina de estados.

El numero 3 indica inicio de un proceso , el cual termina despues de una ciertas variables que esten ejecutando , hasta que se ponga el numero 4, que seria el fin .

En el grupo de funciones combinatorias se encuentran las compuertas and y or, las cuales se utilizan frecuentemente cuando se requiere poner que la transicion de dos variables sea en serie o en paralelo.



*Figura 60.* Funciones combinatorias

Fuente: extraído del software mgdplus

En el grupo de elementos secuenciales se manejan elementos para controlar tiempo de procesos .

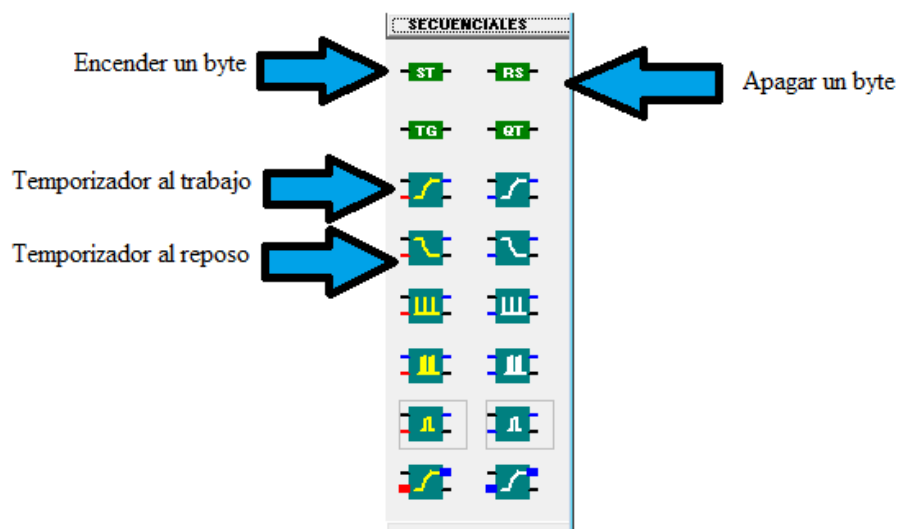


Figura 61. Componentes de tiempo

Fuente: extraído del software mgdplus

El grupo de elementos comparadores se utilizan muy frecuentes para señales analógicas , donde se necesite comparar dos valores, ya sean de mayor , menor o de igualdad entre ambas.

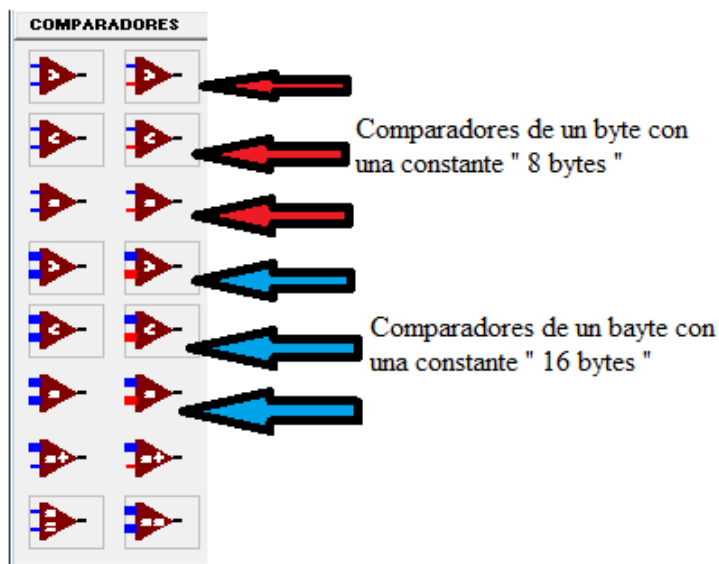


Figura 62. Elementos de comparación de variables

Fuente: extraído del software mgdplus

Ya conociendo los elementos nombrados anteriormente se procede hacer la tarea de control, creando las cuatro maquinas de estado para el sistema de riego .cada maquina esta compuesta por 4 estados, que son arranque, reposo, encendido y espera.

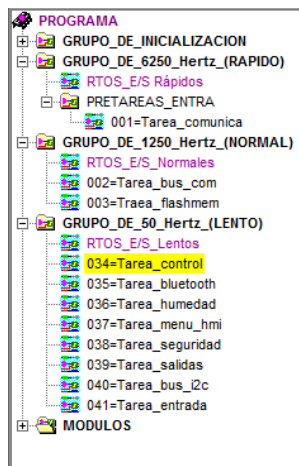
Arranque: es un estado el cual se utiliza para cuando se energize el automata , cuente un tiempo y verifique señales y luego pase al estado de reposo.

Reposo: es un estado en el cual el sistema ya esta energizado y esperando una orden de start para pasar al estado de encendido.

Encendido: es un estado en el cual hay un byte de salida energizado “una salida”, en este caso estaria prendida una motobomba o una electrovalvula, depende de la maquina de estado en la que se encuentte.

Espera: es un estado en el cual esta esperando la orden de una transicion para volver a encendido, o stop para volver a reposo.

Para crear las maquinas de estado nos dirigimos a la columna del lado izquierdo del programa y notamos que hay varias tareas como de control, bluetooth ,entre otras.



*Figura 63.* Tabla de tareas

Fuente: extraído del software mgdplus

Ingresamos a tareas de control y allí van quedando todas máquinas de estado que creamos en secuencia.

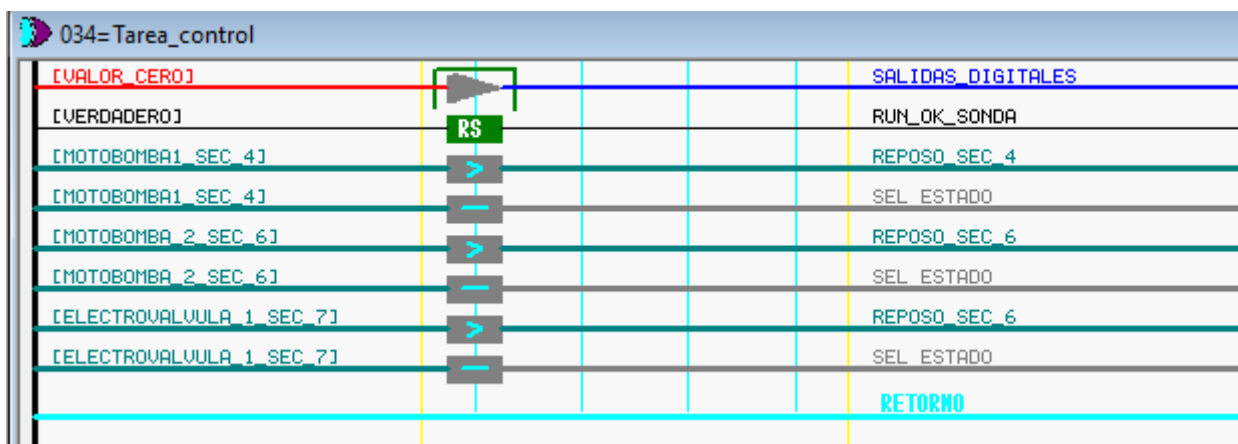


Figura 64. Máquinas de estados

Fuente: extraído del software mgdplus

Si nos fijamos se notan en la imagen anterior tres máquinas de estados creadas. Esta la motobomba 1, motobomba 2 y la electroválvula 1. A continuación se mostrara paso a paso como fue la realización de una máquina de estados, dando como ejemplo la de la electroválvula número 2.

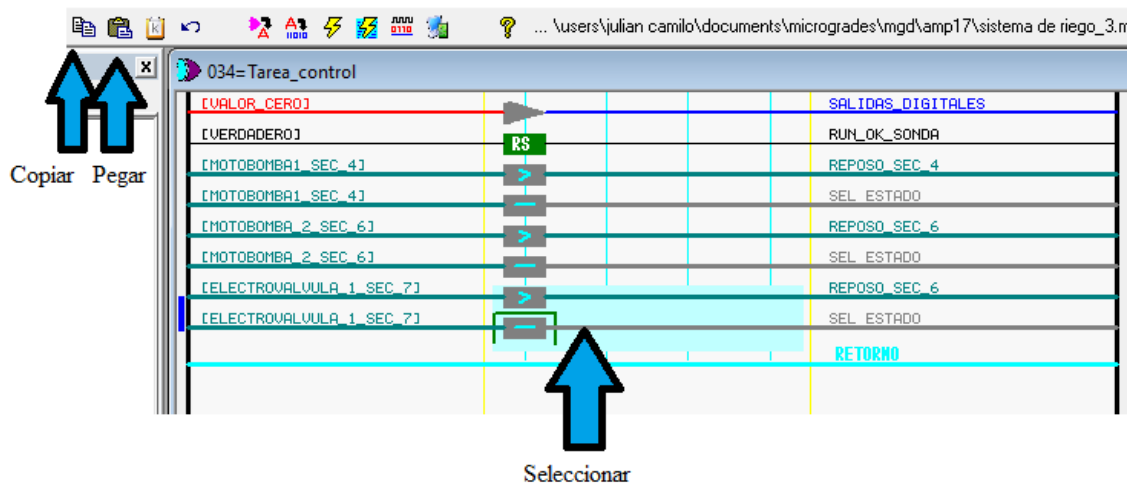
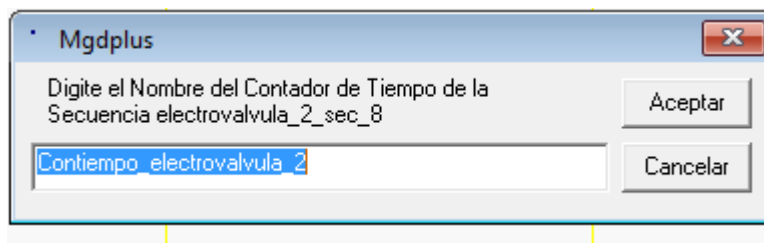


Figura 65. Opciones de copiar y pegar en mgdplus

Fuente: extraído del software mgdplus

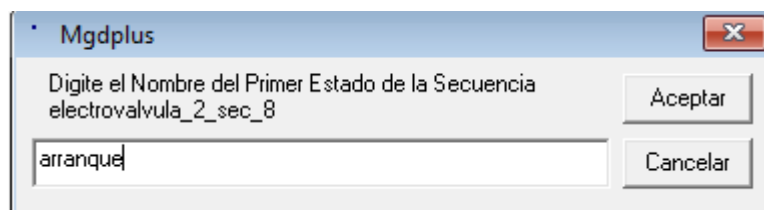






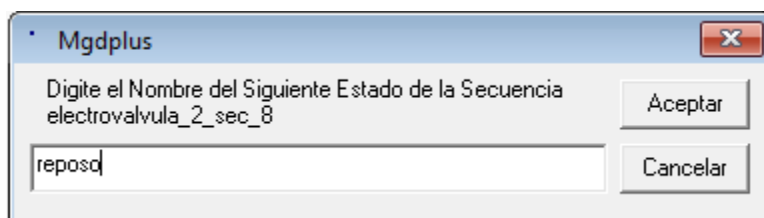
*Figura 68.* Nombre asignado a contador de tiempo

Fuente: extraído del software mgdplus



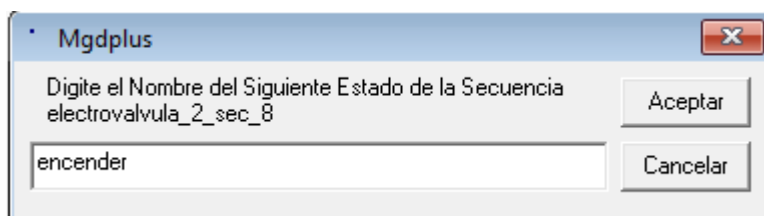
*Figura 69.* Primer estado de la maquina

Fuente: extraído del software mgdplus



*Figura 70.* Segundo estado de la maquina

Fuente: extraído del software mgdplus



*Figura 71.* Tercer estado de la maquina

Fuente: extraído del software mgdplus

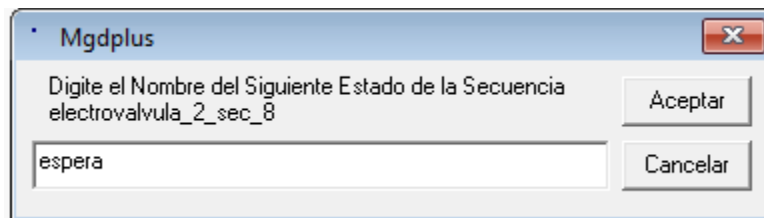


Figura 72. Cuarto estado de la maquina

Fuente: extraído del software mgdplus

Así podemos nombrar los números estados que tenga la máquina, en este caso solo utilizamos cuatro, se le da salir y queda lista la nueva máquina de estados, como se ve a continuación.

Task Name	Digital Output
[VALOR_CERO]	SALIDAS_DIGITALES
[VERDADERO]	RUN_OK_SONDA
[MOTOBOMBA1_SEC_4]	REPOSO_SEC_4
[MOTOBOMBA1_SEC_4]	SEL_ESTADO
[MOTOBOMBA_2_SEC_6]	REPOSO_SEC_6
[MOTOBOMBA_2_SEC_6]	SEL_ESTADO
[ELECTROVALVULA_1_SEC_7]	REPOSO_SEC_6
[ELECTROVALVULA_1_SEC_7]	SEL_ESTADO
[ELECTROVALVULA_2_SEC_8]	REPOSO_SEC_6
[ELECTROVALVULA_2_SEC_8]	SEL_ESTADO
	RETORNO

Figura 73. Tareas control con cuatro maquinas

Fuente: extraído del software mgdplus

Para ingresar a los estados de la nueva máquina le damos clic en módulos, que se encuentra ubicado debajo de la tabla de tareas. Allí se encontraran todos los estados de las máquinas que tengamos.

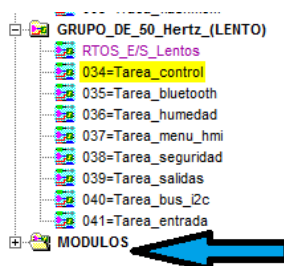
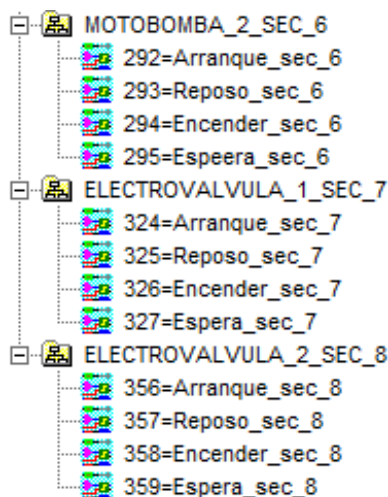


Figura 74. Carpeta de estados

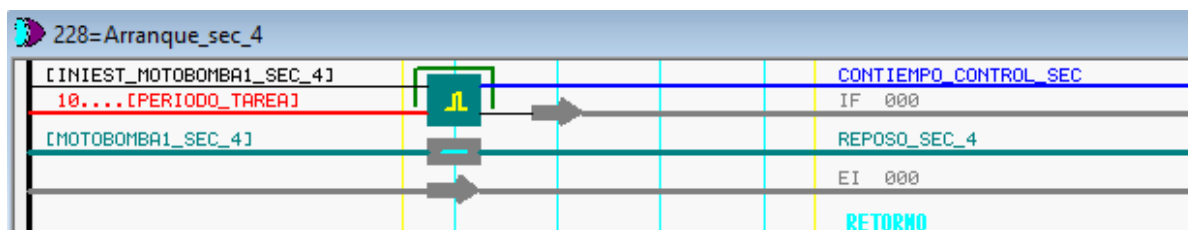
Fuente: extraído del software mgdplus



*Figura 75.* Estados de cada maquina  
Fuente: extraído del software mgdplus

Ya con esto en cada estado de cada máquina colocaremos lo mismo que en el modelamiento a mano que se hizo anteriormente, si no que de una forma gráfica, usando los elementos pertenecientes a los grupos que se han mencionado. A continuación se mostrara como quedaron los estados de las maquinas pertenecientes a la motobomba uno, motobomba dos, electroválvula uno y electroválvula dos.

Motobomba número 1: la función de esta bomba es succionar agua de un rio para impulsarla a un tanque de almacenamiento. El cual contara con dos sensores, uno de nivel bajo y otro de nivel alto. El funcionamiento de la motobomba se efectuara cuando el sensor de nivel bajo mande un señal. Y se apagara cuando el sensor de nivel alto detecte que ya el tanque se encuentra lleno.



*Figura 76.* Estado arranque motobomba 1  
Fuente: extraído del software mgdplus

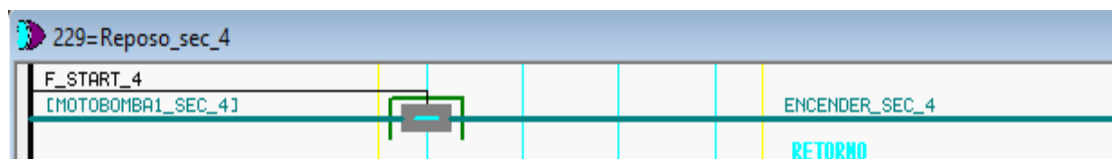


Figura 77. Estado reposo motobomba 1

Fuente: extraído del software mgdplus

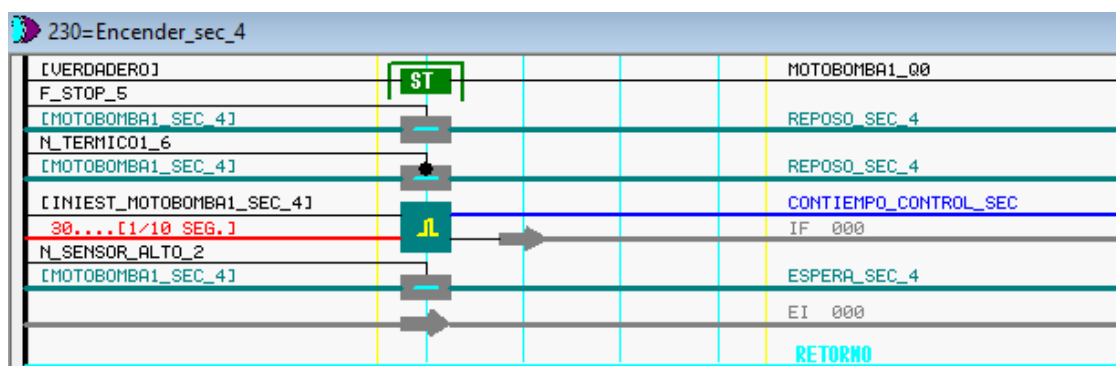


Figura 78. Estado encendido motobomba 1

Fuente: extraído del software mgdplus

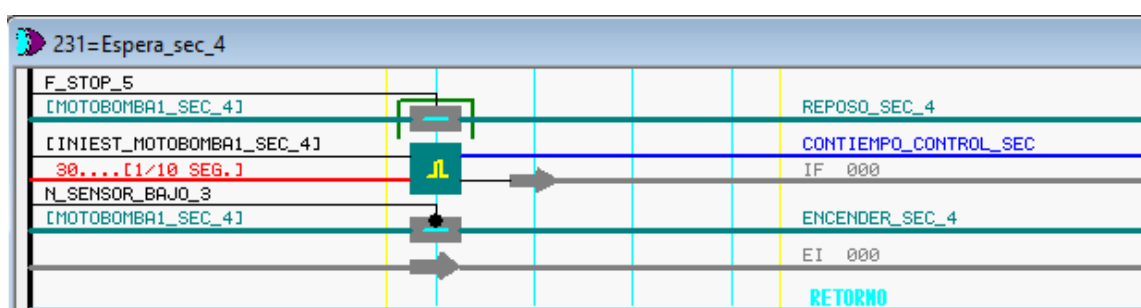


Figura 79. Estado espera motobomba 1

Fuente: extraído del software mgdplus

Motobomba numero 2: la función de esta bomba es succionar agua del tanque de almacenamiento e impulsarla a los dos circuitos independientes de aspersores. Solo funcionara cuando cualquiera de los dos sensores de humedad pertenecientes a cada uno de los circuitos de aspersores detecte que no hay humedad en el suelo y Solo se apagara si se cumple la condición de que los dos sensores de humedad detecten humedad.

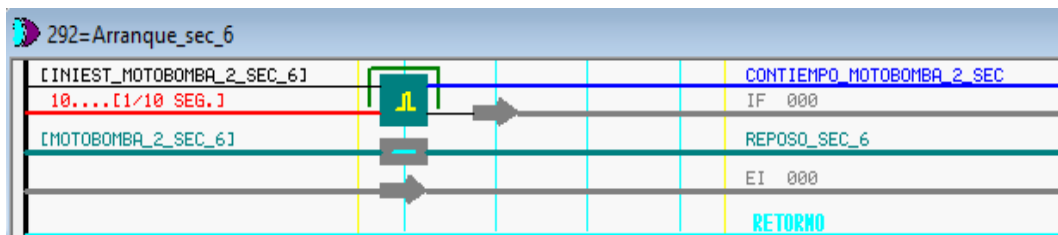


Figura 80. Estado arranque motobomba 2  
Fuente: extraído del software mgdplus

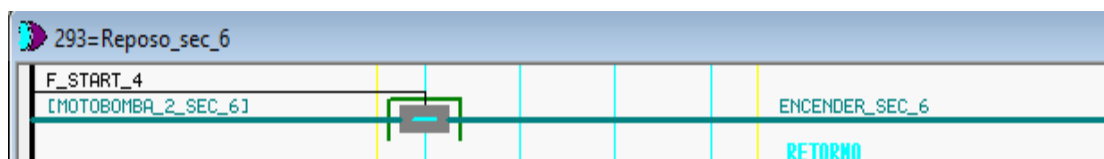


Figura 81. Estado reposo motobomba 2  
Fuente: extraído del software mgdplus

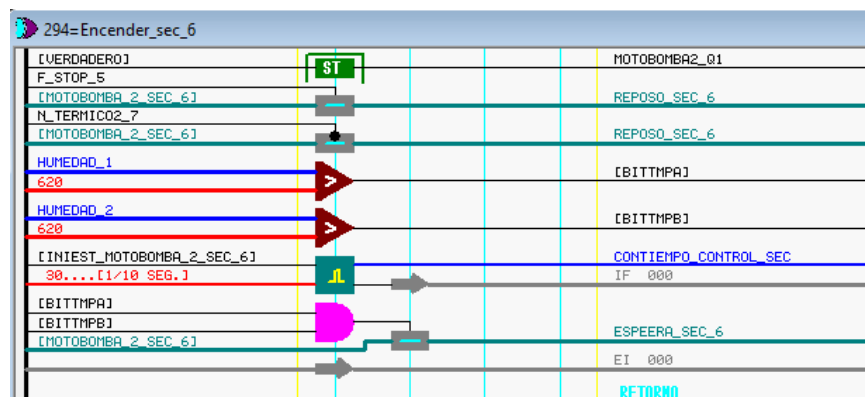
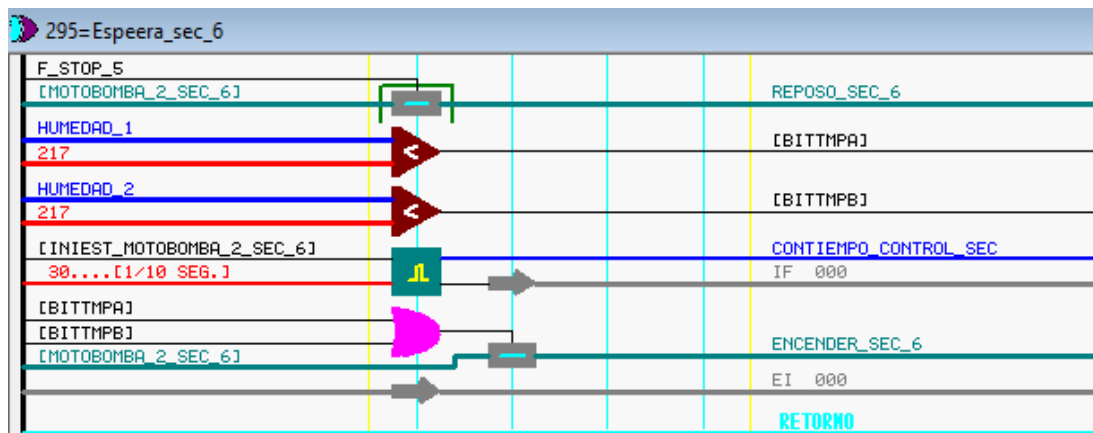
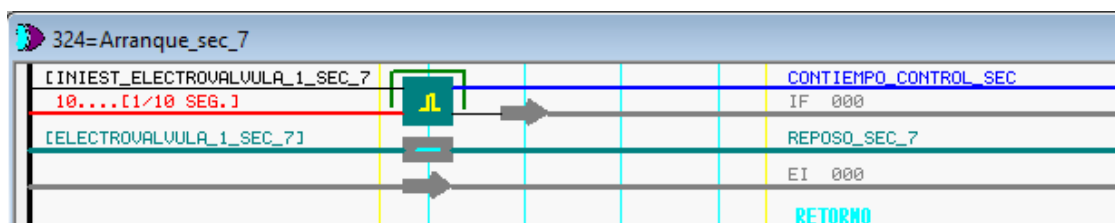


Figura 82. Estado encendido motobomba 2  
Fuente: extraído del software mgdplus

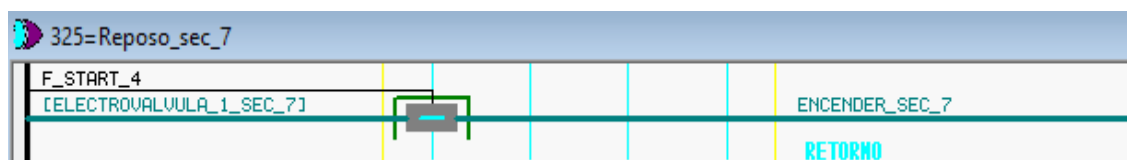


*Figura 83.* Estado espera motobomba 2  
Fuente: extraído del software mgdplus

Electroválvula número 1: la función de esta electroválvula va de la mano del sensor de humedad número 1, ya que de acuerdo a la señal de este sensor. El autómatas la va abrir o cerrar y así permitir el riego en uno de los dos circuitos de fluido.



*Figura 84.* Estado arranque electroválvula 1  
Fuente: extraído del software mgdplus



*Figura 85.* Estado reposo electroválvula 1  
Fuente: extraído del software mgdplus

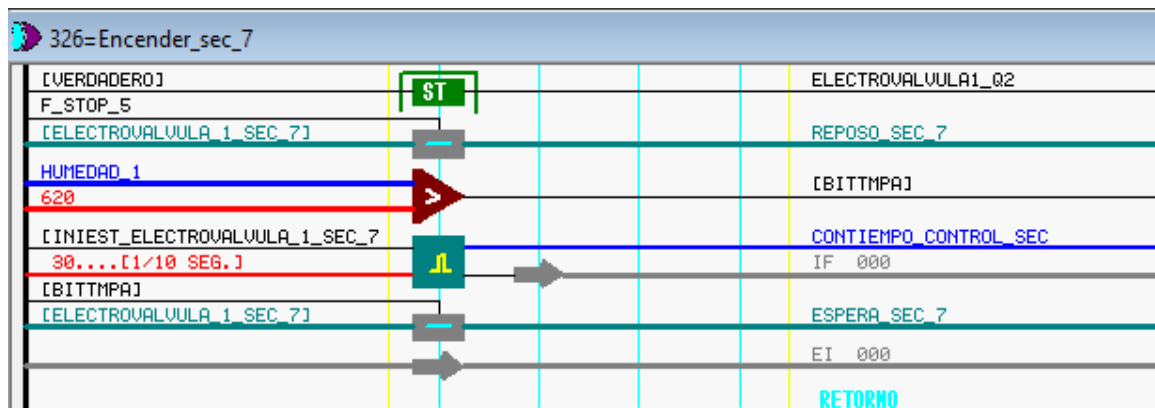


Figura 86. Estado encendido electroválvula 1  
Fuente: extraído del software mgdplus

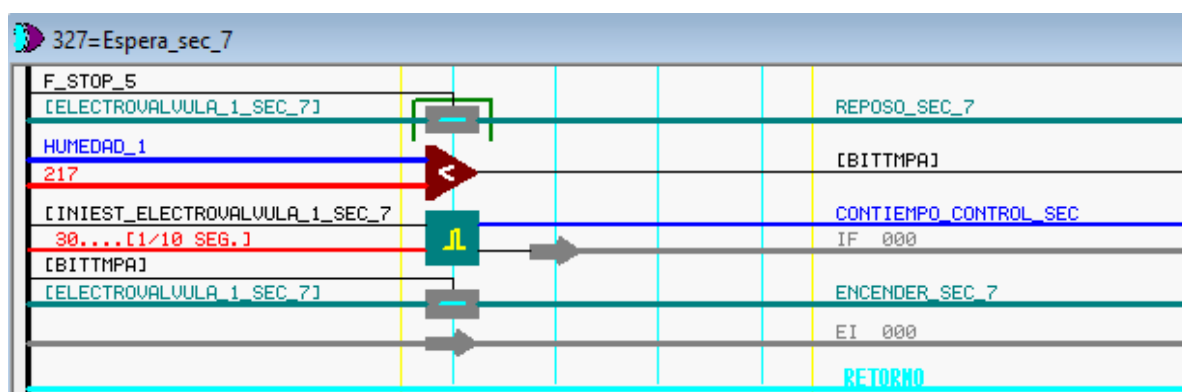


Figura 87. Estado espera electroválvula 1  
Fuente: extraído del software mgdplus

Electroválvula número 2: esta máquina de estados ya no se ingresa al software como las anteriores, ya que se llevan 8 máquinas dentro del programa, entonces toca hacerlo de la siguiente manera:

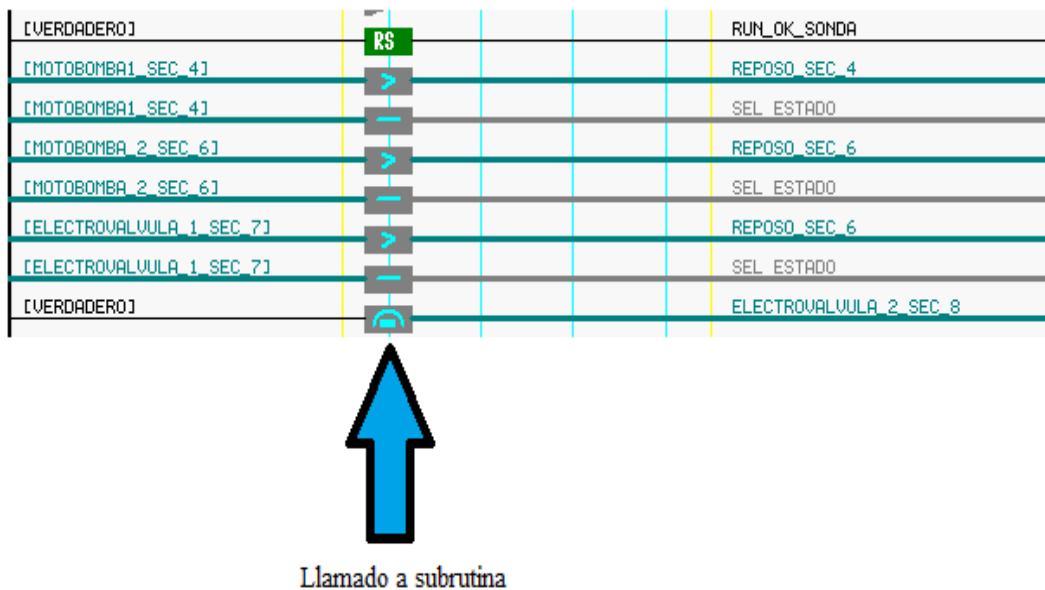


Figura 88. Realizar máquina de estado por medio de rutina  
 Fuente: propia

Al ingresar a la nueva subrutina se procede a agregar los nuevos estados, los cuales se iría de acuerdo al número, en este caso sería el 1 para el estado de reposo, 2 para estado de encender y 3 para estado de espera. Para ir a cada estado damos clic derecho y escogemos. La opción de ir al destino.

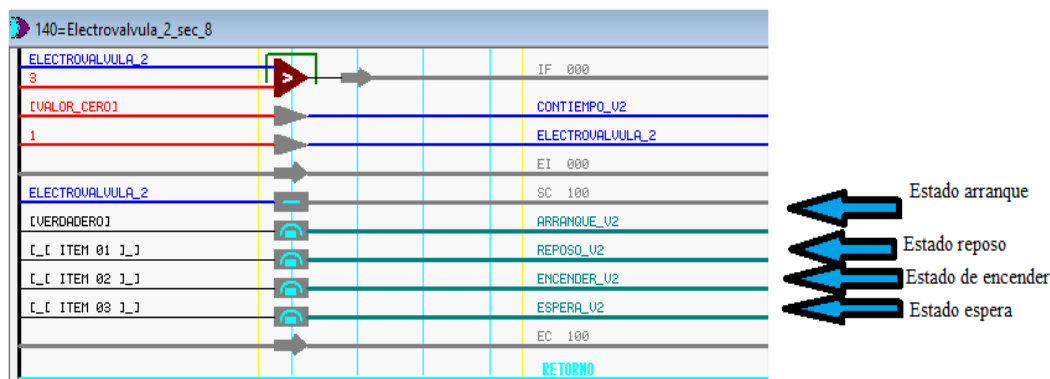


Figura 89. Invocar estados a la nueva rutina  
 Fuente: propia



Funcionamiento electroválvula 2: la función de esta electroválvula va de la mano del sensor de humedad número 2, ya que de acuerdo a la señal de este sensor. El autómatas la va abrir o cerrar y así permitir el riego en uno de los dos circuitos de fluido.

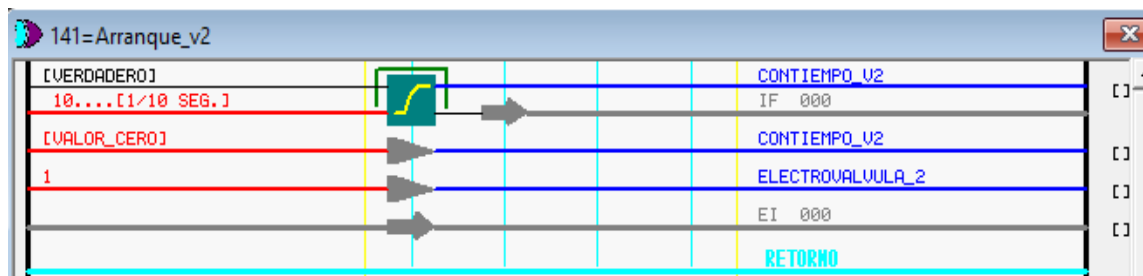


Figura 90. Estado arranque electroválvula 2

Fuente: propia

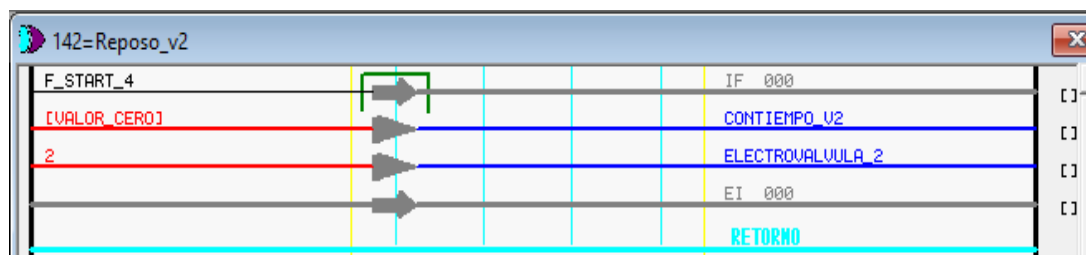


Figura 91. Estado reposo electroválvula 2

Fuente: propia

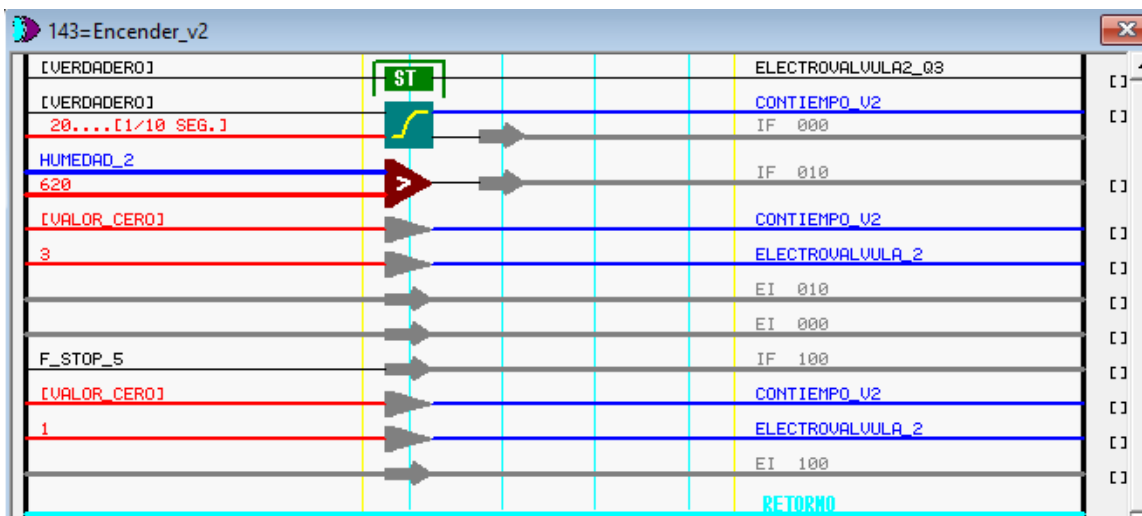


Figura 92. Estado encender electroválvula 2

Fuente: propia

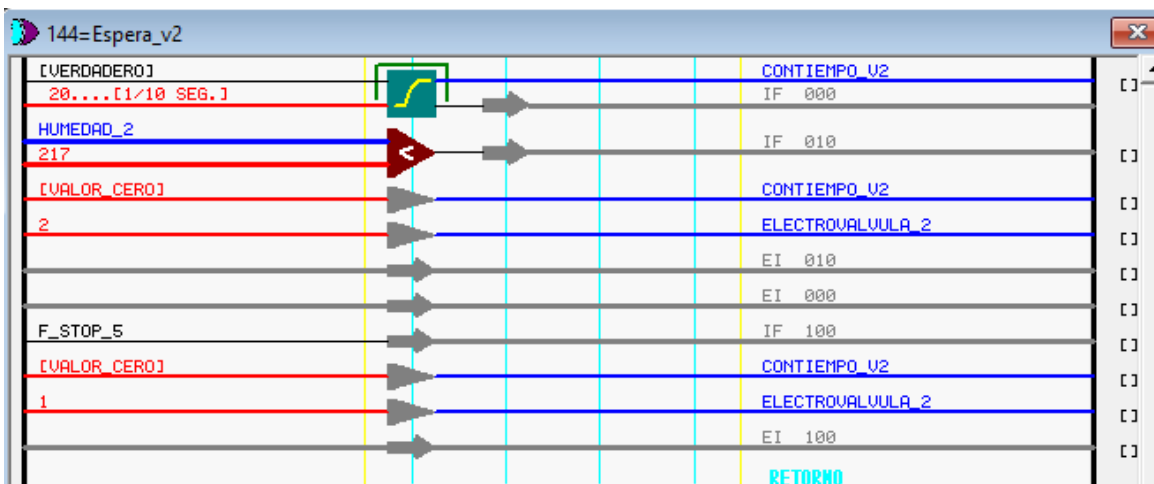


Figura 93. Estado espera electroválvula 2

Fuente: propia

Ya con todo el tablero de control listo, tanto en su parte estructural, como de programación se pasa a una etapa más mecánica. Lo cual se trataba de toda la parte exterior del proyecto. Como motobombas, electroválvulas, depósito de almacenamiento, aspersores, caudales y presiones necesarias. Tanto de los aspersores como de las motobombas que se requerían según la aplicación.

En esta tuvimos muchos inconvenientes ya que pensamos primero en las motobombas, no pensando en que los aspersores necesitan cierta presión de funcionamiento, un caudal por minuto necesario para un buen funcionamiento. Empezamos al contrario debido a no tener estos conocimientos, los cuales adquirimos saliendo a buscar gente experta en esta área, de la cual recibimos muy buena asesoría. Esa fue la clave del éxito que se lograba día a día, nunca nos quedamos quietos, problema que resultaba, problema que solucionábamos pronto apegándonos de la gente experta de cada tema.

Al salir de esta asesoría de las bombas y aspersores hubo cambios drásticos, ya que las bombas que pensábamos utilizar no nos hubieran servido, ya que no habíamos hecho ningún cálculo al respecto.

Que bomba utilizar, este depende de dos variables, el caudal que gasten el número de aspersores que se va a utilizar, en nuestro caso se va a utilizar aspersores de  $\frac{3}{4}$ . Cada uno gasta 4 galones por minuto, y la otra variable es la presión que se le debe dar al aspersor para que responda a sus 7 metros de radio de riego y así determinar que motobomba genera estos valores requeridos.

Otro componente clave era saber cómo se mide la cantidad de galones en un tanque, para saber de qué tamaño se debe fabricar. Para calcular los galones que le caben a un tanque cilíndrico solo se debe proceder a calcular el volumen, tienes que multiplicar el área de la base circular por la altura, aplicando la formula  $v = \pi r^2 h$ , y luego para expresar el resultado en galones se multiplica por la constante 7.48. Las medidas deben estar en la unidad de pies.

Con las electroválvulas si no se poseía inconvenientes ya que se pueden implementar electroválvulas de 12 voltios dc o de 110 voltios ac, siempre y cuando resista la presión que manejara el sistema.

Ya para culminar el resultado económico del proyecto fue favorable, si se ve de un punto visionario. A continuación se nombraran los respectivos materiales y su costo en el mercado.

Tabla 3.  
*Costo de materiales*

<b>Componente</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio unitario</b>	<b>Valor total</b>
Autómata	1	180.000	180.000
Gabinete	1	75.000	75.000
Sensores de humedad	2	19.488	38.976
Cable de interface	1	9.000	9.000
Sensores de nivel	2	18.560	37.120
fuelle	1	26.000	26.000
Relés	4	12.000	48.000

Contactores	2	20.000	40.000
Relés térmicos	2	24.000	48.000
Canaleta	1	15.000	15.000
Libreta para marcar	1	12.000	12.000
Borneras para riel omega	23	1.000	23.000
Bornera plástica	2	1.600	3.200
Terminales soquet	7	2.000	14.000
Bomba karson	2	76000	152.000
Cable de control	70m		120.000
Cable encauchetado	10m		60.000
Riel omega	1m	5.000	5.000
Pulsadores	2	5.500	11.000
Pilotos luminosos	6	4.500	27.000
Aspersores	2	11.000	22.000
Electroválvulas	2	34.800	69.600
<b>Total</b>			<b>1'035.896</b>

Fuente: diseño propio

## 7. Conclusiones

Con la implementación del sistema de riego automatizado se logra tener un crecimiento del cultivo bajo condiciones medioambientales controladas, entregando al área regada constantemente lo necesario para un crecimiento óptimo, mejorando así la productividad y la eficiencia de los trabajadores.

Llevar este sistema automatizado a muchas fincas que puedan generar esta problemática y así facilitar el trabajo de muchos de nuestros campesinos apoyándolos en otras tareas que a diario pueden surgir en la propiedad.

El aumento de la producción en la región satura el mercado y obliga a la apertura de nuevos convenios y a la exportación hacia los demás regiones del país e igualmente abarcar otros países del mundo el mercado, no solo de materia prima sino también del producto a cultivar con un valor agregado.

Se puede constatar que se han cumplido mayoritariamente los objetivos propuestos, ya que se ha diseñado un prototipo capaz de simplificar el trabajo a los campesinos mediante un sistema de riego inteligente.

Desde el comienzo se pretendía optimizar los recursos, ya que por medio de este factor económico lo volvería un proyecto interesante y viable para cualquier inversionista del sector de agricultura que deseara poseer un sistema inteligente económico en sus tierras.

Por otra parte estas horas de ingeniería tanto a nivel de diseño como de programación se han visto disminuidas por facilidad y flexibilidad de programación que permiten los microcontroladores. En este caso con la autómatas amp-d, aunque requiere un tiempo de adaptación al funcionamiento de las librerías de los módulos, ya que es un sistema totalmente distintos a los microcontroladores estudiados hasta la fecha. Estas librerías permiten adaptar los algoritmos al lenguaje de programación de una forma más fácil.

En opinión de nosotros, se ha podido trabajar en el aspecto que deseaba potenciar, que era la programación. Debido al número de horas dedicadas a este fin, se han logrado unos resultados de acuerdo con las expectativas iniciales, y por otra parte, se ha conseguido una familiarización con el uso de un dispositivo con el cual no se había operado anteriormente.

## 8. Recomendaciones

Con la realización de este proyecto se trató de avanzar muchísimo en conocer acerca de los diferentes sistemas de riego, pero nos dimos cuenta de que era un tema muy extenso, en el cual se debe profundizar mucho. Por eso deja abierta la posibilidad tanto para los integrantes del proyecto, como para otra persona que se interese por este tema, de que complementen investigando acerca del campo. Como es saber cuál es la humedad indicada para ciertos cultivos. Para determinar que sensores de humedad son los más apropiados, que aspersores son los indicados. Ya que para cada proceso se requiere un choque del agua alto o ya sea muy bajo.

Otro aspecto en el cual existe la posibilidad de enfoque es en la parte mecánica del sistema de riego, aunque en la realización se tuvieron en cuenta algunos cálculos, estamos seguros que no son suficientes para dejar un sistema 100% óptimo. Ya que todavía en esta parte mecánica puede existir mucho margen de error. Sería bueno complementar este tema haciendo cálculos de longitudes, de fricción, de amplificación de presiones, de curvas ascendentes en caso de tener un terreno muy inclinado. Este último influye mucho en el funcionamiento del sistema.

En la parte eléctrica que fue uno de los puntos que más sobresalieron, ya que era el tema en el cual estábamos más especializados, faltó algo que consideramos que a la hora de vender el proyecto es esencial tenerlo bien diseñado. Se trata de realizar el plano eléctrico en un software especial. El motivo por el cual no se culminó esta parte fue más que todo por el tiempo, ya que fue un proyecto muy ambicioso al cual se le dedicó mucho y hasta la fecha no se pudo culminar a un 100%.

En la parte de diseño queda muy abierto el proyecto, ya que por medio del sistema operativo android se puede realizar una interface gráfica, que sin duda sería un valor agregado al trabajo, ya que puede mejorar la presentación y ser de mucho más interés a los posibles clientes.

Con respecto a lo anterior opinamos que este gran trabajo no puede quedar obsoleto, y debe ser culminado en su totalidad. Como se dijo anteriormente ya sea por nosotros o por otro estudiante de la institución universitaria pascual bravo en un futuro.

## 9. Referencias bibliográficas

- areatecnologia. (s,f). *www.areatecnologia.com*. Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://www.areatecnologia.com/electricidad/contactor.html>
- El jardin. (s,f). *www.eljardin.ws*. Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://www.eljardin.ws/aspersores/>
- Electronica facil*. (s,f). Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-rele.php>
- Enciso, J., Parter, D., & Peries, X. (s,f). *cooperativa de texas extension*. Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://www.euskobaratza.com/wp-content/uploads/2016/02/Enciso-et-al-2008.-Uso-de-sensores-de-humedad-para-optimizar-el-riego.pdf>
- es.omega.com*. (s,f). Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html>
- Frenzel, L. (s,f). *Electronica aplicada a los sistemas de las comunicaciones*. Ciudad de Mexico: Alfaomega. Recuperado el 15 de 02 de 2016
- Granados, H. (s,f). *Metodos modernos de riego por superficie*. Aguilar. Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://es.slideshare.net/ayanami23/sistemas-de-riego-12185335>
- Gudel, J. M., & Gonzales Dominguez, P. (2009). *Instalaciones electricas interiores*. Barcelona: Altamar. Recuperado el 18 de 05 de 2016
- Leiva, L. F. (s,f). *Controles y automatismos electricos*. Andres flower. Recuperado el 18 de 05 de 2016
- Leo. (s,f). *ZHEJIANG LEO CO., LTD*. Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://www.leogroup.es/a1-peripheral-pump.html>
- Pizarro, H., & Moreno, C. M. (s,f). *Automatas*. Medellin. Recuperado el 18 de 05 de 2016
- Revilla, F. A. (s,f). *www.inea.uva.es*. Recuperado el 18 de 05 de 2016, de <http://lan.inea.org:8010/web/materiales/web/riego/anuncios/trabajos/Electrov%C3%A1lvulas%20para%20cobertura.pdf>