



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS AGROPECUARIAS

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO
AUTOMATIZADO PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL NONO DE LA UDLA.

Trabajo de titulación presentado en conformidad a los requisitos establecidos
para obtener el título de Ingenieros en Redes y Telecomunicaciones.

Profesor Guía

MSc. Jorge Luis Rosero Beltrán.

Autores

Edison David Alomoto Barahona
Jhony Fernando Ramírez Encalada

Año

2016

DECLARACIÓN DEL PROFESOR GUIA

“Declaro haber dirigido este trabajo a través de las reuniones periódicas con los estudiantes, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulen los trabajos de titulación”

Jorge Luis Rosero Beltrán

Master en ciencias con Especialidad Automatización

CI: 1803610185

DECLARACIÓN DE LOS ESTUDIANTES

“Declaramos que este trabajo es original y de nuestra autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.”

Edison David Alomoto Barahona

CI: 1711390805

Jhony Fernando Ramírez Encalada

CI: 1719446401

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de culminar mi carrera, a toda mi familia por su apoyo constante, paciencia y sacrificio, y a mis amigos que hicieron de esta etapa algo memorable.

Al ingeniero Pablo Moncayo por su apertura y guía para la recaudación de información sobre la Granja,

David Alomoto

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme alcanzar un logro más en mi vida.

A mi madre, Yolanda Encalada por enseñarme con todo su amor que con esfuerzo y constancia todo puede ser conseguido.

A mi madre y hermanos; Freddy, Wilmer, Tania y Stalin por estar siempre presentes , en especial por darme ánimos en los momentos más difíciles de mi vida, muchas gracias de corazón.

Gracias también a mi mejor amigo que aunque ya no estas se te recuerda todos los días.

Jhony Ramírez.

DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mi querida familia: Catherine, David y Paula. Gracias por su sacrificio y apoyo.

También a mi papá Tomás, mi tía Carmen y mis hermanos Ricardo, Andrés, Diego y Santiago. Su apoyo y ejemplo han sido muy importantes para mí siempre.

A mi mamá Fabiola

David Alomoto

DEDICATORIA

A Dios por ser el pilar fundamental en mi vida.

A mi madre y hermanos ya que sin su valioso apoyo nada hubiese sido posible.

A mi familia por motivarme y aconsejarme.

Jhony Ramírez.

RESUMEN

En el presente proyecto se desarrolla un prototipo de un sistema de riego por goteo y aspersión automáticos, que permita suministrar remotamente el agua, a través de un dispositivo electrónico de control que admita integrar y gestionar: un servidor web, una base de datos y que sea capaz de recibir y enviar señales, tanto de control como de información.

La interface de comunicación entre el usuario y el sistema, será una página web, en la cual se configurará los tiempos de regadío de los cultivos y por medio de un sensor de flujo se medirá la cantidad de agua utilizada por cada vez que haya sido utilizado el sistema.

La información de los tiempos de encendido, apagado y cantidad de agua utilizada serán almacenados en una base de datos y presentados en una página web.

El dispositivo de control elegido para el desarrollo del prototipo de sistema de riego, es el Raspberry pi 2B por cumplir con las características técnicas necesarias y por su bajo coste.

Mediante las pruebas de funcionamiento realizadas al prototipo se pudo evidenciar que se cumplen los objetivos tanto de control remoto de apertura y cierre de las electroválvulas como la presentación de la información de uso de agua.

ABSTRACT

This project develops a prototype of an automatic dripping and sprinkling irrigation system that allows to provide water remotely, through an electronic control device which allows to integrate and manage: a web server, a data base and it must be capable to receive and send control and information signals.

The communication interface between the user and the system, will be a web page, in which it will be possible to configure time to irrigation. The amount of water used will be measure through a flow sensor, each time this system is used.

The information about turn on time, turn off time and quantity of water used, will be stored in a database and this information will be show in a web page.

The control device chosen to build the prototype of system irrigation is the Raspberry pi 2B, due it meets the technical characteristics and low cost.

Through the tests made to the prototype, it was proved that the objectives of both remote control of opening and closing of solenoid valves and the presentation of information on water use are met.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| 1. MARCO TEÓRICO | 9 |
| 1.1 Invernadero | 9 |
| 1.2 Funcionamiento del invernadero | 10 |
| 1.3 Sistemas de Riego..... | 13 |
| 1.4 Riego por aspersión | 15 |
| 1.5 Elementos del sistema de riego por aspersión | 16 |
| 1.5.1 Bombas de Riego | 16 |
| 1.5.2 Tubería | 17 |
| 1.5.3 Aspersores | 17 |
| 1.6 Riego localizado | 19 |
| 1.6.1 Riego por goteo | 20 |
| 1.6.2 Microaspersión | 21 |
| 1.6.3 Riego a chorros | 21 |
| 1.6.4 Riego subsuperficial | 22 |
| 1.7 Automatización | 22 |
| 1.7.1 Lazo cerrado | 23 |
| 1.7.2 Lazo abierto..... | 24 |
| 1.8 Tipo de control para la elaboración del proyecto..... | 24 |
| 1.9 Dispositivos para el diseño de Control..... | 26 |
| 1.9.1 PLC | 26 |
| 1.9.2 Arduino | 27 |
| 1.9.3 Microcomputadoras | 27 |
| 1.9.4 El Actuador | 28 |
| 1.9.4.1 La Electroválvula para riego | 28 |
| 1.10 El medio de transmisión | 30 |
| 1.11 Interface hombre máquina..... | 32 |
| 1.11.1 Prestaciones del HMI..... | 33 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 1.12 | SCADA | 33 |
| 2. | DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO | 35 |
| 2.1 | Elección del microcontrolador | 35 |
| 2.1.1 | Raspberry pi 2B..... | 37 |
| 2.2 | Interface hombre-máquina del Sistema Automático de riego..... | 38 |
| 2.3 | Sistemas basados en la web..... | 39 |
| 2.3.1 | Arquitectura de sistemas basados en la web | 40 |
| 2.3.2 | Servicios web | 41 |
| 2.3.3 | El servidor web Apache..... | 41 |
| 2.4 | HTML | 42 |
| 2.4.1 | Estructura de HTML | 43 |
| 2.4.2 | Etiqueta <html> | 44 |
| 2.4.3 | Etiqueta <head> | 44 |
| 2.4.4 | Etiqueta <body> | 44 |
| 2.4.5 | Atributos | 44 |
| 2.5 | CSS | 45 |
| 2.5.1 | Estilos en Línea..... | 45 |
| 2.5.2 | Estilos Embebidos..... | 45 |
| 2.5.3 | Mediante un archivo externo | 46 |
| 2.6 | JavaScript | 46 |
| 2.6.1 | Sobre el documento HTML..... | 47 |
| 2.6.2 | JavaScript Embebido..... | 47 |
| 2.6.3 | JavaScript mediante archivo externo..... | 47 |
| 2.7 | jQuery | 47 |
| 2.7.1 | Sintaxis jQuery | 48 |
| 2.8 | Ajax..... | 49 |
| 2.9 | SQL | 49 |
| 2.10 | Python..... | 49 |

| | |
|--|-----------|
| 2.11 Elección del medio de transmisión | 49 |
| 2.11.1 Antena ALCON ASUS | 50 |
| 2.12 Implementación de Raspberry 2B..... | 51 |
| 2.12.1 Actualización del Sistema Operativo..... | 52 |
| 2.12.2 Activación del modo súper usuario o modo ROOT | 52 |
| 2.12.3 Espacio en la memoria MicroSd | 53 |
| 2.13 Instalación de servidor de páginas web | 57 |
| 2.13.1 Apache..... | 57 |
| 2.13.2 MySQL..... | 58 |
| 2.13.3 PHP | 58 |
| 2.13.4 phpMyAdmin..... | 59 |
| 2.14 Configuración del servidor | 61 |
| 2.15 Diagrama de flujo de la Aplicación web..... | 63 |
| 2.16 Base de datos..... | 64 |
| 2.17 Pines Raspberry GPIO utilizados..... | 65 |
| 2.18 Diagrama de conexiones hacia el Raspberry..... | 67 |
| 2.19 Conexiones del Sensor de Flujo. | 67 |
| 2.20 Funcionamiento del sensor de flujo..... | 68 |
| 2.21 Electroválvula..... | 69 |
| 2.22 Seguridades | 70 |
| 3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO..... | 71 |
| 3.1 Diagrama de funcionamiento. | 71 |
| 3.2 Activación y Desactivación del Regadío..... | 71 |
| 3.3 Conexiones..... | 72 |
| 4. ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO..... | 74 |
| 4.1 Costo del dispositivo de control..... | 74 |
| 4.2 Costo del medio de transmisión | 75 |
| 4.3 Costo del proyecto..... | 75 |
| 4.4 Costo estimado de la implementación. | 76 |

| | |
|--|-----------|
| 4.5 Consideraciones a tener en cuenta para la implementación.. | 77 |
| 5.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 78 |
| 5.1 Conclusiones..... | 78 |
| 5.2 Recomendaciones..... | 79 |
| REFERENCIAS | 80 |
| ANEXOS | 83 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1. Válvulas mecánicas..... | 1 |
| Figura 2. Sistema de riego utilizado actualmente..... | 1 |
| Figura 3. Diagrama de bloques del sistema de Automatización de riego..... | 5 |
| Figura 4. Funcionamiento del Invernadero..... | 11 |
| Figura 5. Riego por aspersión..... | 16 |
| Figura 6. Modelo de dispersión de agua para aspersor de impacto..... | 17 |
| Figura 7. Aspersor de impacto..... | 18 |
| Figura 8. Ejemplos de riego por goteo..... | 19 |
| Figura 9. Riego por goteo..... | 20 |
| Figura 10. Microaspersores de cuerpo rotativo..... | 21 |
| Figura 11. Emisor impulsor de chorro de agua..... | 21 |
| Figura 12. Riego subsuperficial..... | 22 |
| Figura 13. Diagrama de bloques del sistema de Control..... | 24 |
| Figura 14. Diagramas $V(t)$ y $q(t)$ | 25 |
| Figura 15. Funcionamiento de la electroválvula. a) cerrada, b) abierta..... | 29 |
| Figura 16. Diagrama de bloque del Sistema Automatizado de riego..... | 30 |
| Figura 17. Distancia entre el invernadero y las oficinas en la granja experimental Nono de la UDLA..... | 32 |
| Figura 18. Esquema de la Interface Hombre-Máquina..... | 39 |
| Figura 19. Ejemplo etiqueta HTML..... | 43 |
| Figura 20. Estructura HTML5..... | 43 |
| Figura 21. Enlace inalámbrico..... | 50 |
| Figura 22. Programa Win32 para montar el Sistema Operativo..... | 51 |
| Figura 23. Formateo de la tarjeta MicroSD..... | 51 |
| Figura 24. Configuración del usuario ROOT..... | 52 |
| Figura 25. Modo SuperUsuario..... | 53 |
| Figura 26. Particiones y capacidad del disco..... | 54 |
| Figura 27. Comando fdisk Gestión de particiones..... | 55 |
| Figura 28. Eliminación de particiones..... | 55 |
| Figura 29. Nueva partición..... | 56 |
| Figura 30. Configuración de nueva partición..... | 56 |

| | |
|---|----|
| Figura 31. Uso de la capacidad total del disco | 57 |
| Figura 32. Verificación de funcionamiento de Apache | 58 |
| Figura 33. Código para verificar las configuraciones de PHP | 59 |
| Figura 34. Página de información de PHP | 59 |
| Figura 35. Selección de servidor para phpmyadmin | 60 |
| Figura 36. Página de inicio de phpmyadmin..... | 60 |
| Figura 37. Jerarquía de carpetas del sitio web..... | 61 |
| Figura 38. Página index.php de la aplicación web | 62 |
| Figura 39. Diagrama de flujo de la aplicación web | 63 |
| Figura 40. Página informes.php | 64 |
| Figura 41. Creación de la Base datos | 64 |
| Figura 42. Configuración de columnas de la base de datos..... | 65 |
| Figura 43. Distribución de Pines Raspberry | 66 |
| Figura 44. Diagrama de conexiones..... | 67 |
| Figura 45. Conexión del sensor de Flujo..... | 68 |
| Figura 46. Conexión del relé y electroválvula..... | 70 |
| Figura 47. Diagrama de funcionamiento | 71 |
| Figura 48. Alertas de configuración..... | 71 |
| Figura 49. Configuración de tiempo | 72 |
| Figura 50. Conexión desde el Raspberry hacia los relés | 73 |
| Figura 51. Conexión hacia las electroválvulas | 73 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Trabajos de Titulación referentes a Sistemas de Riego | 3 |
| Tabla 2. Factores que favorecen la elección del método de riego | 14 |
| Tabla 3. Valores indicativos de las eficiencias de aplicación para sistemas de riegos bien proyectados y bien mantenidos. | 15 |
| Tabla 4. Características de instalación de medios guiados punto a punto | 31 |
| Tabla 5. Principales estándares inalámbricos | 31 |
| Tabla 6. Cuadro Comparativo Dispositivos de Control..... | 37 |
| Tabla 7. Pines GPIO utilizados..... | 66 |
| Tabla 8. Conexión del sensor de flujo hacia el Raspberry. | 68 |
| Tabla 9. Costos incurridos en la elaboración del prototipo..... | 75 |
| Tabla 10. Costos estimados de implementación | 76 |
| Tabla 11. Costo estimado de implementación corregido..... | 76 |
| Tabla 12. Comparativa de precios de soluciones para riego automático | 77 |

INTRODUCCIÓN

En julio del 2012 la Universidad de las Américas adquirió una Granja Experimental de 20 hectáreas en Nono, para fortalecer las áreas experimentales y de trabajo de campo. Dicha Granja es un centro orientado a ofrecer una experiencia práctica a los estudiantes de varias carreras entre ellas Veterinaria, Administración, Ambiental, Turismo, Agroindustria, Odontología y Biotecnología que realizan prácticas (Universidad de las Américas, s.f.). Los estudiantes trabajan en programas de alimentación y nutrición animal, estrategias de intervención administrativa, prácticas de fertilización, control de plagas y enfermedades (Mundo UDLA, s.f.). Este centro administra entre otras dependencias, invernaderos, los cuales utilizan sistemas de riego manuales como se puede observar en las figuras 1 y 2, debido a que las válvulas empleadas son mecánicas y el sistema de riego por aspersion, al no ser de ubicación fija, debe ser instalado cuando y donde se lo requiera.



Figura 1. Válvulas mecánicas



Figura 2. Sistema de riego utilizado actualmente

Durante una entrevista realizada al Ing. Pablo Moncayo (Moncayo, 2015), encargado del Centro Experimental Nono, menciona que actualmente dicho centro no cuenta con un sistema de riego automático que use eficientemente el agua. A pesar de que en el mercado existen varios métodos y sistemas automatizados para producción bajo invernadero, el Centro Experimental no cuenta con un sistema que se adapte a las necesidades de la granja.

En la siguiente Tabla 1, se resumen varios trabajos de automatización de sistemas de riego. Estos y otros trabajos realizados en el país servirán como punto de partida para consultas y referencias respecto al buen uso y automatización del agua de riego en invernaderos y adaptar estas soluciones a la Granja de la UDLA.

Tabla 1. Trabajos de Titulación referentes a Sistemas de Riego

| Año | Aplicación | Control y Comunicación | Descripción | Universidad |
|------------|--|---|---|--------------------------------------|
| 2015 | Control y monitoreo de reservorios de agua para riego (Miranda, 2015) | SMS GSM / GSM/GPRS | Control del nivel de agua y el mecanismo de distribución hacia los usuarios de forma automática, mediante una interfaz de comunicación móvil (GSM/GPRS) | PUCE |
| 2013 | Sistema de riego Automatizado (Vásconez & Chamba, 2013) | GSM ME 3006 PIC 16F877A / Xbee | Utiliza la tecnología Xbee inalámbrica para la comunicación entre el sistema el cual está controlado por un microcontrolador PIC. | UPS Guayaquil |
| 2012 | Automatización de riego en invernaderos (Lopez & Sánchez, 2012) | SCADA1 en LabView v9.0 2013/ PLC / GPRS y GPS | Automatización mediante el sistema SCADA en base a los factores programados en el PLC, el control se hace mediante la ayuda de GPRD y GPS | UIDE Sede Loja |
| 2013 | Supervisión y control de Cultivos bajo invernadero (Erazo & Sánchez, 2011) | PLC SCADA / AS-I HMI SCADA | Control del nivel de agua, temperatura, humedad y protección contra heladas, con la ayuda de PLC y el sistema SCADA | ESPE Latacunga |
| 2013 | Mejora del sistema de riego (Arévalo, 2011) | Microcontrolador es PIC 16F628A / 18F1220 / Inalámbrica | Mejora del sistema de riego mediante el uso del PIC 16F628A / 18F1220 / Inalámbrica | PUCE Ambato |
| 2010 | Invernadero (Alvarado, 2010) | Microcontrolador es PIC 16F877A / 18F84A/ Serial | Controla parámetros medioambientales y dosificación del recurso hídrico sobre los cultivos mediante la programación del PIC 16F877A / 18F84A/ Serial | Universidad Tecnológica Israel |

El agua es un recurso no renovable que por diferentes factores climáticos y de polución se está volviendo escaso a nivel mundial. Según la FAO, *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura), señala que:

“Durante los últimos 50 años, la ordenación de la tierra y el agua ha permitido satisfacer el rápido incremento de la demanda de alimentos y fibras. En especial, el riego y la agricultura mecanizados e intensivos en insumos han contribuido a aumentar rápidamente la productividad. La producción agrícola mundial ha aumentado entre 2,5 y 3 veces durante el período objeto de estudio, mientras que la superficie cultivada ha crecido solo un 12 por ciento (...) Más del 40 por ciento del incremento de la producción alimentaria se ha registrado en las zonas de regadío, que se ha duplicado en superficie. En el mismo período, la superficie cultivada de tierra por persona disminuyó gradualmente a menos de 0,25 hectáreas, una medida clara del éxito de la intensificación agrícola. Actualmente, la agricultura utiliza el 11 por ciento de la superficie terrestre del mundo para la producción agrícola, y representa el 70 por ciento del agua total extraída de acuíferos, ríos y lagos” (FAO, s.f.).

El uso de la tecnología, conocimientos e información actual aplicados a los sistemas de riego pueden aumentar de forma considerable la producción y la eficiencia de aprovechamiento del agua. (FAO, s.f)

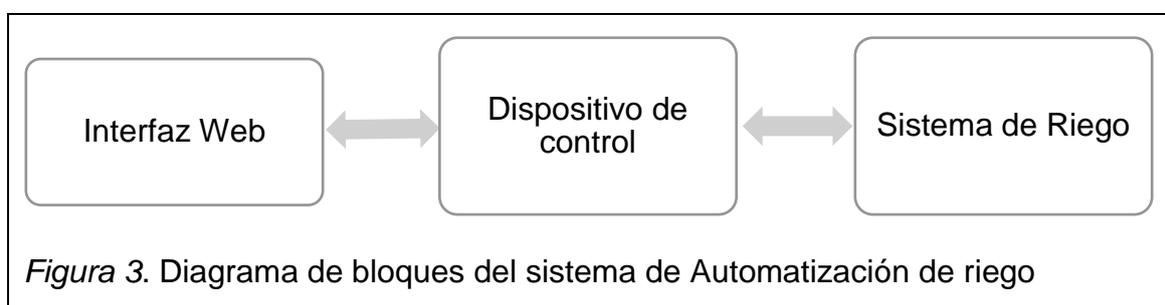
Alcance

El alcance de este trabajo de titulación es diseñar y construir un prototipo automatizado de sistema de riego en un invernadero de la Granja Experimental Nono de la UDLA. Se propone elaborar un prototipo con un controlador programable que permita realizar el riego por goteo y aspersion, el mismo que se adaptará al sistema de riego que actualmente tiene la Granja.

Para el presente proyecto se investigará el dispositivo de control (PLC, microcontrolador, etc.) y el lenguaje de programación que se adapte de mejor

manera a los requerimientos técnicos de la granja. Dicho dispositivo será el medio de comunicación entre el usuario y el sistema de riego.

El manejo, control y generación de reportes como por ejemplo tiempo de funcionamiento y cantidad de agua utilizada será mediante la programación de una interfaz web. El dispositivo de control y lenguaje de programación seleccionados deberán posibilitar la creación de esta interfaz web y la comunicación deberá ser bidireccional al poder controlar el sistema y adquirir datos del mismo para la generación de reportes.



Justificación

La necesidad de un sistema automático que permita el control de los horarios y la cantidad de agua utilizada por los cultivos de manera eficiente es indispensable, ya que no se tendrá desperdicio de agua ni producto dañado por falta o exceso de riego.

Mediante el presente proyecto se podrá corregir el uso del agua y se mejorará la disponibilidad del recurso humano. Actualmente el riego se realiza de forma manual; una persona es la encargada de activar las válvulas mecánicas y dar inicio al riego, por las dimensiones de la Granja, ésta persona ocupa varias horas al día en realizar este trabajo que es repetitivo y mecánico.

El diseño y construcción de un sistema de riego automatizado del manejo del agua permitirá:

- Ahorrar recursos hídricos en la producción agrícola. Actualmente el sistema manual da lugar a olvido lo que provoca que se desperdicie agua.
- Mejorar la disponibilidad del recurso humano al automatizar el proceso y depender del mismo en menor medida. Este tiempo puede ser aprovechado en otras tareas que requieran del intelecto humano si se automatiza este procedimiento.
- Permitirá que el proceso no esté supeditado al error u olvido humano por lo que los productos no se dañarán por falta o exceso de riego.
- El proyecto aportará a la Universidad de las Américas el estudio para la implementación de un sistema automatizado para el uso del agua en el centro experimental.
- Mediante el estudio y creación del sistema de riego se contribuirá a la comunidad con un diseño nacional de una solución para sistemas automáticos de riego bajo invernadero.

Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo de Sistema de Riego Automatizado mediante el uso de un dispositivo de control programable.

Objetivos específicos

- Investigar y elegir un dispositivo de control que cumpla con las necesidades técnicas requeridas por la Granja de la UDLA.
- Diseñar el sistema de control lógico del sistema de riego.
- Construir el prototipo con el dispositivo de control elegido.
- Realizar pruebas de funcionamiento del prototipo.
- Elaborar un análisis de costo del proyecto.

Metodología a utilizar

Para la realización del presente proyecto se utilizará un enfoque mixto, es decir, tanto el método inductivo, deductivo y exploratorio.

El método deductivo es aquel que se basa en conocimientos y leyes generales utilizadas en casos específicos (Bernal, 2010, p. 59), y será aplicado en la adaptación de un sistema que ya existe a un caso particular.

También se utilizará el método exploratorio con el cual se recopilará y se documentará la información necesaria para el desarrollo del trabajo.

Al presente proyecto se le dará un enfoque cualitativo tomando en cuenta que se pretende mejorar un proceso, que en este caso es el riego por goteo y aspersión, y obtener un proceso mejorado en base a la automatización del mismo.

Técnicas de investigación: como lo menciona Bernal (Bernal, 2010, p. 195), existen varias técnicas que se pueden aplicar en este caso.

En este sentido, el presente proyecto se desarrollará con las siguientes técnicas de investigación:

- Observación, para la recolección de datos, fichas de observación, fichas de resultados experimentales.
- Entrevista, para determinar concretamente la situación actual de la Granja Experimental Nono de la UDLA.

A continuación, se dará paso al desarrollo del proyecto Diseño y Construcción de un Prototipo de Sistema de Riego Automatizado para la Granja Experimental Nono de la UDLA.

En el primer capítulo se revisará el Marco Teórico del proyecto, definiciones de Automatización y Riego, explicación de términos importantes que se utilizan a lo largo del documento, así como los conceptos fundamentales, teoría de los dispositivos, técnicas, herramientas y aplicaciones a usarse.

En el capítulo dos, Diseño y construcción del prototipo de Sistema Automático de Riego, se explica el proceso de selección del dispositivo a usar, se describe

la metodología y el diseño para la elaboración del prototipo, contiene diagramas de flujo, esquemas y manuales de funcionamiento. En general, se documenta el proceso de construcción del prototipo.

El tercer capítulo está dedicado a las Pruebas de funcionamiento, documentación de los procedimientos y resultados de las pruebas de funcionamiento realizadas.

En el cuarto capítulo se realiza un Análisis de Costo del proyecto, con las respectivas evaluaciones y conclusiones de viabilidad del mismo.

Finalmente, en el capítulo quinto se presentan las Conclusiones y Recomendaciones de la realización del proyecto, así como las de su implementación y aplicación práctica.

1. MARCO TEÓRICO

El diseño del prototipo de sistema Automatizado de riego conlleva la confluencia de varias ramas de investigación y estudios. Por un lado, se tiene el campo de las Ciencias Agropecuarias que encierra lo que es la producción de cultivos, sistemas de riego, invernaderos, etc. y por otro lado la parte de Electrónica, Automatización y Redes de Comunicación que componen la parte de la solución a la tesis planteada. Se empezará haciendo referencia a los Invernaderos y Sistemas Riego y sus definiciones, a continuación, se describe la definición de Automatización y sus diversas aplicaciones, así como también conceptos de la Automatización aplicada al Riego en Invernaderos que se usan a lo largo del desarrollo del proyecto. Por último, se topa el tema de los distintos medios de comunicación aplicables al presente proyecto para luego elegir uno en la parte de diseño, y se concluye con la definición e Interface hombre-máquina, concepto importante para determinar el dispositivo de control a utilizar.

1.1 Invernadero

Un invernadero es un lugar adecuado con estructuras fijas y cobertores traslúcidos que permite el control de los parámetros principales en la producción agrícola que son: temperatura, humedad relativa, iluminación y nivel de anhídrido carbónico (CO₂).

La temperatura influye en el tamaño que alcanza la planta y en su desarrollo. La temperatura estándar para las plantas está entre los 10° y 20 ° C, pero este dato varía mucho dependiendo del producto que se cultive. En el interior del invernadero el calor se concentra y guarda para las horas frías dependiendo de la radiación solar. (Infoagro Systems, s.f.).

La humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire en relación con la máxima que sería capaz de contener a la misma (Infoagro Systems, s.f.). Este parámetro influye directamente en el producto final tanto en el tamaño con

presencia de enfermedades si es demasiado bajo, así como en deshidratación si es demasiado alto. Este parámetro está relacionado en forma inversamente proporcional a la temperatura. Puede reducirse su valor con la ventilación, aumento de temperatura o disminución de humedad en el suelo (riego) (Infoagro Systems, s.f.).

La luminosidad es un factor importante en el proceso de fotosíntesis de las plantas, y al ser mayor se deben aumentar también la temperatura, la humedad relativa y la cantidad de CO₂ para favorecer este proceso, caso contrario, estos parámetros no se necesitan aumentar (Infoagro Systems, s.f.).

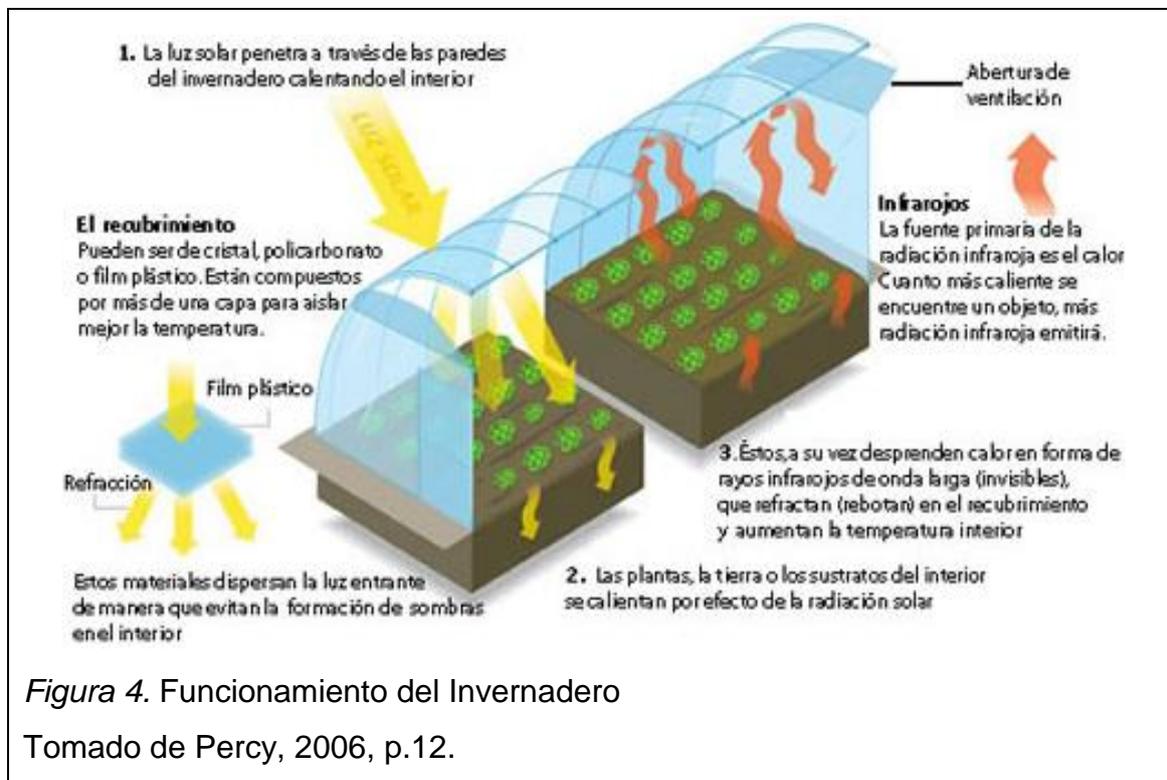
Al igual que los otros parámetros mencionados, el nivel de CO₂ óptimo para la producción depende de la especie cultivada, en forma general se puede decir que el nivel de concentración de CO₂ en la atmósfera es de 0.03%, para que el proceso de fotosíntesis alcance su máxima producción se debe aumentar este nivel a 0.1 o 0.2 % cuando los demás factores de producción sean óptimos. Un nivel del 0.3% o mayor es dañino para las plantaciones (Infoagro Systems, s.f.). Por sus características casi herméticas, el invernadero protege a los cultivos de las inclemencias del clima como ráfagas de viento, granizo, heladas y otros factores perjudiciales como plagas o insectos.

Por sus características, el invernadero permite elevar la producción de los cultivos a bajo costo, dependiendo del grado de tecnificación y control que se implemente, en general un invernadero mejora la producción en sí sin mucha infraestructura “es decir, lo que en definitiva procura la agricultura bajo plásticos es un abastecimiento de alimentos más grande, menos costoso y más seguro” (Percy, 2006, p. 9)

1.2 Funcionamiento del invernadero

Gracias a su cubierta translúcida, la energía solar entra y calienta el interior del invernadero durante el día. La cubierta debe tener la propiedad de aislar la temperatura, y los elementos en el interior del invernadero se calientan gracias

a la energía solar que ingresa a través de la cubierta. Este calentamiento interno genera calor en forma de radiación infrarroja que rebota en la cubierta y aumenta el calor al interior del invernadero.



Los invernaderos permiten controlar en cierta medida varios aspectos de la producción agrícola, como se mencionó en los párrafos anteriores. Pero más aún permite controlar ciertos aspectos inherentes al proceso de producción agrícola como son:

Control climático, mencionado anteriormente y solamente se recalca que los factores externos como lluvia, viento, heladas, etc. son menos peligrosos para los cultivos en un ambiente controlado y también se debe tomar en cuenta que el uso de invernaderos permite producir cultivos totalmente fuera de temporada y alcanzar una mayor rentabilidad.

Control de recursos, principalmente el agua, recursos energéticos y humanos gracias a la automatización.

Control de plagas, lo que resulta muy poco probable que afecten a los cultivos protegido bajo invernadero.

En resumen, podemos concluir que el uso de invernaderos presta las siguientes ventajas:

- Precocidad en los frutos.
- Aumento de la calidad y del rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Mejora del control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año. (Percy, 2006, p. 13)

En el trabajo referido en el tema de invernaderos, "Invernaderos: construcción y manejo", Percy G. señala desventajas que se mencionan a continuación con ciertas observaciones a las mismas:

- Alta inversión inicial. Esta afirmación es relativa ya que según la publicación de la FAO, "Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos" (Estrada, 2012), se puede construir un invernadero con muy pocos recursos, este estudio fue hecho en Perú-Bolivia para campesinos del altiplano e indica la forma de construir un invernadero a un costo muy bajo.
- Alto costo de operación. Este costo se lo puede bajar considerablemente con la automatización del invernadero, lo cual implica una inversión inicial que verá reflejado sus frutos a futuro.
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos. En el estudio de Estrada Juan citado arriba, explica la forma en la que se puede llevar un control del invernadero sin que el operador requiera conocimientos técnicos, simplemente con el control de ciertos parámetros importante como temperatura y humedad y

con el seguimiento y registro de los mismos, como se mencionó, este estudio está orientado a campesinos del altiplano andino. Con la automatización esta “desventaja” también pierde validez.

Una vez revisados los conceptos principales sobre invernaderos se continúa con la revisión de conceptos básicos sobre sistemas de riego.

1.3 Sistemas de Riego

El sistema de riego es el segmento en el proceso para generación de productos de cultivo que se va a controlar y por tal motivo es importante definirlo. Existe una gran cantidad de tipos de sistemas de riego pero en este caso específico se centrará la atención en el Sistema de Riego por Aspersión y por Goteo ya que este tipo de sistema está definido en el desarrollo del presente proyecto como se menciona en el apartado Antecedentes del capítulo uno.

Se define como riego a la captación de agua para los cultivos o plantas. Cuando la necesidad del agua para un cultivo supera a la disponibilidad de la misma, se crea una necesidad de riego, caso contrario se requeriría una de drenaje. El riego se obtiene a partir de la lluvia o de un Sistema de riego que capta el agua para los cultivos.

El sistema de riego es “...el conjunto de equipamientos y técnicas de gestión que aseguran la captación del agua, su almacenamiento, transporte y distribución...” a los cultivos (Pereira, Valero, Picornell, & Tarjuelo, 2010, p. 112).

Existen varios sistemas de riego, los principales son:

- Por inundación
- Riego por surcos y corrugaciones.
- Riego por aspersión.
- Riego por goteo

Tabla 2. Factores que favorecen la elección del método de riego

| Factores | Riego de superficie | Aspersión | Riego localizado |
|---------------------------------------|----------------------------|------------------|-------------------------|
| Precio del agua | Bajo | Medio | Alto |
| Suministro del agua | Irregular | Regular | Continuo |
| Disponibilidad del agua | Abundante | Media | Limitada |
| Pureza del agua | No limitante | Sin sólidos | Elevada |
| Capacidad de infiltración del suelo | Baja a media | Media a alta | Cualquiera |
| Capacidad de almacenamiento del suelo | Alta | Media a baja | No limitante |
| Topografía | Plana y uniforme | Relieve suave | Irregular |
| Sensibilidad al déficit hídrico | Baja | Moderada | Alta |
| Valor de la producción | Bajo | Medio | Alto |
| Coste de la mano de obra | Bajo | Medio | Alto |
| Coste de la energía | Alto | Bajo | Moderado |
| Disponibilidad del capital | Baja | Media a alta | Alta |
| Exigencia en tecnología | Limitada | Media a alta | Elevada |

Tomado de Pereira et al., 2010, p 113.

La Tabla 2 resume los principales factores que afectan la elección de un método de riego u otro.

Tabla 3. Valores indicativos de las eficiencias de aplicación para sistemas de riegos bien proyectados y bien mantenidos.

| Sistema de riego | Eficiencia (%) |
|---|-----------------------|
| Riego por gravedad con nivel de precisión: | |
| Surcos | 65 – 85 |
| Fajas | 70 – 85 |
| Canteros | 70 – 90 |
| Riego por gravedad tradicional: | |
| Surcos | 40 – 70 |
| Fajas | 40 – 70 |
| Canteros | 45 – 70 |
| Riegos de arroz, canteros en inundación permanente. | 25 – 70 |
| Riego por aspersión: | |
| Sistemas estacionarios de cobertura total | 65 – 85 |
| Sistemas estacionarios desplazables manualmente | 65 – 80 |
| Laterales con ruedas | 65 – 80 |
| Cañón con enrollador o con cable | 55 – 70 |
| Laterales móviles, con pivote central | 65 – 85 |
| Micro riego (riego localizado): | |
| Goteos, \approx 3 emisores por planta (frutales) | 85 – 95 |
| Goteos, < 3 emisores por planta | 80 – 90 |
| Micro-aspersores y “difusores” (frutales) | 85 – 95 |
| Línea continua de emisores gota a gota | 70 – 90 |

Tomado de Pereira et al., 2010, p. 119

1.4 Riego por aspersión

El riego por aspersión consiste en la aplicación del agua en el cultivo en forma de lluvia. Este sistema puede ser aplicado en la mayoría de los cultivos independientemente de la topología del terreno, por este motivo su uso se ha extendido de forma rápida.

Como se ve en la Tabla 2, la eficiencia de aplicación de este sistema tiene un rango de 55 a 80% que es mayor al que se obtienen cuando se usan sistemas de riego tradicionales como riego por gravedad o por inundación.



Figura 5. Riego por aspersión.

Tomado de Pereira et al., 2010, p. 165, Senninger (2003)

Los sistemas de riego por aspersión pueden dividirse en estacionarios y móviles. Los estacionarios permanecen en una sola posición mientras el agua se aplica al terreno, esto incluye los que se desplazan de una posición a otra ya sea de forma manual o mecanizada. Los móviles son los que se mueven mientras dura la aplicación del agua.

1.5 Elementos del sistema de riego por aspersión

1.5.1 Bombas de Riego

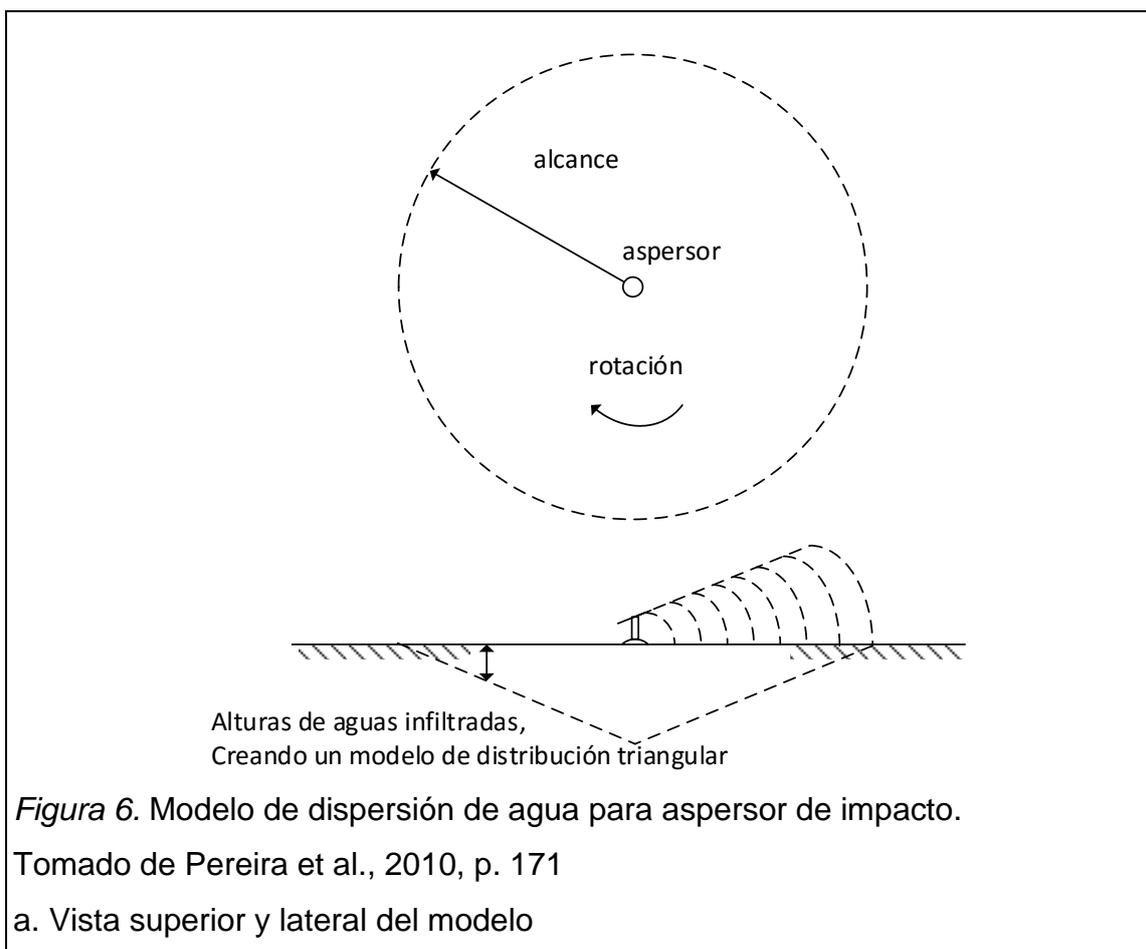
Ayuda a transportar el agua desde la fuente hasta los aspersores a una presión determinada por las características de la bomba y con un caudal alto para poner en funcionamiento los aspersores. Generalmente es una bomba de combustión o eléctrica.

1.5.2 Tubería

Constituye las líneas de distribución de agua tanto principales como secundarias, se conectan entre ellas y con los aspersores por medio de acoplamientos rápidos.

1.5.3 Aspersores

Constituye la parte principal del sistema, aplican el agua en el cultivo en forma de lluvia gracias a la presión del agua en la tubería. Giran en sentido horizontal por lo que el área regada determina un círculo (Figura 6). Generalmente la mayor concentración de agua aplicada está en la región más cercana al aspersor por lo que la forma de aplicación determina un triángulo como se ve en la Figura 6.

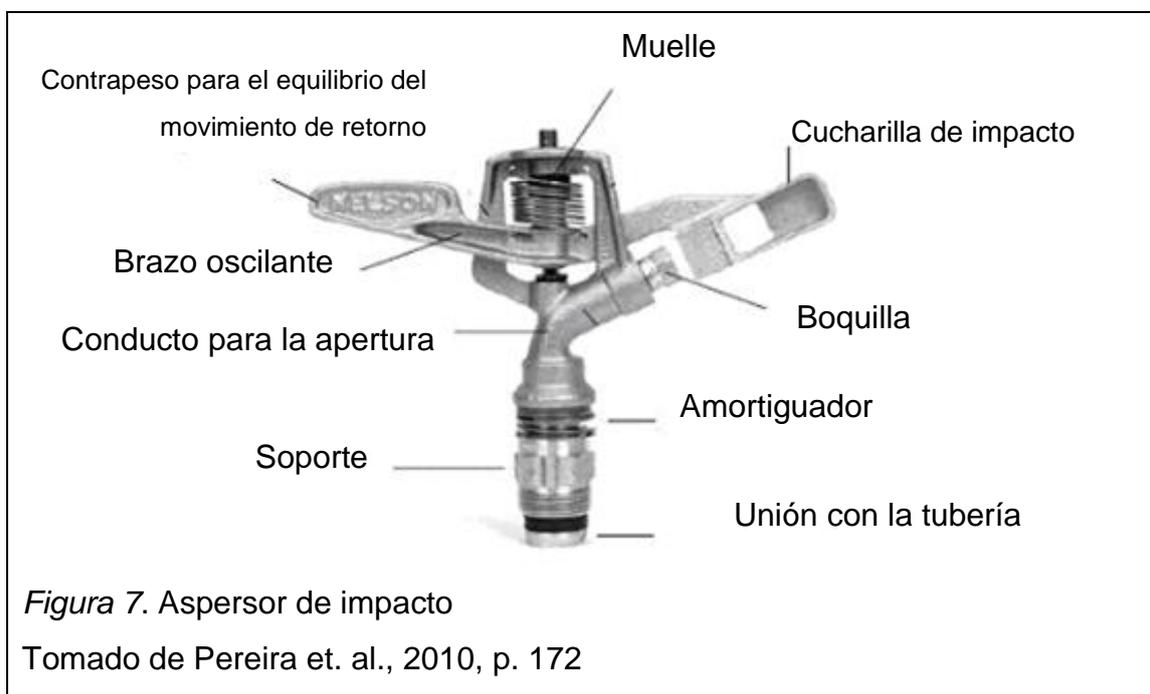


Los aspersores pueden clasificarse en:

- Rotativos o de impacto. El chorro de agua hace girar al aspersor.
- Rotativos de turbina. El giro lo produce una pequeña turbina instalada en el aspersor, generalmente usado en el riego de jardines y césped.
- De plato rotativo. De bajo alcance y presión
- Difusores o aspersores estáticos. El riego se produce por el choque del chorro de agua contra una placa.
- Tubos perforados. El agua sale por los pequeños hoyos perforados en la tubería.

1.5.3.1 Funcionamiento del aspersor de impacto

En la Figura 7 se pueden apreciar las partes principales de un aspersor de impacto.



El funcionamiento del aspersor se basa en una serie de muelles, resortes y topes, elementos mecánicos que hacen que el aspersor gire conforme el chorro

de agua golpea un brazo oscilante. Este movimiento es horizontal, constante y corto para evitar que queden áreas sin regar.

1.6 Riego localizado

El riego por goteo forma parte de un sistema de riego llamado localizado, al igual que el sistema de riego por aspersión, el riego localizado funciona gracias a la presión y caudal de agua por las tuberías, solamente que en este caso, la aplicación se da directamente en la planta y la presión y caudal necesarias son menores, por lo tanto el tiempo de aplicación y el intervalo entre las mismas es menor.



Figura 8. Ejemplos de riego por goteo

Tomado de Pereira et. al., 2010, p. 229, fuente Antelco (2003).

En el sistema de riego localizado, al igual que en aspersión, se usan bombas de riego y tubería. La diferencia radica en la aplicación directa del agua en la planta.

Según el método que se use para aplicar el agua, se puede dividir el riego por goteo en: riego por goteo, microaspersión, riego a chorros y riego subsuperficial.

1.6.1 Riego por goteo

El método de aplicación del agua es a través de goteros que se localizan en la tubería espaciados uniformemente de manera que coincidan con la ubicación de la planta en la parcela. Los orificios son muy pequeños y el agua se aplica lentamente.

El sistema de riego por goteo reduce el consumo de agua y la utilización de mano de obra gracias a la automatización.

Como contra parte se pueden mencionar algunas desventajas de este tipo de sistemas:

- Los costos de instalación son en general superiores.
- Los pequeños orificios son propensos a obstrucción



Figura 9. Riego por goteo

Tomado de Pereira et. al., 2010, p. 229

1.6.2 Microaspersión

Tiene la filosofía de funcionamiento del riego por aspersión pero en este caso los microaspersores riegan áreas pequeñas en comparación, de 1 a 5 m.



1.6.3 Riego a chorros

Este método se aplica con difusores ubicados a ras del suelo y por los cuales se aplica el agua a la planta.



1.6.4 Riego subsuperficial

Los emisores están colocados directamente en los ramales y estos van enterrados, la aplicación del agua es a través de tubos porosos o también tubos de doble cámara con orificios.



Figura 12. Riego subsuperficial

Tomado de Pereira et. al., 2010, pg. 235

Una vez revisados los conceptos básicos de invernaderos y sistemas de riego se prosigue con la revisión de conceptos sobre automatización y control para continuar con el desarrollo del tema. Hasta ahora se han revisado conceptos en base a la situación actual de la Granja de Nono. Los siguientes conceptos se exponen de forma general y su selección y justificación serán desarrolladas en el Capítulo 2 Diseño y construcción del prototipo, excepto el apartado de la electroválvula, que si bien forma parte del sistema de riego, se lo revisa en la parte de automatización por su papel como dispositivo actuador dentro del sistema de control.

1.7 Automatización

Otro aspecto a considerar en el presente proyecto es la automatización y control, la Automática, según la Real Academia de la Lengua Española, “es la ciencia que trata de sustituir en un proceso el operador humano por

dispositivos mecánicos o electrónicos” (Real Academia de la Lengua Española, s.f.). Se puede considerar por lo tanto que Automatización y Automática son términos equivalentes.

La evolución tecnológica en los campos de la electrónica, comunicaciones, robótica, semiconductores, etc. permite hoy en día la automatización y el control vía remota de muchos procesos de producción que en otros tiempos eran ejecutados por personal humano. Esta evolución tecnológica ha permitido que el hombre automatice tareas repetitivas y no necesariamente estando presente, lo que se traduce en un aumento de productividad y en un ahorro de tiempo del factor humano en las empresas.

Esta rama de la ciencia, la Automatización, se implementa a través de un Sistema de Control, que, haciendo una analogía con la definición dada de los Sistemas de Riego, se puede decir que es el conjunto de dispositivos y técnicas eléctricas, electrónicas y mecánicas de gestión, que permiten la automatización y control de un proceso determinado.

Existen 2 tipos principales de sistemas de control que se aplican en la industria:

1.7.1 Lazo cerrado

Se denominan sistemas de control en lazo cerrado a los sistemas que pueden ser realimentados con la señal de salida. Cuando el “sistema mantiene una relación determinada entre la salida y entrada de referencia, comparándolas y usando la diferencia como medio de control” (Ogata, 2010, p. 7). Esto significa que el sistema corrige automáticamente sus señales de salida en función de la retroalimentación que recibe del sistema mismo.

1.7.2 Lazo abierto

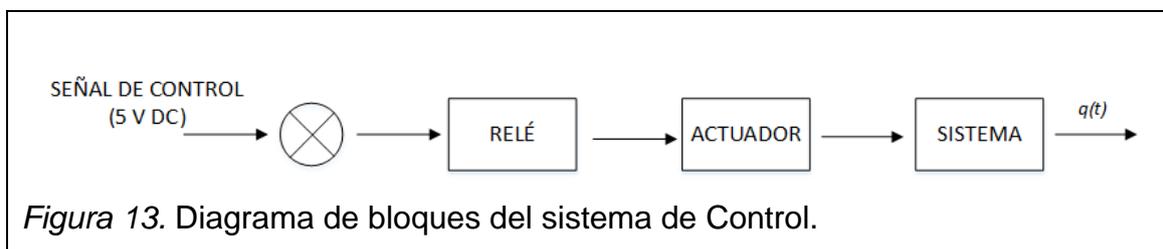
Los sistemas de control en lazo abierto son aquellos que “la salida no tiene efecto sobre la acción de control” (Ogata, 2010, p. 8). Por lo tanto la señal que se tiene a la salida no es realimentada para compararla con la entrada.

La mayoría de estos sistemas de control funcionan en base al tiempo, como por ejemplo una lavadora, en esta máquina se configuran los tiempos de lavado, centrifugado, remojo, etc., pero no se mide la salida que sería la limpieza de la ropa. Así también, en un semáforo la señal de entrada es el tiempo que se asigna a la luz verde, roja o amarilla, el sistema de control hace cambiar las luces de acuerdo al tiempo configurado, sin importar la cantidad de tráfico o cuantas personas han podido cruzar la calle.

1.8 Tipo de control para la elaboración del proyecto

Para el diseño que se está desarrollando, se aplicara el control del lazo abierto, esto debido a que los sistemas de riego por goteo o aspersión permitirán abastecer del líquido vital a los sembradíos durante el tiempo escogido por el usuario y no se mide si las plantas receptaron la cantidad necesaria de agua.

En el grafico número 13 se presenta el diagrama de bloques del sistema de control a utilizarse en el proyecto.



La señal de control es el voltaje de corriente directa, en este caso 5V DC que se envía al relé desde el Raspberry.

El actuador es activado únicamente cuando el voltaje de control es recibido en el relé y de esta manera el sistema de riego se pone en marcha, a la salida del sistema se tiene la cantidad de agua q que será abastecida a los sembradíos.

En la siguiente formula se define que la cantidad de agua que será suministrada, es igual al caudal Q recibido, por el tiempo que permanezca la señal de control activa es decir en 5[Vdc].

$$q = Q \times (t_2 - t_1) \quad (\text{Ecuación 1})$$

En la figura 14 (a) se muestra una gráfica $V(t)$ (voltaje - tiempo), en la cual se puede observar la señal de control que es de 0[Vdc] para cuando el sistema está apagado y de 5[Vdc] cuando esta encendido.

La figura 14(b) se muestra que la cantidad de agua q , incrementa de acuerdo al tiempo que permanezca la señal de control en 5[Vdc].

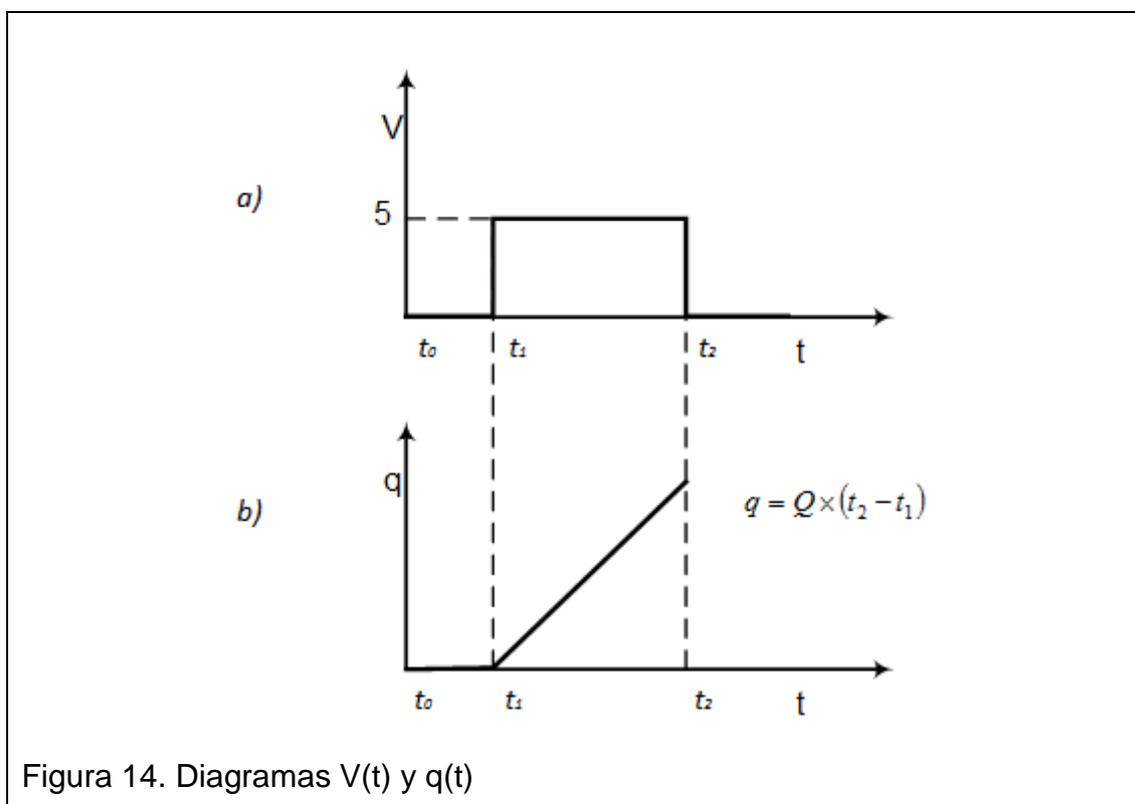


Figura 14. Diagramas $V(t)$ y $q(t)$

1.9 Dispositivos para el diseño de Control

Como se puede ver en la Figura 14 aún se tienen algunos términos por definir en el desarrollo del sistema automatizado para riego. En los apartados anteriores se ha expuesto lo referente a riego, sistemas de riego y sus componentes principales, a continuación, se empiezan por definir el dispositivo de control, el cerebro del sistema, la señal de control, el actuador y conforme se avance se seguirán definiendo términos que se necesiten.

El dispositivo de control cumple la función de activar, desactivar y corregir el funcionamiento de un sistema por medio de una interface entre el sistema de control y el proceso controlado.

Como se expuso en la Tabla 1 del apartado introducción pág. 3, existen varias opciones tecnológicas para realizar el control de sistemas automatizados de riego, entre las más importantes tenemos:

1.9.1 PLC

PLC es un controlador lógico programable usado en control industrial y diseñado específicamente para controlar máquinas y procesos, los PLC trabajan monitoreando sus entradas y dependiendo del estado que se tenga en la entrada se activan o desactivan las salidas. El software de programación depende de cada fabricante, aunque los lenguajes de programación más difundidos son:

- Lenguaje de Escalera
Este es un lenguaje gráfico, que mediante símbolos representa componentes eléctricos y electrónicos, sus símbolos se encuentran normalizados por la IEC (Comisión Electrotécnica Internacional) y son usados por todos los fabricantes.
- Lenguaje Booleano

Está basado en el álgebra booleana, este tipo de programación consiste básicamente en instrucciones de lenguaje de máquina. La principal desventaja de este tipo de lenguaje es que es difícil de leer.

- Diagrama de funciones

Es un lenguaje simbólico, en el que sus variables se representan mediante símbolos lógicos, este lenguaje es similar a trabajar con circuitos de puertas lógicas.

1.9.2 Arduino

Arduino es una plataforma electrónica de código abierto que cuenta con hardware y software. El hardware de Arduino consiste en una placa con un microcontrolador y una serie de puertos de entrada y salida con los que se puede interactuar con el medio físico. Para programar la placa se requiere de un entorno de programación IDE (Entorno de Desarrollo Integrado) propio de Arduino, que puede ser descargado de la página oficial <https://www.Arduino.cc/en/Main/Software>.

1.9.3 Microcomputadoras

Las microcomputadoras son dispositivos que actualmente se están tomando el mercado tanto por su precio, como por su tamaño y orientación al software libre. Entre los más representativos en el mercado actual se tienen los dispositivos Raspberry, Intel Galileo, Olinuxino por mencionar algunos.

Estos dispositivos cuentan con una salida HDMI para el video, entradas USB para las interfaces de teclado y ratón, entrada para memoria micro SD para almacenar el sistema operativo y una interface de red. Su tamaño no es mayor al de una billetera y el consumo de energía es mínimo.

Entre las principales características de las microcomputadoras se tienen:

- Memoria RAM
- Puertos USB para conexión de entrada y salida
- Puerto HDMI para conexión de monitor
- Según el modelo, pueden tener interface Ethernet
- Algunos modelos tienen adaptador inalámbrico
- Soportan memoria Micro SD donde se puede cargar un Sistema Operativo

1.9.4 El Actuador

Es el dispositivo que recibe la señal del controlador y pone en funcionamiento el sistema a controlar. En la Figura 14 del apartado 1.8, el actuador está entre el controlador y el sistema de riego.

Para el desarrollo de este proyecto, la señal de control serán los pulsos eléctricos emitidos por el dispositivo de control elegido, esta señal eléctrica activará una electroválvula que pondrá en funcionamiento el sistema de riego.

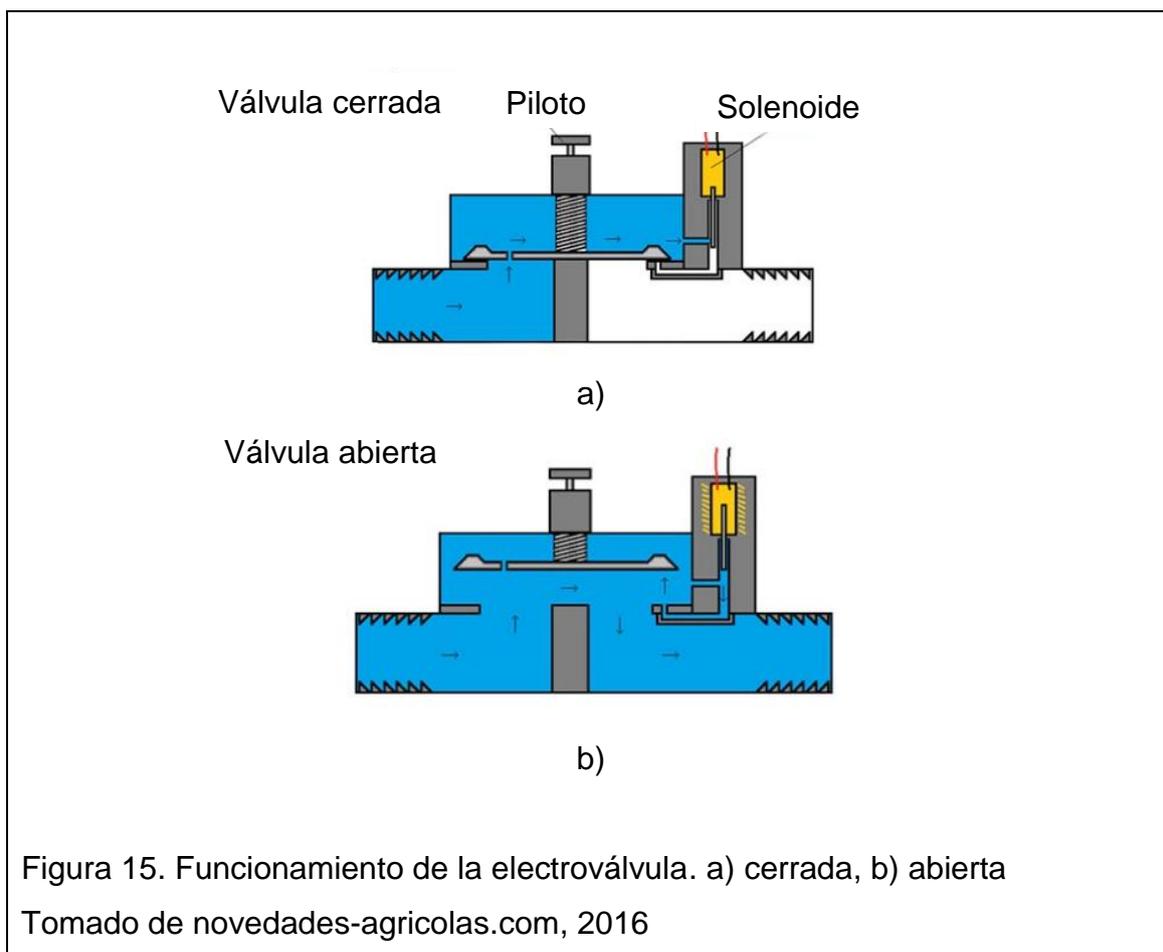
1.9.4.1 La Electroválvula para riego

La electroválvula es un dispositivo electro-mecánico que permite, mediante una señal eléctrica, abrir o cerrar una válvula hidráulica. Consta básicamente de las siguientes partes:

- Solenoide
- Membrana
- Válvula
- Cámara superior

A continuación, se explica el funcionamiento básico de la electroválvula normalmente cerrada de accionamiento indirecto, en el capítulo 4, Análisis de Costo del Proyecto, se darán algunas recomendaciones en cuanto al uso de otro tipo de electroválvula y su funcionamiento, por su impacto en el costo de la operación.

La Figura 15 a muestra la electroválvula cerrada. La membrana permanece cerrada gracias a la presión que ejerce el agua que inunda la cámara superior. Al energizarse el solenoide con corriente eléctrica, se abre paso un ducto pequeño que permite que el agua de la cámara superior se drene y por consiguiente que la presión hacia abajo disminuya y la presión hacia arriba aumente en la membrana. Este efecto finalmente produce la apertura de la membrana permitiendo el paso del líquido aguas abajo como se puede ver en la Figura 15 b.



1.10 El medio de transmisión

Siguiendo con el desarrollo del proyecto, se deben considerar dos aspectos adicionales a tener en cuenta. Completando la Figura 13, el diagrama de bloques para el sistema automatizado de riego, se necesita de la Interface humano – máquina (*HMI* por sus siglas en inglés *Human Machine Interface*) y del medio de transmisión de la señal que el usuario envía desde su interface HMI hasta el sistema de riego. Como se puede ver en la Figura 16, ambos son elementos que cierran el círculo en el proceso de la automatización del sistema de riego.

Los medios de transmisión pueden ser a través de medios guiados o inalámbricos principalmente y en cada una de estas categorías se tienen varios tipos que usan materiales, tecnologías y protocolos distintos dependiendo de los dispositivos usados y las necesidades requeridas. Las siguientes tablas, tomadas del trabajo de William Stallings, Comunicaciones y Redes de Computadoras, resumen los principales medios de transmisión en las dos categorías mencionadas y sus características principales (Stallings, 2004), también se añadieron campos informativos de costo y complejidad de instalación para tener una idea de cuál se debe usar en el presente proyecto.

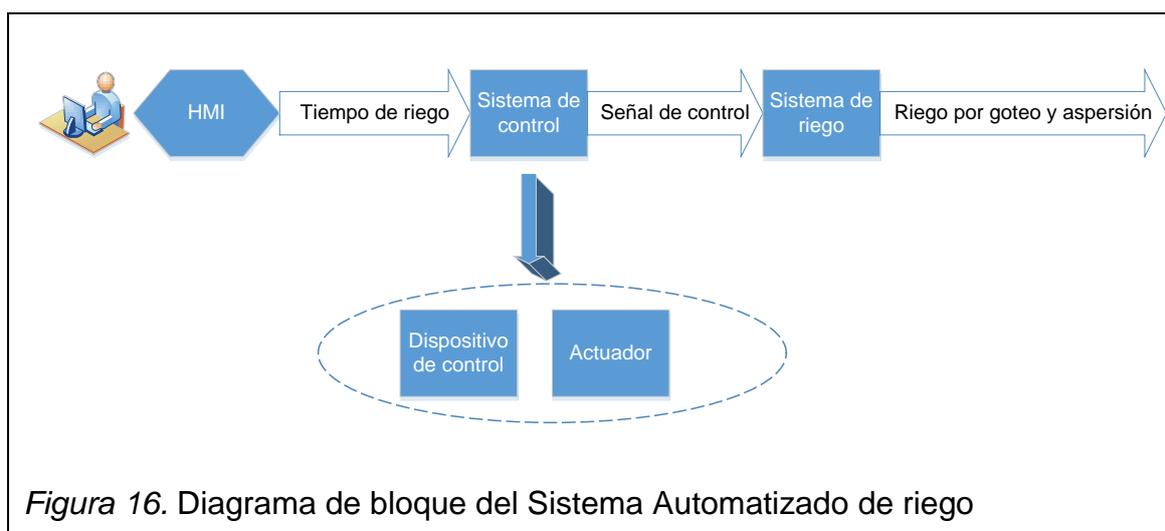


Figura 16. Diagrama de bloque del Sistema Automatizado de riego

La Tabla 4 resume los principales medios de transmisión guiados: cobre (par trenzado), cable coaxial y fibra óptica. El cable de par trenzado se ha convertido en el medio guiado más usado en comunicaciones de cualquier tipo en distancias cortas por su costo bajo y facilidad de instalación. El cable coaxial se usa para mayores distancias y capacidades de transmisión, pero con la llegada de la fibra óptica y su extremadamente alta capacidad de transmisión ha tomado su lugar en las transmisiones de larga distancia (Stallings, 2004, p. 96).

Tabla 4. Características de instalación de medios guiados punto a punto

| | Requerimientos | Mano de obra (hombres) | Tiempo de instalación | Separación entre repetidores | Costo | Facilidad de instalación |
|--------------------------------------|----------------|------------------------|-----------------------|------------------------------|-------|--------------------------|
| Par trenzado | Zanja | 4-8 | 2-4 semanas | 2 km | Bajo | Alta |
| Pares trenzados (cables multi-pares) | Zanja | 4-8 | 2-4 semanas | 2 km | Bajo | Alta |
| Cable coaxial | Zanja | 4-8 | 2-4 semanas | 1 a 9 km | Bajo | Media |
| Fibra óptica | Mástil | 4-8 | 2-4 semanas | 40 km | Alto | Baja |

Tabla 5. Principales estándares inalámbricos

| Nominación | Estándar IEEE | Alcance | Tecnologías | Tasa de transmisión |
|--|--------------------|---------|--------------------------------|---------------------|
| WPAN (<i>Wireless Personal Area Network</i>) Red inalámbrica de área personal | 802.15 802.15.x | 10 m | Bluetooth, HyperPAN ETSI | < 1 MBps |
| WLAN (<i>Wireless Local Area Network</i>) Red inalámbrica de área local | 802.11.a/b/g | 100 m | WiFi, HyperLAN ETSI | 1 – 54 MBps |
| WMAN (<i>Wireless Metropolitan Area Network</i>) Red inalámbrica de área metropolitana | 802.16.d | 30 km | WIMAX, HyperMAN ETSI | 22 MBps |
| WWAN (<i>Wireless Wide Area Network</i>) Red inalámbrica de área amplia | 802.20 | > 30 km | 3GPPP, EDGE, GSM | 10 – 384 KBps |

Nota: Tomado de apuntes de clases Tecnologías Inalámbricas

La Tabla 5 presenta un resumen de las principales tecnologías usadas en medios de transmisión no guiados y sus principales aplicaciones.

Como se puede ver en la Figura 16, se debe definir el medio de transmisión en 3 tramos del diagrama de bloques: Desde la interface HMI hasta el dispositivo

de control, del dispositivo de control al actuador y del actuador al sistema de riego.

Debido a la topología de la granja experimental, se debe optar por la opción de un enlace inalámbrico WLAN para el tramo de la interface HMI hasta el dispositivo de control, ya que el cableado resulta muy costoso por la distancia a cubrir (720 m aproximadamente) tanto con cable coaxial y mucho más aún con fibra óptica, como se muestra en la Figura 17. Para los otros 2 tramos se usará el cobre como medio de transmisión.

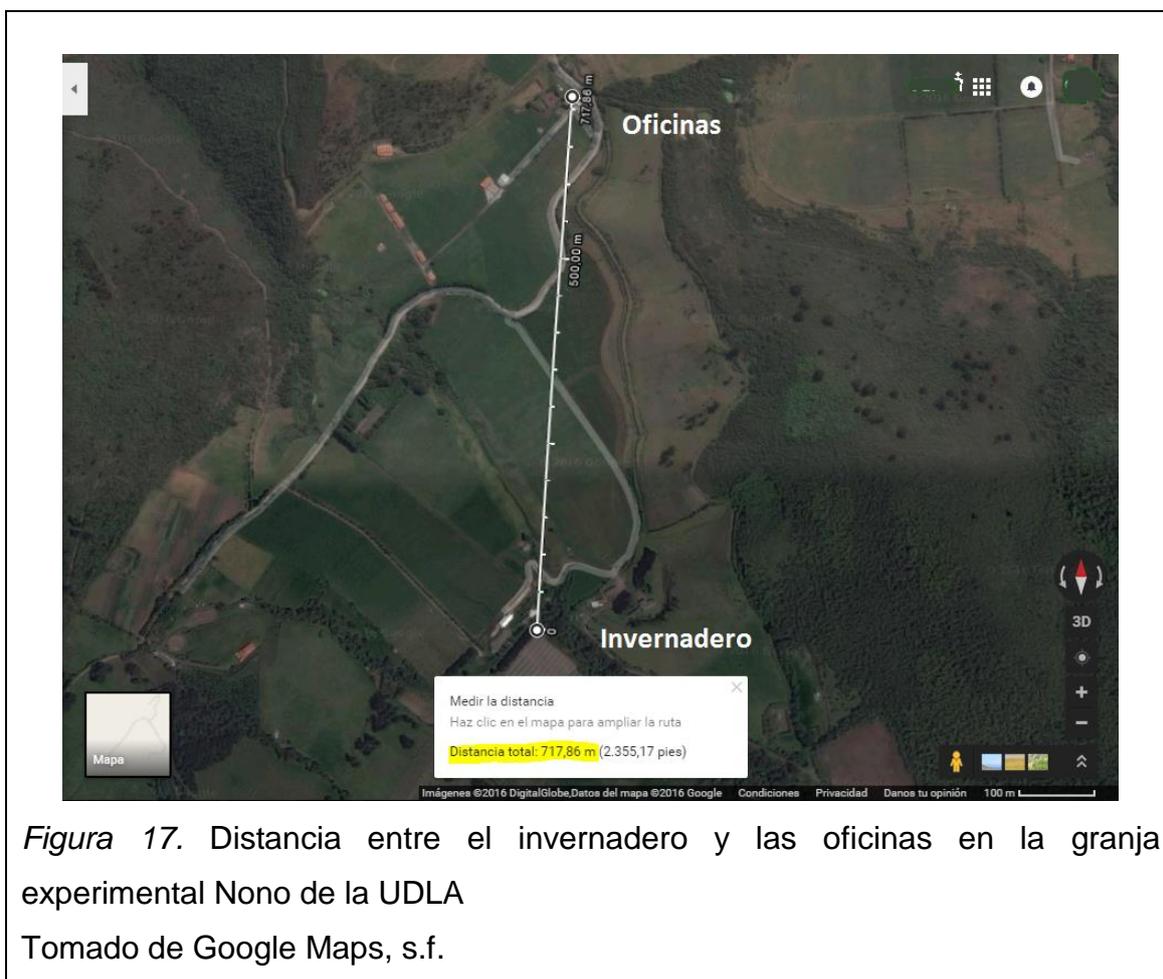


Figura 17. Distancia entre el invernadero y las oficinas en la granja experimental Nono de la UDLA
Tomado de Google Maps, s.f.

1.11 Interface hombre máquina

HMI o interface hombre-máquina es un panel de control diseñado para obtener comunicación entre un usuario y la máquina, la función principal de esta

interface es transmitir órdenes, visualizar resultados y mostrar el estado del proceso en tiempo real.

El caso más sencillo de una HMI puede ser un interruptor, el interruptor es la interfaz entre una bombilla eléctrica y una persona.

1.11.1 Prestaciones del HMI

Entre las prestaciones que representa el uso de un HMI se pueden mencionar:

- **Manejo remoto de sistemas.** Permite enviar parámetros al sistema de control para que éste actúe sobre cualquier otro sistema para encenderlo o apagarlo.
- **Monitoreo en tiempo real.** El estado actual del sistema controlado puede ser visualizado por el usuario en tiempo real, para este caso se muestra el tiempo restante para que termine un ciclo de riego.
- **Manejo de eventos.** El proceso puede ser interrumpido por el usuario en cualquier instante de tiempo.
- **Revisión de datos históricos.** El registro de uso del sistema controlado se guarda en una base de datos, los registros ingresados al sistema pueden ser llamados y visualizados en cualquier momento. Todo esto se maneja a través de una interface gráfica de fácil manejo para el usuario final que no necesita tener conocimientos técnicos avanzados.

1.12 SCADA

De sus siglas en inglés se puede traducir como Sistema de Control y Adquisición de Datos. Un sistema SCADA es un software de monitorización o supervisión que permite el acceso a datos de un proceso y el control del mismo.

Un sistema SCADA no es un sistema de visualización como HMI, ya que con este sistema se puede controlar un proceso.

De acuerdo a los conceptos revisados de sistemas HMI y SCADA, para el presente proyecto se utilizara un sistema HMI que será explicado en el apartado 2 del siguiente capítulo.

A continuación, se empieza el capítulo de diseño y construcción del prototipo donde se empezará por definir el dispositivo de control, la parte principal del sistema de automatización.

2. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE SISTEMA AUTOMÁTICO DE RIEGO

En este capítulo se empieza por la elección del dispositivo de control en base a una serie de criterios técnicos que se han ido presentando en el capítulo 1, Marco teórico, también se detalla más a profundidad el medio de transmisión y la interface humano-máquina que dependen del dispositivo de control con el cual se trabaja, y se termina con la documentación del diseño y construcción del prototipo.

2.1 Elección del microcontrolador

Como se pudo ver en la Tabla 1, Introducción página 3, hay varias tecnologías que se usan para la automatización de sistemas de riego, a continuación se presenta en la Tabla 7 una comparación de varios tipos de tecnologías usadas para el control y automatización y también sus características.

De todas las opciones posibles ¿cuál se adapta de mejor manera a los requerimientos del presente proyecto sin un costo elevado y de fácil implementación? Según el análisis que se expondrá a continuación se determinó que el dispositivo de control idóneo es el Raspberry 2B.

Las razones para la elección de este dispositivo son múltiples, en primer lugar se debe tomar en cuenta que el medio de transmisión va a ser el inalámbrico por la topología de la granja, por lo tanto se necesita un dispositivo que pueda trabajar con interfaces inalámbricas o adaptarse a trabajar con ellas, por este motivo es un requerimiento indispensable que se tenga una interface Ethernet ya que es el estándar más usado y económico en transmisión de datos y adaptable a la transmisión inalámbrica.

Como segundo criterio para definir el microcontrolador a usar, se toma en cuenta que el dispositivo tenga la capacidad de integrar un servidor web y en este se pueda implementar un software de control para los dos sistemas de

riego propuestos en este proyecto, este software debe ser transparente para el usuario final y de fácil implementación y manejo.

El tercer punto conlleva a una parte fundamental para la elección del dispositivo, si bien hay muchos dispositivos que cuentan con interface Ethernet y pueden ser controlados remotamente por un navegador, no todos tienen la capacidad de levantar una base de datos y administrarla en base a una comunicación bidireccional que la alimente. Por lo tanto el dispositivo debe tener la capacidad y velocidad de procesamiento, memoria e interfaces de control necesarias para esto.

Como último argumento para la elección del dispositivo de control se tomó en cuenta el precio. La mayoría de controladores industriales tienen precios altos. En la tabla 6 se exponen algunos los dispositivos que cumplen con los criterios técnicos requeridos, de éstos los que mayor memoria RAM y mejor velocidad de procesamiento tienen son los Raspberry y su precio es por mucho inferior al del resto.

Por estos motivos se determinó que el Raspberry 2B es el dispositivo de control indicado para el desarrollo del presente proyecto.

Tabla 6. Cuadro Comparativo Dispositivos de Control

| DISPOSITIVO | MEMORIA RAM | PUERTO ETHERNET | PROCESADOR – MICROCONTROLADOR | VELOCIDAD DE RELOJ [MHz] | GPIO | PRECIO USD |
|---------------------------|-------------|-----------------|-------------------------------|--------------------------|-------|------------|
| ARDUINO | | | | | | |
| DUE | 96kB | SI | AT91SAM3X8E | 84 | 54 | 49,95 |
| YUN | 63MB DDR2 | SI | ATmega32U4-Atheros AR9331 | 400 | 20 | 61,49 |
| RASPBERRY PI | | | | | | |
| 2 B | 1GB | SI | ARM1176-ARMV7 | 900 | 40 | 65 |
| 3 B | 1GB | SI | ARM1176-ARMV8 | 900 | 40 | 130 |
| PLC | | | | | | |
| BECKHOF F CX8090 | 128 MB | SI | Intel® IXP420 with XScale® | 533 | 16/8 | 1333.62 |
| SIEMENS S7-1200 | 175 KB | SI | CPU 1518-4 PN/DP | | 24/16 | 1513.00 |
| ROCKWELL Micrologix 1500 | 4 KB | SI | NA | | 28/28 | |
| SHNEIDER ELECTRIC M241 | 64 MB | SI | N/A | | 24/16 | |
| OTROS DISPOSITIVOS | | | | | | |
| INTEL GALILEO | 512 KB | SI | Intel® Quark™ SoC X1000 | 400 | 12 | 65 |
| OLINUXINO | 64 MB | SI | iMX233 ARM926J | 454 | 40 | 44 |

2.1.1 Raspberry pi 2B

A continuación se explica más a detalle el dispositivo seleccionado.

La microcomputadora Raspberry PI 2B fue creada por la Fundación Raspberry PI que es una fundación sin fines de lucro con sede en Reino Unido cuyo objetivo es promover la educación de adultos y niños en el campo de la informática, ordenadores y programación en todo el mundo (Raspberry PI Foundation, s.f.).

Este proyecto, que nació en el año 2006, fue creciendo gracias a la ayuda de muchos colaboradores. Sus fundadores, Eben Upton, Rob Mullins, Jack Lang y Allan Mycroft, informáticos de la Universidad de Cambridge, tenían la idea de interesar a jóvenes y niños en el área de la informática y programación. En el año 2008, con el norte definido y claro, la ayuda del avance tecnológico en procesadores diseñados para dispositivos móviles principalmente y la asociación estratégica con empresas tecnológicas se empieza a construir los

primeros prototipos y 3 años más tarde ya la producción es masiva (Raspberry PI Foundation, s.f.).

La fundación Raspberry ha lanzado algunas versiones de su microcomputadora hasta llegar a la actualmente usada.

Raspberry 2B es una microcomputadora a diferencia de la generación anterior, tiene las siguientes características:

- Procesador de 4 núcleos ARM Cortex A-7 que trabaja a 900 MHz
- 1 GB de memoria RAM

Y, al igual que su predecesor, también tiene:

- 4 puertos USB
- GPIO *General Pins In Out* (Pines generales de entrada y salida) 40
- Puerto *Full* HDMI
- Puerto Ethernet
- Conector de audio y vídeo de 3,5 mm
- Interfaz de cámara (CSI)
- Interfaz de pantalla (DSI)
- Ranura para tarjetas micro SD
- VideoCore IV 3D núcleo de gráficos

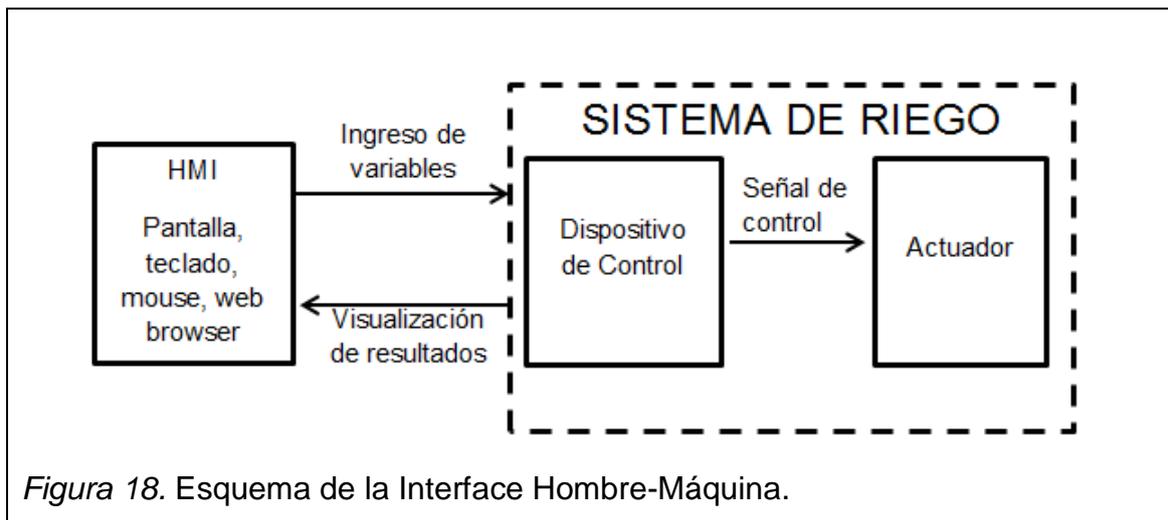
Gracias a su procesador pueden ejecutar todas las distribuciones ARM GNU/Linux incluido Snappy, Ubuntu, Core, así como también Windows 10.

2.2 Interface hombre-máquina del Sistema Automático de riego.

Para el desarrollo de este proyecto se utilizará como interface hombre-máquina una página web que permita la configuración de tiempo de riego y nos permita observar el tiempo restante para terminar el proceso.

Al concluir el tiempo configurado se podrá observar el informe de uso de agua utilizada en una página web.

En el siguiente gráfico se puede observar un esquema de la interface hombre-máquina utilizado para el presente proyecto.



El HMI de este proyecto fue creado con la ayuda de programación web, con los lenguajes HTML, PHP, CSS JAVASCRIPT, JQUERY, SQL y PYTHON.

2.3 Sistemas basados en la web

Andrew Tanenbaum, define a la red mundial (WWW, del inglés *World Wide Web*) como “un enorme sistema distribuido compuesto a partir de millones de clientes y servidores para poder acceder a documentos vinculados. Los servidores mantienen conjuntos de documentos, en tanto que los clientes proporcionan a los usuarios una interfaz de fácil uso para presentar y acceder a tales documentos.” (Tanenbaum & Van Steen, 2008, p. 545), en esta definición se debe añadir que en la actualidad la web puede dar servicios que son un elemento importante para la interacción entre el usuario y los programas y ya no se limita únicamente a la distribución de documentos.

Los primeros pasos de la red de redes se dieron en el CERN, el Laboratorio Europeo de Física de Partículas en Ginebra, para la compartición de documentos a través de la red con el uso de hipertextos. Su crecimiento se dio a la facilidad y transparencia con la que se podía lograr esta compartición para el usuario final, por este motivo en 1994, en colaboración con el Massachusetts Institute of Technology se estandarizan protocolos, mejora interoperabilidad y se realzan las capacidades de la web a través de la W3C, *World Wide Web Consortium* (Consortio de la red mundial).

2.3.1 Arquitectura de sistemas basados en la web

En pocas palabras, se tiene un proceso que accede a un directorio local de archivos para presentar al usuario final la página web. A estos archivos se hace **referencia** mediante una URL, localizador uniforme de recursos (por sus siglas en inglés *Uniform Resource Locator*) que determina la localización del archivo y también el protocolo para su transferencia. La interacción entre cliente y servidor se la realiza a través de un **navegador** que es el programa encargado de desplegar de forma correcta el documento solicitado y de interactuar con el usuario para la recepción de datos. Generalmente se usa el **protocolo** HTTP, protocolo de transferencia de hipertexto (por sus siglas en inglés *Hypertext Transfer Protocol*), pero en la actualidad hay muchos más métodos y herramientas que producen información procesable por clientes y servidores.

Los **documentos** que se presentan en la web se entienden de una forma más amplia, es decir pueden ser archivos, audio, video, animaciones, etc. y en ciertas ocasiones necesitan de **interpretadores** para poder desplegarse, los mismos que deben estar integrados en el navegador del cliente. El documento consta de dos partes, la parte principal o plantilla, y la parte de complementos que en conjunto representan el documento desplegado. La plantilla se escribe en lenguaje demarcas: HTML, XML, etc. (Tanenbaum & Van Steen, 2008, pp. 547, 548) a continuación se explican los términos utilizados en el presente proyecto para la elaboración de la interface hombre-máquina.

2.3.2 Servicios web

Los servicios web ofrecen accesibilidad a aplicaciones remotas y sus servicios sin interacciones intermedias de usuarios finales (Tanenbaum & Van Steen, 2008, p. 551).

Para que estos servicios cumplan su función deben cumplir con ciertos estándares que le permitan “ser descubierto y accesado” a través de la red. Por ende, las aplicaciones clientes también deben cumplir estos estándares. Un componente importante en este sentido es un servicio de directorio que guarda descripciones del servicio y que se apega al estándar descripción, descubrimiento e integración universales (UDDI, por sus siglas en inglés). Por medio del lenguaje de definición de servicios web (WSDL, por sus siglas en inglés) se describen los servicios en sus interfaces como especificaciones de procedimientos, tipos de datos, localización de servicios, etc.

Para especificar cómo ocurre la comunicación en un servicio web se utiliza el protocolo de acceso a un objeto simple (SOAP por sus siglas en inglés) el cual estandariza la comunicación entre dos procesos.

2.3.3 El servidor web Apache

Apache es una poderosa herramienta para servidores web, es un software libre y es el servidor web más usado actualmente en el mundo, las razones son su alta capacidad de ser configurado a detalle y su relativa facilidad para ser ampliado en su funcionalidad, su independencia de plataformas específicas proporciona su propio entorno en tiempo de ejecución, Apache portátil en tiempo de ejecución (APR, por sus siglas en inglés) que luego se implementa para los distintos sistemas operativos y que permite el manejo de archivos, interconexión de redes, bloqueo, hilos, etc.

De forma general se lo puede definir como un servidor totalmente general construido y diseñado para producir una respuesta a una solicitud entrante.

Para lograr un correcto manejo de solicitudes web, Apache asume que todas las solicitudes entrantes se adhieren a una forma de comunicación basada en TCP, orientada a la conexión. Esto porque los navegadores y servidores web utilizan HTTP como protocolo de comunicación y éste se implementa sobre TCP, por este motivo, para manejar UDP apropiadamente, por ejemplo, se debe modificar el núcleo de Apache.

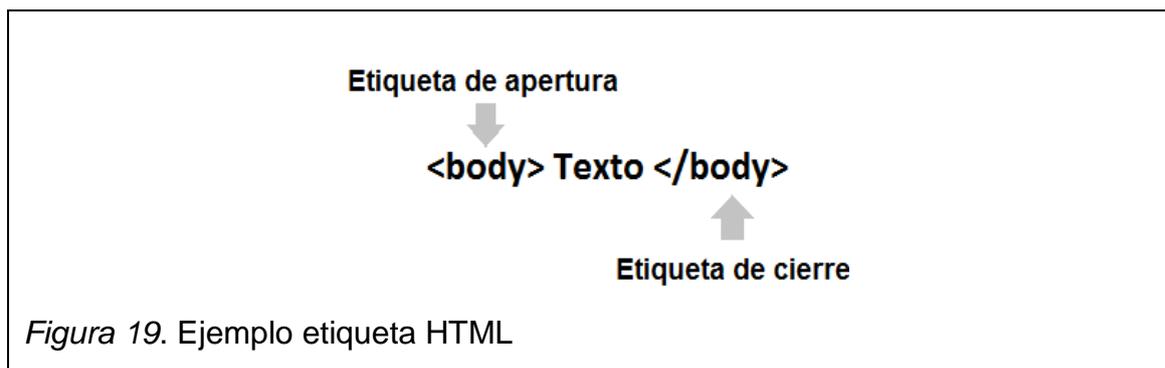
Para el manejo de solicitudes, Apache asume que estas son procesadas en fases compuestas por “ganchos” (grupo específico de funciones similares). Las funciones asociadas con un gancho son provistas por módulos distintos. El momento de programar los módulos, se escriben funciones específicas para cada gancho y cuando Apache se compila, se especifica qué función deberá ser agregada a cada gancho.

2.4 HTML

HTML (HypertText Markup Laguaje) es un lenguaje de etiquetas y es usado para indicar a los navegadores como desplegar la información de una página web.

Una etiqueta es una palabra reservada por este lenguaje, que se encuentra entre los símbolos mayor y menor que y que describe la utilidad de dicha etiqueta. Normalmente estos elementos vienen en pares, es decir una etiqueta de apertura y otra de cierre, la particularidad de la etiqueta de cierre es que incluye el símbolo slash previo al nombre de la etiqueta, como por ejemplo:

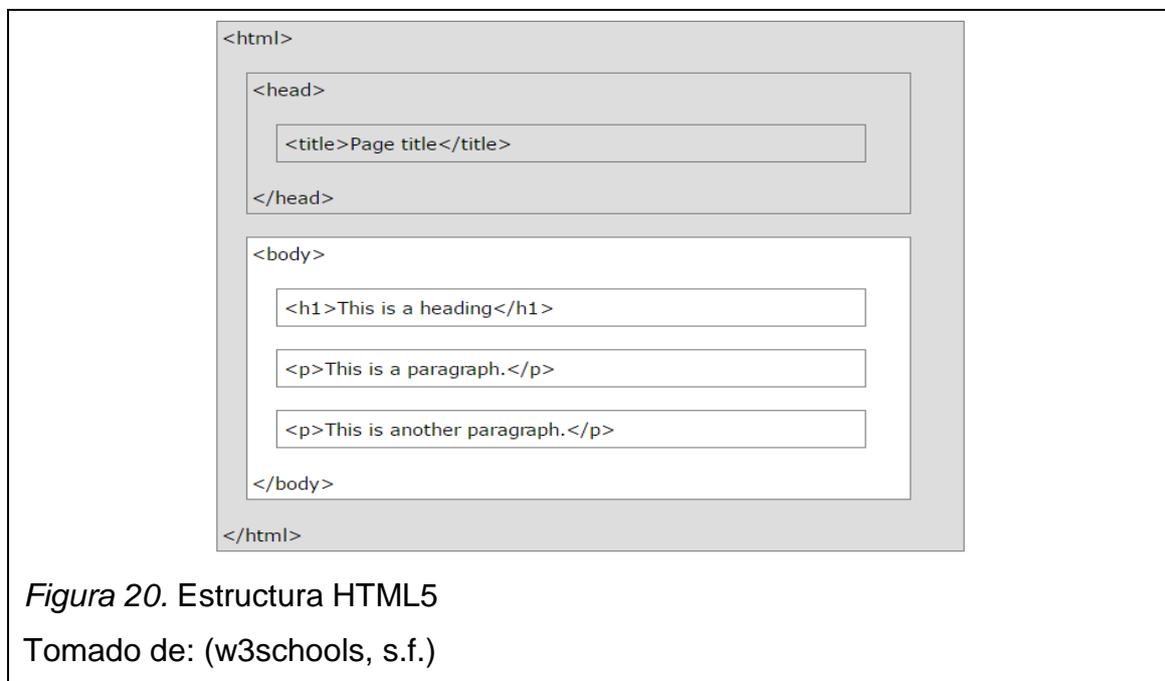
Al igual que la mayoría de lenguajes de programación, HTML también cuenta con diferentes versiones. La versión actual de este lenguaje es HTML5, esta versión fue estandarizada según la W3C en el año 2014.



2.4.1 Estructura de HTML

La estructura básica de HTML5 esta defina y declarada mediante etiquetas, la figura 20 muestra las etiquetas básicas usadas para diseñar un documento web con HTML5.

Todos los documentos programados con HTML5 empiezan con la etiqueta <!DOCTYPE html>, este elemento permite a los navegadores identificar en que versión se encuentra programado el archivo.



2.4.2 Etiqueta <html>

Este elemento tiene su correspondiente par de cierre y es colocado al final de todo el archivo de la siguiente manera </html>, esta etiqueta encierra todo el código del documento web.

2.4.3 Etiqueta <head>

Como se puede verificar en la figura 19, esta etiqueta también cuenta con una etiqueta de cierre </head>. Dentro estas etiquetas se ingresan el nombre de la página y la información del contenido del documento, adicional a esto se declara la codificación de caracteres y se describe si es necesario el path de los archivos externos usados. Estos archivos pueden ser una hoja de estilos o un archivo JavaScript.

2.4.4 Etiqueta <body>

Las etiquetas <body> </body> contienen toda la información que es desplegada por los navegadores.

2.4.5 Atributos

Los atributos son componentes adicionales que se añaden dentro de una etiqueta para proporcionar características a las imágenes, tablas, etc. Existen elementos que no poseen atributos y esto se debe a que no tienen parámetros que ajustar.

Los atributos se insertan únicamente en la etiqueta de apertura como se indica en el ejemplo a continuación, justo después de declarar la etiqueta figure se añade el atributo. Este atributo va siempre seguido del signo (=) igual y su valor entre comillas dobles ("valor").

<figure class="iconos">

El uso de los atributos depende de la etiqueta a utilizar, esto es debido a que ciertas etiquetas pueden tener varios atributos y otras etiquetas que utilizan atributos específicos y como se mencionó anteriormente, también hay etiquetas que no poseen atributos.

2.5 CSS

CSS viene de *Cascading Style Sheets* o en español hoja de estilos en cascada y es un lenguaje usado para agregar estilos a un documento web escrito sobre HTML.

La versión actual de este lenguaje es CSS3 y al igual que HTML, CSS también está estandarizado por la W3C, lo que supone un beneficio ya que las páginas web desarrolladas con estándares permiten entre otras cosas, que los navegadores de internet no presenten errores al momento de visualizar la información.

La utilidad de CSS es que permite modificar la apariencia ya sea del texto, imágenes, fondos, márgenes, líneas, posiciones, etc., por lo tanto, este lenguaje nos permite mejorar la apariencia de un documento web.

Existen tres formas de añadir el código CSS a una página HTML, estas son:

2.5.1 Estilos en Línea

El código CSS es añadido directamente a la etiqueta HTML que se desea modificar, lo que implica que solo se verá afectada dicha etiqueta.

2.5.2 Estilos Embebidos

Aquí toda la codificación CSS se ingresa en la cabecera del documento. Dentro de la etiqueta <head> se abre una etiqueta <style> en la cual se debe añadir el atributo type con valor text/css, así:

```
<head>  
<style type="text/css">  
</style>  
</head>
```

Para este caso todas las etiquetas que se hayan definido dentro de style serán modificadas.

2.5.3 Mediante un archivo externo

Para este caso todo el código CSS, se encuentra en un archivo adicional y se debe enlazar a la página HTML dentro de la etiqueta <head> de la siguiente manera:

```
<link rel="stylesheet" type="text/css" href="(nombre y path del archivo)">
```

- La etiqueta link indica a los navegadores que existe un archivo externo.
- El atributo rel especifica que es un archivo de hoja de estilos.
- El atributo type indica que es tipo hoja de estilo, y,
- El atributo href describe la ubicación y nombre del archivo que el navegado debe buscar.

La ventaja de añadir el código CSS de esta manera, es que el archivo CSS puede ser reutilizado e varios documentos HTML.

2.6 JavaScript

JavaScript es un lenguaje de programación que permite crear páginas web dinámicas, la característica principal de este lenguaje es que se ejecuta del lado del cliente, en los navegadores.

JavaScript puede ser añadido a un documento HTML de las siguientes maneras:

2.6.1 Sobre el documento HTML

El código es insertado en cualquier parte de un documento HTML, entre las etiquetas de apertura `<script>` y cierre `</script>`, es necesario agregar un atributo `type` con el valor `text/javascript` en la etiqueta de apertura de la siguiente manera: **`<script type=" text/javascript">`**. Este método es utilizado cuando se requiere ejecutar instrucciones específicas sobre un archivo HTML.

2.6.2 JavaScript Embebido

Consiste en incluir el código JavaScript dentro de una etiqueta HTML.

2.6.3 JavaScript mediante archivo externo

Al igual que en CSS, se puede crear un archivo externo el cual contenga toda la programación, la ventaja de utilizar este método es que el código puede ser reutilizado y se pueden crear todos los archivos JavaScript necesarios.

Los archivos JavaScript se añaden en la cabecera entre las etiquetas `head` de apertura y cierre de la siguiente manera:

`<script type="text/javascript" src=" (nombre y path del archivo)"`

Donde el atributo `type` indica el tipo de archivo y el atributo `src` indica al navegador el nombre del archivo y el path donde se encuentra dicho documento.

2.7 jQuery

jQuery es una biblioteca de JavaScript de código abierto, usada para simplificar los scripts, hacer más sencilla la navegación por un archivo HTML, crear animaciones, desarrollar aplicaciones y permite la selección de los elementos DOM que es la manera de acceder y manipular un documento.

jQuery simplifica el código realizando métodos mediante la unión de varias sentencias JavaScript.

Para usar jQuery en un sitio web se puede descargar el archivo JavaScript desde la página oficial <http://jquery.com/download/> y referenciarlo dentro de las etiquetas `<script>` de la siguiente manera:

```
<script scr="(nombre y path del archivo)"></script>
```

O se puede referenciar sin descargar la biblioteca jQuery de la siguiente forma:

```
<script  
scr="https://ajax.googleapis.com/ajax/libs/jquery/1.12.0/jquery.min.js"></s  
cript>  
<script scr="http://ajax.aspnetcdn.com/ajax/jQuery/jquery-  
1.12.0.min.js"></script>
```

Con este método el navegador se conectara a la página indica en la etiqueta script y este enlace será utilizado únicamente cuando los usuarios se encuentren navegando por el documento web.

Se debe recordar que las etiquetas `script` se encuentran dentro de la cabecera del archivo HTML.

2.7.1 Sintaxis jQuery

La estructura básica de una sentencia jQuery es:

```
$(elemento).evento( función o parametro)
```

Dónde:

- El símbolo \$ indica al navegador que se utilizara una sentencia jQuery.
- Los elementos pueden ser el nombre de una etiqueta, un id o una clase.
- La acción es un método propio de jQuery.
- La función o parámetro, es la programación o desarrollo del evento.

2.8 Ajax

Ajax significa en español JavaScript asíncrono y es la unión de varias tecnologías como JavaScript, DOM (Document Object Model), XML y XMLHttpRequest.

Ajax es un conjunto de técnicas que hacen posible que el cliente solicite y envíe datos al servidor sin que la página sea recargada.

2.9 SQL

Es un lenguaje estándar que permite el acceso y manipulación de bases de datos relacionales. Este lenguaje nos permite insertar, leer, actualizar y eliminar datos, así como también, se puede crear nuevas bases de datos, nuevas tablas, establecer permisos y crear procedimientos.

2.10 Python

Es un lenguaje de programación el cual viene incluido en los sistemas operativos basados en Linux de Raspberry, este lenguaje permite el control y manejo de los pines del dispositivo mediante la librería RPi.GPIO.

2.11 Elección del medio de transmisión

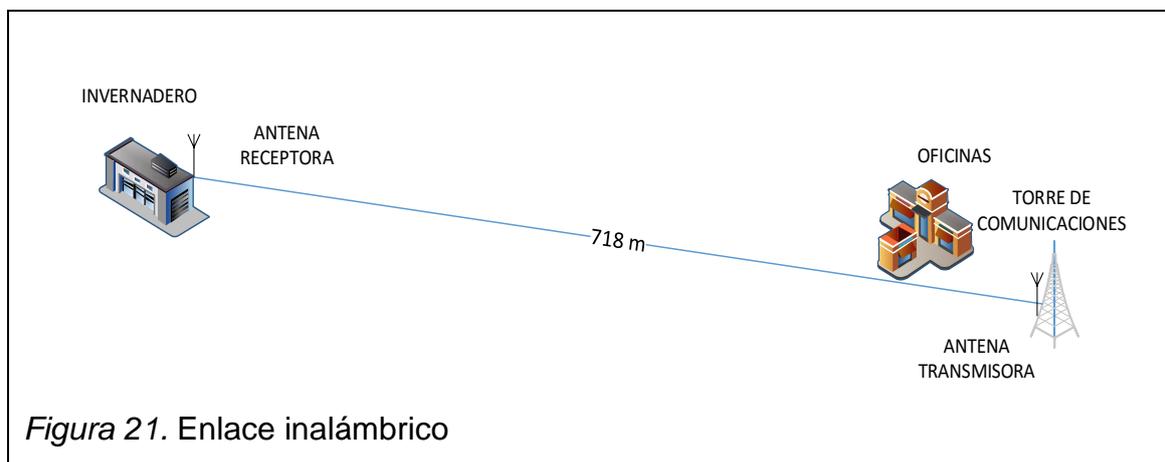
En el apartado 1.8. El medio de transmisión, se determinó que la mejor opción técnica para la comunicación entre el cliente y el dispositivo de control es la utilización de una WLAN, aunque las especificaciones iniciales determinan un alcance de 100 m para este tipo de redes, actualmente existen antenas que pueden llegar a un alcance de 10 km con línea de vista para un enlace.

Como se explicó en el Capítulo 1, apartado 10, la utilización de la tecnología WLAN ofrece una gran ventaja en cuanto a costo e instalación y asegura la conectividad entre la estación cliente y el dispositivo de control.

Una red WLAN está constituida por 2 antenas configuradas en modo puente que simula un enlace punto a punto físico.

Por la accesibilidad a los equipos se optó por las antenas ALCON ASUS para la construcción del enlace. En el mercado local existe muchas otras opciones que cumplen los mismos requerimientos.

Las instalaciones cuentan con una torre de comunicaciones que se puede usar como base para el montaje de la antena transmisora, en su defecto se la puede colocar en el techo de las oficinas con ayuda de un mástil para ganar altura, de cualquier modo se tiene línea de vista directa con el invernadero.



2.11.1 Antena ALCON ASUS

Entre las principales características de esta antena se puede mencionar las siguientes:

- Trabaja con el estándar IEEE 802.11b/g
- Diseñada para exteriores IP67
- Antena de 12dBi
- Potencia de transmisión ajustable
- Alcance hasta de 10 km
- Tecnología POE (*Power over Ethernet*)

2.12 Implementación de Raspberry 2B

Para la instalación del sistema operativo se requieren dos archivos, la imagen que contiene el sistema y el software que permite montar la imagen sobre la tarjeta SD, estos dos archivos pueden ser descargados desde la página oficial de Raspberry <https://www.Raspberrypi.org/downloads/>.

Win32 Disk Imager es el programa con el que se puede instalar el sistema en la tarjeta micro SD desde Windows. Al ejecutar el programa se desplegará una ventana como la imagen que se muestra figura número 22.

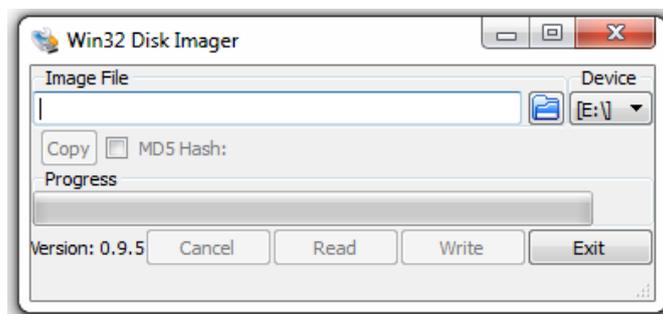


Figura 22. Programa Win32 para montar el Sistema Operativo

En el icono de la carpeta se debe escoger la imagen descargada y en device se selecciona la tarjeta Micro SD con el identificador que haya reconocido el computador como se puede evidenciar en la figura 23.

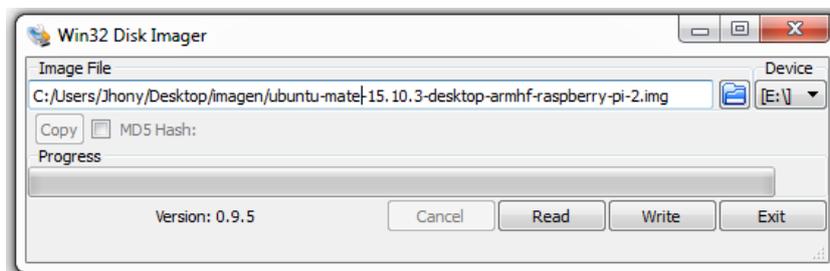


Figura 23. Formateo de la tarjeta MicroSD

Al completar los pasos anteriores, presionamos en el botón write y esperamos que el progreso termine, al concluir el proceso, el sistema operativo se habrá instalado en la tarjeta SD y ya será posible utilizarla en la tarjeta Raspberry. En este caso se instaló Ubuntu Mate 15.10.

Al insertar la tarjeta en el Raspberry, la plataforma solicitara que se configure; el idioma, región, distribución del teclado, nombre de usuario y contraseña.

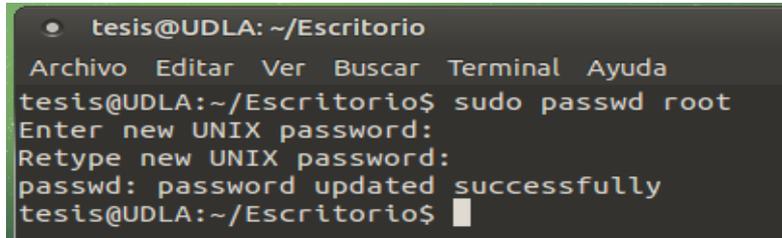
2.12.1 Actualización del Sistema Operativo

Se recomienda actualizar el sistema para evitar problemas de compatibilidad. Esto se consigue de la siguiente manera.

Se abre un terminal y se digita el comando **sudo apt-get update**, con esta instrucción se logra actualizar los repositorios. Cuando la consola indique se ha concluido el proceso se debe ingresar el comando **sudo apt-get upgrade** para actualizar versiones que se encuentren obsoletas.

2.12.2 Activación del modo súper usuario o modo ROOT

Este modo tiene que ser activado para poder acceder ciertas configuraciones del sistema, para activar este usuario abrimos un terminal y escribimos **sudo passwordd root**, al presionar enter el terminal solicitara introducir una contraseña del usuario root dos veces como se indica en la figura 24.



```
• tesis@UDLA: ~/Escritorio
Archivo Editar Ver Buscar Terminal Ayuda
tesis@UDLA:~/Escritorio$ sudo passwd root
Enter new UNIX password:
Retype new UNIX password:
passwd: password updated successfully
tesis@UDLA:~/Escritorio$
```

Figura 24. Configuración del usuario ROOT

Una vez activado el super usuario podremos ingresar mediante un terminal digitando **su - root**, el terminal de comandos solicitara la clave y una vez ingresada correctamente la clave estaremos trabajando como super administrador del equipo.

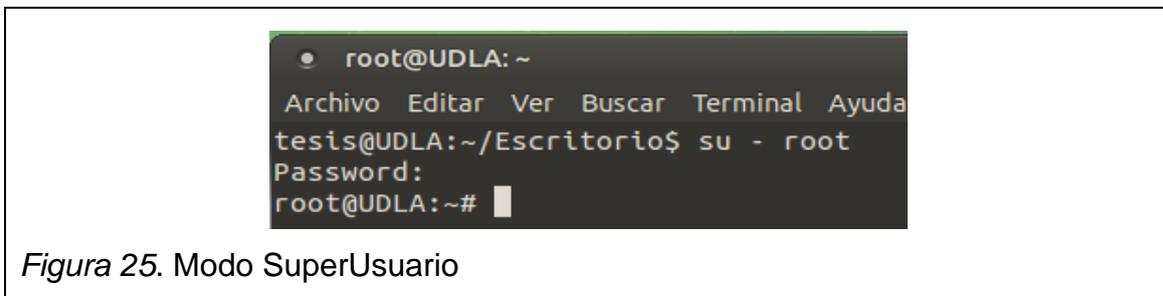


Figura 25. Modo SuperUsuario

2.12.3 Espacio en la memoria MicroSd

Es importante saber qué tipo de particiones fueron creadas al instalar el sistema operativo y cuanto espacio está utilizando, para verificar esto se puede instalar el programa gparted, el cual nos indicara gráficamente con que espacio se cuenta en cada partición.

La instalación de Gparted se realiza a través del comando **sudo apt-get install gparted**, en modo root.

Al ejecutar el programa se desplegará una venta con la información del uso del disco como se muestra a continuación:

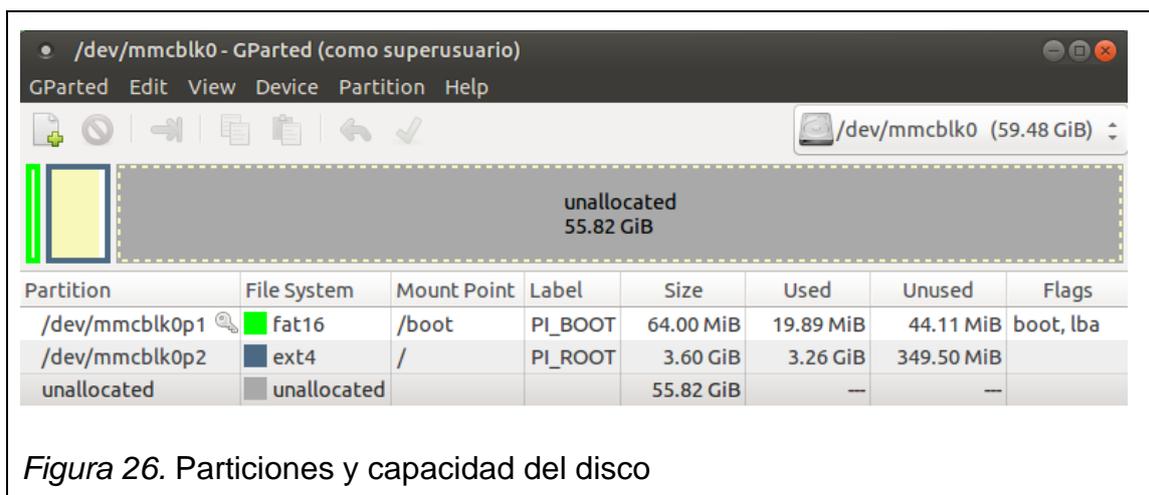
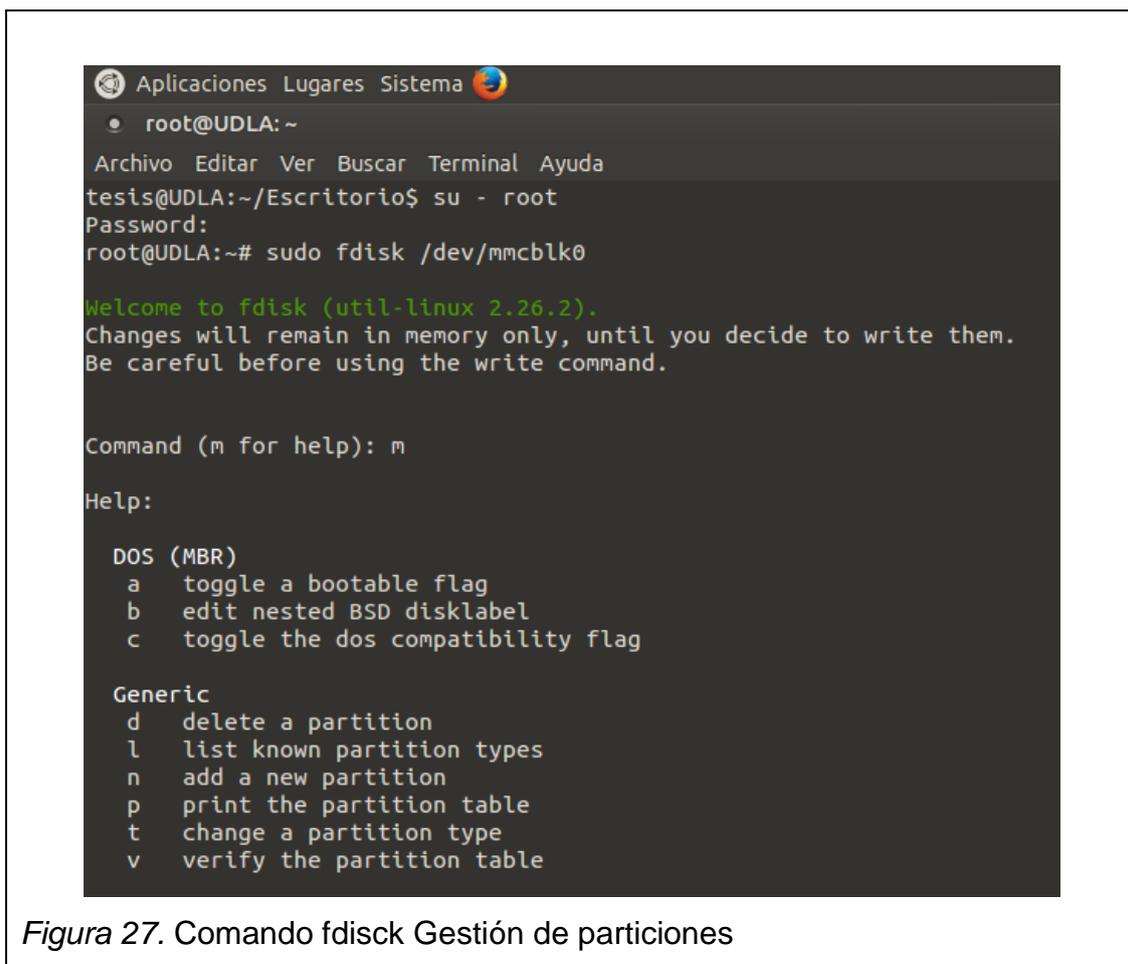


Figura 26. Particiones y capacidad del disco

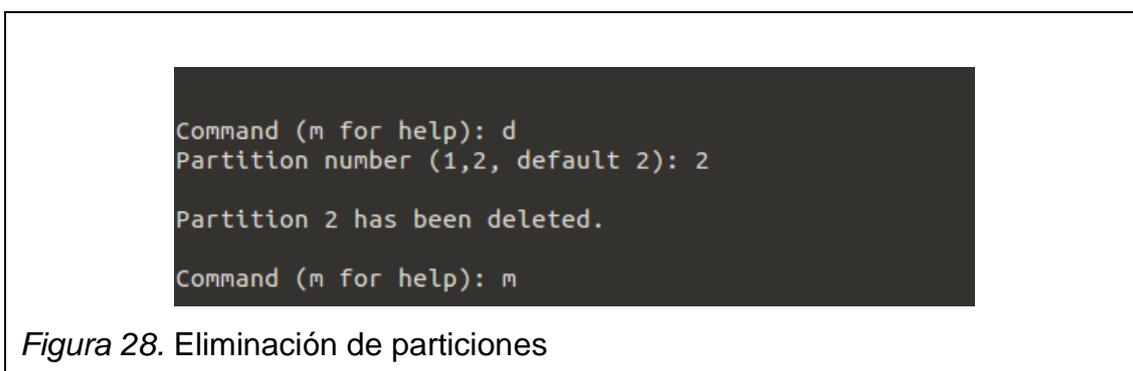
Como se puede apreciar en la figura 26 existen 55,82 Gb que el sistema los reconoce, pero no pueden ser utilizados.

Para corregir este inconveniente, abrimos un terminal y digitamos **sudo fdisk /dev/mmcblk0**, fdisk es un comando que nos permite administrar las particiones del disco, y como se puede ver en la figura anterior /dev/mmcblk0, es el nombre de la partición que no se encuentra utilizada.

Al presionar enter en la terminal aparecerá command (m for help):, esto se muestra en la figura 27 a continuación:



Al presionar m se abre una lista de opciones escogemos la opción d para eliminar la partición y a continuación digitamos 2 para indicar que deseamos eliminar la partición número dos como se muestra en la figura 28.



Presionamos m para poder ver la lista de opciones y luego n para crear una nueva partición como se observa en la figura 29.

```
Command (m for help): m
Help:
DOS (MBR)
a  toggle a bootable flag
b  edit nested BSD disklabel
c  toggle the dos compatibility flag

Generic
d  delete a partition
l  list known partition types
n  add a new partition
p  print the partition table
t  change a partition type
v  verify the partition table
```

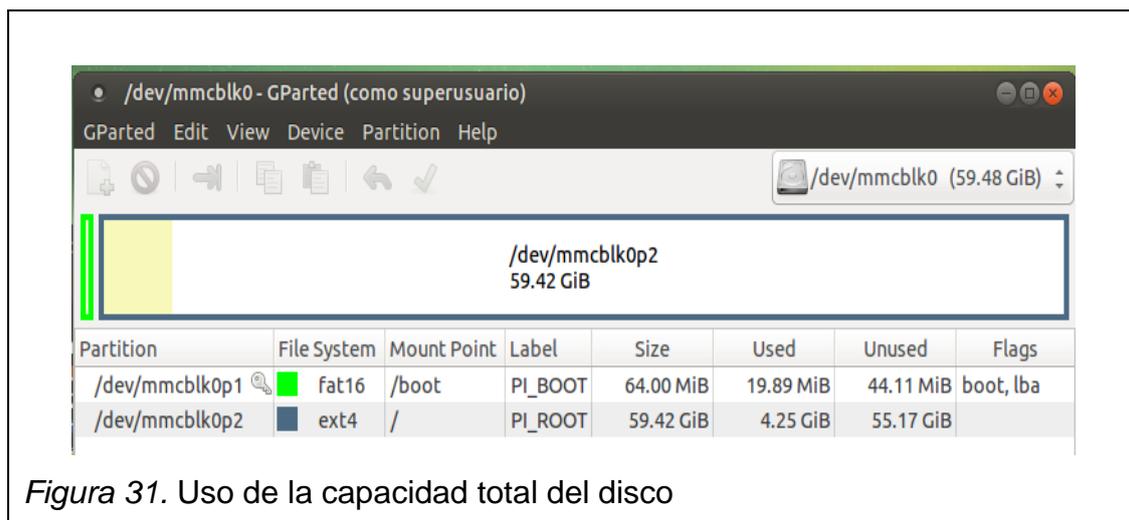
Figura 29. Nueva partición

Luego escogemos las opciones p para crear una partición de tipo primaria y seguido de eso escogemos la opción 2 para especificar el número de partición.

```
Command (m for help): n
Partition type
  p  primary (1 primary, 0 extended, 3 free)
  e  extended (container for logical partitions)
Select (default p): p
Partition number (2-4, default 2): 2
First sector (133120-124735487, default 133120):
```

Figura 30. Configuración de nueva partición

Presionamos enter seguido por la opción w y reiniciamos el equipo para guardar cambios, al reiniciarse el equipo abrimos un terminal y digitamos **sudo resize2fs /dev/mmcblk0p2**



Como se puede observar en la figura 31 el problema ha sido solucionado y se cuenta con la capacidad total de la tarjeta microSD

2.13 Instalación de servidor de páginas web

Todas las configuraciones e instalación del servidor de páginas web deben realizarse sobre un terminal en modo root.

El servidor comprende la instalación de un apache, MySQL, PHP y phpMyAdmin.

2.13.1 Apache

Sobre un terminal digitamos el código `sudo apt-get install apache2`, cuando en el terminal se indique que la instalación ha concluido podemos verificar su funcionamiento ingresando en un navegador la dirección ip que se encuentra configurada la tarjeta de red.

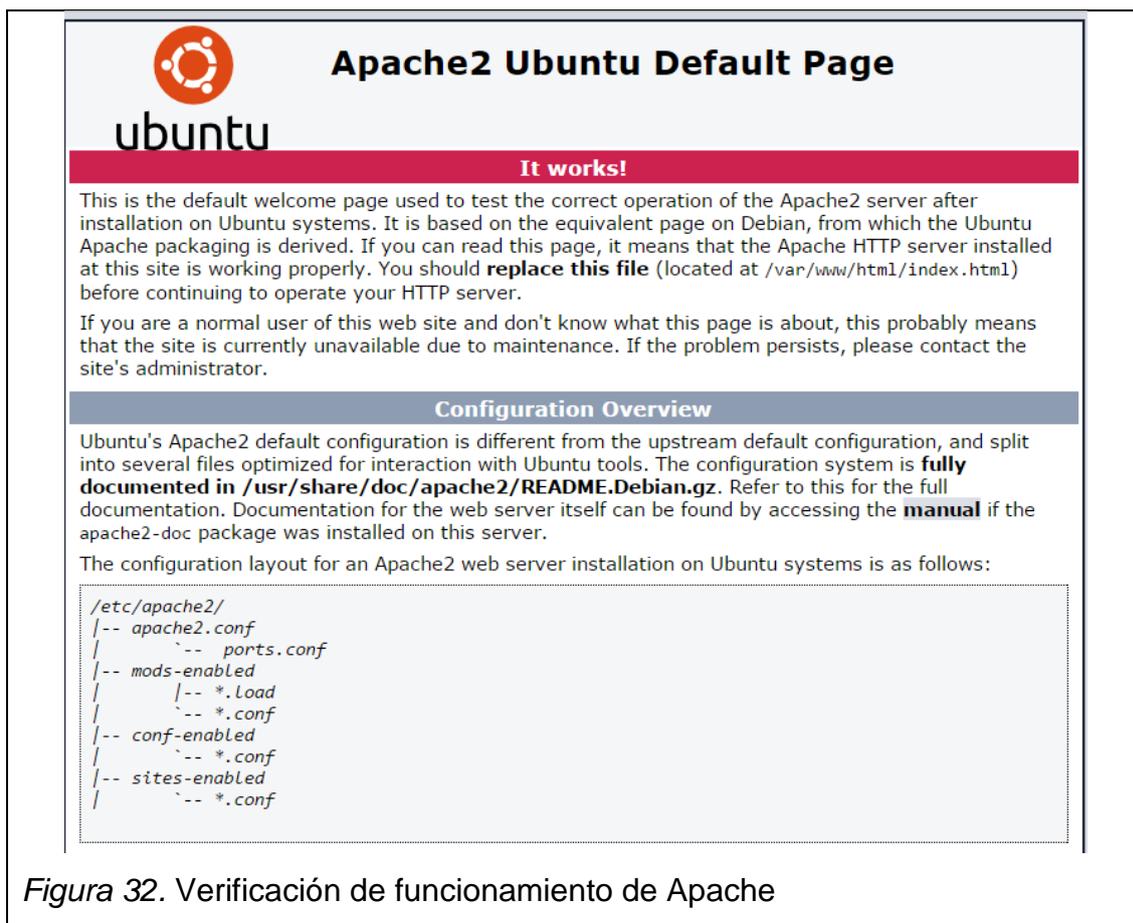


Figura 32. Verificación de funcionamiento de Apache

En la figura 32 se muestra la página que debe ser desplegada si la instalación ha sido correcta.

2.13.2 MySQL

Para la instalación de MySQL escribimos sobre un terminal **sudo apt-get install mysql-server mysql-client**, durante la instalación se nos solicitara el ingreso de una clave para la administración de MYSQL, el presente proyecto tiene configurada la clave de root como 12345.

2.13.3 PHP

Para la instalación de PHP se debe digitar **sudo apt-get install php5 libapache2-mod-php5**, concluida la instalación podemos verificar su funcionamiento creando un documento php en el path `/var/www/html`, para

mostrar la información de que versión se encuentra instalada, el documento creado debe contener

```
<?php
phpinfo();
?>
```

Figura 33. Código para verificar las configuraciones de PHP

Para ingresar a la página de información debemos digitar desde cualquier navegador a la dirección ip del Raspberry seguido por el nombre del documento que acabamos de crear, para este caso será 192.168.1.3/index.php como se indica en la figura 34

PHP Version 5.6.11-1ubuntu3.4


| | |
|---|---|
| System | Linux UDLA 4.1.18-v7+ #845 SMP Thu Feb 18 19:45:28 GMT 2016 armv7l |
| Server API | Apache 2.0 Handler |
| Virtual Directory Support | disabled |
| Configuration File (php.ini) Path | /etc/php5/apache2 |
| Loaded Configuration File | /etc/php5/apache2/php.ini |
| Scan this dir for additional .ini files | /etc/php5/apache2/conf.d |
| Additional .ini files parsed | /etc/php5/apache2/conf.d/05-opcache.ini, /etc/php5/apache2/conf.d/10-pdo.ini, /etc/php5/apache2/conf.d/20-json.ini |
| PHP API | 20131106 |
| PHP Extension | 20131226 |
| Zend Extension | 220131226 |
| Zend Extension Build | API20131226.NTS |
| PHP Extension Build | API20131226.NTS |
| Debug Build | no |
| Thread Safety | disabled |
| Zend Signal Handling | disabled |
| Zend Memory Manager | enabled |
| Zend Multibyte Support | provided by mbstring |
| IPv6 Support | enabled |
| DTrace Support | enabled |
| Registered PHP Streams | https, ftps, compress.zlib, compress.bzip2, php, file, glob, data, http, ftp, phar, zip |
| Registered Stream Socket Transports | tcp, udp, unix, udg, ssl, sslv3, tls, tlsv1.0, tlsv1.1, tlsv1.2 |
| Registered Stream Filters | zlib.*, bzip2.*, convert.iconv.*, string.rot13, string.toupper, string.tolower, string.strip_tags, convert.*, consumed, dechunk |

Figura 34. Página de información de PHP

2.13.4 phpMyAdmin

La instalación se realiza mediante el código **sudo apt-get install phpmyadmin**, durante la instalación el programa solicitara que se escoja el

servidor web para que se ejecute phpmyadmin, en este caso escogeremos apache2 como se indica en la figura 35.

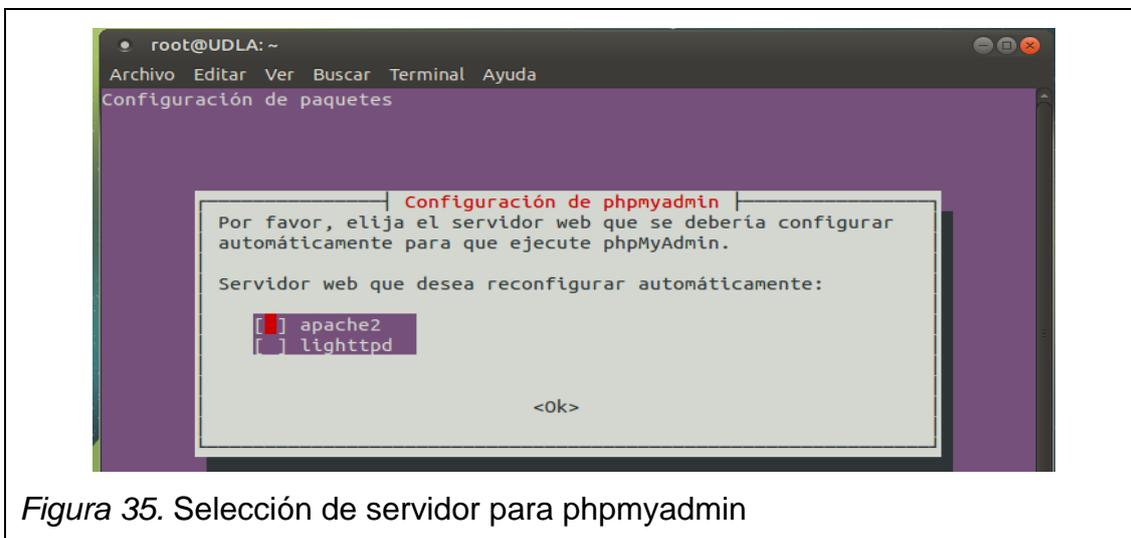


Figura 35. Selección de servidor para phpmyadmin

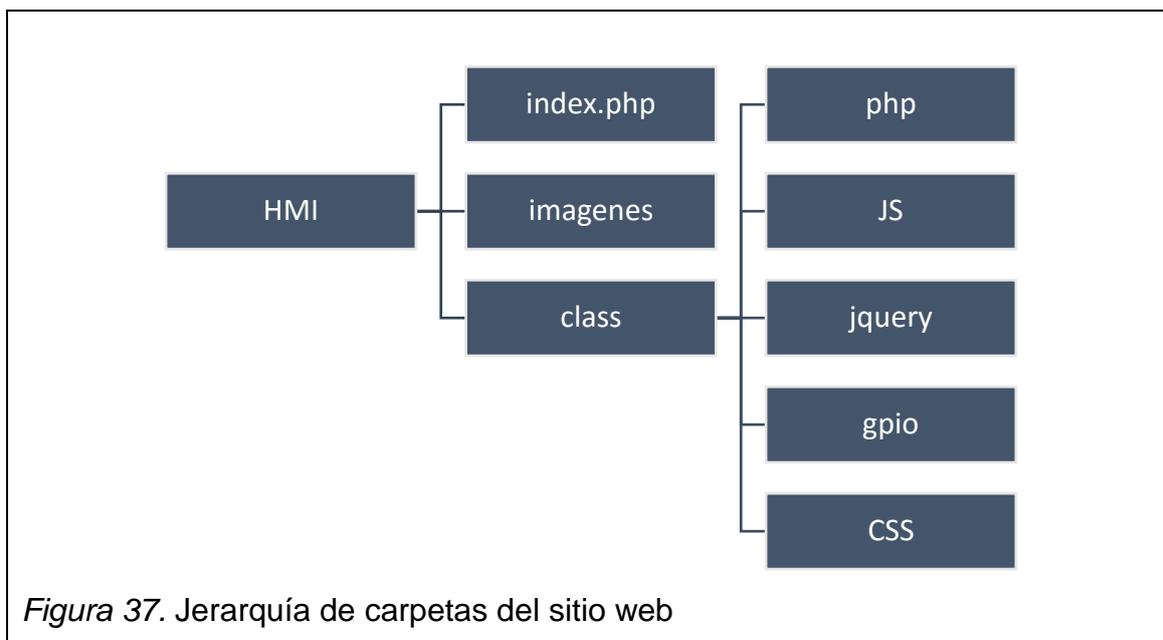
El programa de instalación también solicitará una clave para la administración en este caso se puso como clave 12345. Para verificar que la instalación se realizó correctamente podemos ingresar a la dirección del servidor seguido de phpmyadmin así: 192.168.1.3/phpmyadmin, si la página desplegada es como la que se muestra en la figura 36 la instalación y configuración se ha realizado con éxito.



Figura 36. Página de inicio de phpmyadmin

2.14 Configuración del servidor

Una vez realizada la instalación de apache, php, mysql y phpmyadmin se procede al diseño del sitio web, el cual está configurado como se indica en la figura.



Como se puede ver en la figura 37 el directorio HMI contiene todos los archivos y carpetas de la aplicación web.

El archivo index.php contiene las etiquetas y modelado de la página principal como se puede ver en la figura.



Figura 38. Página index.php de la aplicación web

La carpeta imágenes contiene los logotipos y fondos de todas las páginas de la aplicación.

En la carpeta class se encuentra toda la programación dividida por carpetas de acuerdo a su lenguaje, por lo tanto, dentro del directorio php, se encontrará los archivos de conexión y presentación de la base de datos, así como, los archivos que llaman a la ejecución de la programación de Python.

La carpeta JS contiene toda la programación realizada en javascript en este script está programado el tiempo de encendido y apagado para los sistemas de riego por goteo y aspersión.

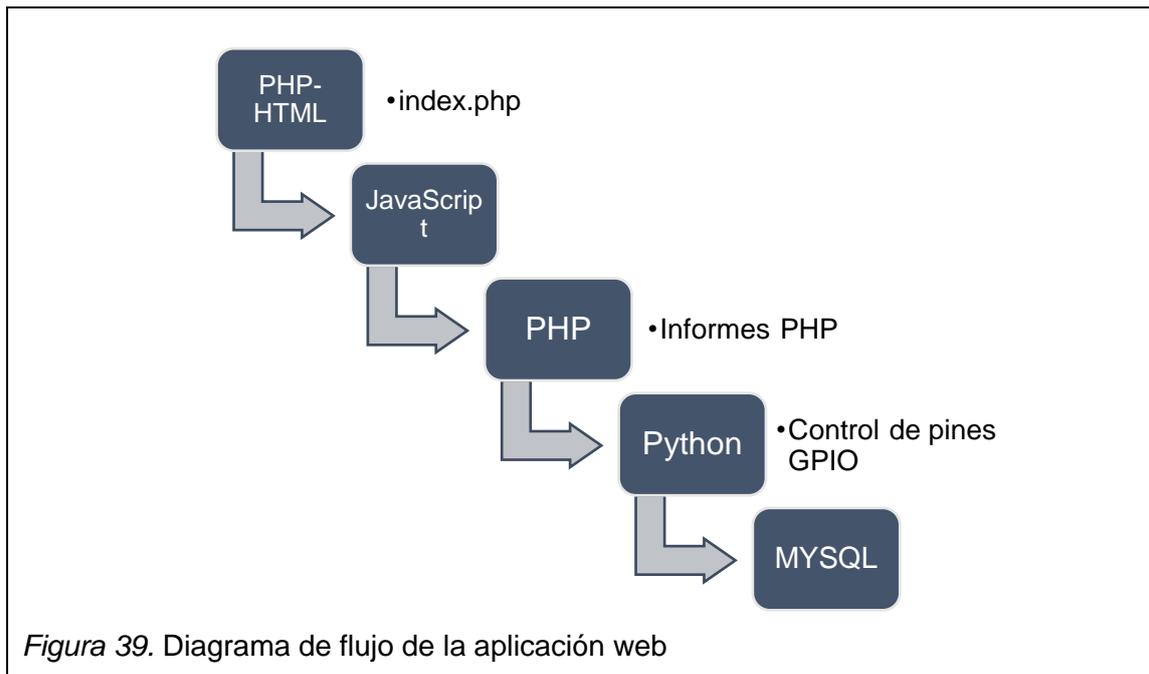
En la carpeta gpio está la programación en Python de los pines que permiten el control del encendido y apagado de la electroválvula y la gestión de datos provenientes de los sensores de flujo, además en estos scripts se encuentra la conexión a la base de datos para enviar los tiempos de on, off y cantidad de agua utilizada.

La carpeta ccs contiene todos los estilos de la aplicación, incluido la letra digital.ttf que es utilizada para mostrar el tiempo configurado por el usuario, y la

carpeta jquery contiene el archivo jquery-2.2.1.min descargado desde la página oficial de jquery.

2.15 Diagrama de flujo de la Aplicación web.

El siguiente diagrama muestra el funcionamiento de la aplicación.



Como se puede ver en la figura 39 el flujo de los programas principales es en cascada, la página index.php, llama a la ejecución de un documento en javascript y está a la vez solicita el proceso de los scripts PHP mediante ajax, estos archivos php solicitan la ejecución de los programas de Python y Python es el encargado de enviar la información hacia la base de datos de MySQL.

Cuando el usuario presiona el botón informes, la página principal abre una nueva ventana cargada con la información del documento informes.php. este documento realiza una consulta a la base de datos de tiempos de encendido, apago y uso de agua.



INFORMES

| N.- | tipo | cantidad_litros | fecha_inicio | fecha_fin |
|-----|-----------|-----------------|---------------------|---------------------|
| 1 | ASPERCION | 0.02 | 2016-06-22 01:19:16 | 2016-06-22 01:19:31 |
| 2 | ASPERCION | 0.00 | 2016-06-22 01:34:51 | 2016-06-22 01:34:54 |
| 3 | GOTEO | 0.07 | 2016-06-22 01:34:58 | 2016-06-22 01:35:06 |
| 4 | GOTEO | 0.02 | 2016-06-22 01:34:58 | 2016-06-22 01:35:06 |
| 5 | ASPERCION | 0.00 | 2016-06-22 01:18:14 | 2016-06-22 01:18:14 |
| 6 | GOTEO | 0.02 | 2016-06-22 01:17:31 | 2016-06-22 01:17:31 |
| 7 | ASPERCION | 0.00 | 2016-06-22 01:18:01 | 2016-06-22 01:18:06 |
| 8 | ASPERCION | 0.02 | 2016-06-22 01:18:08 | 2016-06-22 01:18:11 |
| 9 | ASPERCION | 0.02 | 2016-06-22 01:18:08 | 2016-06-22 01:18:11 |

Figura 40. Página informes.php

2.16 Base de datos

La creación y configuración de la base de datos se realizó con la ayuda de phpmyadmin, para ingresar a phpmyadmin se debe digitar la dirección ip del servidor seguido del nombre de la aplicación, de esta manera ip/phpmyadmin.

Durante la instalación se indicó que los datos para el ingreso a este complemento son: usuario root y clave 12345. Una vez dentro de la aplicación, creamos una nueva base de datos con el nombre sistema y una tabla nombrada sen_flujo como se muestra en la figura.

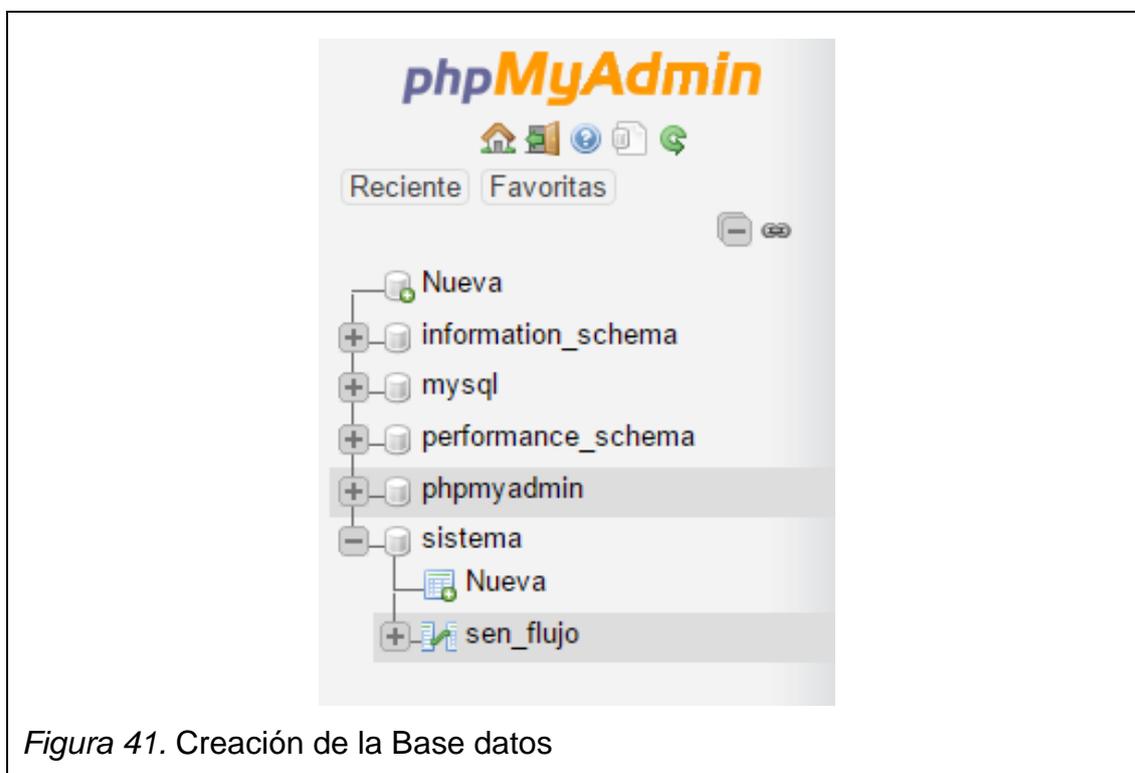


Figura 41. Creación de la Base datos

La tabla `sen_flujo` contiene las columnas `id`, `tipo`, `cantidad_litros`, `fecha_inicio` y `fecha_fin`.

La columna `id` es la clave primaria y se encuentra configurada para que se incremente automáticamente cada vez que ingresa un registro, la columna `tipo` es `varchar` para el ingreso de las palabras goteo y aspersión, las columnas `fecha_inicio` y `fecha_fin` son del tipo `datetime` y la columna `cantidad` de litros se encuentra configurada como decimal, la figura 42 muestra lo antes mencionado.

| # | Nombre | Tipo |
|--------------------------|---|---------------|
| <input type="checkbox"/> | 1 id  | int(10) |
| <input type="checkbox"/> | 2 tipo | varchar(12) |
| <input type="checkbox"/> | 3 cantidad_litros | decimal(10,2) |
| <input type="checkbox"/> | 4 fecha_inicio | datetime |
| <input type="checkbox"/> | 5 fecha_fin | datetime |

Figura 42. Configuración de columnas de la base de datos

2.17 Pines Raspberry GPIO utilizados

En la figura 43 se muestra la distribución de pines de Raspberry.

| Raspberry Pi2 GPIO Header | | | | |
|---------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|------|
| Pin# | NAME | | NAME | Pin# |
| 01 | 3.3v DC Power |  | DC Power 5v | 02 |
| 03 | GPIO02 (SDA1 , I ² C) | | DC Power 5v | 04 |
| 05 | GPIO03 (SCL1 , I ² C) | | Ground | 06 |
| 07 | GPIO04 (GPIO_GCLK) | | (TXD0) GPIO14 | 08 |
| 09 | Ground | | (RXD0) GPIO15 | 10 |
| 11 | GPIO17 (GPIO_GEN0) | | (GPIO_GEN1) GPIO18 | 12 |
| 13 | GPIO27 (GPIO_GEN2) | | Ground | 14 |
| 15 | GPIO22 (GPIO_GEN3) | | (GPIO_GEN4) GPIO23 | 16 |
| 17 | 3.3v DC Power | | (GPIO_GEN5) GPIO24 | 18 |
| 19 | GPIO10 (SPI_MOSI) | | Ground | 20 |
| 21 | GPIO09 (SPI_MISO) | | (GPIO_GEN6) GPIO25 | 22 |
| 23 | GPIO11 (SPI_CLK) | | (SPI_CE0_N) GPIO08 | 24 |
| 25 | Ground | | (SPI_CE1_N) GPIO07 | 26 |
| 27 | ID_SD (I ² C ID EEPROM) | | (I ² C ID EEPROM) ID_SC | 28 |
| 29 | GPIO05 | | Ground | 30 |
| 31 | GPIO06 | | GPIO12 | 32 |
| 33 | GPIO13 | | Ground | 34 |
| 35 | GPIO19 | | GPIO16 | 36 |
| 37 | GPIO26 | | GPIO20 | 38 |
| 39 | Ground | | GPIO21 | 40 |

Rev. 1
26/01/2014

<http://www.element14.com>

Figura 43. Distribución de Pines Raspberry
Tomado de: (Raspberrypi, s.f.)

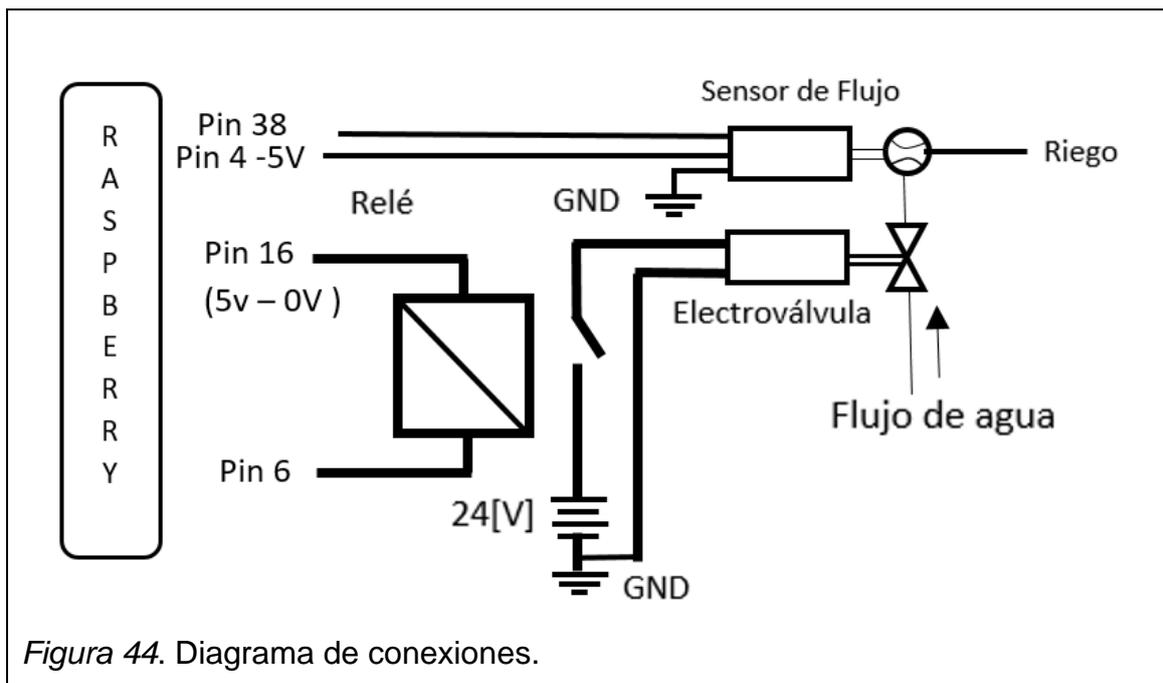
En la tabla que se muestra a continuación se detallan los pines utilizados para los dos sistemas de riego.

Tabla 7. Pines GPIO utilizados

| Riego por Goteo | |
|---------------------|--------------------------------------|
| PIN | Uso |
| 38 | Entrada de datos del sensor de flujo |
| 16 | Señal de control para el relé |
| 36 | Control de encendido y apagado |
| 4 y 6 | Alimentación de energía para el relé |
| Riego por Aspersión | |
| GPIO | Uso |
| 26 | Entrada de datos del sensor de flujo |
| 18 | Señal de control para el relé |
| 24 | Control de encendido y apagado |
| 2 y 34 | Alimentación de energía para el relé |

2.18 Diagrama de conexiones hacia el Raspberry

En la figura 44 se muestra como se encuentra conectado el sistema de riego por goteo, para el sistema de riego por aspersión únicamente cambian los pines a los que se conecta al Raspberry. En la tabla 7 se indica cuál es la distribución de pines para cada sistema.



2.19 Conexiones del Sensor de Flujo.

Como se muestra en el datasheet que se encuentra en el anexo 2, el sensor de flujo YF-S201 cuenta con tres cables, dos de los cuales sirven de polarización y el tercer cable es el encargado de enviar los datos en forma de pulsos cuadráticos hacia el microcomputador (Raspberry).

En la tabla 8 se indica en que pin del Raspberry deben ser conectados los cables de los sensores para los dos sistemas, tanto de riego como, por aspersión.

Tabla 8. Conexión del sensor de flujo hacia el Raspberry.

| Riego por Goteo | | |
|---------------------|-----|-------------------------------------|
| Cable (Color) | PIN | Descripción |
| Rojo | 4 | 5[Vdc] |
| Negro | 6 | GND |
| Amarillo | 38 | Señal de salida del sensor de flujo |
| Riego por Aspersión | | |
| Cable (Color) | Pin | Descripción |
| Rojo | 2 | 5[Vdc] |
| Negro | 34 | GND |
| Amarillo | 26 | Señal de salida del sensor de flujo |

La figura 45 muestra el método de conexión que se debe emplear para el funcionamiento del sensor para este proyecto.

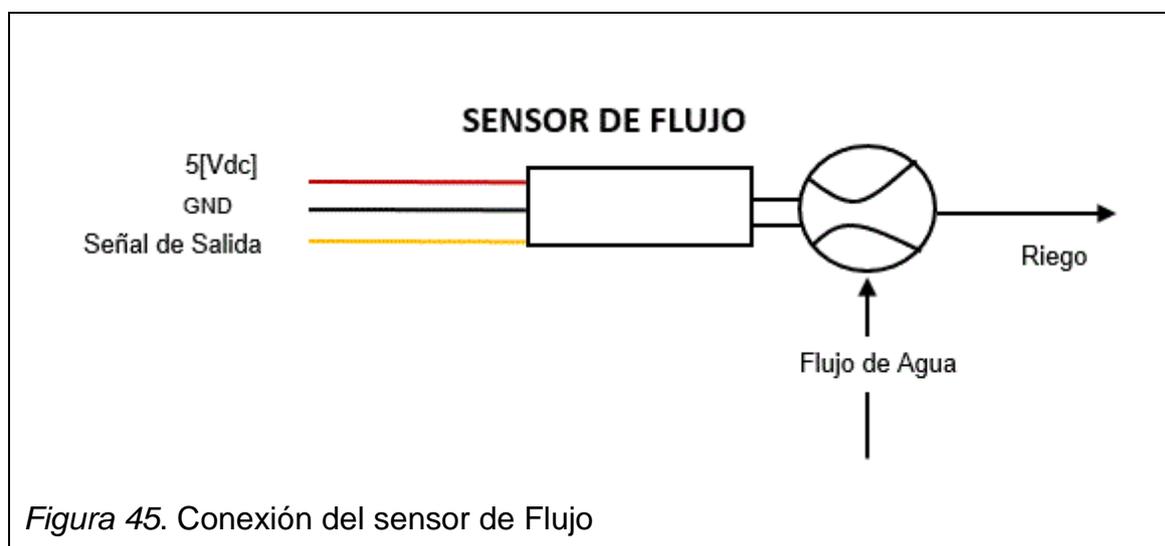


Figura 45. Conexión del sensor de Flujo

2.20 Funcionamiento del sensor de flujo

El sensor de flujo utilizado en este proyecto es YF-S201, con este dispositivo se logra registrar la cantidad de agua utilizada mediante el registro del número de pulsos que entrega a la salida.

La salida del sensor se encuentra conectado en el pin 38 para el caso de riego por goteo y en el pin 26 para riego por aspersión. Estos pines fueron configurados como entradas para poder registrar el tren de pulsos enviados por el sensor.

De acuerdo la hoja de datos del dispositivo, el cual se encuentra en el anexo 2, se indica que la frecuencia depende directamente del caudal con el que se haga trabajar al dispositivo. Mediante las pruebas realizadas al sistema se determinó que el sensor registra 450 pulsos por litro de agua a una presión normal de trabajo de 10 Kg/cm² (150 PSI), según especificaciones de la EMAP (AguaQuito, s.f.), que es la presión promedio que se usa en los hogares.

Para la obtención de la cantidad de agua en litros utilizada se aplica la siguiente fórmula.

$$Cantidad\ de\ agua\ (lt) = \frac{\text{número de pulsos} \left(\frac{\text{pulsos}}{lt} \right)}{450\ (lt)} \quad (\text{Ecuación 2})$$

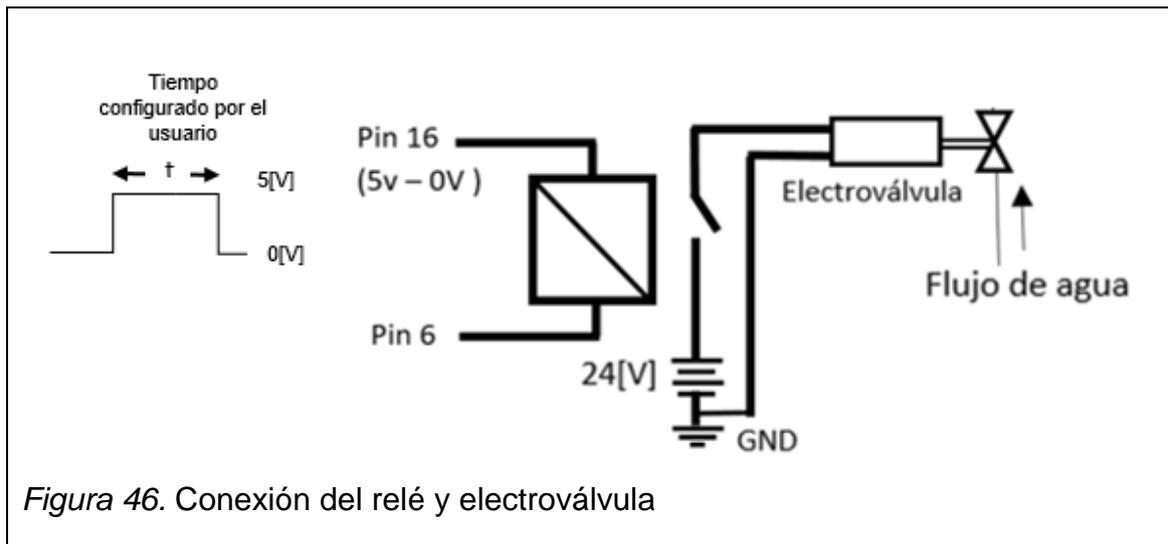
Con este dato se realiza el conteo del número de pulsos y se divide para 450, obteniendo así la cantidad de litros. Este cálculo se realiza en el código del programa y el resultado se guarda en la base de datos.

El dispositivo de control cuenta los pulsos y hace el cálculo respectivo, presentando el resultado en la tabla de la figura 40 del apartado 2.15.

2.21 Electroválvula

El modelo de electroválvula utilizada para el proyecto es FCD_270A, que trabaja a 24[V], normalmente cerrada. El control de la válvula se realiza mediante la activación de un relé, este relé permanece activado durante el tiempo configurado por el usuario.

El voltaje de activación del relé es 5[Vdc], que son suministrados desde el Raspberry por el pin 16 para riego por goteo y 18 para el riego por aspersión. En la figura que se muestra a continuación se muestra lo antes mencionado.



2.22 Seguridades

El sistema de riego se acogerá a las seguridades que posea la Universidad de las Américas en la red.

3. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

3.1 Diagrama de funcionamiento.



Como se puede observar en la figura número 47, el usuario se conecta al sistema mediante la página web, para ello se debe ingresar en un navegador la dirección IP del servidor Raspberry, una vez cargada la página, se podrá configurar el tiempo de riego para los dos sistemas.

3.2 Activación y Desactivación del Regadío.

Para activar el riego es estrictamente necesario seleccionar el tiempo en que la electroválvula permanecerá activada. Sin esta configuración, la página web presentará una alerta indicando que se debe seleccionar por lo menos 5 minutos en el tipo de riego que se desea activar. Esto se muestra en la figura 48.



Cuando se haya seleccionado el tiempo el sistema activa la válvula durante tiempo seleccionado y en la parte derecha de la pantalla se indica el tiempo restante para cerrar la válvula, la imagen en la página web será como se indica en la figura 49.



Figura 49. Configuración de tiempo

Cuando haya transcurrido el tiempo configurado se desactivarán las electroválvulas automáticamente y los datos de tiempo y cantidad de agua suministrada serán enviados a la base de datos.

Las electroválvulas también pueden ser desactivadas al presiona el botón apagar en cualquier instante antes de que termine el tiempo seteado.

3.3 Conexiones

Las pruebas fueron realizadas mediante la conexión WIFI al sistema y por medio de cable, obteniendo similares resultados.

Mediante la conexión al servidor por red inalámbrica la activación y desactivación de las válvulas tienen un retraso menor a un segundo, por el contrario, cuando se conecta por un medio físico la respuesta es inmediata.

La conexión desde el Raspberry se realiza por medio de un bus de datos hacia un conector RJ45 macho, por cada sistema de riego, esto se muestra en la figura a continuación:

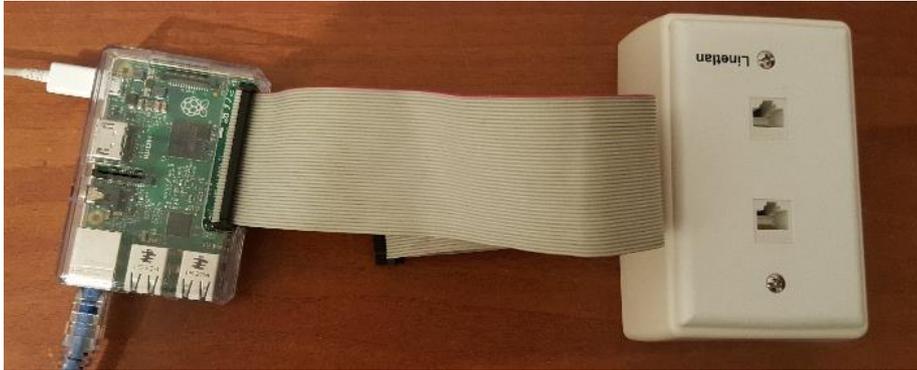


Figura 50. Conexión desde el Raspberry hacia los relés

De la misma manera, del lado del relé y las electroválvulas se conecta mediante cable RJ45.



Figura 51. Conexión hacia las electroválvulas

4. ANÁLISIS DE COSTO DEL PROYECTO

En este capítulo se realizará un análisis del costo del proyecto tomando en cuenta su influencia determinante en la elección del dispositivo y del método de comunicación así como en el diseño del sistema como tal. La influencia del aspecto económico en el desarrollo del presente proyecto se explica en las siguientes hojas y se puede apreciar más a fondo el porqué de las decisiones tomadas vistas desde el punto de vista económico en contra posición de técnico que fue explicado en su momento.

Para esto se consideran aspectos “importantes” desde el punto de vista económico como son:

- Elección del dispositivo de control.
- Elección del medio de comunicación.

Los dos apartados mencionados constituyen el mayor rubro en la elaboración del presente proyecto. Además, se considerarán aspectos adicionales de implementación que a final de cuentas tienen un espacio en el análisis del presente proyecto.

4.1 Costo del dispositivo de control

Como se pudo ver en la Tabla 1, Introducción página 3, existen varias tecnologías que se pueden utilizar para la construcción del prototipo de sistema automático de riego: PIC, PLC, microcontroladores, etc. En la tabla 7, Capítulo 2 página 40, se tiene un comparativo de precios de los distintos dispositivos de control disponibles en el mercado local. En general, en la tabla 8 se puede notar la amplia diferencia de precios entre los PLC industriales y los microcontroladores y microcomputadoras, aunque estos dos últimos tienen precios un poco similares, técnicamente se optó por el Raspberry por sus prestaciones técnicas explicadas en el apartado 2.1. Elección del dispositivo de

control. En este sentido, la opción más viable para el presente proyecto es el uso del Raspberry como dispositivo de control.

4.2 Costo del medio de transmisión

Para el enlace desde las oficinas hasta el invernadero, se consideró técnicamente en el apartado de diseño el uso de un enlace inalámbrico, y de igual forma desde el punto de vista económico es la mejor opción.

En el mercado local existe una gran variedad de antenas que pueden con este requerimiento, para la elaboración del presente proyecto se cuenta con antenas Alcon debido a la accesibilidad de las mismas por parte de los integrantes del grupo.

4.3 Costo del proyecto

La siguiente tabla muestra los costos incurridos en la construcción del prototipo. Se debe tomar en cuenta que no son los mismos que los que se incurrirán en la implementación del mismo.

Tabla 9. Costos incurridos en la elaboración del prototipo.

| ITEM | COSTO |
|---------------------------|------------------|
| Microcomputador Raspberry | \$ 95.00 |
| Electroválvula solenoide | \$ 15.91 |
| Flujómetro | \$ 34.34 |
| Periféricos | \$ 89.00 |
| Adaptador electrónico | \$ 19.00 |
| Sensor de flujo | \$ 17.82 |
| TOTAL | \$ 271.07 |

4.4 Costo estimado de la implementación.

Para la implementación del prototipo se deben tomar en cuenta los rubros de Instalación y cableado de las antenas y el rubro de las antenas como tal, como se puede apreciar en la tabla 10.

Tabla 10. Costos estimados de implementación

| ITEM | COSTO |
|---|--------------------|
| Microcomputador Raspberry | \$ 95.00 |
| Caja de montaje | \$ 60.00 |
| Flujómetro | \$ 34.34 |
| Periféricos | \$ 89.00 * |
| Adaptador electrónico | \$ 19.00 |
| Sensor de flujo | \$ 17.82 |
| Instalación y cableado de las antenas | \$ 200.00 |
| Antenas ALCON (2) | \$ 784.00 ** |
| Instalación y cableado de las electroválvulas | \$ 180.00 |
| TOTAL | \$ 1,479.16 |

Este rubro no es necesario adquirirlo, se pueden usar los disponibles ya que se los utiliza únicamente durante la implementación del Sistema Operativo.

** Este rubro es variable dependiendo de la solución en el mercado.

Tomando en consideración las notas de la tabla 10, el costo total de implementación quedaría como se muestra en la tabla 11.

Tabla 11. Costo estimado de implementación corregido

| ITEM | COSTO |
|---|------------------|
| Microcomputador Raspberry | \$ 95.00 |
| Caja de montaje | \$ 60.00 |
| Flujómetro | \$ 34.34 |
| Adaptador electrónico | \$ 19.00 |
| Sensor de flujo | \$ 17.82 |
| Instalación y cableado de las antenas | \$ 200.00 |
| Antenas genéricas (2) | \$ 186.00 |
| Instalación y cableado de las electroválvulas | \$ 180.00 |
| TOTAL | \$ 792.16 |

Como se puede apreciar, el costo es considerablemente bajo y en comparación con otras soluciones encontradas en el mercado es mucho más conveniente.

Tabla 12. Comparativa de precios de soluciones para riego automático

| SOLUCIÓN | COSTO |
|-----------------|--------------|
| Prototipo | \$ 792.16 |
| Opción A | \$ 1,489.20 |
| Opción B | \$ 2,780.60 |
| Opción C | \$ 2,857.60 |

También se hace notar que las soluciones encontradas en el mercado generalmente solicitan el cambio del hardware y algunas veces de las instalaciones de riego en su totalidad por temas de incompatibilidad en unos casos y en otros, por ejemplo, no integran la parte de comunicaciones dejando esta parte a otro proveedor lo que a la larga termina siendo un frente adicional del que preocuparse. La solución presentada se adapta a las instalaciones y equipos que tiene actualmente el invernadero permitiendo reutilizarlos.

4.5 Consideraciones a tener en cuenta para la implementación

Para la implementación del prototipo se debe tomar en cuenta además que las locaciones deben contar con instalación eléctrica en el invernadero para la alimentación de energía de los dispositivos utilizados.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.6 Conclusiones

Del análisis hecho en el capítulo 2, apartado 2.1, Elección del dispositivo de control, se puede concluir que la microcomputadora Raspberry es un dispositivo muy práctico y adaptable a diferentes proyectos, en este caso, de automatización, adicional a esto Raspberry tiene una ventaja sobre PLC y Arduino ya que no se debe aprender un lenguaje de programación propio del dispositivo, como es el caso de PLC y Arduino.

Gracias a su costo, tamaño y prestaciones, resulta ser una herramienta práctica y poderosa en el desarrollo de este tipo de proyectos. Por sus características técnicas, es posible implementar en el Raspberry un servidor web. En el presente proyecto se implementó el servidor web Apache.

También se puede concluir que el uso del servidor web Apache facilita la tarea de comunicación entre el usuario y el sistema de control. Esta poderosa herramienta, usada en la mayoría de servicios web a nivel mundial, es segura, confiable y permite el uso de herramientas de programación comunes (PHP, HTML, JavaScript, Python, etc.)

Estas herramientas tecnológicas mencionadas recalcan la importancia que el software libre y el desarrollo colaborativo de tecnología tendrán en el futuro.

Por último, se puede mencionar como conclusión el hecho de que el prototipo en su conjunto puede ser escalable en el sentido de que se pueden incrementar sensores de varios tipos y modificar el sistema para monitorearlos, con esto se tendría una visión más amplia de los parámetros influyentes en la producción bajo invernadero.

4.7 Recomendaciones

Para evitar que la base de datos se incremente demasiado, se recomienda respaldar la información, mediante phpmyadmin hacia otro dispositivo. Con esto se aseguraría que el sistema no va a fallar por falta de espacio en la memoria principal.

Una de las limitantes que puede llegar a tener el sistema es que la base de datos crezca y llene el espacio limitado que tiene la tarjeta MicroSd, esto podría causar a más de pérdida de información, problemas en el sistema operativo.

Se recomienda habilitar los protocolos ftp y ssh, para poder gestionar el sistema de manera remota, de preferencia estos protocolos deben ser configurados de manera segura, como por ejemplo cambiar el puerto de conexión de los habituales y restringir el acceso a usuarios o grupos no autorizados.

Por más prestaciones que tengan, las soluciones comerciales están ligadas a trabajar con ciertas marcas, es difícil adaptarlas a instalaciones ya hechas y en ocasiones no brindan una solución completa. Además que la diferencia de precios es grande, es mucho mejor optar por la implementación del prototipo del Sistema Automatizado de Riego ya que se han tomado las mejores herramientas tecnológicas en base a un análisis técnico y económico, las microcomputadoras, servicios web, enlaces inalámbricos, etc. constituyen el corazón del proyecto y fueron explicados en su momento a lo largo del desarrollo del proyecto, estas tecnologías unidas forman una solución muy útil, fácil de usar y fácil de implementar.

REFERENCIAS

- AguaQuito. (s.f.). *Conexiones domiciliarias de agua potable para el distrito metropolitano de Quito*. Recuperado el 12 de Julio de 2016, de http://www.aguaquito.gob.ec/RespaldoJoomla/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=363.
- Alvarado, S. (2010). Prototipo de un sistema de automatización de ventilación y riego de un invernadero. En S. Alvarado, *Tesis de Grado*. Quito, Pichincha, Ecuador: Universidad Tecnológica Israel - Facultad de Sistemas Informáticos.
- Arévalo, M. (2011). Desarrollo de un sistema automático para mejorar el sistema de riego en la Hacienda "Gavilanes", ubicada en el cantón Quero. En M. Arévalo, *Tesis de Grado*. Ambato: Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato - Escuela de Ingeniería de Sistemas.
- Bernal, C. (2010). *Metodología de la investigación* (Tercera ed.). Bogotá, Colombia: Pearson Educación.
- Erazo, M., & Sánchez, J. (2011). *Control y Supervisión de variables en un sistema de antiheladas, regadío y ventilación para optimizar los cultivos bajo invernadero*. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador: Escuela Politécnica del Ejército.
- Estrada, J. (2012). *Guía para la construcción de invernaderos o fitotoldos*. Recuperado el 02 de Abril de 2016, de <http://www.fao.org/3/a-as968s.pdf>
- FAO. (s.f.). *El estado de los recursos de tierras y aguas del mundo para la alimentación y agricultura*. Recuperado el 28 de Octubre de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/015/i1688s/i1688s00.pdf>
- Lopez, G., & Sánchez, A. (2012). Desarrollo e implementación de un sistema SCADA para invernaderos, utilizando un sistema de control PLC y un sistema de comunicación basado en red GPRS y de localización GPS. En *Tesis de Grado*. Loja: Universidad Internacional del Ecuador Sede Loja - Ingeniería en Informática y Multimedia.
- Miranda, H. (2015). *Diseño y construcción de un prototipo para control y monitoreo de reservorios de agua empleando comunicación móvil*

- GSM/GPRS en sistemas de riego*. Quito, Pichincha, Ecuador: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Moncayo, P. (2015). Director del Centro Experimental. (J. Ramírez, & D. Alomoto, Entrevistadores)
- Mundo UDLA. (s.f.). *La Granja de la U*. Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de http://www.udla.edu.ec/wp-content/uploads/2014/06/04_JUNIO_MU_02_final.pdf
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería de control moderna* (Quinta ed.). Madrid: PEARSON EDUCACIÓN S. A.
- Percy, G. (2006). *Invernaderos: construcción y manejo*. Lima: RIPALME.
- Pereira, L. S., Valero, J. A., Picornell, M. R., & Tarjuelo, J. M. (2010). *El Riego y sus Tecnologías*. Recuperado el 02 de Abril de 2016, de http://www.fagro.edu.uy/hidrologia/riego/El_Riego_y_sus_Tecnologias.pdf
- Raspberry PI Foundation. (s.f.). *About Raspberry PI*. Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <https://www.raspberrypi.org/about/>
- Raspberry PI Foundation. (s.f.). *What is Raspberry PI?* Recuperado el 10 de Mayo de 2016, de <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberrypi/>
- Raspberrypi. (s.f.). *Distribución de Pines Raspberry*. Recuperado el 10 Junio de 2016, de <https://www.Raspberrypi.org/forums/viewtopic.php?f=76&t=128492>
- Real Academia de la Lengua Española. (s.f.). *Automatización*. Recuperado el 20 de Junio de 2016, de <http://dle.rae.es/?w=diccionario>
- Stallings, W. (2004). *Comunicaciones y redes de computadores* (Séptima ed.). Madrid: PERSON EDUCACIÓN, S. A.
- Tanenbaum, A., & Van Steen, M. (2008). *Sistemas distribuidos. Principios y paradigmas* (Segunda ed.). México: Pearson Educación.
- Universidad de las Américas. (s.f.). *Granja Experimental Nono*. Recuperado el 15 de Agosto de 2015, de <http://www.udla.edu.ec/wp-content/uploads/2014/documentosmedicina/acreditacionmedicina/Estado%20Actual%20y%20Prospectiva/PEDI-POA-PM/PlanEstrategicoUDLA13.pdf>

Vásconez, J., & Chamba, F. (2013). *Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca ubicada en el sector popular de Balerio Estacio*. Guayaquil, Guayas, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.

w3schools. (s.f.). *Estructura HTML5*. Recuperado el 14 de Mayo de 2016 , de <http://www.w3schools.com/>

ANEXOS

Anexo 1. COTIZACIONES

Arduino Due R3 Microcontrolador Avr Pic Incluye Cable Usb Me gusta

Nuevo



U\$S 49⁹⁵

Pago a acordar con el vendedor
Acepta depósito bancario, efectivo.
[Más información](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Quito, Pichincha (Quito)
[Más información](#)

Cantidad:



Arduino A000008 Yun ATmega32u4 Microcontroller Board
by Arduino

★★★★☆ 73

\$61.49 ~~\$74.95~~ Prime
Get it by **Tomorrow, Jun 24**

More Buying Choices
\$48.56 new (20 offers)
\$50.62 used (1 offer)

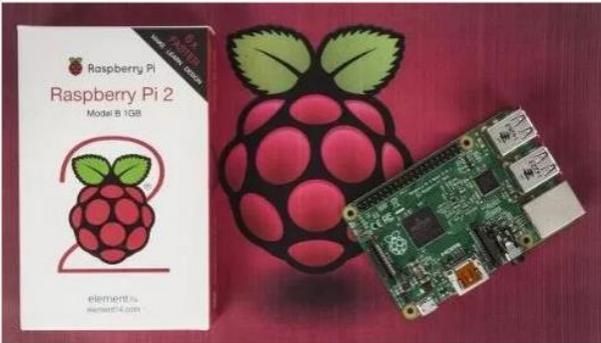
FREE Shipping on eligible orders

Product Features
Arduino Yun is open-source hardware

Electronics: [See all 207 items](#)

Raspberry Pi 2 Model B Armv7 Quad Core 1gb Ram Original Me gusta

Nuevo 6 vendidos



U\$S 65⁹⁹

Pago a acordar con el vendedor
[Más información](#)

Entrega a acordar con el vendedor
Quito, Pichincha (Quito)
[Más información](#)

Cantidad:

Raspberry Pi 3 Modelo B +adaptador+case+disipadores+guía Me gusta

Nuevo 2 vendidos



U\$S 130⁰⁰



Pago a acordar con el vendedor

Acepta depósito bancario.

[Más información](#)



Entrega a acordar con el vendedor

Guayaquil, Guayas

[Más información](#)

¡Último disponible!

[Comprar](#)



Intel Galileo Gen 2 Board Single GALILEO2

by Intel



10 customer reviews

8 answered questions

List Price: \$74.99

Price: **\$65.80 & FREE Shipping**. [Details](#)

You Save: **\$9.19 (12%)**

Only 5 left in stock.

Want it tomorrow, June 24? Order within **8 hrs 2 mins** and choose One-Day Shipping at checkout. [Details](#)

Sold by Prime Source Plus and Fulfilled by Amazon.

- Galileo Gen 2 Board Single
- Quark 393Pin
- FCPGA Max-256mb

12 new from \$60.88

1 used from \$45.99



A10-OLINUXINO-LIME Debian 7 Wheezy Linux Allwinner A10 SBC kit

by Olimex

Be the first to review this item

Price: **\$44.00 & FREE Shipping** on orders over \$49. [Details](#)

Only 2 left in stock.

Sold by Olimex Ltd and Fulfilled by Amazon.

- A10 Cortex
- 512MB DDR3 RAM memory
- MOD-WIFI-R5370
- A10-OLINUXINO-LIME
- DEBIAN 7 WHEEZY 4GB SDCARD CLASS 10(FAST)

[See more product details](#)





TCS INDUSTRIAL
www.tcsindustrial.com

COTIZACIÓN

No. TCS-16-0136

Cliente: Sr. David Alomoto
 Atención: _____ E-mail: davidalomoto@gmail.com
 Dir. / Ciudad: Quito Fecha: 01 de Abril del 2016
 Referencia: Su gentil requerimiento Teléfono: 0995825787

| Item | Descripción | Nro. Parte | P. Unitario | Cantidad | Total Item |
|------|---|-------------|-------------|----------|------------|
| 1 | Computador embebido Ethernet Modbus TCP Incluye TwinCAT 2 PLC runtime bajo Windows CE 6.0 | CX8080 | S/. 854,81 | 1 | S/. 854,81 |
| 2 | Lienola de Visualización WebVisu TC2 | T91810-0001 | S/. 245,91 | 1 | S/. 245,91 |
| 3 | Tarjeta de 16 canales de entrada digital 24V bus K | KL1809 | S/. 122,28 | 1 | S/. 122,28 |
| 4 | Tarjeta de 8 canales de salida digital 24V bus K | KL2408 | S/. 81,78 | 1 | S/. 81,78 |
| 5 | Tarjeta de 2 canales de salida relay bus K | KL2822 | S/. 88,28 | 1 | S/. 88,28 |
| 6 | Tarjeta de fin de bus tipo K | KL810 | S/. 17,78 | 1 | S/. 17,78 |
| 8 | Entrenamiento 8 horas en TwinCAT 2 básico + WebVisu (Se dicta en las oficinas de TCS INDUSTRIAL) | TCS-TC-0001 | Incluido | 1 | S/. - |

Lugar de entrega: Oficinas de TCS INDUSTRIAL

Subtotal Item S/. 1.190,73
 IVA 12%: S/. 142,89

TOTAL: S/. 1.333,62

CONDICIONES DE LA OFERTA

Validez de la oferta: 10 días
 Moneda: Dólares Estadounidenses
 Tiempo de entrega: Inmediato
 Forma de pago: 100% contraentrega

Atentamente

ING. FERNANDO MERA
 GERENTE

Firma _____



Cotización

| | |
|------------|--------------|
| Fecha | Cotización # |
| 06/04/2016 | COT16_172 |

| |
|--|
| Nombre / Dirección |
| Ing. David Alomoto davidalomoto@gmail.com Cel: 0996825787 Quito - Ecuador |

| No. Solicitud Cliente | Forma de Pago | Validez Oferta | Vendedor | Proyecto | Tiempo de Entrega | |
|--|---------------|---------------------|-------------------------|--------------|--------------------|------------|
| Correo | 70%Ant-30%Ent | 06/04/2016 | WRG | | 4 a 6 semanas | |
| Descripción | | | | Cant | P. Unitario | Total |
| ÍTEM #1.0 PLC VERSAMAX MICRO Controlador Inteligente Micro GE-IP 23 point PLC, (13) 24VDC In, (1) 24VDC Out, (9) Relay Out, (2) Analog In and (1) Analog Out, 24VDC Power Supply, Battery (IC200ACC403) is required for long term data retention and Real Time Clock. Battery not included.  | | | | 1 | 1.856,25 | 1.856,25T |
| ÍTEM #2.0 MÓDULO DE EXPANSIÓN ANALÓGICO 6 channel Analog expansion. (4) Analog inputs & (2) Analog Outputs, 24VDC Power Supply (* includes IC200CBL501)  | | | | 1 | 962,50 | 962,50T |
| ÍTEM #3.0 Battery for 23 and 28 point Micro for data retention & real time clock  | | | | 1 | 63,25 | 63,25T |
| NOTA: La presente cotización no incluye instalación mecánica o eléctrica del equipo, tampoco material para la realización de la misma como tuberías, cable eléctrico, uniones, conectores, tableros y demás. | | | | | | |
| | | | | | Subtotal | \$2.882,00 |
| | | | | | IVA (12,0%) | \$345,84 |
| Phone # | Fax # | E-mail | Web Site | | | |
| 593-2-2921268 | 593-2-2249343 | ventas@intelware.cc | http://www.intelware.cc | Total | \$3.227,84 | |

Anexo 2. DATAH SHEET



Raspberry Pi



Raspberry Pi 2, Model B

Product Name Raspberry Pi 2, Model B

Product Description The Raspberry Pi 2 delivers 6 times the processing capacity of previous models. This second generation Raspberry Pi has an upgraded Broadcom BCM2836 processor, which is a powerful ARM Cortex-A7 based quad-core processor that runs at 900MHz. The board also features an increase in memory capacity to 1Gbyte.

Specifications

| | |
|--------------------------|---|
| Chip | Broadcom BCM2836 SoC |
| Core architecture | Quad-core ARM Cortex-A7 |
| CPU | 900 MHz |
| GPU | Dual Core VideoCore IV® Multimedia Co-Processor Provides Open GL ES 2.0, hardware-accelerated OpenVG, and 1080p30 H.264 high-profile decode Capable of 1Gpixel/s, 1.5Gtexel/s or 24GFLOPs with texture filtering and DMA infrastructure |
| Memory | 1GB LPDDR2 |
| Operating System | Boots from Micro SD card, running a version of the Linux operating system |
| Dimensions | 85 x 56 x 17mm |
| Power | Micro USB socket 5V, 2A |

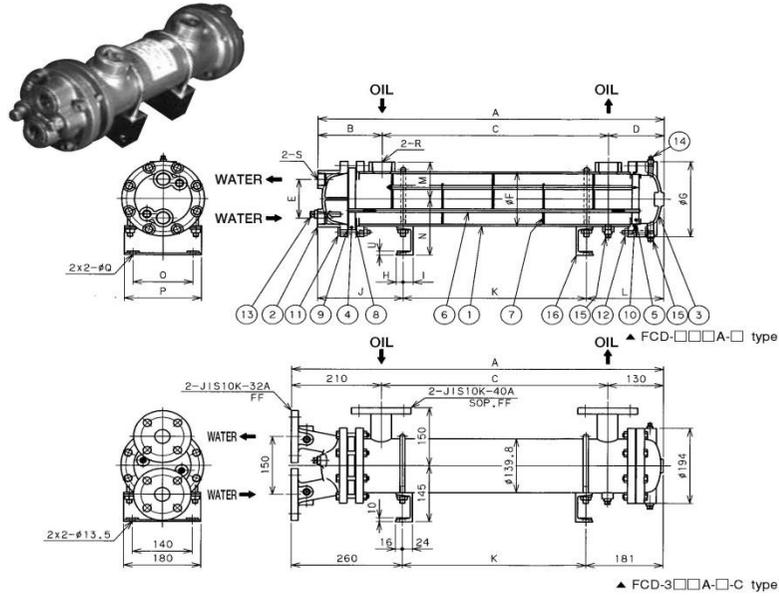
Connectors:

| | |
|--------------------------|--|
| Ethernet | 10/100 BaseT Ethernet socket |
| Video Output | HDMI (rev 1.3 & 1.4) |
| Audio Output | 3.5mm jack, HDMI |
| USB | 4 x USB 2.0 Connector |
| GPIO Connector | 40-pin 2.54 mm (100 mil) expansion header: 2x20 strip Providing 27 GPIO pins as well as +3.3 V, +5 V and GND supply lines |
| Camera Connector | 15-pin MIPI Camera Serial Interface (CSI-2) |
| JTAG | Not populated |
| Display Connector | Display Serial Interface (DSI) 15 way flat flex cable connector with two data lanes and a clock lane |
| Memory Card Slot | Micro SDIO |

FCD

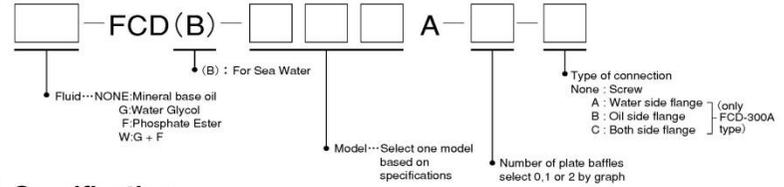
Floating tube plate type compact cooler

Construction & Dimensions



| Code | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O | P | Q | R | S | U | Cooling surface m ² | Weight kg |
|----------|------|-----|-----|-----|-----|--------|--------|------|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-------|---------|-------|-----|--------------------------------|-----------|
| FCD-108A | 345 | 148 | | | | | | | | 75 | | | | | | | | Rc1 | Rc3/4 | 2.3 | 0.4 | 7.5 |
| FCD-114A | 525 | 104 | 328 | 93 | 52 | φ76.3 | φ110 | 15 | 15 | 140 | 255 | 130 | 60 | 70 | 80 | 102 | φ10 | | | | 0.7 | 10 |
| FCD-122A | 755 | | 558 | | | | | | | 485 | | | | | | | | | | | 1.1 | 13 |
| FCD-226A | 435 | | 208 | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | 1.3 | 15 |
| FCD-234A | 545 | | 318 | | | | | | | 230 | | | | | | | | | | | 1.7 | 19 |
| FCD-242A | 625 | 120 | 398 | 107 | 76 | φ114.3 | φ147 | 20 | 20 | 165 | 310 | 150 | 85 | 90 | 120 | 148 | φ12 | Rc1 1/4 | Rc1 | 3.2 | 2.1 | 22 |
| FCD-256A | 775 | | 548 | | | | | | | 460 | | | | | | | | | | | 2.8 | 25 |
| FCD-270A | 945 | | 718 | | | | | | | 630 | | | | | | | | | | | 3.5 | 31 |
| FCD-350A | 581 | | 301 | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | 2.5 | 40 |
| FCD-370A | 811 | | 531 | | | | | | | 430 | | 181 | 95 | 145 | 140 | 180 | φ13.5 | Rc1 1/2 | Rc1 | 10 | 3.5 | 55 |
| FCD-390A | 981 | | 701 | | 130 | 100 | φ138.8 | φ194 | 16 | 24 | 200 | | | | | | | | | | 4.5 | 68 |
| FCD-311A | 1101 | | 821 | | | | | | | 720 | | | | | | | | | | | 5.5 | 85 |

Model Number



Specifications

| | |
|-------------------------|---|
| Type | Shell & tube, Floating tube plate |
| Max. operating Pressure | Shell Side : 1.0MPa / Tube Side : 1.0 MPa |
| Fluids | Sell side : Mineral based oil, Water Glycol and Phosphate Ester etc. Tube side : Fresh water / sea water |
| Tube material | 9mm dia. Low Fin Tube |
| Cooling area | 0.4~5.5m ² |
| Features | Space: Unique low fin tubes allows 20% size and weight reduction. |
| | Leg: U bolt type legs allow free installation |
| | Corrosion Proof: Inside of water chamber covers are coated with a tar-epoxy paint to prevent corrosion |

Component Parts

| No. | Parts name | No. | Parts name |
|-----|-----------------|-----|------------|
| 1 | Shell | 9 | Packing |
| 2 | Chamber cover A | 10 | Packing |
| 3 | Chamber cover B | 11 | Bolt/Nut |
| 4 | Tube plate A | 12 | Bolt/Nut |
| 5 | Tube plate B | 13 | Zinc plug |
| 6 | Fin tube | 14 | Vent plug |
| 7 | Baffle plate | 15 | Drain plug |
| 8 | Packing | 16 | Leg |

Spare Parts

Remarks: Please note part numbers and quantity, when placing orders. Material of part depends upon the type of fluid.

| Model | No. | Parts name | Qty | Size | Material |
|---------|-----|--------------------------|-----|------------------------|---------------|
| FCD-1□□ | 8 | Packing | 1 | 12 × φ 83 / φ 72 | None asbestos |
| | 9 | Packing (with partition) | 1 | 12 × φ 83 / φ 72 | None asbestos |
| | 10 | Packing | 1 | 13 × φ 79.2 / φ 71 | NBR, (FKM*) |
| | 13 | Zinc plug | 2 | R3/8 | Zn, FcMB |
| FCD-2□□ | 8 | Packing | 1 | 12 × φ 120 / φ 109 | None asbestos |
| | 9 | Packing (with partition) | 1 | 12 × φ 120 / φ 109 | None asbestos |
| | 10 | Packing | 1 | 13 × φ 115.2 / φ 107 | NBR, (FKM*) |
| | 13 | Zinc plug | 2 | R3/8 | Zn, FcMB |
| FCD-3□□ | 8 | Packing | 1 | 12 × φ 160 / φ 134 | None asbestos |
| | 9 | Packing (with partition) | 1 | 12 × φ 160 / φ 134 | None asbestos |
| | 10 | Packing | 1 | 14.5 × φ 140.2 / φ 128 | NBR, (FKM*) |
| | 13 | Zinc plug | 2 | R1/2 | Zn, FcMB |

* FKM Packings are used for fluid "F" and "W" type.

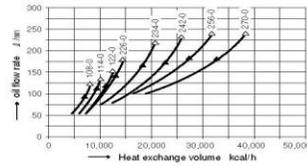
► Cooler selection graph

Condition

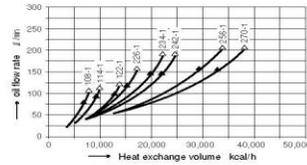
Fluid : ISO-VG46 or equivalent
 Oil inlet temp : 55°C
 Water inlet temp : 30°C
 Water flow rate : 1/2 of oil flow (reference table to right)
 Oil side pressure drop : ▲···0.1MPa △···0.15MPa
 Water side pressure drop : 0.01~0.03MPa

| Model | Water flow | Minimum | Maximum |
|---------------|------------|------------|-------------|
| FCD-108A~122A | 10 ℓ / min | 10 ℓ / min | 35 ℓ / min |
| FCD-226A~270A | 20 ℓ / min | 20 ℓ / min | 80 ℓ / min |
| FCD-350A~311A | 30 ℓ / min | 30 ℓ / min | 110 ℓ / min |

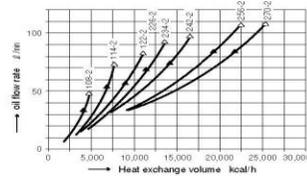
FCD-108A~270A-0 type



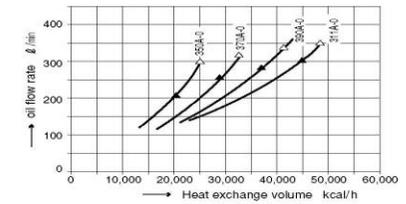
FCD-108A~270A-1 type



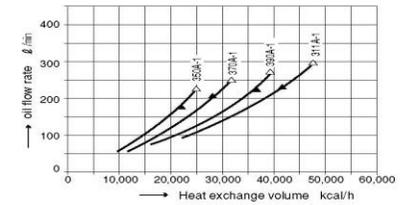
FCD-108A~270A-2 type



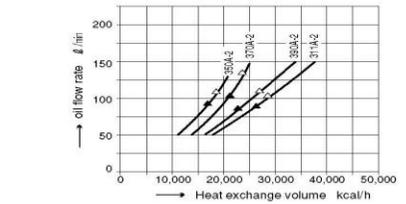
FCD-350A~311A-0 type



FCD-350A~311A-1 type



FCD-350A~311A-2 type



YF-S201 Water Flow Sensor



This sensor sit in line with your water line, and uses a pinwheel sensor to measure how much liquid has moved through it.

Rating: Not Rated Yet

Price:

Variant price modifier:

Base price with tax:

Price with discount: 800,00 ?

Salesprice with discount:

Sales price: 800,00 ?

Sales price without tax: 800,00 ?

Discount:

Tax amount:

[Ask a question about this product](#)

Description

Sensors & Sensor Modules : YF-S201 Water Flow Sensor

Measure liquid/water flow for your solar, water conservation systems, storage tanks, water recycling home applications, irrigation systems and much more. The sensors are solidly constructed and provide a digital pulse each time an amount of water passes through the pipe. The output can easily be connected to a microcontroller for monitoring water usage and calculating the amount of water remaining in a tank etc.

Features:

- Model: YF-S201
- Working Voltage: 5 to 18V DC (min tested working voltage 4.5V)
- Max current draw: 15mA @ 5V
- Output Type: 5V TTL
- Working Flow Rate: 1 to 30 Liters/Minute
- Working Temperature range: -25 to +80?
- Working Humidity Range: 35%-80% RH
- Accuracy: $\pm 10\%$
- Maximum water pressure: 2.0 MPa
- Output duty cycle: 50% $\pm 10\%$
- Output rise time: 0.04us
- Output fall time: 0.18us
- Flow rate pulse characteristics: Frequency (Hz) = 7.5 * Flow rate (L/min)
- Pulses per Liter: 450
- Durability: minimum 300,000 cycles
- Cable length: 15cm
- 1/2" nominal pipe connections, 0.78" outer diameter, 1/2" of thread
- Size: 2.5" x 1.4" x 1.4"

ITEM INCLUDED:

1 x YF-S201 Water Flow Sensor

Reviews

There are yet no reviews for this product.



Low cost Outdoor Managed AP/Bridge/Client with inbuilt Antenna



OVERVIEW

Low cost Outdoor Managed AP/Bridge/Client with inbuilt Antenna.

With the most innovative 802.11g technology designed, the Alcon Wireless ASU-24005g provides 108Mbps high data rate for outdoor environment, which is about 30 times faster than T1 and ADSL connection speed. There are four operating modes supported in ASU-24005g which are: AP, Wireless Client, Repeater, and Bridge. Other than 64/128/152-bit WEP encryption, ASU-24005g integrates WPA and WPA-PSK to secure the information of your wireless LAN.

FEATURES

- * Wireless LAN IEEE802.11b/g compliant
- * Solid housing provides protection against rigorous weather conditions
- * Four operating modes support: AP, Wireless Bridge, Wireless Client, and Repeater
- * Strong network security with 64/128/152-bit WEP encryption, WPA and WPA-PSK
- * Built-in 12dBi patch antenna
- * 5 levels of adjustable transmit power control
- * Super G mode raises the data rate up to 108Mbps
- * Supports DHCP Client
- * Provides "Connection Status" indication for Repeater and Client modes
- * Power over Ethernet design
- * SmartSelect Technology selects best channel automatically
- * Optimal Distance Technology (ODT) helps to minimize TCP round-trip delay caused by variable distances and environments
- * IP67 waterproof and dustproof
- * Management: Web browser, AP Utility, Site Survey, Firmware upgrade/backup

APPLICATION

High speed, PoE design, Supports multiple operating modes.

The Alcon Wireless ASU-24005g provides 108Mbps high data rate for outdoor environment, which is about 30 times faster than T1 and ADSL connection speed. There are four operating modes supported in ASU-24005g which are: AP, Wireless Client, Repeater, and Bridge. The PoE (Power over Ethernet) design reduces the cost of power cables installation and offers high flexibility while selecting the location of ASU-24005g.

Can be used in multiple locations.

The Alcon Wireless ASU-24005g can be an ideal solution to provide 108Mbps high speed fixed wireless to multiple locations, like:

- * Hot spots, such as coffee shops, book stores, office buildings
- * Complex shaped buildings
- * Corporate offices, manufacturing centers, universities, hospitals, research parks, municipal centers
- * Apartment buildings & Corporate offices
- * Big college & corporate Campuses
- * Buildings where it is difficult to add cables
- * Hot zones such as business districts, office parks, airports, hotels, conference centers, recreation areas, and shopping malls



SPECIFICATION

| | |
|--------------------------------------|---|
| Standards Compliance | IEEE 802.11b/g IEEE 802.3 IEEE 802.3u |
| SDRAM | 8 M Byte |
| Flash | 2 M Byte |
| Radio Frequency Type | DSSS / OFDM |
| Frequency Band | America/FCC: 2.412~2.462 GHz (11 channels) Europe CE/ETSI: 2.412~2.472 GHz (13 channels) |
| Transmission Power | IEEE 802.11b: 20dBm IEEE 802.11g: 20dBm |
| Transmission Rate | IEEE802.11b: 1/ 2/ 5.5/ 11 Mbps IEEE802.11g: 6/ 9/ 12/ 18/ 24/ 36/ 48/ 54 Mbps Super G: up to 108Mbps |
| Access Point Interfaces | Auto MDI/MMDI-X Ethernet 10/100Base-TX; RJ-45 |
| Sensitivity | -86dBm @ 11Mbps,PER< 8%;-54dBm @ 54Mbps,PER< 10% |
| Antenna Type | Intagrated 12 dBi fiat panel antenna |
| Security Systems | 64-bit/128-bit/152-bit/ WEP encryption and Wi-Fi Protected Access(WPA) |
| Wireless Setting | Operation Mode-AP/Wireless Client/Repeater/Bridge(WDS)/P/P and P/MF Mode |
| Software/Firmware | Site Survey DHCP Client Suppressed SSID Station separation Wireless access control by MAC address (deny or accept) WPA Support (WPA personal and enterprise) Web-based configuration via pcpular browser (MS IE, Netscape...) Windows "Locator" program to help find IP in DHCP client mode Firmware upgrade and configuration backup via Web Reset to default by WebUI Support SNMP v1/v2c |
| Operating Environment | Operating Temperature: -10 ~ +70°C |
| Power | DC 12 Volt + 5%; 1.5A (Max.); AC adapter AC 100V ~ 240V |
| Regulatory Approval | FCC Part 15 B (US); CE |
| Network Management System OS Support | Windows 2000/ XP/ Vista Home BASIC |
| Warranty | One year limited |