



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE JUVENTINO ROSAS

Proyecto Integrador

“Tech-Tuin”

Presenta:

Aide PIZANO ESCALANTE

Cristian Iván MUÑIZ MENDOZA

Elías Abraham RAMIREZ RIVERA

José Martin NIETO LEÓN

Víctor Alfonso HUMAREDA BARBOSA

Asesores:

M.I. Luis Rey Lara González

Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto. 08 de Abril de 2019.

Resumen

Este proyecto consiste en la desarrollo de un sistema de riego automatizado que, en base a un circuito eléctrico, sea capaz de tomar decisiones tomando en cuenta las condiciones ambientales en tiempo real. El objetivo del proyecto, es reducir el consumo de agua al momento de regar jardines.

Para diseñar el sistema se investigaron las necesidades del mercado local. Dichas necesidades fueron obtenidas en base a encuestas en línea, informes y publicaciones, realizados respectivamente por los miembros del equipo, organizaciones pertinentes y universidades especializadas.

Analizando la información recabada, se determinó que el principal foco del sistema fuera el riego de árboles en jardines domésticos y que las condiciones ambientales que más influyen en el consumo de agua por parte de las plantas son la temperatura del agua, la cantidad suministrada de agua, la humedad del suelo y el momento del día en que se riega la planta.

Palabras clave: jardin, sistema de riego, automatización.

Abstract

This project consists of the development of an automated irrigation system that, based on an electrical circuit, is capable to make decisions taking into consideration the environmental conditions in real-time. The objective of the project, it is to reduce water consumption at the moment of watering gardens.

To design the system, the needs of the local market were investigated. These requirements were obtained on the basis of online surveys, reports and publications, conducted respectively by team members, relevant organizations and specialized universities.

Analyzing the information collected, it was determined that the main focus of the system was the irrigation of trees in domestic gardens and that the environmental conditions that most influence the water consumption by the plants are the water temperature, the quantity supplied with water, soil moisture and the time of day the plant is irrigated.

Key words: garden, irrigation system, automation.

Índice general

Índice de figuras	6
1. Introducción	1
1.1. Definición del problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
2. Estado del Arte	3
3. Estudio de Mercado	6
3.1. Análisis de la demanda	6
3.1.1. Competidores en el mercado	7
3.2. Determinación del tamaño de la muestra	8
3.2.1. Resultados de la investigación de mercado	8
4. Marco Teórico	11
4.1. Sistema de riego	11

4.2. Ventajas de Instalar un Sistema de Riego	11
4.3. Tipos de sistemas de riego	12
4.3.1. Riego por aspersión	12
4.3.2. Riego por goteo automático	13
4.4. Riego de superficie	14
4.4.1. Factores que influyen en el sistema de riego	15
4.4.2. Raspberry	16
4.5. Sensor de temperatura DS18B20	18
4.6. Sensor de humedad FC28	19
4.7. Sensor de flujo YF-S201	19
4.8. Electrovalvula	20
4.8.1. Electrovalvula de acción directa	20
4.9. Modulo RTC DS3231	21
4.10. DHT11	22
4.10.1. Características	22
4.11. Sensor HC-SR04	23
4.11.1. Características	23
4.12. Arduino nano	24
4.13. HC-06	25
4.13.1. Características	25
4.14. Base de datos (MySQL)	26
4.14.1. Definición	26
4.14.2. MySQL	26
4.14.3. Características principales	27

4.14.4. Ventajas de MySQL	27
4.15. Conexión remota	28
5. Pruebas y Resultados	29
5.1. Pruebas	29
5.1.1. Control grupal de los sensores del sistema de riego con Arduino . . .	29
5.1.2. Simulación del sistema de riego basado en los sensores	30
5.1.3. Control individual de los sensores del sistema de riego con Raspberry	30
5.1.4. Control grupal de los sensores del sistema de riego con Raspberry .	32
5.1.5. Interpretación de los datos obtenidos de los sensores del sistema de riego con Raspberry	33
5.1.6. Interacción de la Rapsberry con la base de datos	33
5.2. Resultados	34
5.2.1. Prototipo en Arduino	34
5.2.2. Prototipo en Raspberry	34

Índice de figuras

3.1. Porcentaje de personas que aceptan la aplicación móvil	10
4.1. Riego por aspersión	12
4.2. Riego por goteo automático	13
4.3. Raspberry Pi 3	16
4.4. Sensor de temperatura DS18B20	18
4.5. Sensor de humedad FC28	19
4.6. Sensor de flujo YF-S201	20
4.7. Electrovalvula	21
4.8. Modulo RTC DS3231	21
4.9. Sensor DTH11	22
4.10. Sensor HC-SR04	23
4.11. Arduino nano.	24
4.12. Modulo bluetooth HC-06	25
5.1. Desarrollo del script para el sensor de flujo de agua.	31
5.2. Prueba de funcionamiento del script del sensor de flujo de agua.	31
5.3. Primera versión del prototipo de sistema de riego	32

5.4. Vista del prototipo.	35
5.5. Interfaz de usuario del prototipo.	35
5.6. Prototipo funcionando	36
5.7. Reestructuración de Interfaz gráfica.	36

Capítulo 1

Introducción

1.1. Definición del problema

Década a década la cantidad de agua potable en México se ve disminuida debido al desperdicio inconsciente de la misma. Tan solo en Guanajuato, un habitante promedio consume al rededor de 87 litros al dia., siendo aproximadamente 50 % no reutilizable. Entre las actividades donde se presenta un mayor consumo de agua se encuentra el riego de jardines domésticos por lo que, la implementación de un sistema de riego automatizado ayuda a dar un uso más racional del agua, logrando en el proceso una mejora en la condición del jardín.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar e implementar un sistema de riego automático que reduzca el consumo agua al momento de regar jardines domésticos, utilizando un circuito electrónico que sea capaz de tomar decisiones basado en las condiciones ambientales del jardín.

1.2.2. Objetivos específicos

- Elaborar un circuito electrónico que implemente los sensores necesarios para monitorear el ambiente.
- Diseñar un circuito eléctrico en el que se implemente los sensores necesarios para el monitoreo del jardín.

Capítulo 2

Estado del Arte

En (Tejada, 2013) encontramos un proyecto de riego automático y autónomo para administrar riego por goteo en pequeños jardines y balcones. Es sistema utiliza un Arduino Uno que se encarga de obtener datos del ambiente y procesarlos para activar un mecanismo de distribución de agua cuando se cumplan una serie de condiciones[1].

En (Gil-Albert, 2006) se describe de manera detallada las especies de pastos que existen, las características de los mismos y los cuidados que requieren. También encontramos información y características de otras plantas de jardines[2].

En (Torrecilla, 1998) encontramos un sistema de riego inteligente mediante una aplicación en donde se describen los diferentes tipos de suelos para jardines, ademas de sus características, componentes y consideraciones a tener en cuenta al momento de sembrar y cuidar plantas[4].

En(Rios,2016) el documento recoge el diseño del hardware y software de un programador de riego completo, económico y fácil de utilizar. A partir de un microcontrolador y tratando las señales provenientes de sensores analógicos de humedad, luminosidad y temperatura y de un detector de lluvia digital, se controlarían cinco electroválvulas que serían activadas y desactivadas en un tiempo determinado y cuando se den las características que desee el usuario[5].

En(Escamilla,2016) la elaboración de este trabajo sugiere de la necesidad de plantear soluciones, para optimizar el uso de agua para regado hortofruticolas, considerando que es también una herramienta útil para el aprovechamiento de los recursos hidricos y con ello aumentar los niveles de producción y de calidad obteniendo mediante estas técnicas. Este trabajo también se introduce en el mundo de los microprocesadores, tratando conceptos de electronica, programación y transmisión de señales[6].

En (Escalas,2015) En este proyecto se propone automatizar los sistemas de riego que instala una empresa de jardinería. Para ello se va a crear una plataforma que va a permitir al usuario ver los datos meteorológicos y tener un control total sobre su sistema de riego. Este sistema engloba una serie de sensores conectados a un micro-controlador, a su vez controlado por un micro-procesador con salida a internet, lo que permitiría controlar la aplicación a distancia. Tanto los sensores como los dos dispositivos son de bajo coste[7].

En (Tarjuelo, 2010) se presenta un proyecto el cual consiste en un sistema de riego en el que se implementan tecnologías con el propósito de conseguir una idónea utilización del agua. Este sistema de riego tiene como objetivo suministrar a las plantas agua de

forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, así como interrelacionar los principales componentes de un sistema de riego los cuales son: energía, agua, mano de obra y sistematización[8].

En (Águila, 2008) se presenta un sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico y medición de humedad del suelo. Este sistema se enfoca principalmente en el monitoreo por medio de tecnología para determinar el momento oportuno y cantidad de riego de un cultivo o de una planta[9].

En(Sáez, 2017) nos habla sobre un sistema de riego inteligente el cual optimiza el consumo de agua de los cultivos y de jardines, la principal actividad de este sistema es proporcionar una estrategia de distribución para minimizar el consumo total de agua suministrado a cada línea de riego basándose en datos obtenidos de cada planta[10].

Capítulo 3

Estudio de Mercado

El desarrollo del capítulo abarca la presentación de conceptos vinculados al estudio de mercado así como los resultados de una encuesta aplicada sobre la factibilidad del sistema de riego.

3.1. Análisis de la demanda

En la actualidad, México se encuentra entre los cinco países que más agua consume por habitante en el mundo compartiendo lugar con EU, Australia, Italia y Japón. Esto a su vez, convierte a México en uno de los lugares del mundo con más baja disponibilidad de agua potable. Se debe tomar en cuenta que del consumo total de agua potable en el país, el riego representa aproximadamente 66 % del total de extracciones, los hogares el 10 % y la industria otro 20 %. Profundizando en el consumo de agua dedicado al riego, el césped en jardines domesticas 7 requiere en promedio, entre 7 a 9 litros de agua a la semana.

3.1.1. Competidores en el mercado

En el mercado tenemos varios tipos de sistemas de riego automaticos sin embargo, solo unos cuantos son nuestra competencia, entre ellos estan:

- **Tevatronic:** Esta empresa diseñó un sistema de riego autónomo. El sistema Exilong consta de sensores inalámbricos con controladores de riego en el suelo, y un software que los dirige. Los sensores son enterrados en diferentes áreas del jardín, y pueden detectar la longitud de la raíz, la hidratación del suelo, y el consumo de agua. Estos sensores transmiten los datos a un controlador de riego. Los controladores de riego se conectan a un enchufe regular de corriente, y pueden controlar hasta cuatro válvulas o zonas de agua. Todos los datos se envian a un servidor en la nube que determina la necesidad de agua o humedad para cada región, y controla todo el sistema. Finalmente el usuario puede monitorear el sistema mediante una app.
- **Fliwer:** Es un programador de riego inteligente que funciona usando inteligencia artificial. En el interior del dispositivo se encuentran componentes que monitorizan todos los parámetros que afectan la vitalidad de las plantas. Esto permite ofrecer un control al usuario y dotarlo de toda la información necesaria para tener su jardín en perfecto estado. Además con Fliwer-control se elimina el temporizador de riego y se aplica riego solo si es necesario.
- **FarmBot:** Es un robot de hardware y software abierto que se basa en coordenadas cartesianas para cultivar. Farmbot es capaz de sembrar hasta 30 diferentes cultivos 8 en un area de 2.9x1.4 metros y una altura maxima de la planta de 0.5 metros. Puede cultivar una variedad de cultivos dentro de la misma área al mismo tiempo y

puede operar en interiores, exteriores y áreas cubiertas. Se estima que produce 25 % menos emisiones de dióxido de carbono.

3.2. Determinación del tamaño de la muestra

El proyecto va enfocado a personas que cuenten con un jardín en su vivienda y sean mayores de 18 años para que puedan realizar la compra del sistema de riego. El tamaño de la muestra es 96, considerando un error del 10 %, un nivel de confianza del 95 %. Teniendo en cuenta que no hay información sobre cuantas viviendas cuentan con un jardín, se tomó el total de viviendas de Cortazar Guanajuato (20035). Debido a que normalmente solo una persona se ocupa del jardín, tenemos un aproximado de 20035 personas que entran en la muestra.

3.2.1. Resultados de la investigación de mercado

Después de realizar una encuesta a 98 personas se obtuvieron los siguientes resultados:

1. ¿Cuál es el tamaño aproximado de tu jardín? Como se asume que todas las personas encuestadas tienen jardín, el 53.3 % de las muestra tiene un jardín de entre 10 y 30 metros cuadrados, siendo el principal enfoque al tamaño de nuestro sistema de riego. 15.6 % tiene un jardín de mas de 30 metros cuadrados y el restante 26 % tiene un jardín de menos de 10 metros cuadrados.
2. ¿Que tipo de plantas tienes en tu jardín? Con esta pregunta nos damos cuenta que en la mayoría de los jardines están compuestos principalmente de flores y pasto, sin embargo hay una buena parte con arboles, por lo tanto es sistema de riego debe

estar enfocado en los tres tipos de plantas.

3. ¿Como riegas tus plantas? Como era esperado la mayoría de las personas (86.5%) riega sus plantas con el uso de manguera o con cubeta, el 10.4% lo hace por aspersión y solo el 4.1% lo hace por goteo. Esto es buen indicio para el proyecto ya que la solución que proponemos trabajara por goteo y ayudara con el ahorro de agua al regar plantas.
4. Aproximadamente ¿Cuantos litros de agua gastas en regar tus plantas? Esta pregunta es importante, porque nos dice que el 67.7% de las personas gasta entre 10 y 25 litros de agua, 13.5% mas de 25 litros y el 18.8% restante gasta menos de 10 litros. Con esto podemos ver que hay un gasto de agua innecesario por parte de los usuarios.
5. ¿Cuanto tiempo dedicas al cuidado de tus plantas? El 45.8% dedica mas de 30 minutos, 37.5% dedica entre 10 y 30 y el 16.7% restante dedica menos de 10 minutos. Con esto podemos ver que la mayoría de personas dedica mucho tiempo en cuidar sus jardines, esto es otro punto a favor del proyecto porque permitiría la reducción de tiempo en cuidado de los jardines de las personas para que puedan hacer otras actividades.
6. Un sistema de riego inteligente es aquel que provee agua a las plantas de tu jardín de manera automatizada reduciendo considerablemente la labor de mantenimiento del jardín y ahorrando agua. ¿Te interesaría un sistema de riego inteligente para el cuidado de tu jardín? El 94.8% de las personas dijo que si le interesa, por lo tanto podemos considerar el proyecto como factible.

7. ¿Cuanto estarías dispuesto a pagar por un sistema de riego inteligente? El 58.3 % de los encuestados dijo que pagaran menos de \$700 pesos, el 33.3 % pagarían entre \$700 y \$1500 y el 8.3 % restante pagaría mas de \$1500. Por lo tanto se entiende que el sistema de riego debe ser económico.

8. ¿Te gustaría controlar el sistema de riego con tu teléfono? 79.6 % dijo que si y el 20.4 % restante dijo que no. Por lo tanto es factible el desarrollo de una aplicación para teléfonos móviles con sistema operativo android para el control y monitoreo del sistema de riego. En la Figura 3.1 se muestra un gráfico el cual indica la demanda de un control del sistema de riego por medio de una aplicación móvil.

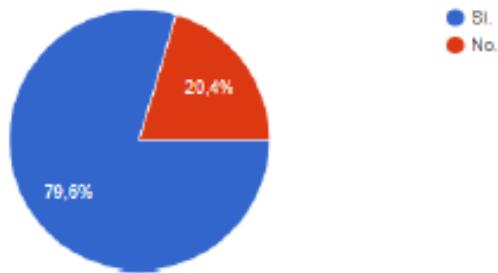


Figura 3.1: Porcentaje de personas que aceptan la aplicación móvil

Capítulo 4

Marco Teórico

En este capítulo se presentan los conceptos fundamentales para el desarrollo del sistema de riego automatizado.

4.1. Sistema de riego

Es el conjunto de estructuras, que permite determinar que área pueda ser cultivada aplicándole el agua necesaria a las plantas. Este consta de varios componentes. El conjunto de componentes dependerá de si se trata de riego superficial, por aspersión, o por goteo.

4.2. Ventajas de Instalar un Sistema de Riego

- Se logran altos grados de automatización, basados en el ahorro de mano de obra, agua y energía.
- Los equipos son adaptables a cualquier tipo de terreno.

- Estos sistemas son adaptables a la rotación de plantas y a riesgos estratégicos.
- Permite el crecimiento vertical de las plantas.

4.3. Tipos de sistemas de riego

4.3.1. Riego por aspersión



Figura 4.1: Riego por aspersión

Es aquel sistema de riego que trata de imitar a la lluvia. Es decir, el agua destinada al riego se hace llegar a las plantas por medio de tuberías y mediante unos pulverizadores, llamados aspersores y, gracias a una presión determinada, el agua se eleva para que luego caiga pulverizada o en forma de gotas sobre la superficie que se desea regar. En la Figura 4.3.1 se puede apreciar un modelo de sistema de riego por aspersión.

Ventajas de riego por aspersión

- Ahorro en mano de obra. Una vez puesto en marcha no necesita especial atención. Existen en el mercado eficaces programadores activados por electroválvulas conectadas a un reloj que, por sectores y por tiempos, activará el sistema según las necesidades previamente programadas, con lo cual la mano de obra es prácticamente inexistente.

- Adaptación al terreno. Se puede aplicar tanto a terrenos lisos como a los ondulados, no necesitando allanamiento ni preparación de las tierras.
- La eficiencia del riego por aspersión. Es de un 80 % frente al 50 % en los riegos por inundación tradicionales. En consecuencia, el ahorro en agua es un factor muy importante a la hora de valorar este sistema.
- Especialmente útil para distintas clases de suelos. Ya que permite riegos frecuentes y poco abundantes en superficies poco permeables.

4.3.2. Riego por goteo automático

El riego por goteo (Figura 4.2) consiste en colocar tubos en hilera cerca de los tallos de las plantas y a través de los goteros que se insertan en los tubos o tuberías el agua va fluyendo gota a gota de una manera constante o por tiempo limitado, según cómo lo programemos. Las tuberías pueden estar enterradas ligeramente o colocadas de manera superficial sobre la tierra.



Figura 4.2: Riego por goteo automático

Ventajas del riego por goteo automático

- Se ahorra tiempo y esfuerzo en regar y puedes dedicarte a otras labores en el huerto o jardín al tener la opción de automatizar los riegos.
- Se ahorra agua y se hace un uso más sostenible y eficiente de ésta al ser un método de riego de bajo consumo.

- El riego por goteo permite llevar a cabo la fertirrigación a la vez que se riega, es decir, aportar al agua preparados con nutrientes para mejorar la fertilidad de la tierra o para prevenir y combatir plagas y enfermedades.
- Las raíces de las plantas con riego por goteo tienden a crecer de manera vertical o profunda en lugar de horizontal o paralela al suelo, llegando a acceder a los nutrientes de las capas más profundas del suelo y a almacenar más agua.
- Como no se mojan las partes áereas de las plantas, no hay problemas de que éstas se quemen por el sol una vez mojadas o que aparezcan plagas y enfermedades.
- Como podemos programar y automatizar los riegos, este sistema es ideal para cuando no podemos atender el huerto o jardín o nos vamos de vacaciones y que nuestras plantas sigan recibiendo agua.
- Un sistema de riego por goteo se puede usar y adaptar a todo tipo de huertos y jardines.

4.4. Riego de superficie

El riego por superficie (o de gravedad) continúa teniendo una importancia relevante en el desarrollo del regadío, no sólo porque corresponde aproximadamente al 80 % de las áreas regadas del Mundo, sino porque continúa siendo el método más apropiado, técnicamente, para suelos llanos y pesados, y, económicoamente, para muchos cultivos y sistemas de producción. Los sistemas de riego de gravedad son muchos, en correspondencia con los procesos de aplicación del agua a las parcelas regadas. Estos se resumen esencialmente a los sistemas de surcos, canteros, fajas, surcos a nivel y riego de esparcimiento. Los sistemas

de surcos y fajas son llamados de infiltración porque se aplican caudales suficientemente grandes, para que el agua fluya sobre el terreno, y, su cientemente pequeños, para que se vaya infiltrando mientras fluye, de forma que el agua deja de estar sobre el terreno en cuanto se corta el suministro. Se trata, pues, de riego de larga duración, al contrario del riego por canteros.

4.4.1. Factores que influyen en el sistema de riego

- Profundidad de las raíces: El volumen de agua almacenado por cada tipo de suelo se va a ser aprovechado de distinta manera en función de la planta, de su superficie foliar y del desarrollo y la profundidad efectiva de su sistema radicular, principalmente. Es por este motivo por el que debemos considerar estos aspectos para determinar los volúmenes de agua precisos a aportar en los distintos riegos y la frecuencia de los mismos. En la mayoría de las plantas la profundidad efectiva de las raíces se encuentra entre los 50 y 100 cm.
- Textura del suelo: indica el contenido relativo de partículas de diferente tamaño, como la arena, el limo y la arcilla, en el suelo. La textura tiene que ver con la facilidad con que se puede trabajar el suelo, la cantidad de agua y aire que retiene y la velocidad con que el agua penetra en el suelo y lo atraviesa.
- Temperatura media: La velocidad del crecimiento de las plantas la determina la temperatura diurna promedio. Para determinar este promedio se debe multiplicar la temperatura diurna promedio por el número de horas de luz del día más la temperatura nocturna promedio multiplicada por el número de horas de oscuridad

divido por 24.

- Humedad relativa: Los niveles de humedad afectan con el cambio de la temperatura del aire y, además, las plantas transpiran y agregan vapor de agua al ambiente constantemente. En las áreas climáticas del norte, estos desafíos se multiplican por muchos factores, como que el aire exterior más seco es demasiado frío para realizar intercambios de aire. El aire húmedo contribuye directamente a los problemas, como enfermedades de las raíces y las hojas, secado lento del sustrato, estrés de las plantas, pérdida de calidad, pérdida de producción, etc. Por lo tanto, se necesitan más pesticidas para el control de las enfermedades y las plantas tenderán a tener un crecimiento débil y estirado, lo que las haría menos atractivas. Si la humedad es demasiado baja, con frecuencia el crecimiento de las plantas se vería afectado. Además, a menudo se caen las hojas inferiores, el crecimiento es difícil y la calidad en general no es muy buena.

4.4.2. Raspberry



Figura 4.3: Raspberry Pi 3

Raspberry PI es una placa computadora (SBC) de bajo coste, se podría decir que es un ordenador de tamaño reducido, del orden de una tarjeta de crédito, desarrollado en el Reino Unido por la Fundación Raspberry PI (Universidad de Cambridge) en 2011, con el objetivo de estimular la enseñanza de la informática en las escuelas, aunque no empezó su comercialización hasta el

año 2012. El concepto es el de un ordenador desnudo de todos los accesorios que se pueden eliminar sin que afecte al funcionamiento básico. Está formada por una placa que soporta varios componentes necesarios en un ordenador común y es capaz de comportarse como tal. Una Raspberry es también un sistema digital de procesamiento y que funciona gracias a un sistema operativo. En esencia, el Raspberry Pi es una placa de un tamaño minúsculo, posee un micro procesador ARM con potencia de hasta 1GHz, integrado en un chip Broadcom BCM2835. Además cuenta con 512 MB de RAM, un GPU Videocore IV, todo lo necesario para poder ejecutar programas básicos, navegar por internet y por supuesto programar. Para trabajar con un Raspberry Pi se requiere almacenamiento que en este caso específico debe ser una tarjeta de memoria SD o microSD. Al contar con todos estos elementos, sólo debe conectarse a la corriente eléctrica. Las placas más modernas cuentan con hasta 4 puertos USB para conectar teclado y mouse, un conector HDMI con capacidad de reproducir vídeo en 1080p y hasta una conexión Ethernet para poder tener internet vía cable.

Ventajas de la Raspberry

- Bajo consumo, aproximadamente consume 700mA (sin accesorios ni overclocking), lo que nos permite tenerlo encendido.
- Bajo precio, es accesible para todos y es más rentable comprar uno para propios proyectos que pagar un servidor por ejemplo.
- Accesorios de fácil disponibilidad. Siendo su fuente de alimentación un cargador de un móvil y su almacenamiento una memoria SD, podemos decir que cualquiera tiene esto en casa.

- Tamaño reducido. La placa completa puede ser algo más grande que una tarjeta de crédito, lo que permite llevarla a cualquier sitio e instalarla en lugares con poco espacio.
- Cuenta con la mayoría de programas que podemos tener en linux, como apache, samba, mysql, transmission, xbmc etc.

4.5. Sensor de temperatura DS18B20

El sensor de temperatura DS18B20 es un dispositivo que se comunica de forma digital. Cuenta con tres terminales, los dos de alimentación y el pin data. Con Arduino se lee la temperatura que registra este sensor que posee la característica onewire.

Características

- Es un termómetro digital de alta precisión, entre 9 y 12 bits de temperatura en grados Celsius (el usuario puede escoger la precisión deseada).
- Su temperatura operativa se encuentra entre 50 y 125 grados Celsius. La precisión, en el rango comprendido entre 10 y 85 grados es de 0.5 grados.
- Se puede escoger entre el modelo sumergible y los modelos para uso en placas de circuitos.



Figura 4.4: Sensor de temperatura DS18B20

4.6. Sensor de humedad FC28



Con este sensor se implementa un sistema para hacer que indique cuando este demasiado seca la tierra y así automatizar el proceso de regado de las plantas, o también se adecua a la necesidad puntual que tengas ya que es completamente compatible con Arduino u otro controlador. Este sensor utiliza las dos sondas para pasar corriente a través del suelo, y luego se lee que la resistencia para obtener el nivel de humedad.

Figura 4.5: Sensor de humedad FC28

Más agua hace que la electricidad pase más fácilmente (menos resistencia), mientras que el suelo seco conduce mal la electricidad (mayor resistencia).

Características

- Voltaje de funcionamiento: 3.3v - 5v
- Señal de salida: 0 - 4.2 v
- Consumo de corriente: 35mA

4.7. Sensor de flujo YF-S201

El YF-S201 es un sensor de flujo de construcción sólida el cual esta constituido por un cuerpo de plástico, un rotor de agua, y un sensor de efecto Hall.

El diseño y el funcionamiento de este tipo de sensor es simple. Utiliza un sensor con aspas o álabes para medir la cantidad de líquido que se ha movido a través de él. El molino de viento tiene un pequeño imán atado y hay un sensor magnético de efecto Hall en el otro lado del tubo que registra cada vuelta del molino de viento, esto genera impulsos de salida a una velocidad proporcional a la velocidad de flujo. Al contar los pulsos de la salida del sensor, puede seguir fácilmente el movimiento del ruido: cada pulso es de aproximadamente 2,25 mililitros. El YF-S201 es adecuado para un tubo estándar de 1/2 y se puede insertar fácilmente en un sistema de tuberías estándar.



Figura 4.6: Sensor de flujo YF-S201

4.8. Electrovalvula

Es una válvula controlada eléctricamente. Esta sirve para manejar un fluido, tanto para cerrar su flujo como para direccionarlo a través de diferentes cañerías. La electroválvula está controlada por un solenoide que al ser excitado por acción magnética provoca el desplazamiento de un núcleo móvil interno que habilita o no el pasaje de fluido. El solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula.

4.8.1. Electrovalvula de acción directa

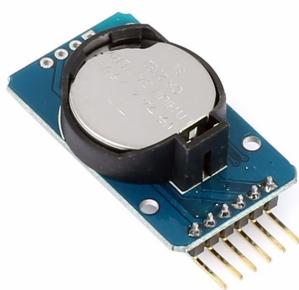
El comando eléctrico acciona directamente la apertura o cierre de la válvula, por medio de un embolo.

La diferencia entre la válvula N.C. (Normalmente cerrada) a la N.A. (Normalmente abierta) de acción directa es que, cuando la válvula N.C. no está energizada el embolo permanece en una posición que bloquea el orificio de tal manera que impide el flujo del fluido, y cuando se energiza la bobina el embolo es magnetizado de tal manera que se desbloquea el orificio y de esta manera fluye el fluido. La N.A. cuando la bobina no está energizada mediante la acción de un resorte el embolo se mantiene en tal posición que siempre está abierta y cuando se energiza la bobina la acción es hacia abajo empujando el resorte haciendo que cierre el orificio e impida que fluya el fluido.



Figura 4.7: Electrovalvula

4.9. Modulo RTC DS3231



Es un reloj en tiempo real (RTC) de bajo costo y gran precisión con oscilador de cristal compensado por temperatura (TCXO) y cristal integrado. El dispositivo incorpora una entrada de batería y mantiene un reloj preciso cuando se interrumpe la alimentación principal del dispositivo. La integración del resonador de cristal mejora la precisión a largo plazo del dispositi-

tivo. El RTC mantiene la información de los segundos, minutos, horas, día, fecha, mes y año. La fecha al final del mes se ajusta automáticamente para los meses con menos de 31 días, incluyendo las correcciones para el año bisiesto. El reloj funciona en formato de 24 horas o 12 horas con un indicador AM/PM. Se proporcionan dos alarmas programables de hora del día y una salida de onda cuadrada programable. La dirección y los datos se transfieren en serie a través de un bus bidireccional I2C. Una referencia de voltaje compensada por temperatura de precisión y un circuito comparador monitorean el estado del VCC para detectar fallas de energía, proporcionar una salida de reajuste y cambiar automáticamente a la fuente de reserva cuando sea necesario.

4.10. DHT11

El DTH11 es un sensor digital de de temperatura y humedad. Tiene la capacidad de obtener la señal de salida calibrada de temperatura y humedad. Este sensor incluye una medición de humedad de tipo resistivo y un componente de medición de temperatura NTC. Una de las principales ventajas de este sensor es que tiene la capacidad de señal de transmisión a distancia de hasta 20 metros y es de bajo costo.

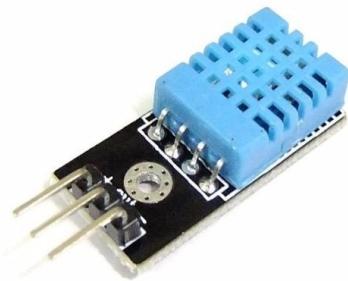


Figura 4.9: Sensor DTH11

4.10.1. Características

- Voltaje 3.3v, 5v

- Rango de temperatura: 0-50 centígrados
- Humedad: 20-90 % HR
- Precisión de humedad: 4 % RH

4.11. Sensor HC-SR04

El sensor ultrasónico HC-SR04 es un sensor que, sirve principalmente para medir distancias

Los sensores ultrasónicos usan sonar para determinar la distancia de un objeto.

Para iniciar la medición el pin Trig, el de la señal de disparo (trigger) debe recibir un pulso de cinco voltios por al menos diez micro segundos, esto indicará al sensor que transmita una ráfaga de ocho ciclos ultrasónicos a 40KHz y espere por la ráfaga reflejada cuando el sensor detecta la señal de ultrasonido en el receptor enviará una señal de alto (5v) por el pin Echo, esta señal tendrá un retardo proporcional a la distancia, así para obtener la distancia se debe medir el Ton (tiempo en alto en el pin Echo).



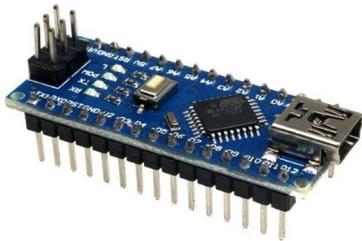
Figura 4.10: Sensor HC-SR04

4.11.1. Características

- Voltaje de alimentación: +5v
- Corriente en espera 2mA

- Frecuencia de ultrasonido 40KHz
- Resolución 0.3 cm

4.12. Arduino nano



El Arduino nano es una placa pequeña, completa y fácil de usar basada en ATmega328P, tiene las mismas capacidades que un Arduino uno pero a diferencia de este no posee un jack de alimentación DC y utiliza un cable USB Mini-1B para funcionar.

Figura 4.11: Arduino nano.

Características

- **Microcontrolador:** ATmega328.
- **Voltaje de operación:** 5 volts.
- **Voltaje de alimentación:** 7-12 volts.
- **I/O digitales:** 14 (6 PWM).
- **Memoria flash:** 32 KB.
- **EEPROM:** 1 KB.
- **Frecuencia del reloj:** 16 MHz.

- **Dimensiones:** 0.73” x 1.70”

4.13. HC-06

Es un modulo que permite la comunicación mediante el protocolo bluetooth (2.4 GHz) y permite la comunicación de voz y datos a través de una red llamada WPAN.

El modulo tiene un rango de cobertura de entre 10 y 30 metros, puede trabajar a 5 y 3.3 volts. El modulo consta de 4 pines de conexión, VCC, GND, pin de transmisión (TX) y pin de recepción (RX), lo que permite que se pueda comunicar con otros dispositivos haciendo uso de la comunicación serial o UART.

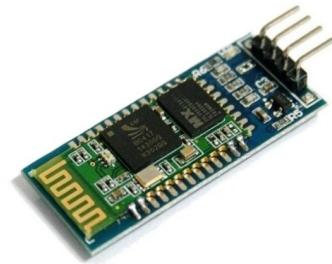


Figura 4.12: Modulo bluetooth HC-06

4.13.1. Características

- Compatible con bluetooth v2.
- Voltaje de alimentación: 3.3-6 volts.
- Voltaje de operación: 3.3 volts
- Baud rate ajustable: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200.
- Tamaño: 1.73” in x 0.63”
- Corriente de operación: ± 40 mA.

4.14. Base de datos (MySQL)

Para el sensado de cualquier tipo de planta es importante considerar las características principales de la mencionada ya que, cada una de ellas requiere de cuidados diferentes. Es por ello que se debe tener en cuenta una relación de información para tener una efectiva empleación del sistema de riego. Para este proceso se emplea una base de datos.

4.14.1. Definición

Una base de datos, es una colección de archivos relacionados. Las bases de datos se componen de tablas, cada tabla se compone de una gran cantidad de filas y columnas. Cada fila contiene datos sobre una sola entidad. Estos datos se conocen como registros. Cada columna contiene datos relacionados con el registro, llamados atributos. Los atributos en referencia a una tabla de base de datos se denominan campos.

4.14.2. MySQL

Es un sistema de gestión de bases de datos relacional, fue creada por la empresa sueca MySQL AB, la cual tiene el copyright del código fuente del servidor SQL, así como también de la marca. MySQL es un software de código abierto, licenciado bajo la GPL de la GNU, aunque MySQL AB distribuye una versión comercial, en lo único que se diferencia de la versión libre, es en el soporte técnico que se ofrece, y la posibilidad de integrar este gestor en un software propietario, ya que de otra manera, se vulneraría la licencia GPL. El lenguaje de programación que utiliza MySQL es Structured Query Language (SQL) que fue desarrollado por IBM en 1981 y desde entonces es utilizado de forma generalizada en las bases de datos relacionales.

4.14.3. Características principales

En las últimas versiones se pueden destacar las siguientes características principales:

- El principal objetivo de MySQL es velocidad y robustez.
- Soporta gran cantidad de tipos de datos para las columnas.
- Gran portabilidad entre sistemas, puede trabajar en distintas plataformas y sistemas operativos.
- Cada base de datos cuenta con 3 archivos: Uno de estructura, uno de datos y uno de índice y soporta hasta 32 índices por tabla.
- Aprovecha la potencia de sistemas multiproceso, gracias a su implementación multihilo.
- Flexible sistema de contraseñas (passwords) y gestión de usuarios, con un muy buen nivel de seguridad en los datos.
- El servidor soporta mensajes de error en distintas lenguas.

4.14.4. Ventajas de MySQL

- Velocidad al realizar las operaciones, lo que le hace uno de los gestores con mejor rendimiento.
- Bajo costo en requerimientos para la elaboración de bases de datos, ya que debido a su bajo consumo puede ser ejecutado en una máquina con escasos recursos sin ningún problema.

- Facilidad de configuración e instalación.
- Soporta gran variedad de Sistemas Operativos
- Baja probabilidad de corromper datos, incluso si los errores no se producen en el propio gestor, sino en el sistema en el que está.
- Conectividad y seguridad .

4.15. Conexión remota

Es la capacidad de una computadora de poderse comunicar con una aplicación, sistema, por medio del internet, para compartir información o llevar acabo una acción.

Dicho de otra forma, es la conexión a distancia entre dos o más equipos, donde uno de ellos permite acceder al otro como si se estuviese trabajando directamente en frente de este, mediante el empleo de un remote access software. Es decir, se puede establecer una conexión remota con uno o varios ordenadores a través de una red o el Internet. Como resultado y sin necesidad de la presencia física del usuario, se establece un acceso remoto con el que puede compartir escritorio, u obtener el control remoto de dichos ordenadores.

Capítulo 5

Pruebas y Resultados

En este capítulo se describen las pruebas realizadas a los distintos prototipos del sistema de riego para verificar su funcionamiento, así como los resultados obtenidos de las mismas.

5.1. Pruebas

5.1.1. Control grupal de los sensores del sistema de riego con Arduino

La primer prueba fue comprobar dos sensores, el sensor de humedad de tierra y la sonda de temperatura de agua utilizando un Arduino uno.

5.1.2. Simulación del sistema de riego basado en los sensores

Una vez comprobado el funcionamiento de los dos sensores, se implementó un relevador y una bomba de agua al Arduino. También se construyó una maqueta con un sistema de mangueras para “simular” riego por goteo utilizando los sensores para el control del mismo.

5.1.3. Control individual de los sensores del sistema de riego con Raspberry

Inicialmente, para comprobar el funcionamiento de los sensores en Raspberry, cada uno de ellos se probó individualmente en la tarjeta. Para realizar lo anterior, a cada sensor se le asignaron unos pines de uso, de forma que en un futuro pudieran integrarse todos juntos sin problema, y se les diseñó un pequeño script sin interfaz gráfica que se encargara de obtener y mostrar los datos del mismo.

En la figura 5.1, se puede observar el proceso de desarrollo de uno de los scripts, todo esto dentro de la misma Raspberry.



Figura 5.1: Desarrollo del script para el sensor de flujo de agua.

El resultado de ejecutar el script anterior, es mostrado en la figura 5.2. El programa corresponde al sensor de flujo de agua y se encarga de mostrar la velocidad del paso de agua de litros por minuto.

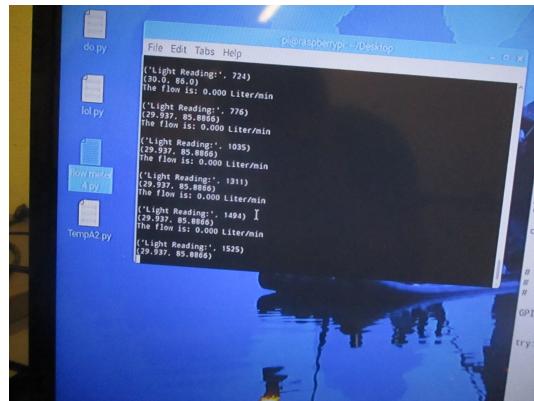
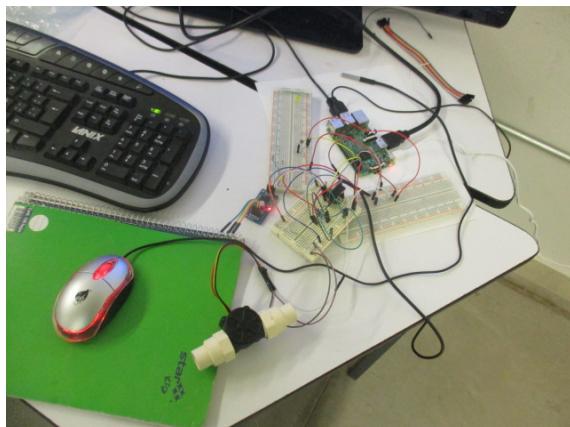


Figura 5.2: Prueba de funcionamiento del script del sensor de flujo de agua.

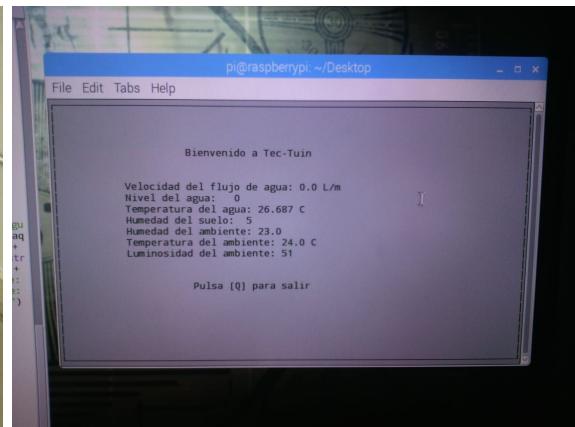
5.1.4. Control grupal de los sensores del sistema de riego con Raspberry

En la siguiente etapa de desarrolló, todos los sensores fueron integrados a la Raspberry. Con base en lo anterior, se realizaron pequeñas pruebas en las que, de uno en uno, cada sensor se acoplaba en su espacio correspondiente en la tarjeta y su código de funcionamiento era añadido a un script maestro.

El diseño inicial de la Raspberry con todos los sensores integrados puede ser observado en la imagen 5.1.4 (a), mientras que la primera versión del script maestro se puede visualizar en la imagen 5.1.4 (b).



(a) Sensores conectados a la Raspberry.



(b) Funcionamiento del script maestro.

Figura 5.3: Primera versión del prototipo de sistema de riego

5.1.5. Interpretación de los datos obtenidos de los sensores del sistema de riego con Raspberry

Con la Raspberry censando de manera correcta las variables del entorno, se empezó a desarrollar un código para la interpretación de los datos obtenidos. Por ejemplo: si la humedad en el suelo es muy baja el riego comienza, en caso contrario el riego se detiene; si el nivel de agua disponible es muy bajo, el prototipo no acciona la bomba y manda un mensaje al usuario informándole de lo acontecido. Para probar que lo anterior dicho sucede, se recrearon las condiciones necesarias para que cada uno de estos eventos suceda.

5.1.6. Interacción de la Rapsberry con la base de datos

En las últimas fases de desarrollo, se implementó el manejo de una base de datos en la Rapsberry con el objetivo de guardar los valores obtenidos por los sensores y así, tener una registro completo de lo que sucede minuto a minuto en el sistema de riego. Comprobar el funcionamiento de lo anterior requirió de dos pruebas: la prueba de guardado de datos y la prueba de lectura de datos. La prueba de guardado de datos se realizó con un script que tomaba los datos que reportaban aproximadamente cada segundo y los insertaba en la base de datos.

La prueba de lectura de datos también se realizó con un script, solo que en este caso, era una modificación del código para la interpretación de los datos obtenidos que, en vez de imprimir los valores obtenidos directamente, los guardaba en la base de datos y luego los mostraba desde la misma.

5.2. Resultados

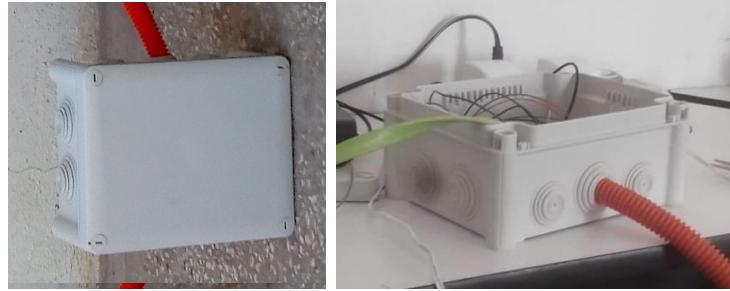
5.2.1. Prototipo en Arduino

Arduino puede ser una herramienta muy buena y aunque las pruebas fueron satisfactorias, Arduino presenta grandes desventajas respecto a otra placa, exactamente Raspberry ya que al tener su propio sistema operativo se pueden implementar características que en un Arduino no y que serán útiles para el futuro del proyecto.

5.2.2. Prototipo en Raspberry

El prototipo del sistema de riego superó satisfactoriamente las pruebas a las que fue sometido, demostrando así, su eficiencia en cuanto a recopilación e interpretación de datos se refiere.

Como resultado de las pruebas, el prototipo sufrió constantes modificaciones de diseño tanto en la parte hardware como en la parte de software. En lo que respecta al hardware, todo el sistema crítico fue aislado en una caja, con correspondientes adaptaciones a la misma, y montado sobre un tanque de agua con el resto de los sensores ambientales a su alrededor, tal y como se ve en la imagen 5.4.



(a) Exterior del prototipo. (b) Interior del prototipo.

Figura 5.4: Vista del prototipo.

En el caso del software, se desarrolló una interfaz gráfica simple, de manera que el usuario pueda interactuar con el prototipo de una manera más amigable. La interfaz se puede ver en la imagen 5.5.

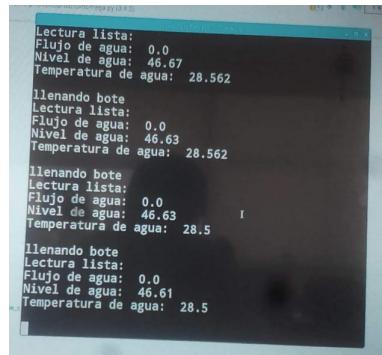
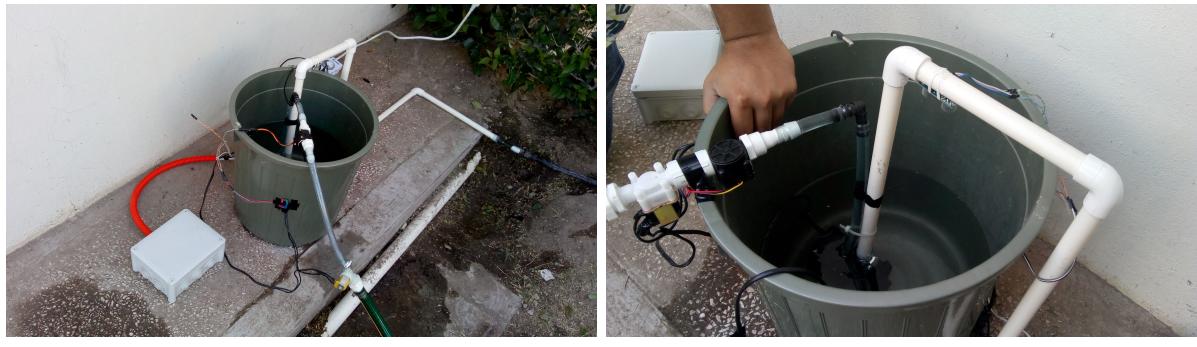


Figura 5.5: Interfaz de usuario del prototipo.

En la siguiente etapa del proyecto, se reestructuró el diseño de tal forma que, tanto los sensores utilizados como el funcionamiento del prototipo se visualizaran de forma efectiva. Por otro lado, esto nos permitió hacer pruebas para analizar dicha actividad. Los sensores conectados se aprecian en la imagen 5.2.2(a), así mismo, se muestra el sistema en funcionamiento en la 5.2.2(b).



(a) Sensores conectados (b) Sistema de riego encendido

Figura 5.6: Prototipo funcionando

Una parte fundamental del proyecto es la interfaz gráfica donde se aprecian los sensores implementados en el prototipo así como los datos que se obtienen de estos sensores, en la imagen 5.7 se muestra la interfaz desarrollada para el prototipo.



Figura 5.7: Reestructuración de Interfaz gráfica.

Bibliografía

- [1] Tejada, Marcia (2013). Jarduino, Sistema de riego manejado por Arduino (Documento inédito). Seminario: Introducción a la programación de microcontroladores con tecnologías libres. UNQ.
- [2] Gil-Albert V. F,(2006),Manual técnico de jardinería I. Establecimiento de jardines, parques y espacios verdes, Madrid España, Mundi-prensa.
- [3] Torrecilla C.M,(1998),Manual practico de la jardinería, Madrid España,EL PAÍS.
- [4] Daniel Rios Cruellas. (2016). Sistema de riego automático. 2016, de universitat politècnica de catalunya Sitio web: <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/105385>
- [5] Fernando Escamilla Martínez . (2016). AUTOMATIZACIÓN Y TELECONTROL DE SISTEMAS DE RIEGO. febrero,20,2016, de UNIVERSIDAD POLITECNICA DE VALENCIA.
- [6] Gabriel Escalas Rodríguez . (2014). Diseño y desarrollo de un prototipo de riego automático controlado con Raspberry Pi y Arduino Y TELECONTROL DE SISTEMAS DE RIEGO. febrero,6,2014, de Universidad politenica de catalun-

ya. Sitio web:<https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099.1/25074/memoria.pdf?sequence=4&isAllowed=y>

- [7] Armando Torrente Trujillo , Iván Darío Méndez G , Edward Iván López R . (2015). Diseño de un sistema de riego por microaspersión automatizado para el cultivo de guanábana mediante el uso de las herramientas SIG. Agosto, 6, 2014, de Universidad Surcolombiana Neiva
- [8] Martín Tarjuelo. (2010). El riego y su tecnología. México: Mundi-Prensa
- [9] Francisco Miguel Águila Marín. (2008). Agricultura Técnica en México. México: Universidad Hohenheim.
- [10] Yessica Sáez. (2017). Sistema de Riego Inteligente para Optimizar el Consumo de Agua. Panamá: Universidad Tecnológica de Panamá.
- [11] Comisión estatal del agua (2007). Guía de ahorro y reutilización del agua. Guanajuato, p.12.