



República Bolivariana de Venezuela

Ministerio del Poder Popular para la Educación Superior, Ciencia y Tecnología

Universidad Valle del Momboy, Sede Estovacuy

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería de Computación

Carvajal, Estado Trujillo

**PROTOTIPO PARA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LOS
JARDINES DEL EDIFICIO 2 DE LA SEDE ESTOVACUY DE LA UVM**

Autor: Br. Dioni Ramírez

CI: 26.235.825

Tutor: Ing. Luis Paredes

Carvajal, Febrero de 2019



República Bolivariana de Venezuela

Ministerio del Poder Popular para la Educación Superior, Ciencia y Tecnología

Universidad Valle del Momboy, Sede Estovacuy

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería de Computación

Carvajal, Estado Trujillo

**PROTOTIPO PARA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LOS
JARDINES DEL EDIFICIO 2 DE LA SEDE ESTOVACUY DE LA UVM**

**Trabajo Especial de Grado como requisito para optar al título de Ingeniero de
Computación**

Autor: Br. Dioni Ramírez

CI: 26.235.825

Tutor: Ing. Luis Paredes

Carvajal, Febrero de 2019

DEDICATORIA

“*A mis padres Douglas y Leida*, que constituyen la columna vertebral de mi vida y mi camino, quienes además de ser los mejores padres que cualquiera podría tener, han sido grandes amigos para mí; me han guiado, apoyado y aconsejado durante toda la vida, este logro es suyo también. *A mi hermano Douglas Leonel*, una extraordinaria persona, fundamental en mis decisiones y con quien he compartido experiencias únicas; mi mejor amigo, siempre con la disposición de ayudarme y ser aquel que respalda y quiere sin ninguna condición, para ti Chaval. *A mi novia Virginia*, enorme ser humano con gran corazón, quien me ha brindado amistad y cariño sinceros, siempre ayudándome a convertirme en mejor persona, motivándome, e impulsándome a superar cualquier obstáculo en el camino e incluso a mí mismo; gracias Puch.

A mis familiares, aquellos que están, aquellos que se fueron, es mucho lo que les debo a todos, que de alguna u otra manera aportaron para que alcanzara esta meta, de mi parte solamente puedo ofrecer de vuelta agradecimiento y un cariño inmenso hacia los míos, gracias Familia. *A mi gran amiga Arminda Ruiz*, quien en poco tiempo se convirtió en una persona de gran importancia, siendo de mucha ayuda y apoyo en mi vida, siempre ha estado allí para brindarme su amistad incondicional. *A mis amigos*, que se han convertido en personas cruciales en mi vida y mi crecimiento como persona; para mis hermanos y hermanas, Nelson, Anthony, Luis E, Jesús, Luis F, César, Pedro, Cosme, Marianne y Andrea”

AGRADECIMIENTOS

Primeramente, agradecido con Dios por permitirme terminar mi carrera universitaria, por llenarme de salud, entendimiento y voluntad para cumplir con lo necesario para culminar mi carrera y alcanzar esta nueva meta.

A la Universidad Valle del Momboy, que desde el inicio hasta el final de la carrera puso a mi disposición la infraestructura y el personal que allí hace vida para brindarme la formación necesaria para ser profesional.

A los profesores de la universidad, especialmente a Larry Araujo, quien fue además de profesor, un gran amigo durante el desarrollo de mi carrera; y a Luis Paredes, tutor del Trabajo Especial de Grado y un gran apoyo para la realización del mismo.

Al Señor Alexis Méndez, profesor, mentor y amigo, de ayuda invaluable en la realización de este proyecto.

A dos amigos y futuros colegas que aparecieron durante el desarrollo de la carrera, Luis Ochoa y José Vera, quienes me brindaron amistad sincera y un apoyo importante en la obtención de este logro. Por último, a un grupo de amigos y grandes personas, de igual modo futuros colegas y para quienes deseo el mejor de los futuros. Moisés, Negretty, Thatnai, Cindy, Sara, Karla y María José.

Índice General

Descripción	Pág.
Dedicatoria.....	iii
Agradecimientos.....	iv
Índice General.....	v
Índice de Figuras.....	x
Índice de Tablas.....	xvi
Resumen.....	xviii
Introducción.....	1
Descripción de las Etapas a Desarrollar.....	10
Definición de Objetivos	
Objetivo General.....	11
Objetivos Específicos.....	11
Análisis de Requerimientos.....	12
Definición de Ámbito del Sistema.....	13
Propuesta de Diseño.....	13
Propuesta de Arquitectura de Software a Utilizar.....	15

Índice General

Descripción	Pág.
Factores Físicos a Considerar en el Proyecto	
Humedad del Suelo.....	17
Medición de la Humedad del Suelo.....	17
Vegetación presente en los Jardines	
Agrostis Stolonífera.....	18
Lolium Perenne.....	19
Dypsis Lutescens.....	20
Codiaeum Variegatum Gold Star.....	21
Ixora Coccinea.....	23
Chlorophytum Comosum.....	24
Elaeagnus Pungens.....	25
Duranta Erecta.....	27
Tradescantia Zebrina.....	28
Componentes a Utilizar en el Proyecto	
Componentes Lógicos	

Índice General

Descripción	Pág.
ISIS Proteus Professional.....	29
Arduino (IDE).....	31
SmartDraw Web.....	33
Componentes Físicos	
Placa Arduino UNO.....	34
Sensor de Humedad FC-28.....	38
Tubería PVC.....	40
Dip Switch 1 Posición.....	41
Amplificador Operacional OP193.....	42
Electroválvula con Solenoide.....	45
Relé o Relevador.....	47
Aspersores Agrícolas.....	49
Diseño Jardín Delantero.....	51
Diseño Jardín Trasero.....	51
Diagrama de Conexiones de Circuito en Proteus.....	52

Índice General

Descripción	Pág.
Programación	
Diagrama de Flujo Programación del Circuito.....	53
Código para Programado del Circuito.....	54
Manual de Sistema y Usuario	
Relación Humedad-Bits en Lectura de Sensor FC-28.....	57
Relación Humedad-Voltaje en Lectura de Sensor FC-28.....	59
Calibración de Interruptores.....	60
Tabla de Conversión de Valores.....	62
Asignación de Pines Placa Lógica Arduino UNO.....	62
Diagrama de Conexiones de Circuito.....	63
Identificación de Bloques de Circuito.....	64
Interacción con Interruptores	
Switch de Encendido/Apagado del Sistema.....	67
Switches de Calibración de Valores de Referencia.....	68
Interacción con Sensores FC-28.....	70

Índice General

Descripción	Pág.
Pruebas de Sistema en Funcionamiento.....	72
Pruebas en Intervalo 1 (30%-45%).....	73
Pruebas en Intervalo 2 (40%-55%).....	74
Pruebas en Intervalo 3 (50%-65%).....	75
Pruebas en Intervalo 4 (60%-75%).....	76
Tabla de Costos.....	77
Recomendaciones.....	79
Conclusiones.....	80
Referencias Bibliográficas.....	82

Índice de Figuras

Descripción	Pág.
Figura 1: Diagrama de flujo que identifica las etapas a desarrollar en el proyecto.....	10
Figura 2: Terreno con altos niveles de humedad presentes debido a riego excesivo.....	17
Figura 3: Muestra de planta Agrostis Stolonífera.....	18
Figura 4: Muestra de planta Lolium Perenne.....	19
Figura 5: Muestra de planta Dypsis Lutescens.....	21
Figura 6: Muestra de planta Codiaeum Variegatum Gold Star.....	22
Figura 7: Muestra de planta Ixora Coccinea.....	23
Figura 8: Muestra de planta Chlorophytum Comosum.....	24
Figura 9: Muestra de planta Elaeagnus Pungens.....	26
Figura 10: Muestra de una variedad de planta Duranta Erecta, nombre común, Garbancillo.....	27
Figura 11: Muestra de una variedad de planta Duranta Erecta, nombre común, Siempreverde.....	27
Figura 12: Muestra de planta Tradescantia Zebrina.....	28
Figura 13: Entorno de trabajo de software Proteus Professional.....	30
Figura 14: Entorno de trabajo de software Arduino (IDE).....	32
Figura 15: Entorno de trabajo de software SmartDraw Web.....	34

Índice de Figuras

Descripción	Pág.
Figura 16: Pines presentes en la placa Arduino UNO.....	36
Figura 17: Esquema de pines y componentes de Módulo de sensor FC-28.....	38
Figura 18: Diagrama de conexión entre módulo de sensor FC-28 y la sonda formada por los electrodos.....	39
Figura 19: Diagrama de conexión entre Sensor FC-28 y placa lógica Arduino a través de la salida analógica del sensor.....	39
Figura 20: Tubería PVC.....	41
Figura 21: Apariencia física de DIP Switch de 1 posición.....	42
Figura 22: Apariencia física de amplificador operacional OP193.....	43
Figura 23: Estructura Lógica interna del Amplificador operacional OP193.....	44
Figura 24: Esquema que muestra comportamiento de electroválvula normalmente cerrada.....	46
Figura 25: Distintos tipos de Relevadores.....	48
Figura 26: Aspersor Agrícola Aéreo.....	50
Figura 27: Plano que muestra conexiones y uso de componentes implementados en el jardín delantero del Edificio 2 de la UVM.....	51

Índice de Figuras

Descripción	Pág.
Figura 28: Plano que muestra conexiones y uso de componentes implementados en el jardín trasero del Edificio 2 de la UVM.....	51
Figura 29: Diagrama que muestra montaje de circuito en entorno de trabajo de Proteus.....	52
Figura 30: Diagrama de Flujo que explica la programación del circuito.....	53
Figura 31: Diagrama de Flujo perteneciente a rutina interna en el funcionamiento del circuito...	54
Figura 32: Bloque de instrucciones que establece la declaración de las variables iniciales y la asignación de dichas variables a los pines pertenecientes a la placa lógica.....	54
Figura 33: Bloque de Instrucciones que establece las Configuraciones Generales relativas a las entradas y salidas del circuito, además de sus estados iniciales.....	55
Figura 34: Bloque de instrucciones que establece los parámetros iniciales, el inicio de Ejecución de Sistema y la Verificación de Encendido a través de Interruptor de Marcha/Parada.....	55
Figura 35: Bloque de instrucciones que establece los intervalos de referencia de humedad con los que trabajará el circuito, a través de la calibración de dichos intervalos por medio de interruptores	56
Figura 36: Bloque de instrucciones que muestra la lectura de los valores obtenidos desde los sensores de humedad para evaluar y decidir respecto a la necesidad de riego, y su posterior ejecución.....	56

Índice de Figuras

Descripción	Pág.
Figura 37: Bloque de instrucciones que muestra la configuración de la función prueba , para monitorear el funcionamiento del circuito mientras esté encendido.....	57
Figura 38: Gráfico que establece relación Humedad-Bit en la lectura de sensor FC-28.....	58
Figura 39: Gráfico que establece relación Humedad-Voltaje en la lectura de sensor FC-28.....	59
Figura 40: Asignación de intervalos de referencia de humedad a partir de combinaciones con interruptores	61
Figura 41: Placa Arduino UNO en la que se aprecian los pines A0,0,1,8,9 y 10 conectados.....	62
Figura 42: Asignación de Variables correspondientes a entradas y salidas a pines de placa Arduino UNO.....	63
Figura 43: Diagrama de conexiones de dispositivos que conforman el circuito del sistema.....	63
Figura 44: Bloque de Lectura de humedad a través de sensores FC-28.....	64
Figura 45: Bloque de Suma y Promedio de señales de sensores para entregar una única lectura.....	64
Figura 46: Placa Lógica Arduino UNO, cerebro del circuito.....	65
Figura 47: Bloque de interruptores para calibrar valores de referencia.....	65
Figura 48: Bloque de Encendido y Apagado del circuito.....	66

Índice de Figuras

Descripción	Pág.
Figura 49: Bloque de Monitoreo de funcionamiento del circuito.....	66
Figura 50: Bloque de conexión de Electroválvula, para riego de jardines.....	66
Figura 51: Interruptor de Marcha/Parada cerrado, Valor Lógico 0, sistema encendido.....	67
Figura 52: Interruptor de Marcha/Parada abierto, Valor Lógico 1, sistema apagado.....	67
Figura 53: Combinación 00 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 30-45%.....	68
Figura 54: Combinación 01 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 40-55%.....	68
Figura 55: Combinación 10 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 50-65%.....	69
Figura 56: Combinación 11 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 60-75%.....	69
Figura 57: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (1).....	70
Figura 58: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (2).....	71
Figura 59: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (3).....	71
Figura 60: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (4).....	72
Figura 61: Sistema apagado, rutina de monitoreo ejecutándose (1).....	72
Figura 62: Sistema apagado, rutina de monitoreo ejecutándose (2).....	73
Figura 63: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 1.....	73

Índice de Figuras

Descripción	Pág.
Figura 64: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 1.....	74
Figura 65: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 2.....	74
Figura 66: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 2.....	75
Figura 67: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 3.....	75
Figura 68: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 3.....	76
Figura 69: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 4.....	76
Figura 70: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 4.....	77

Índice de Tablas

Descripción	Pág.
Tabla 1: Propiedades y características de planta Agrostis Stolonífera.....	18-19
Tabla 2: Propiedades y características de planta Lolium Perenne	20
Tabla 3: Propiedades y características de planta Dypsis Lutescens.....	21
Tabla 4: Propiedades y características de planta Codiaeum Variegatum Gold Star.....	22
Tabla 5: Propiedades y características de planta Ixora Coccinea.....	23-24
Tabla 6: Propiedades y características de planta Chlorophytum Comosum	24-25
Tabla 7: Propiedades y características de planta Elaeagnus Pungens.....	26
Tabla 8: Propiedades y características de planta Duranta Erecta.....	28
Tabla 9: Propiedades y características de planta Tradescantia Zebrina	29
Tabla 10: Especificaciones técnicas de placa Arduino UNO.....	35
Tabla 11: Características técnicas de Amplificador Operaciones OP193.....	43
Tabla 12: Componentes de una Electroválvula.....	46-47
Tabla 13: Características técnicas de un Relé.....	49
Tabla 14: Características de los aspersores.....	50
Tabla 15: Relación entre las combinaciones de los interruptores y los porcentajes de referencia de humedad.....	61

Índice de Tablas

Descripción	Pág.
Tabla 16: Tabla de equivalencias de valores manejados por el circuito.....	62
Tabla 17: Tabla de Costos para un hipotético montaje.....	78




Av. Independencia con calle La Paz, Sede Mirabel, Urbanización Mirabel, Plata I,
Diagonal al Parque SAPNNAET. Municipio Valera Estado Trujillo.

**VICERRECTORADO
FACULTAD DE INGENIERÍA**


VEREDICTO

Nosotros, Prof. Luis Paredes, Profa. Marilyn Briceño y Profa. Claribel Silva, designados como miembros del Jurado Examinador del Trabajo Especial de Grado titulado: "PROTOTIPO PARA LA AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA LOS JARDINES DEL EDIFICIO 2 DE LA SEDE ESTOVACUY DE LA UNIVERSIDAD VALLE DEL MOMBOY", que presenta el Bachiller **DIONI LEANDRO RAMIREZ HERNÁNDEZ**, portador de la Cédula de Identidad N° **26.235.825**, nos hemos reunido para revisar dicho Trabajo y después de la presentación, defensa e interrogatorio correspondiente lo hemos calificado con: **VEINTE (20)** puntos, de acuerdo con las normas vigentes dictadas por el Consejo Universitario de la Universidad Valle del Momboy, referente a la evaluación de los Trabajos Especiales de Grado para optar al título de Ingeniero de Computación.


En fe de lo cual firmamos, en Valera a los veintiséis (26) días del mes de febrero de dos mil diecinueve (2019).




Prof. Marilyn Briceño
C.I. 13.205.436
JURADO



Prof. Luis Paredes
C.I. 12.600.339
TUTOR



Profa. Claribel Silva
C.I. 12.540.703
PRESIDENTE DEL JURADO



Profa. Claribel Silva
C.I.- N° 12.540.703
DECANA



Prof. Héctor R. Barazarte Urbina
C.I.- N° 9.150.645
VICERRECTOR

TÍTULO: Prototipo para Automatización de un Sistema de Riego para los jardines del Edificio 2 de la sede Estovacuy de la UVM

RESUMEN

La Sede Estovacuy de la Universidad Valle del Momboy, ubicada en el municipio san Rafael de Carvajal, estado Trujillo, es una institución universitaria dedicada a la formación de profesionales; en cuanto a la infraestructura de la sede, se puede describir como un espacio medianamente extenso, con abundantes espacios abiertos, y entre esos espacios, abundantes jardines que requieren mantenimiento y cuidado permanente; siendo la jardinería y el riego actividades de la vida cotidiana, consideradas incluso por algunos como arte, debido a que buscan exaltar la belleza ofrecida por diversas plantas, resulta conveniente evaluar la situación existente actualmente en las instalaciones de la institución, teniendo en cuenta que se viven problemas en cuanto al servicio de agua y el esfuerzo físico requerido por el personal de ambiente de la institución; perjudicando el embellecimiento de los espacios presentes. En vista de la problemática existente, se planteó la automatización del sistema de riego, que permita aplicar la cantidad de agua necesaria al terreno, evitando el derroche del recurso, además de facilitar la ejecución de dicha actividad a quienes se encargan de llevarlas a cabo día a día. El presente proyecto de investigación se realizó con la finalidad de llevar a cabo el diseño de un prototipo de sistema de riego efectivo, que se encargue de satisfacer las necesidades físicas de los terrenos y la vegetación presentes en la institución, además de preservar el agua, recurso de vital importancia, aplicando la cantidad de agua necesaria en lugar de realizar riego deficiente o efectivo. Para el diseño del prototipo se propuso el uso de placas Arduino UNO, como cerebro del circuito, además su respectiva programación se realizó en el entorno de trabajo de Arduino, y el diagrama de conexiones en el entorno de trabajo de ISIS Proteus, considerando los requerimientos planteados por las autoridades.

Palabras Clave: Jardinería, Riego, Plantas, Automatización, Sistema de Riego, Prototipo, Circuito, Arduino UNO, Requerimientos.

INTRODUCCIÓN

Desde el surgimiento de la Agricultura en el período Prehistórico Neolítico como una de las principales actividades económicas llevadas a cabo por las sociedades, comenzaron a manejarse una gran cantidad de nuevos conceptos, necesarios para comprender de una mejor forma aquella estrategia económica que se puso en práctica. Como todo inicio, la evolución y el desarrollo de la Agricultura fueron lentos, debido a la poca experiencia con la que contaban los individuos para la época, sin embargo, la agricultura se convirtió rápidamente en una de las principales actividades económicas llevadas a cabo por la sociedad Neolítica.

Con el paso de algunos años luego de lo que significó la Revolución Neolítica, se añaden nuevos factores al “Sistema de Agricultura” como el uso de abonos y el riego, que permitirían aprovechar de mejor manera los cultivos realizados por los individuos, además de obtener un mejor rendimiento por parte de los mismos; este hecho se hizo evidente cuando aquellos que se encargaban de trabajar como productores obtuvieron cosechas mucho más numerosas que las que obtenían para el momento, donde el trabajo de los individuos se limitaba a, técnicamente, colocar las semillas en los terrenos sin atender en mayor grado los cultivos implementados.

La aparición del riego como una herramienta para facilitar la actividad agrícola resultó ser bastante beneficiosa, pues las plantas, como cualquier ser vivo, necesitan recibir agua para nutrirse y desarrollarse; por lo tanto, era útil y necesario tener en consideración que los cultivos requerían agua, que recibían el agua a través de las raíces y que depender del agua proveniente de las precipitaciones no era suficiente. Las civilizaciones egipcia y mesopotámica fueron pioneras en el uso del riego en la agricultura; pues aprovechaban la época de lluvia (de Julio a Diciembre) y las constantes inundaciones para desviar el agua hacia los campos y, de esa forma,

implementar “depósitos” de agua para disponer del líquido vital y mantener el riego necesario para cada cultivo en la época de sequía; estas acciones marcaron el inicio de los “Sistemas de Riego”.

Algunos siglos más tarde, cuando las civilizaciones que predominan en el mundo son la Griega y la Romana, surge con fuerza un concepto llamado jardinería, que no es más que un tipo de cultivo que tiene como finalidad la decoración y el ornato; las plantas utilizadas en jardines no se caracterizan por sus frutos y el aprovechamiento de los mismos por parte de los individuos, sino porque los atributos de las plantas brindan embellecimiento a terrenos o cualquier tipo de espacio abierto; para la época, generalmente los individuos pertenecientes a la alta sociedad construían enormes villas, que adornaban con extensos jardines con flores y árboles decorativos.

Es necesario resaltar que, como cualquier planta destinada a la producción y explotación agrícola, las plantas ornamentales requieren cuidados en cuanto a materia de riego, por lo que se infiere que desde el surgimiento de la jardinería, la implementación de los sistemas de riego ha jugado un papel fundamental en el mantenimiento de los jardines, siendo el agua un factor indispensable a nivel fisiológico para las plantas, cuya acción se ve reflejada además a nivel estético, debido a que permite un desarrollo óptimo en las flores o frutos de los cultivos decorativos.

En otro orden de ideas, si se tiene en cuenta el constante desarrollo y la constante evolución de la tecnología en cualquiera de los ámbitos de la vida, resulta fácil terminar siendo arrojado por ésta cuando aún ni siquiera se ha probado, pues la innovación se produce en períodos de tiempo muy cortos, generando dificultades para adaptarse a los nuevos avances y obligando a los consumidores a permanecer en constante investigación acerca de nuevos

productos y tecnologías, en búsqueda de mantenerse al tanto de lo más avanzado en lo que a avances tecnológicos respecta.

Los sistemas de riego y la jardinería forman parte de esos ámbitos de la vida diaria que se ven afectados por los avances tecnológicos, pudiendo ser afectados en forma positiva o negativa; pues al principio apenas se implementaban pequeños depósitos de agua rudimentarios para poder almacenar cierta cantidad de agua que luego sería utilizada para regar las plantas pertenecientes a los cultivos a través de “Taparas” hechas de madera o “Cántaros” hechos de madera u otro material, con el fin de esparcir el agua alrededor de los cultivos. Hoy en día este proceso es diferente, puesto que es posible apreciar que se utilizan sistemas de tubería para riego, además de Aspersores, dispositivos utilizados para distribuir el agua de manera uniforme hacia todos los espacios pertenecientes a un cultivo.

Como se mencionaba anteriormente, la evolución y la innovación han sido bastante importantes en cuanto al desarrollo de la actividad agrícola, que por supuesto, incluye la jardinería; la utilización de sistemas de riego en la jardinería se ha visto facilitada gracias a tecnologías que jamás se pensaron podrían llegar a existir. Actualmente, las personas que trabajan con plantas ornamentales, cuentan con una gran ventaja a la hora de realizar el riego de los jardines, pues cuentan con los ya mencionados sistemas de riego por tubería unido a los aspersores, además de pequeñas “Regaderas Portátiles” que permiten llevar a cabo un proceso de riego bastante sencillo.

Según Heráclito (Siglo V A.C) “Lo único constante es el cambio” una afirmación que se adapta perfectamente al conjunto de situaciones que se viven hoy en día; el cambio es permanente y nada permanece igual por mucho tiempo; es por esto que, tanto en el área de la

agricultura, la jardinería y el riego, se han buscado distintas estrategias y distintos lineamientos para revolucionar lo que se conoce como sistema de riego, en pro de facilitar el trabajo y disminuir el esfuerzo físico requerido por parte de los productores y aquellos que se encarguen del mantenimiento y el cuidado de cultivos y/o jardines.

Tomando en consideración que, la tecnología sigue en desarrollo y evolución, es necesario determinar un uso provechoso para la misma, no se trata sólo de innovar y utilizar tecnologías más avanzadas para luego desechar, al contrario, sería de vital importancia para el mundo encontrar usos provechosos a la tecnología, utilizar la misma con una finalidad clara y precisa, de esa forma se evitaría la acelerada obsolescencia de los productos y el consiguiente consumo excesivo; utilizando tecnologías adecuadas en áreas determinadas, es posible garantizar un desarrollo conveniente para todos los individuos, sea cual sea el área en que se desempeñe.

Existen actualmente numerosos modelos de sistemas de riego alrededor del mundo, algunos ya desarrollados en el campo y otros que hasta el momento son sólo prototipos; es conveniente considerar que, los sistemas de riego juegan el papel de una madre cuando se trata del sustento y desarrollo de jardines o de distintos cultivos, pues proveer agua brinda la mayor parte del alimento necesitado por las plantas, es por esto que la humanidad ha buscado la manera de garantizar sistemas de riego eficientes y confiables para, de esa forma, mantener las plantas en condiciones óptimas y que puedan así cumplir con su función dentro de los jardines: el ornato y la decoración.

En los últimos años, el mundo se ha visto afectado por una crisis general debido a deficiencias en el servicio de agua potable, ya que, si bien aproximadamente el 70% del planeta está compuesto por agua; el 96,5% del agua pertenece a océanos y mares, es decir, “agua salada”

que no puede ser consumida por seres vivos terrestres (a menos que sea tratada por plantas desalinizadoras) ya que podría generar consecuencias negativas en los mismos. Ante la complicada situación que se vive con respecto al recurso en mención, bien sea por altos niveles de contaminación o despilfarro, es necesario implementar estrategias con mentalidad ahorradora de recursos, como ha sido hasta ahora el “Sistema de Riego por Goteo” que aprovecha aguas fluviales para depositar cierta cantidad de agua que posteriormente es suministrada de forma gradual a los suelos.

Venezuela no se escapa de los problemas ambientales que se viven en el mundo, pues desde hace varias décadas se convirtió en una recurrencia el no contar con servicios de agua eficientes, el mantenimiento de las plantas de tratamiento y los insumos utilizados para tratar las aguas que son canalizadas hacia dichas plantas resultan altamente costosos, además existe una enorme demanda por parte de la población que la cuenca hidroeléctrica no puede cubrir; por lo tanto se convierte en una obligación de todos los individuos buscar estrategias de ahorro de agua; de esta forma será posible retrasar la constante destrucción del planeta.

Cuando se evalúa la situación actual del servicio de agua del estado Trujillo y específicamente del municipio San Rafael de Carvajal, es posible apreciar deficiencias en numerosos sectores, pues sólo se trata de un problema a nivel general que repercute en cualquier zona del país; tratándose el estado Trujillo de un estado que desempeña la actividad agrícola, se debe hacer énfasis en la utilización de estrategias y herramientas de cuidado y ahorro del agua y, como se mencionaba anteriormente, resulta conveniente apoyarse en recursos tecnológicos que faciliten la implementación de dichas estrategias, la tecnología, siempre y cuando tenga una finalidad y un uso específico, puede terminar disminuyendo trabajo y esfuerzo.

Ante lo explicado anteriormente, surge la problemática de la investigación, que hace referencia a la necesidad que tiene actualmente la Universidad Valle del Momboy de disponer de un sistema de riego efectivo para los jardines del edificio 2 de la sede Estovacuy; ya que el riego para la preservación de los mismos, requiere una constante logística, desde la permanente supervisión al servicio de agua potable hasta la manipulación de instrumentos de riego pesados como mangueras por parte del personal de ambiente, lo que se traduce además en desgaste físico.

El uso de sistemas de riego inteligentes ha tomado fuerza durante los últimos 10 años; son varias las instituciones (generalmente de educación superior) que, en países como Argentina, específicamente en la Universidad Nacional de Quilmes, en el año 2013; un grupo de estudiantes liderado por Marcia Tejeda, desarrolló un sistema de riego por goteo automatizado a partir de la programación de una placa Arduino UNO conectada a distintos sensores receptores de señales analógicas como la temperatura, la energía lumínica y la humedad; el proyecto fue ejecutado para suministrar riego a distintas plantas ubicadas principalmente en macetas a nivel residencial. El proyecto llevado a cabo por este grupo de estudiantes, se denominó Jarduino.

Por otro lado, en el año 2014, Bladimir Pérez y Fernando García dirigieron un trabajo llevado a cabo por profesionales egresados de la Universidad de Panamá y la Universidad Carlos III de Madrid, ubicadas en Panamá y España respectivamente; dicho trabajo consistió en el diseño de un prototipo que proponía la conexión de una placa Arduino Mega ADK como cerebro del circuito, que se dividiría en varios submódulos dirigidos por placas Arduino UNO, que, a través de sensores de humedad, recibían valores analógicos para determinar la necesidad o no de riego en terrenos destinados para la agricultura; este prototipo utilizó distintos módulos de software para apoyar el registro, monitoreo y control de los niveles de humedad de los terrenos,

tales módulos fueron ZigBee y XBee, además, la programación fue realizada para el Sistema Operativo Android.

Como proyecto en simultáneo, el año 2014 en la Universidad Pública de Navarra, España, David Bermúdez propuso un sistema de riego automatizado adaptado a una huerta agrícola ubicada en Navarra; el diseño estaría basado en el llenado de un depósito de agua, para lo cual se utilizó un sensor de ultrasonidos y un sensor de nivel de flotador; además, fue propuesto el uso de una placa Arduino LEONARDO que, recibiría el agua mediante la conexión a una bomba de agua, para, a través de sensores de humedad resistivos y capacitivos, leería los niveles de humedad de los terrenos sobre los cuales está desarrollada la huerta, con el fin de tomar una decisión adecuada en cuanto al riego de los terrenos; este sistema estaría complementado con la instalación de varios relés, además de una electroválvula para liberar el agua hacia las tuberías.

Dos años más tarde (2016), María Abarca y Fernando Rojas de la Preparatoria de Tlalnepantla en México, desarrollaron un proyecto de menor escala para cubrir el riego de un conjunto de 3 macetas ubicadas en un aula de clases; para este proyecto realizaron una conexión sencilla de una placa Arduino UNO y 3 sensores de humedad resistivos (uno para cada maceta), el sistema realizaba lecturas de la humedad presente en cada maceta, la placa lógica comparaba las lecturas con el valor de referencia de humedad establecido como adecuado para el tipo de plantas presentes y, a través de una válvula manual, se abría paso al agua para regar las macetas.

Aunado a los proyectos expuestos anteriormente, Darwin Apaza e Irvin La Torre, en la Universidad Nacional del Altiplano en Perú; para el año 2017 propusieron un avanzado y complejo sistema de riego automático basado en programación Arduino, conectando la placa a distintos sensores y módulos de software para monitorizar y registrar la humedad presente en

terrenos dedicados principalmente a la agricultura, evaluando distintos factores físicos como la temperatura, la energía lumínica y, por supuesto, la humedad. El sistema propuesto por los sujetos en mención, incorporó el software CLIMWAT y CROPWAT, como base de datos para fenómenos climáticos y un sistema de requerimientos de riego para cultivos, respectivamente. Particularmente, CROPWAT presentó muchas ventajas a la hora de configurar el tipo de riego e incluso la intensidad de distribución de agua a los cultivos.

Como se apreció previamente, en distintos lugares del mundo se han diseñado e implementado prototipos y posteriormente sistemas de riego automatizados, lo que indica que hace algún tiempo comenzó a marcarse una tendencia en cuanto al uso de tecnología con la finalidad de apoyar cultivos, huertos o jardines de una forma sencilla y eficaz; la implementación de sistemas de riego automáticos permite estudiar distintas herramientas y estrategias de riego, para de esa forma tomar una decisión considerando los factores que influyen en los terrenos donde se encuentran los cultivos sobre los que se quiere utilizar el sistema.

En el caso específico de la Universidad Valle del Momboy, un sistema de riego automatizado podría significar un gran avance en cuanto a la realización del correspondiente riego de los jardines; a través de un diseño eficiente se posibilitaría el almacenamiento de agua, permitiendo utilizar el recurso proveniente de los “depósitos” en momentos en los que el sistema hidrológico presente fallas; teniendo en cuenta que un diseño previamente estudiado de forma correcta garantizaría la desaparición del desperdicio del agua, proporcionando la cantidad adecuada del recurso a los jardines. De igual forma, la utilización de un sistema de riego inteligente garantizaría una disminución considerable en el esfuerzo físico realizado por el personal de ambiente en lo que respecta a la manipulación de instrumentos de riego como las mangueras.

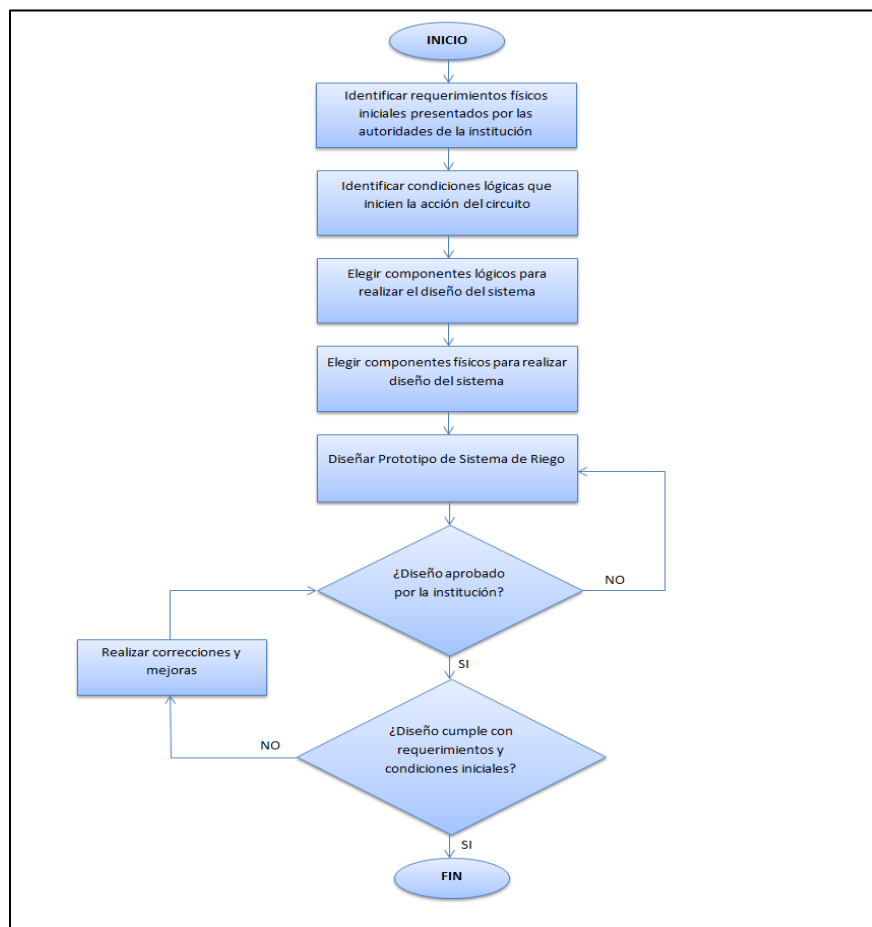
La jardinería es considerada un arte, la misma está encargada, entre otras cosas, de embellecer ciertos espacios o terrenos, por lo tanto, al haber espacios que se encuentren al aire libre, resulta común encontrar plantas o grupos de plantas ornamentales que son cultivadas con la finalidad de adornar los espacios mencionados. Poseer jardines en espacios pertenecientes a instituciones, urbanismos o residencias privadas, conlleva cierta responsabilidad, puesto que las plantas, como se ha explicado anteriormente, son seres vivos, requieren cuidado y alimento; esto se traduce en la necesidad de disponer de una fuente a través de la cual proporcionar dicho alimento a las plantas, esta fuente sería, sin duda alguna, un sistema de riego que garantice la constante y adecuada alimentación a las plantas pertenecientes a los jardines.

El presente proyecto de investigación y diseño será puesto en marcha en la Universidad Valle del Momboy, específicamente en la Sede Estovacuy, ubicada en el Municipio San Rafael de Carvajal del Estado Trujillo; disponiendo de un período de duración de tres meses; el comienzo de la ejecución de dicho proyecto está estipulado para el mes de Octubre de 2018 del año 2018 y una probable fecha de finalización para el mes de Enero del año 2019, que abarca los períodos académicos 2018-B y 2019-A establecidos por la institución mencionada anteriormente.

DESCRIPCIÓN DE LAS ETAPAS A DESARROLLAR

Para dar inicio a la ejecución del proyecto, es conveniente realizar un pronóstico que involucre las actividades que deben ser ejecutadas de manera previa al inicio del proyecto; es preciso buscar la forma de tener un pronóstico que cubra cualquier imprevisto que pueda presentarse, de esta forma se garantiza una organización que permita enfrentar cualquier adversidad presentada durante la ejecución del proyecto; a continuación, un diagrama de flujo describiendo las actividades a realizar.

Figura 1: Diagrama de flujo que identifica las etapas a desarrollar en el proyecto



Fuente: Ramírez D. (2019)

DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

Objetivo General

Desarrollar la simulación de un prototipo de automatización del sistema de riego para los jardines del edificio 2 de la Sede Estovacuy de la Universidad Valle del Momboy.

Objetivos Específicos

- Analizar los requerimientos expuestos por las autoridades de la institución y el personal de ambiente, encargado de llevar a cabo el riego de los jardines.
- Diseñar un plan de riego eficiente y adecuado a la calidad de los suelos y a los tipos de plantas cultivados en los terrenos pertenecientes al edificio 2.
- Implementar la simulación del prototipo de sistema de riego, cumpliendo con el uso de herramientas de diseño y programación pertinentes, adaptando además el prototipo a los requerimientos iniciales.
- Evaluar el óptimo funcionamiento de la simulación del prototipo de sistema de riego, garantizando un funcionamiento correcto del sistema para su futuro desarrollo.

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS

Considerando la existencia de un sistema de riego anteriormente utilizado por la institución y la disponibilidad de algunos componentes pertenecientes al mismo, además de algunas sugerencias presentadas por las autoridades y el personal de ambiente perteneciente a la Universidad Valle del Momboy; se plantearon los siguientes requerimientos en orden jerárquico para el diseño del prototipo del nuevo sistema de riego:

1. Investigar y evaluar las características de la vegetación presente en los jardines para ejercer un nivel de riego adecuado y no excesivo o deficiente.
2. Evaluar una estrategia de recolección de aguas pluviales que garantice el riego de los jardines, como previsión a aquellos momentos en que el servicio de agua potable presente fallas.
3. Proponer riego por separado entre el jardín delantero y el jardín trasero, debido a condiciones de humedad y tipo de vegetación distintas.
4. Programar riego de los jardines evaluando la humedad presente en el suelo, debido a que existen algunos niveles de este factor que indican si es necesario ejercer el riego o no.
5. Restaurar tuberías pertenecientes al sistema de riego utilizado con anterioridad, con la finalidad de adaptar estos componentes disponibles al nuevo sistema de riego.
6. Seleccionar aspersores agrícolas que se adapten al tipo de vegetación presente en cada jardín, teniendo en consideración factores físicos de las plantas como altura; puesto que las plantas presentes en el jardín delantero de la institución presentan mayor altura que las plantas del jardín trasero.

7. Garantizar niveles de riego homogéneo en la extensión total de ambos jardines, teniendo en consideración una extensión de **79,144 m²** en el jardín delantero y **94,583 m²** en el jardín trasero.

DEFINICIÓN DE ÁMBITO DEL SISTEMA

Teniendo en consideración los campos que abarca el prototipo del sistema de riego a diseñar, como lo son la jardinería y la electrónica, principalmente, además de los requerimientos entregados por las autoridades de la institución, el ámbito del sistema está definido por el personal que se encargará de manipular el sistema una vez el hipotético desarrollo del mismo esté finalizado; por lo tanto, es conveniente identificar a la Coordinación de Ambientes y Jardines perteneciente a la Universidad Valle del Momboy, Sede Estovacuy, pues el sistema en cuestión sería instalado y manipulado a través de uno de los ordenadores presentes en dicha coordinación; además cabe destacar que la supervisión y control del mismo serían realizados por el personal de ambiente perteneciente a la institución.

PROPUESTA DE DISEÑO

Un sistema de riego inteligente es, además de útil, necesario en una institución que posee extensiones de terreno dedicadas al ornato, pues éste garantizaría ejecutar un riego adecuado, basado en condiciones ambientales y no en opinión propia de la persona encargada de realizar estas labores, además permitiría un trabajo menos forzoso por parte del personal encargado del riego de los jardines, permitiéndole prescindir del uso de dispositivos de riego anticuados como las mangueras, ya que los componentes pertenecientes al nuevo sistema de riego estarían integrados en un circuito que brinda, además de funcionalidad, comodidad.

El diseño de un prototipo para un sistema de riego debe ser bastante eficiente y cuidadoso, pues un modelo correctamente diseñado podría facilitar el futuro desarrollo del sistema de riego para que la institución pueda implementar esta iniciativa; esto indica que el diseño debe estar seguido de una buena planificación previa y sometida a constantes revisiones para evaluar la viabilidad del prototipo a diseñar. Esta planificación debe cumplir con ciertas pautas a tener en consideración para garantías de un diseño eficaz en cuanto a funcionamiento y buenas prestaciones por parte del sistema.

El primer paso para la realización del diseño, consistiría en analizar todos los requerimientos presentados por las autoridades de la institución, pues esto permitiría mantener una idea clara de lo que se desea del sistema de riego, de todos los factores que deben ser tenidos en consideración, además de la estructura física que debe poseer el prototipo finalizado.

Seguidamente, es necesario establecer las barreras lógicas pertenecientes a la programación del prototipo del sistema de riego; pues tratándose de una placa lógica programada para realizar el riego, existirán ciertas condiciones que se encarguen de activar el funcionamiento del sistema integral; estas condiciones deben ser evaluadas con cuidado y detenimiento, documentándose en áreas como la humedad, para que el riego sea apropiado y se adapte a los suelos y los tipos de planta presentes en los jardines.

En tercer lugar, resulta conveniente identificar los componentes a utilizar, tanto lógicos, como físicos; a partir de la combinación de estos componentes se desea lograr un diseño capaz de cumplir con todos los requerimientos planteados y que funcione a través de las condiciones o barreras lógicas establecidas previamente. La identificación de estos componentes no es más que la elección del software a utilizar para la simulación del circuito y los elementos electrónicos del

mismo, además del software a utilizar para la simulación del sistema de riego integral. Por otro lado, también es necesario seleccionar los componentes físicos a tener en cuenta para el correcto funcionamiento del prototipo del sistema de riego, y su futuro hipotético ejemplar físico desarrollado.

Por consiguiente, se procede al diseño del sistema de riego propiamente, en el cual deben tenerse en cuenta los requerimientos físicos y lógicos anteriormente definidos, además se debe velar por el correcto uso de los componentes seleccionados para el diseño, debido a que cada uno fue elegido para desempeñar una función específica dentro del prototipo; una vez el diseño se encuentre terminado, éste debe someterse a juicio de la institución para su aprobación o rechazo.

Por último, ya finalizado el prototipo del sistema de riego, y obtenida su respectiva aprobación por parte de las autoridades de la institución; es preciso evaluar el correcto funcionamiento del diseño, además del cumplimiento de todas las condiciones establecidas y los requerimientos iniciales. En otro orden de ideas, es conveniente evaluar las posibles mejoras a realizar en el mismo para brindar seguridad en cuanto al correcto desempeño del proyecto implementado en el futuro por la institución; como se mencionó anteriormente, un diseño realizado correctamente facilita el funcionamiento adecuado y óptimo del proyecto desarrollado en físico.

PROPUESTA DE ARQUITECTURA DE SOFTWARE A UTILIZAR

En primer lugar, para determinar y exponer la arquitectura de software que fue seleccionada para la realización del proyecto, es conveniente definir algunos conceptos previos; para de esa forma, garantizar mayor entendimiento a la hora de explicar la elección realizada.

Como principal concepto aparece la Arquitectura de Software, resulta necesario conocer el significado y la utilidad de estos términos; se refieren al conjunto de patrones, reglas y directrices que proveen a los desarrolladores, un marco de referencia para llevar a cabo la ejecución y desarrollo de un software determinado bajo la misma línea de restricciones y objetivos, permitiendo establecer parámetros de trabajo altamente específicos para implementar una interacción óptima entre el software desarrollado y el hardware involucrado en el funcionamiento del software mencionado.

Por otro lado, se conoce de manera general que existen varios tipos de arquitecturas de software (siendo los más conocidos la arquitectura cliente-servidor y la arquitectura de 3 niveles), por lo tanto, es necesario que los desarrolladores, programadores y diseñadores realicen una elección que se adapte a las necesidades del software que será implementado; de esta forma, se posibilita un trabajo más efectivo y menos forzado del equipo de trabajo. En el caso específico del proyecto en curso, la arquitectura de software elegida fue la Arquitectura Cliente-Servidor, puesto que se considera, es la más apta para la ejecución del proyecto.

Para tener una idea clara de lo que propone la arquitectura cliente-servidor, se expone que ésta consiste básicamente en un programa o computador llamado cliente que realiza peticiones a otro programa o computador denominado servidor, que se encarga de recibir las peticiones y entregar respuesta a las mismas; ésta arquitectura presenta grandes ventajas en cuanto a la realización del presente proyecto, debido a que el ordenador que aloje el sistema hipotéticamente desarrollado, recibirá constantemente peticiones por parte de la persona que se encargaría de manipular el software, enviando respuesta a las peticiones, que sería, a grosso modo, encender el sistema de riego o apagar el mismo.

FACTORES FÍSICOS A CONSIDERAR EN EL PROYECTO

Humedad del Suelo

Se denomina humedad del suelo a la cantidad de agua por volumen de tierra que hay en un terreno, es decir, la humedad se refiere a la razón porcentual de agua que está presente en un sector específico de terreno, o en la totalidad de éste.

Figura 2: Terreno con altos niveles de humedad presentes debido a riego excesivo



Fuente: Fundación Produce Sinaloa, AC. (2017)

La medición exacta de la humedad se realiza gravimétricamente, extrayendo una muestra del terreno, y pesando dicha muestra antes y después del secado. Esta es de gran importancia debido a que el agua constituye un factor determinante en la formación, conservación, fertilidad y productividad del terreno, así como para la germinación, crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas.

Medición de la Humedad del Suelo

El contenido de humedad en los suelos es la cantidad de agua que el suelo contiene en el momento de ser extraído. Una forma de calcular el contenido de humedad es realizar un proceso gravimétrico, se extrae una muestra del terreno y se pesa, el peso de esta muestra es identificado como m_1 ; se debe calentar la muestra en cuestión durante 24 horas en un horno a una

temperatura de 110 °C, para luego volver a pesar la muestra, cuya masa es identificada como m2. El porcentaje de humedad se calcula mediante la fórmula:

$$\text{Porcentaje de Humedad} = \frac{m_1 - m_2}{m_2} \times 100$$

m₁ = Masa de la muestra recién extraída.

m₂ = Masa de la muestra después de calentada en el horno.

VEGETACIÓN PRESENTE EN LOS JARDINES

Agrostis Stolonífera

Se trata de una especie de planta herbácea utilizada generalmente con fines ornamentales y de jardinería.

Figura 3: Muestra de planta Agrostis Stolonífera



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2016)

Propiedades de la Agrostis Stolonífera

Uso	Campos Deportivos, Jardinería y Paisajismo
Color	Verde (Pigmentos color amarillo cuando

	no cuenta con riego pertinente y las temperaturas son altas)
Estilo de la Hoja	Hoja muy fina
Suelos	Preferiblemente suelos arenosos, húmedos, pero con buen drenaje; recomendado un 70% de humedad en el terreno
Crecimiento	Erecto y vigoroso, con reproducción medianamente agresiva
Desgaste	Resistencia alta al desgaste
Tolerancia a Plagas y Enfermedades	Tolerancia alta
Tolerancia a Temperaturas Altas	Tolerancia alta, siempre y cuando cuenta con riego adecuado
Tolerancia a Temperaturas Bajas	Tolerancia alta, no sufre parada invernal
Tolerancia a Salinidad de Suelo	Resistencia media
Necesidades Hídricas	Exigencia de agua media-alta

Tabla 1: Propiedades y características físicas de planta *Agrostis Stolonífera*

Lolium Perenne

Llamada comúnmente ballico, césped inglés, raigrás inglés, raigrás perenne o gramínea perenne, es una planta de gran importancia en la creación de céspedes y en la producción de forrajes en lugares de clima templado y subtropical.

Figura 4: Muestra de planta *Lolium Perenne*



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2018)

Propiedades del Lolium Perenne

Longevidad	40-60 años
Textura	Sistema radical fibroso poco profundo
Tamaño de la Espiga	10-20 cm
Adaptación a Condiciones Climáticas	Preferiblemente habita en clima templado, con bajas temperaturas
Tolerancia a Sequías	Baja
Suelos	Normalmente habita en suelos francos y arcillosos, que cuenten con una humedad recomendada del 60%
Tolerancia a Salinidad	Muy Baja
Tolerancia a Alcalinidad	Muy Baja
Tolerancia a Inundaciones	Baja
Profundidad de Siembra Recomendada	Se recomienda plantar a máximo 2 cm de profundidad, con un suelo húmedo y altamente fosforado

Tabla 2: Propiedades y características físicas de planta Lolium Perenne

Dypsis Lutescens

Planta conocida también con los nombres Palma de Frutos de Oro, Palma Areca, o Palmera Bambú; es una especie tropical de palmera originaria de Madagascar y utilizada como planta ornamental.

Figura 5: Muestra de planta Dypsis Lutescens



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2017)

Propiedades de la *Dypsis Lutescens*

Uso	Jardinería
Apariencia	Planta de varios troncos
Forma de las Hojas	Pinnadas
Altura	2,5-6 metros
Diámetro del Tronco	10-15 cm
Crecimiento	Acelerado
Exigencia de Abonado	Alta
Clima	Subtropical (recomendado)
Tolerancia a Fuertes Vientos	Muy Baja
Tolerancia a Salinidad	Media
Tolerancia a Sequía	Baja
Suelos	Preferiblemente arenosos, no muy lejanos al nivel del mar, ligeramente ácidos con una humedad recomendada del 60%

Tabla 3: Propiedades y características físicas de planta *Dypsis Lutescens*

Codiaeum Variegatum “Gold Star”

Especie de planta tropical decorativa con hojas estrechas y alargadas, moteadas en verde y amarillo. Crece de forma óptima en suelos fértiles, húmedos y bien drenados, en

climas cálidos y protegido del sol directo. En climas tropicales puede cultivarse al exterior. Fuera del clima tropical es muy habitual cultivarla como planta de interior, principalmente para diseñar “cercos” alrededor de jardines.

Figura 6: Muestra de planta Codiaeum Variegatum Gold Star



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2017)

Propiedades del Codiaeum Variegatum “Gold Star”

Uso	Decoración en interiores o exteriores
Clima	Tropical (recomendado)
Tolerancia al Viento	Alta
Porte	Arbusto
Tipo de Hoja	Perenne
Color de la Hoja	Verde con pigmentación amarilla
Longevidad	10-30 años
Suelos	Suelo con pH neutro, fértil, bien drenado, apto para textura arenosa, arcillosa o franca, con una humedad aproximada del 55%
Tolerancia a Sequía	Media
Tolerancia a Inundaciones	Baja

Tabla 4: Propiedades y características físicas de planta Codiaeum Variegatum Gold Star

Ixora Coccinea

Planta floral conocida también como Geranio de la jungla, Llama de los bosques, Coralito (en Colombia) Cruz de Malta (en Puerto Rico) y Llama de la jungla, es una especie de arbusto perteneciente a la familia de las rubiáceas.

Figura 7: Muestra de planta *Ixora Coccinea*



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2016)

Propiedades de la *Ixora Coccinea*

Uso	Decoración de Interiores y exteriores
Clima	Adaptable a cualquier clima mientras la luz recibida y el riego sean apropiados
Hábitat de Crecimiento	Arbustiva
Altura Máxima	3 m
Diámetro	10 cm
Tipo de Hoja	Perenne
Atributos Florales	Vistosa y compacta
Sistema de Polinización	Insectos
Floración	Permanente
Crecimiento y Reproducción	Acelerados

Longevidad	36-60 años
Exigencia de Luz	Alta
Suelos	Requiere suelos fértiles, ácidos y bien drenados, con una humedad entre 40-65%

Tabla 5: Propiedades y características físicas de planta *Ixora Coccinea*

Chlorophytum Comosum

Planta ornamental conocida popularmente como cinta, malamadre, araña, lacito o lazo de amor, es una especie fanerógama (partes exteriores de la planta fácilmente diferenciables), nativa de Sudáfrica.

Figura 8: Muestra de planta *Chlorophytum Comosum*



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2018)

Propiedades de la Chlorophytum Comosum

Uso	Decoración de interiores y exteriores preferiblemente luminosos
Altura	25-30 cm
Reproducción y Crecimiento	Bastante acelerados y sencillos, en caso de estar plantadas en macetas se debe facilitar

	el brote de los hijos de la planta
Tipo de Hoja	Perenne
Floración	Básicamente insignificante, produce pequeñas flores blancas en tallos largos y muy delgados, durante todo el año
Tolerancia a Luz Solar	Recomendable ubicar la planta en zonas luminosas, pero sin contacto directo con el sol, para evitar decolorar la hoja o quemarla
Clima	Preferiblemente clima tropical, planta sensible a las heladas, tolerante a temperatura máximo de 5° C
Plagas y Enfermedades	En lugares secos, la planta es propensa a ataques de cochinillas y araña roja
Riego	Riego regular requerido durante el crecimiento y desarrollo, en etapa adulta, el riego requerido es escaso
Suelos	Suelos con buen drenaje, que cuenten con una humedad de 55-65%

Tabla 6: Propiedades y características físicas de planta Chlorophytum Comosum

Elaeagnus Pungens

Es una especie de planta de floración perteneciente a la familia, conocida por los nombres comunes de olivo espinoso, oleaster espinoso y espino plateado; nativa de Asia.

Figura 9: Muestra de planta Elaeagnus Pungens



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2015)

Propiedades de la Elaeagnus Pungens

Clima	Atlántico, montañoso
Resistencia a Altas Temperaturas	Media-Alta; resistente a heladas suaves y medias
Resistencia a Salinidad	Alta
Resistencia a Sequía	Media
Tipo de Hoja	Perenne
Altura	2-4 metros
Longevidad	30-100 años
Exigencia de Agua	Riego moderado
Floración	Durante el Verano
Suelos	Suelo recomendado con pH Neutro, fértil y bien drenado, apto para texturas arcillosas, arenosas o francas, con una humedad recomendada de 50%

Tabla 7: Propiedades y características físicas de planta Elaeagnus Pungens

Duranta Erecta

Es una planta arbustiva utilizada frecuentemente en la jardinería para la formación de cercas y para decorar con formas y diseños moldeados a través de la poda de la planta; esta especie ha sufrido diversas mutaciones y cruces con algunas otras plantas, por lo cual resulta sencillo ubicar, incluso en un mismo espacio, dos o tres especies distintas de Duranta Erecta.

Figura 10: Muestra de una variedad de planta Duranta Erecta, nombre común, Garbancillo



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2017)

Figura 11: Muestra de una variedad de planta Duranta Erecta, nombre común, Siempreverde



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2016)

Propiedades de la Duranta Erecta

Apariencia	Pueden presentar altura entre 2-5 metros, con espinas en las ramas más gruesas
Tipo de Hoja	Perenne
Clima	Preferiblemente clima cálido, la planta podría verse afectada por debajo de los 5°C
Exigencia de Agua	El riego debe ser moderado, pero riguroso en época de sequía o en caso de estar ubicada en contacto directo con el sol
Poda	Resulta preciso podar periódicamente debido a que la planta produce tallos que no florecen
Suelos	Requiere suelo húmedo, rústico y fértil, la raíz es profunda, la humedad en el terreno recomendada es de 55%

Tabla 8: Propiedades y características físicas de planta Duranta Erecta

Tradescantia Zebrina

Es una especie de planta de porte rastrero o colgante, con atractivas hojas de forma oval con punta, generalmente de color púrpura y azul que florecen en tiempo de verano.

Figura 12: Muestra de planta Tradescantia Zebrina



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2017)

Propiedades de la Tradescantia Zebrina

Uso	Desde el punto de vista ornamental, solo es deseada por el color en sus hojas
Tipo de Hoja	Perenne
Color de la Hoja	Verde con pigmentación plateada en el reverso, púrpura o azul en el haz de la hoja
Clima	Cálido (recomendado)
Tolerancia a Luz Solar	Media, no es recomendable el contacto directo con el sol
Temperatura	Temperaturas siempre mayores a 15°C
Tolerancia a Sequía	Media
Exigencia de Riego	Es recomendable regar constantemente durante todo el año excepto en tiempos de invierno, donde podría ahogarse la planta
Suelos	Suelo con buen drenaje, arenoso, con una humedad aproximada de 60%

Tabla 9: Propiedades y características físicas de planta Tradescantia Zebrina

COMPONENTES A UTILIZAR EN EL PROYECTO

Para el diseño del prototipo del sistema de riego, se identificaron los siguientes componentes a utilizar:

COMPONENTES LÓGICOS

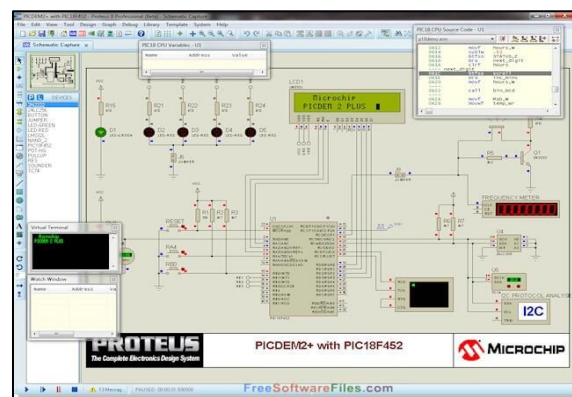
ISIS Proteus Professional

Es una aplicación para la ejecución de proyectos de construcción de equipos electrónicos en todas sus etapas: diseño del esquema electrónico, programación del software, construcción de

la placa de circuito impreso, simulación de todo el conjunto, depuración de errores, documentación y construcción del proyecto final.

Proteus Design Suite es un software de automatización de diseño electrónico desarrollado por Labcenter Electronics Ltd., que consta de dos programas principales: Ares e Isis, y los módulos VSM y Electra.

Figura 13: Entorno de trabajo de software Proteus Professional



Fuente: Free Software Files. (2016)

El componente ISIS, Intelligent Schematic Input System permite diseñar el plano eléctrico del circuito que se desea realizar con componentes muy variados, desde simples resistencias, hasta alguno que otro microprocesador o microcontrolador, incluyendo fuentes de alimentación, generadores de señales y muchos otros componentes con prestaciones diferentes. Los diseños realizados en Isis pueden ser simulados en tiempo real, mediante el módulo VSM, asociado directamente con ISIS.

Proteus cuenta con una gran cantidad de funciones para trabajar con circuitos electrónicos, por ejemplo, permite generar pistas de cobre de forma automática. Además, permite la simulación de microcontroladores PIC técnicamente en tiempo real, por lo cual, a través de

pruebas de funcionamiento en el entorno de Proteus, es posible determinar que el circuito está programado de manera correcta y genera resultados de acuerdo a lo esperado.

Entre las principales características de éste software, se pueden destacar que, el módulo ISIS permite generar circuitos reales y comprobar su funcionamiento en una placa de circuito impreso; el entorno de diseño gráfico y de esquemas electrónicos que posee el software es de sencillo uso y cuenta con herramientas efectivas y útiles; gracias a la incorporación del módulo VSM, la simulación de los diseños puede realizarse en tiempo real, para obtener incluso una aproximación a lo que sería el circuito en físico; el software dispone de una interfaz intuitiva y atractiva estandarizada para todos los componentes de Proteus, que facilita el uso de la herramienta y brinda comodidad al usuario.

Arduino (IDE)

El software Arduino es un IDE, entorno de desarrollo integrado (siglas en inglés de Integrated Development Environment). Es un programa informático compuesto por un conjunto de herramientas de programación.

El IDE de Arduino es un entorno de programación que ha sido empaquetado como un programa de aplicación; es decir, consiste en un editor de código, un compilador, un depurador y un constructor de interfaz gráfica (GUI). Además de esto, incorpora las herramientas para cargar el programa ya compilado en la memoria flash del hardware.

Figura 14: Entorno de trabajo de software Arduino (IDE)

```
124
125 void setup() {
126   pinMode(11)(C);
127   Serial.begin(9600);
128
129   bot.attach(C);
130   bot.debug(true);
131
132   bot.setTurningSpeedPercent(80);
133
134   pinMode(LeftWhiskerPin, INPUT);
135   pinMode(RightWhiskerPin, INPUT);
136 }
137
138 void loop() {
139   if (bot.isManeuvering()) {
140     bot.goForward(500ms);
141
142     // call our navigation processors one by one, but as soon as one of them
143     // starts maneuvering we skip the rest. If we bumped into whiskers, we sure
144     // don't need sensor to tell us we have a problem :D
145     navigate(LWhiskers) || navigate(RWhiskers) || navigate(USonar); // !! .....
146   }
147 }
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000
```

Fuente: Llamas, L. (2015)

Es una plataforma de prototipos electrónica de código abierto basada en hardware y software flexibles y fáciles de usar. Arduino es una herramienta "completa" en cuanto a componentes disponibles para utilizar, ya que sólo se deben instalar y configurar con el lenguaje de programación de cada placa los componentes eléctricos que se requieran para realizar un proyecto determinado, haciéndola una herramienta no sólo de creación, sino también de aprendizaje en el ámbito del diseño de sistemas electrónicos-automáticos. Las posibilidades de realizar proyectos basados en esta plataforma tienen como límite sólo la imaginación de quien opera la herramienta.

Esta plataforma combina componentes electrónicos con un lenguaje de programación que sirve para controlar los distintos sensores que se encuentran conectados a la placa, por medio de instrucciones y parámetros que se establecen al conectar la placa a un ordenador. Este lenguaje que opera dentro de Arduino se llama Wiring, basado primordialmente en el lenguaje de programación C/C++. De este lenguaje derivan otros más que son muy utilizados en el ámbito de Ingeniería y desarrollo, como C#, Java, BASIC, Php, Phyton, JavaScript, Perl, entre otros más; por lo tanto, es necesario destacar que Arduino soporta varios lenguajes de programación

de alto nivel derivados de C, haciendo de esto una ventaja para los diseñadores que trabajan en uno o en varios entornos de desarrollo de programación.

SmartDraw Web

SmartDraw es un software de modelado, creación y diseño mediante el cual una gran parte de la comunidad TIC realiza distintos trabajos y proyectos relacionados con diversos entornos de trabajo; a través de esta herramienta es posible crear diagramas, esquemas, dibujos técnicos, planos, calendarios, formularios de negocios, entre otros elementos; el uso de SmartDraw presenta grandes ventajas en cuanto a las prestaciones que ofrece el software, pues incluso la población que utiliza SmartDraw ha superado en número a la que utiliza una herramienta consolidada como lo es Microsoft Visio.

Como se mencionaba previamente, SmartDraw ha conseguido desplazar de alguna manera el uso de Microsoft Visio, sin embargo, este software permite importar archivos creados a través de la herramienta de Office, mostrando una gran versatilidad a la hora de diseñar y desarrollar cualquier proyecto; prestando además una interfaz intuitiva y agradable al usuario, además facilitando un trabajo automatizado y bastante sencillo para cualquiera que manipule el software; destacando que el software además cuenta con diseños finalizados que pueden ser utilizados como referencia o como punto de inicio para un nuevo diseño.

Figura 15: Entorno de trabajo de software SmartDraw Web

incluye un resonador cerámico de 16 MHz, un conector USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reseteado. La placa incluye todo lo necesario para que el microcontrolador haga su trabajo, basta conectarla a un ordenador con un cable USB o a la corriente eléctrica a través de un transformador.

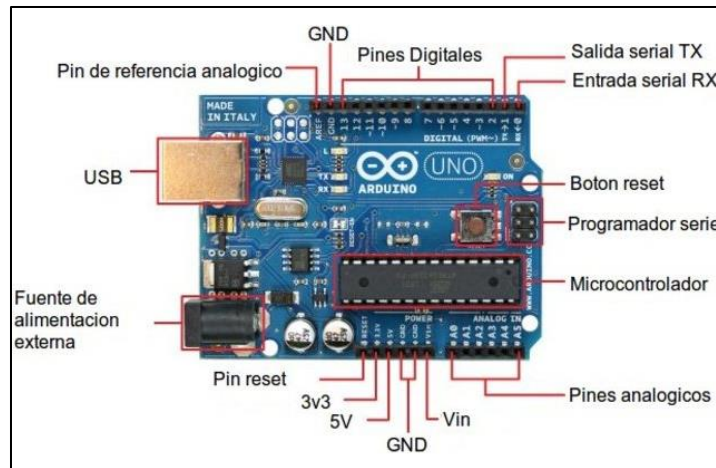
El ATmega328 en el Arduino Uno viene preprogramado con un gestor de arranque (Bootloader) que le permite ser reprogramado sin el uso de un programador de hardware externo. Se comunica utilizando el protocolo STK500 original.

Características Técnicas de la Placa Arduino UNO

Microcontrolador	ATmega328P
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Digital pines I/O	14 (de los cuales 6 proporcionan una salida PWM)
PWM digital pines I/O	6
Pines de entrada analógica	6
Corriente DC por Pin I/O	20mA
Corriente DC para Pin 3.3V	60mA
Memoria flash	32KB ATmega328P de los que 0,5 KB son utilizados por el gestor de arranque.
SRAM	2KB ATmega328P
EEPROM	1KB ATmega328P
Velocidad de reloj	16 MHz
Longitud	68,6 mm
Anchura	53,4 mm
Peso	25 g

Tabla 10: Especificaciones Técnicas de placa Arduino UNO

Figura 16: Pines presentes en la placa Arduino UNO



Fuente: Llamas, L. (2016)

La placa cuenta con un zócalo donde puede ser conectado un Jack de 2,1mm para así, hacer conexión con un adaptador que se encuentre entre los rangos de 7 – 12v que es la tensión recomendada para alimentar la placa. Aunado a esto, la placa Arduino UNO cuenta con un conector USB para ser conectada a un ordenador a través del cual se puede programar la placa, pero a su vez, también alimentarla.

El Pin VIN puede ser utilizado de varias maneras, si la placa se encuentra conectada a una fuente de alimentación mediante adaptador, este pin permite obtener la alimentación para conectar otro dispositivo, sin embargo, es preciso tener en cuenta que la placa no regulará la tensión y se obtendrá la misma tensión que tenga el adaptador. Por otro lado, si la placa está conectada a través del puerto USB, la tensión será regulada a 5v; y en caso de que la placa esté conectada a una fuente de alimentación externa como por ejemplo pilas, el borne positivo de la pila deberá conectarse al pin VIN y el borne negativo de la pila al pin GND de la placa, en este caso si la pila provee 10v, la placa regulará la tensión a 5v.

El Pin GND indica la conexión a tierra, que debe ser establecida antes de poner en marcha el funcionamiento de la placa en cualquier proyecto, para evitar un corto circuito de la misma.

El Pin 5v cuenta con varias funciones, es posible alimentar la placa mediante este pin, siempre que se disponga de la fuente externa regulada a 5v. Por otro lado, si la placa está siendo alimentada tanto por el Jack como por USB, se puede alimentar otro componente con una tensión regulada de 5v. Respecto al Pin 3.3v; a través de este pin se obtiene una tensión de 3.3v que es alimentada a partir del conector Jack o el USB. Los 3.3v se utilizan para alimentar dispositivos que requieren una tensión baja.

La placa de Arduino UNO cuenta con 6 pines de entradas analógicas, que comprenden desde el pin A0 al A5, que proporcionan 10bits, llamados bits de resolución. La tensión que miden va de 0 a 5v, aunque es posible cambiar su rango usando una función con el pin AREF.

El pin IOREF se identifica como una réplica del pin VIN, y se utiliza para indicar a los demás dispositivos conectados a la placa, que las tensiones de los pines de entrada y salida son 5v. Por otro lado, El pin RESET tiene el mismo funcionamiento que un botón RESET, se utiliza para reiniciar el microcontrolador.

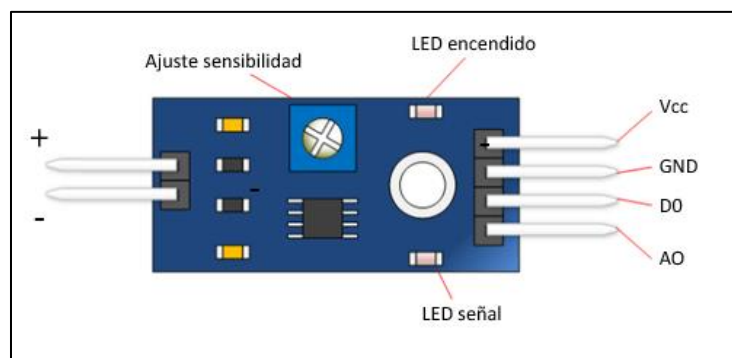
Las entradas y salidas digitales son 14 y comprenden desde el pin 0 al 13 y ofrecen una tensión de 5v, mientras que los pines A5 SCL y A4 SDA Se pueden utilizar para conectar dispositivos que llevan a cabo cualquier proceso de comunicación mediante la librería Wire.

Por último, el pin AREF permite establecer un voltaje de referencia para las entradas analógicas, mientras por su parte, los pines 1 TX y 0 RX se utilizan para recibir y transmitir datos en serie desde la placa hacia los demás componentes y viceversa.

Sensor de Humedad FC-28

El sensor de Humedad del suelo FC-28 es un dispositivo simple de medida de humedad en suelos o materiales similares. Este sensor es de uso bastante sencillo, los dos electrodos que se insertan al suelo o la superficie funcionan como una sonda, actuando juntos como una resistencia variable. Cuanta más agua haya en el suelo mejor será la conductividad entre los electrodos, lo que resultará una menor resistencia y un voltaje de salida mayor. Es necesario aclarar que este sensor no cuenta con la precisión suficiente para realizar una medición absoluta de la humedad del suelo, pero esto no es indispensable para controlar un sistema de riego.

Figura 17: Esquema de pines y componentes de Módulo de sensor FC-28

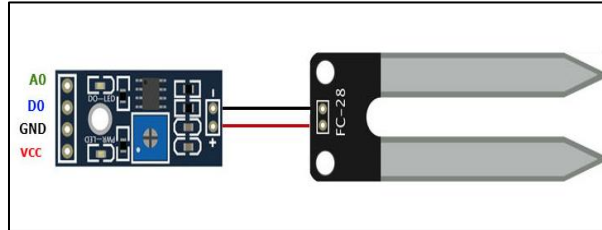


Fuente: Llamas, L. (2016)

El sensor, por otro lado, utiliza un módulo para calibrar la medición; gracias al uso bastante simple del módulo, este suele ser utilizado para sistemas de riego automático para detectar cuando es necesario activar el sistema de bombeo. La tensión en la salida analógica del

módulo es inversamente proporcional a la resistencia medida, es decir, en un suelo muy húmedo, la tensión se aproximará a 0 y en un suelo muy seco se aproximará a VCC. Los valores obtenidos van desde 0 sumergido en agua, a 1023 en un suelo muy seco.

Figura 18: Diagrama de conexión entre módulo de sensor FC-28 y la sonda formada por los electrodos

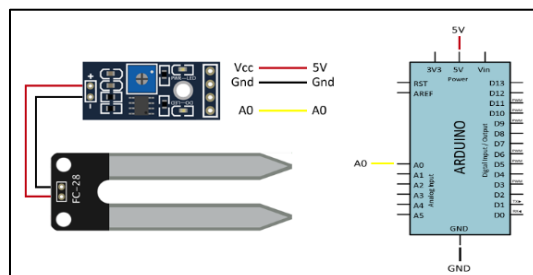


Fuente: Llamas, L. (2016)

Por otra parte, la salida digital dispara cuando el valor de humedad supera un cierto umbral, que debe ser ajustado mediante el potenciómetro. Por lo tanto, se obtendrá una señal LOW cuando el suelo no está húmedo, y HIGH cuando la humedad supera el valor de referencia.

En ámbitos de jardinería y sistemas de riego automáticos, los sensores FC-28 son frecuentemente utilizados, debido a sus buenas prestaciones y su versatilidad para establecer conexiones con placas lógicas como lo son los Arduino UNO, utilizados de igual forma con frecuencia en sistemas de riego inteligentes.

Figura 19: Diagrama de conexión entre Sensor FC-28 y placa lógica Arduino a través de la salida analógica del sensor



Fuente: Llamas, L. (2016)

Características Físicas y Técnicas

- Potenciómetro de ajuste de límite de salida digital
- Leds indicadores de alimentación y salida digital
- Salidas digital y analógica
- Chip Comparador LM393 integrado
- Pin VCC para alimentación: 3.3V-5V
- Pin GND 0V para conexión a tierra
- Pin DO salida digital (0 o 1)
- Pin AO salida analógica (0 – VCC)

Tubería PVC

PVC es la denominación por la cual se conoce el policloruro de vinilo, un plástico que surge a partir de la polimerización del monómero de cloroetileno. Los componentes del PVC derivan del cloruro de sodio y del gas natural o del petróleo, e incluyen cloro, hidrógeno y carbono.

Una de las propiedades más interesantes del PVC es que resulta termoplástico: al ser sometido al calor, se vuelve blando y se puede moldear con facilidad. Al enfriarse, recupera la solidez anterior sin perder la nueva fisonomía.

Figura 20: Tubería PVC



Fuente: CompraloTodo.com (2015)

Las tuberías fabricadas con este material son permanentemente utilizadas en sistemas de riego debido a su gran resistencia a factores físicos como temperatura y humedad, esto presenta grandes ventajas, ya que estas tuberías están en contacto permanente con los factores mencionados.

Dip Switch de 1 Posición

Es un dispositivo basado en un conjunto de micro-interruptores eléctricos que se presenta en un formato encapsulado (denominado Dual In – Line Package – DIP), pueden contener entre 1 y 9 micro-interruptores.

Este tipo de micro-interruptores se diseñan para ser utilizados en un tablero similar a un circuito impreso junto con otros componentes electrónicos y se utilizan comúnmente para modificar o personalizar el comportamiento del hardware de un dispositivo electrónico en ciertas situaciones específicas.

Figura 21: Apariencia física de DIP Switch de 1 posición



Fuente: Geekbotelectronics.com (2015)

Los interruptores DIP son una alternativa a los jumpers; puesto que permite interconectar dos terminales de manera temporal sin tener que efectuar una operación que requiera una herramienta adicional, la ventaja de los DIP sobre los jumpers es que son más rápidos y sencillos de configurar o modificar, además, no poseen piezas sueltas que puedan estar propensas a extraviarse.

Los interruptores DIP permiten al usuario configurar un circuito impreso para un tipo de uso específico. Las instrucciones de instalación deben especificar claramente cómo fijar los interruptores DIP en el circuito, debido a que éstos son siempre interruptores de tipo palanca, en los cuales los centrales tienen dos posiciones posibles “ON” y “OFF”, y generalmente se puede ver los números 1 y 0.

Amplificador Operacional OP 193

El OP 193FSZ es un amplificador operacional que ofrece alta precisión, bajo suministro de corriente y la habilidad de trabajar a voltajes bajos; para alto rendimiento en sistemas de única alimentación, los rangos de entrada y salida incluyen la conexión a tierra y las salidas oscilan desde el polo negativo hasta 600mV del polo positivo. La combinación de alta precisión y baja potencia de operación hacen al OP 193 bastante útil para equipos alimentados con baterías.

Figura 22: Apariencia física de amplificador operacional OP193



Fuente: Farnell, Electronics. (2017)

Por otro lado, el hecho que este dispositivo pueda trabajar con bajo suministro de corriente y voltaje, le permite continuar trabajando dentro del circuito un tiempo considerable comparado a otros amplificadores, tomando en cuenta que la mayoría de amplificadores de este tipo pueden finalizar su operación en caso de descargar la batería del circuito; en pocas palabras, la baja exigencia que presenta el Amplificador Operacional OP 193, permite una duración mayor a la alimentación del circuito si se le compara con otros amplificadores.

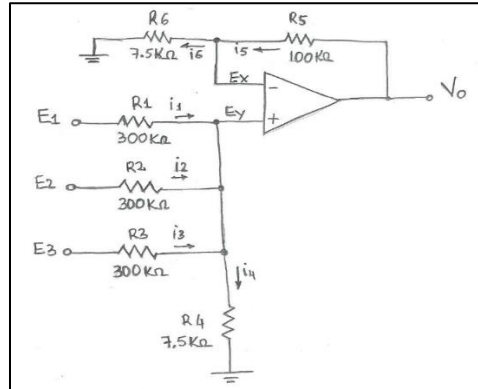
Características Técnicas del OP 193

Amplificador No Inversor
Unidad de Ganancia Estable
Frecuencia de Trabajo de 35kHz
Bucle Abierto de Ganancia que oscila entre 600V/mV
Velocidad de Respuesta 0.015V/ μ s
Rango de Tensión de Alimentación 2V \pm 18V
Encapsulado SOIC (Small Outline Integrated Circuits) parecido al encapsulado DIP, pero diseñado en la mitad del tamaño físico del DIP
8 pines
Temperatura de Trabajo Mínimo -40°C
Temperatura de Trabajo Máximo 125°C

Tabla 11: Características técnicas de amplificador operacional OP193

Funcionamiento del Amplificador Operacional OP193

Figura 23: Estructura Lógica interna del Amplificador operacional OP193



Fuente: Ramírez D. (2019)

La estructura lógica del amplificador operacional OP193, plantea una serie de cálculos que deben ser llevados a cabo por el dispositivo, de modo que, recibiendo varias lecturas analógicas, el amplificador entregue un único valor promediado de las lecturas.

$$i_1 + i_2 + i_3 = i_4 \quad ; \quad i_5 = i_6 \quad ; \quad R_5 = \frac{1}{3} \times R_1 \quad ; \quad R_4 = R_6 \quad ; \quad R_1 = R_2 = R_3$$

$$\frac{E_1 - E_y}{R_1} + \frac{E_2 - E_y}{R_2} + \frac{E_3 - E_y}{R_3} = \frac{E_y}{R_4}$$

$$\frac{V_0 - E_x}{R_5} = \frac{E_x}{R_6}$$

$$\text{Si } R_1 = R_2 = R_3 = R_a$$

$$V_0 = \left(\frac{R_5}{R_6} + 1 \right) \times E_x$$

$$E_1 - E_y + E_2 - E_y + E_3 - E_y = \frac{R_a}{R_4} \times E_y$$

$$V_0 = \left(\frac{R_5 + R_6}{R_6} \right) \times E_x \quad (\text{Eq1})$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = \left(\frac{R_a}{R_4} + 3 \right) \times E_y$$

$$E_1 + E_2 + E_3 = \left(\frac{R_a + 3R_4}{R_4} \right) \times E_y$$

$$E_y = \frac{R_4}{R_a + 3R_4} \times (E_1 + E_2 + E_3) \quad (\text{Eq2})$$

Sustituyendo Eq2 en Eq1, se obtiene: $E_x = E_y$; Considerando $R_4 = R_6 = R_b$ y $R_5 = \frac{1}{3} \times R_1 = \frac{1}{3} \times R_a$

$$V_0 = \frac{R_5 + R_b}{R_b} \times \frac{R_b}{R_a + 3R_b} \times (E_1 + E_2 + E_3) \implies V_0 = \frac{R_5 + R_b}{R_a + 3R_b} \times (E_1 + E_2 + E_3)$$

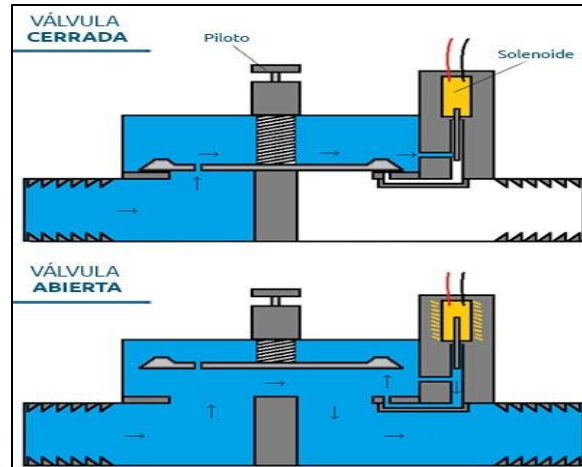
$$V_0 = \frac{\frac{1}{3}R_a + R_b}{R_a + 3R_b} \times (E_1 + E_2 + E_3) \implies V_0 = \frac{(R_a + 3R_b)}{3(R_a + 3R_b)} (E_1 + E_2 + E_3)$$

$$V_0 = \frac{1}{3} (E_1 + E_2 + E_3)$$

Electroválvula con Solenoide

Una válvula es un instrumento de regulación y control de fluido; una definición más específica describe la válvula como un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación de líquidos o gases mediante una pieza móvil que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Por su parte, una electroválvula es una válvula gobernada por un dispositivo eléctrico denominado solenoide; tomando como ejemplo las electroválvulas normalmente cerradas, cuando el solenoide se excita, este mueve su núcleo ferromagnético provocando la entrada de agua que, a su vez, eleva el elemento de cierre de la válvula denominado piloto, de tal forma que se produce la apertura de la misma.

Figura 24: Esquema que muestra comportamiento de electroválvula normalmente cerrada



Fuente: Novagric.com (2017)

Las electroválvulas son una parte esencial de los sistemas de riego automatizados, puesto que, a través de las mismas, teniendo en cuenta la programación realizada para accionar el sistema, simplemente los componentes electrónicos evalúan la necesidad de riego y envían una señal analógica al solenoide de la válvula para que esta abra el paso de agua a la tubería y, de esta forma, puedan ejecutarse las instrucciones establecidas en la programación.

Componentes de una Electroválvula

Dispositivo	Descripción
Cuerpo Principal	Estructura general de la electroválvula, se une a la tubería por medio de un enroscado

Piloto	Ubicado en la zona superior de la válvula, fijado al cuerpo por rosca, tornillos, etc. Este dispositivo suele tener integrado un sistema manual de control, que posibilita el funcionamiento del sistema en caso de fallas en la energía eléctrica. También es frecuente que tengan incorporado un regulador de caudal de agua, para distribuir de la mejor forma el riego
Membrana	Generalmente fabricada con un material flexible, que facilite el paso de agua, a la vez que servir de junta de unión del piloto y el cuerpo de la válvula
Muelle	Está situado entre el piloto y la membrana, es el primer dispositivo en recibir agua, no es posible identificarlo desde el exterior de
Solenoide	Dispositivo que provee carácter eléctrico a la válvula, está fijado al piloto de la electroválvula y permite el accionamiento eléctrico de la misma. Están diseñados para trabajar con distintos rangos de voltaje, dependiendo de las exigencias del sistema en el cual se vayan a utilizar

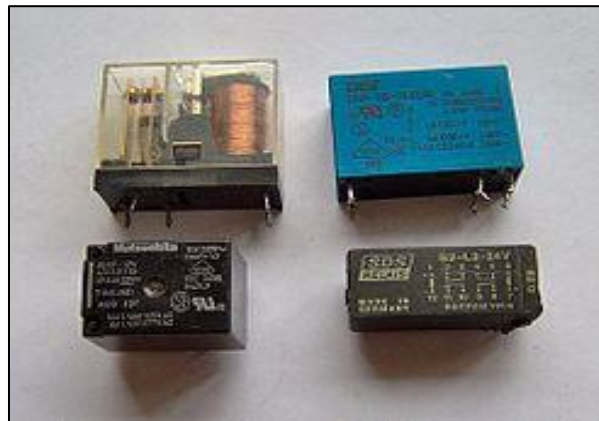
Tabla 12: Componentes de una Electroválvula

Relé o Relevador

Un relé o relevador es un dispositivo electromagnético. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, Cuando

la corriente atraviesa la bobina, produce un campo magnético que magnetiza un núcleo de hierro dulce en el electroimán. Este atrae al inducido que fuerza a los contactos a tocarse. que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes. Cuando la corriente se desconecta vuelven a separarse. Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico.

Figura 25: Distintos tipos de Relevadores



Fuente: Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2016)

En un circuito en el cual se programa un sistema de riego, resulta conveniente la conexión de un relé con fines de amplificar los niveles de voltaje, sería conveniente utilizar este dispositivo al momento de enviar el voltaje a la electroválvula, de esta forma, además, se facilita el control del solenoide a la hora de abrir la válvula para permitir el flujo de agua hacia las tuberías del sistema.

Características Técnicas de los Relés

Electromagnéticas	Mecánicas
Corriente de Excitación; circula por la bobina, necesaria para activar el relé	Tensión de Conexión; es la tensión entre los contactos antes de cerrar o después de abrir el relé
Tensión Nominal; que es la necesaria para activar el relé	Intensidad máxima de trabajo; circula por los contactos cuando se han cerrado
Tensión de Trabajo; rango de tensión mínima y máxima, que garantiza el funcionamiento correcto del relé	Intensidad de Conexión; la corriente máxima a la que un relé se conecta o desconecta
Consumo Nominal de la Bobina; potencia que consume la bobina cuando el relé está excitado con la tensión nominal a 20°C	Contactos fabricados con plata, cobre, níquel u óxido de cadmio, dependiendo del uso que recibirá el relé

Tabla 13: Características técnicas de un Relé

Aspersores Agrícolas

Un aspersor es un dispositivo mecánico que en la mayoría de los casos transforma un flujo líquido presurizado y lo transforma en rocío, asperjándolo para fines de riego. Es necesario comprender que la ventaja de un aspersor es la de expulsar el agua por medio de una cortina hasta donde sus capacidades de presión de salida y tipo de boquilla se lo permitan, por lo tanto, no todo tipo de aspersor es utilizado para los mismos fines ni para el mismo tipo de cultivo o jardín a regar.

Los aspersores tienen un uso bastante extenso en la jardinería, puesto que son los emisores de agua, estos dispositivos lanzan el agua pulverizada a través de un brazo con una o más salidas, denominadas boquillas, a distancias que en algunos casos pueden ser superiores a los 5 m. Dependiendo del tipo de aspersor, estos pueden distribuir el agua sobre el terreno girando hasta los 360 grados.

Figura 26: Aspersor Agrícola Aéreo



Fuente: Novagric.com (2017)

Teniendo en cuenta la forma de instalación de los aspersores en el terreno, se pueden clasificar en aspersores emergentes y aéreos; los emergentes están “escondidos” bajo el terreno que van a regar, y en el momento en que van a iniciar su funcionamiento, emergen del terreno para esparcir el agua. Por otro lado, los aspersores aéreos son los más utilizados en la jardinería y la agricultura debido a su bajo costo en comparación a los emergentes, estos se encuentran conectados a la tubería y permanecen fuera del terreno, al momento de activar su funcionamiento el agua sale pulverizada a través del aspersor.

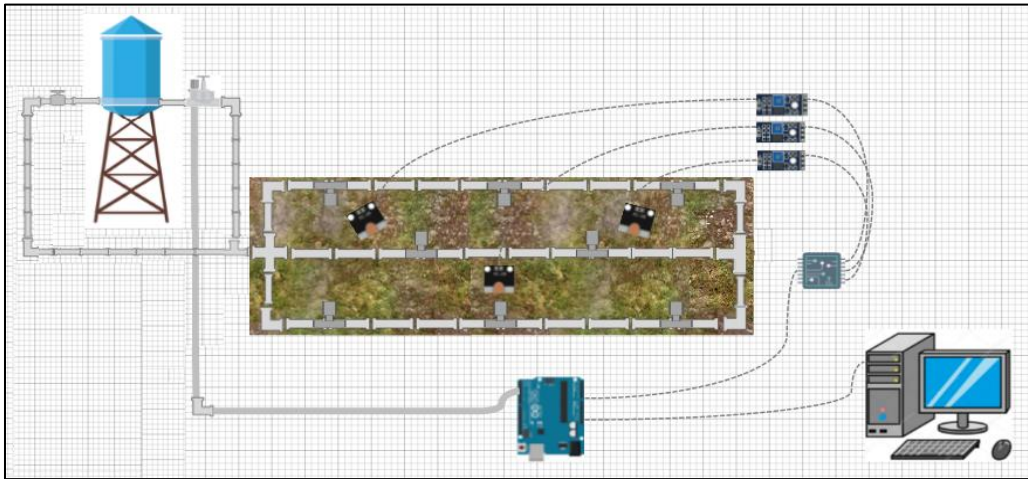
Características de los Aspersores

Ángulo de disparo (siendo 27° el más apropiado)
El tipo de boquilla, que determina el tipo de riego que realizará
Presión de salida en Conducto
Se calibran generalmente para minutos de trabajo
Su trabajo se mide en Gasto Hidráulico (Litros/segundo)
Radio de alcance, que permite determinar el área en m ² a regar

Tabla 14: Características de los Aspersores

DISEÑO JARDÍN DELANTERO

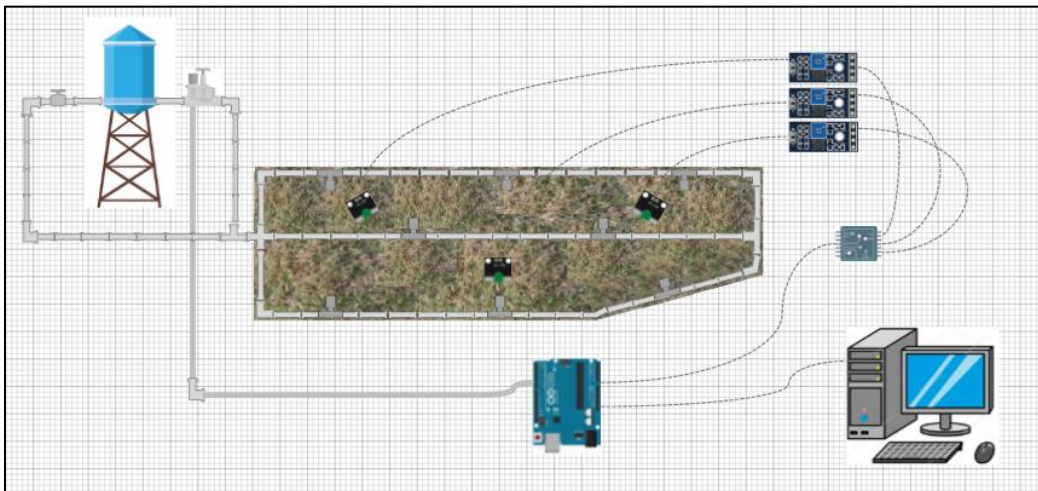
Figura 27: Plano que muestra conexiones y uso de componentes implementados en el jardín delantero del Edificio 2 de la UVM



Fuente: Ramírez, D. (2019)

DISEÑO JARDÍN TRASERO

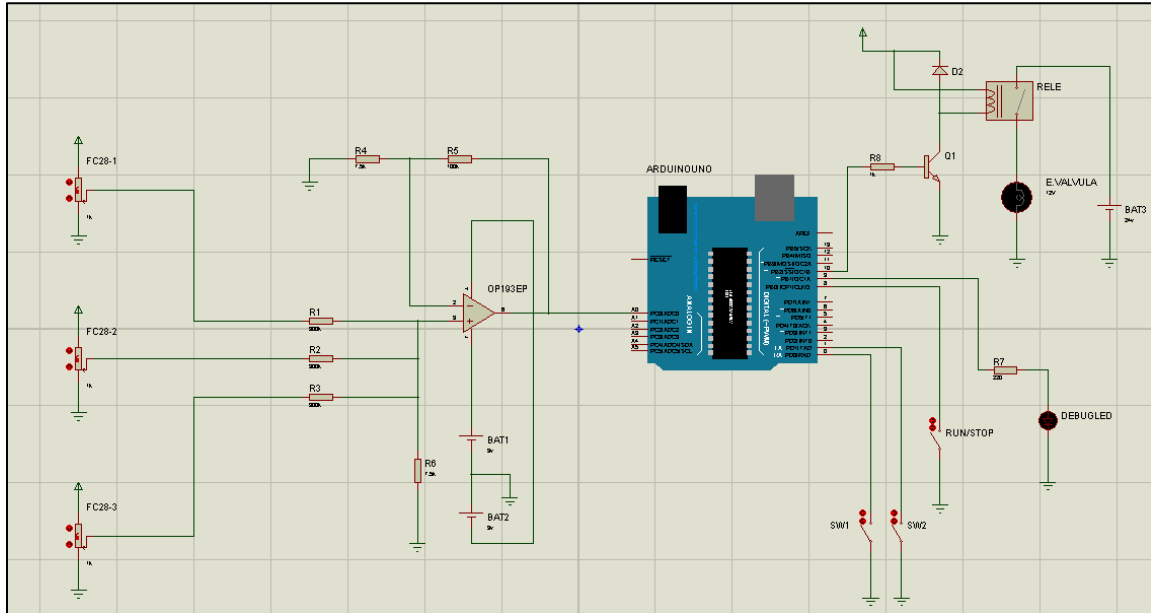
Figura 28: Plano que muestra conexiones y uso de componentes implementados en el jardín trasero del Edificio 2 de la UVM



Fuente: Ramírez, D. (2019)

DIAGRAMA DE CONEXIONES DE CIRCUITO EN PROTEUS

Figura 29: Diagrama que muestra montaje de circuito en entorno de trabajo de Proteus

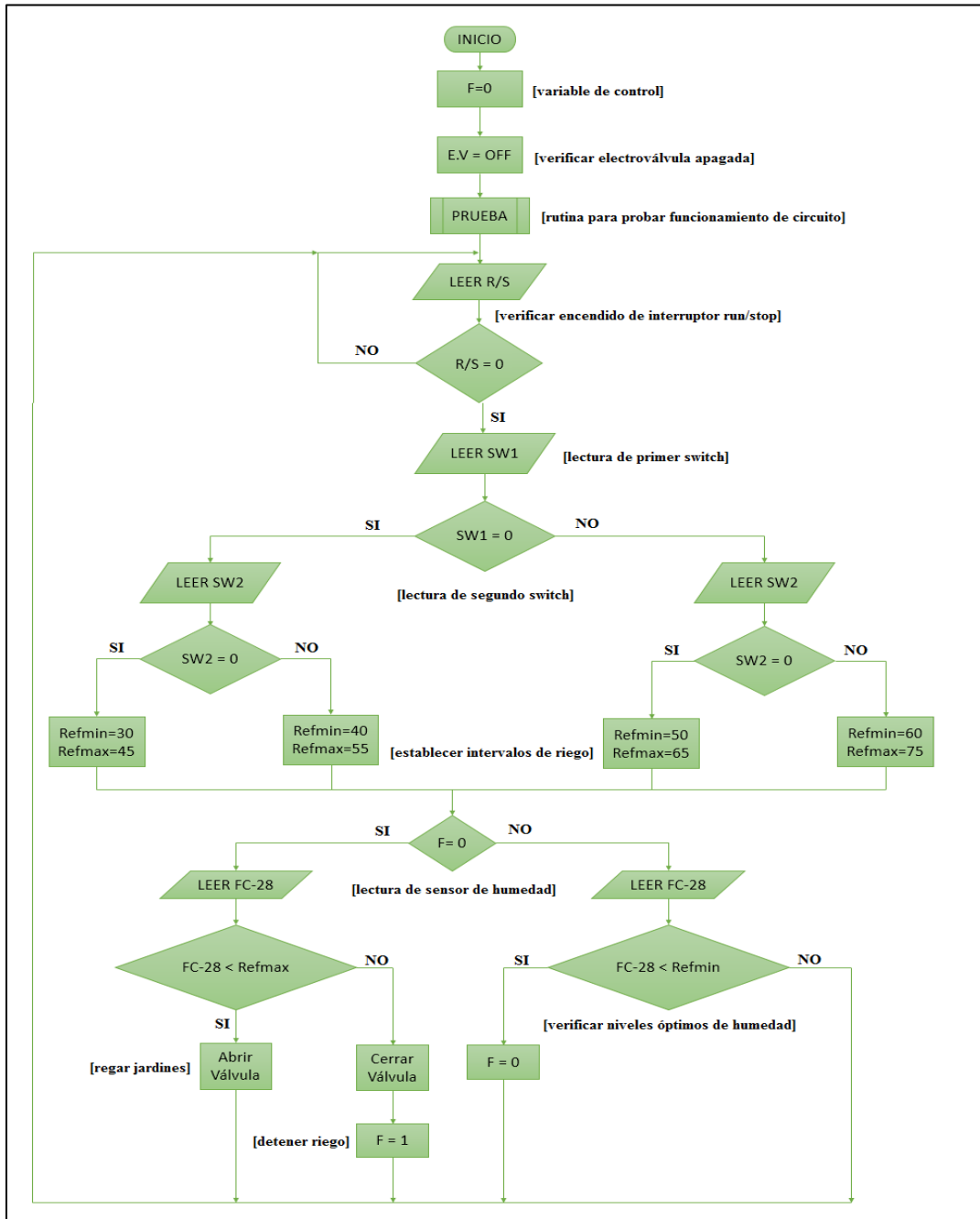


Fuente: Ramírez, D. (2019)

PROGRAMACIÓN

DIAGRAMA DE FLUJO PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO

Figura 30: Diagrama de Flujo que explica la programación del circuito



Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 31: Diagrama de Flujo perteneciente a rutina interna en el funcionamiento del circuito



Fuente: Ramírez, D. (2019)

CÓDIGO PARA PROGRAMADO DEL CIRCUITO

Figura 32: Bloque de instrucciones que establece la declaración de las variables iniciales y la asignación de dichas variables a los pines pertenecientes a la placa lógica

```
//Configuraciones Iniciales
const int FC28=A0;
const int sw1=0;
const int sw2=1;
const int RS=8;
const int debugLed=9;
const int EVAL=10;
int F=0; //Variable de Control
//Declaración de Variables a utilizar y Asignación de Pines de la placa que ocuparán
```

Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 33: Bloque de Instrucciones que establece las Configuraciones Generales relativas a las entradas y salidas del circuito, además de sus estados iniciales

```
//Módulo Primario, Configuraciones Generales
void setup() {

    pinMode (sw1, INPUT);           //Primer switch declarado como entrada
    digitalWrite (sw1, HIGH);       //Estado Inicial del primer switch, alto
    pinMode (sw2, INPUT);           //Segundo switch declarado como entrada
    digitalWrite (sw2, HIGH);       //Estado Inicial del segundo switch, alto
    pinMode (RS, INPUT);            //Switch Interruptor declarado como entrada
    digitalWrite (RS, HIGH);        //Estado Inicial del switch interruptor
    pinMode (debugLed, OUTPUT);      //Led de monitoreo declarado como salida
    pinMode (EVAL, OUTPUT);         //Electrovalvula del sistema declarada como salida

}

//Declaración de Entradas, Salidas y Estados de los pines de la placa
```

Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 34: Bloque de instrucciones que establece los parámetros iniciales, el inicio de Ejecución de Sistema y la Verificación de Encendido a través de Interruptor de Marcha/Parada

```
void loop() {                               //Inicio de programa principal

    int Refmin;                              //Valor Mínimo de Referencia de Humedad
    int Refmax;                              //Valor Máximo de Referencia de Humedad
    digitalWrite (EVAL, LOW);                //Estado inicial de electrovalvula, bajo
    prueba();                                //Llamado/Ejecución de rutina de monitoreo
    while (1) {                              //Inicio de Ejecución de Sistema

        while (digitalRead (RS)==1)         //Condicional Interruptor Abierto
        {

            digitalWrite(EVAL, LOW);        //Apagar/Mantener Apagada Electrovalvula
            prueba();                        //Llamado/Ejecución de rutina de monitoreo

        }

    }                                        //Fin de Condicional
```

Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 35: Bloque de instrucciones que establece los intervalos de referencia de humedad con los que trabajará el circuito, a través de la calibración de dichos intervalos por medio de interruptores

```

digitalWrite(debugLed,HIGH); //Encendido de Led de Monitoreo
//Lectura de Switches para Referencia de Humedad Deseada
if (digitalRead(sw1)==0) { //Condición Primer Switch Cerrado

    if (digitalRead (sw2)==0) { //Condición Segundo Switch Cerrado
        Refmin=30; //Asignación de Valor Mínimo de Referencia de Humedad
        Refmax=45; //Asignación de Valor Máximo de Referencia de Humedad
    }
    else { //Condición Segundo Switch Abierto
        Refmin=40; //Asignación de Valor Mínimo de Referencia de Humedad
        Refmax=55; //Asignación de Valor Máximo de Referencia de Humedad
    }
}
else { //Condición Primer Switch Abierto
    if (digitalRead (sw2)==0) { //Condición Segundo Switch Cerrado
        Refmin=50; //Asignación de Valor Mínimo de Referencia de Humedad
        Refmax=65; //Asignación de Valor Máximo de Referencia de Humedad
    }
    else { //Condición Segundo Switch Abierto
        Refmin=60; //Asignación de Valor Mínimo de Referencia de Humedad
        Refmax=75; //Asignación de Valor Máximo de Referencia de Humedad
    }
}
} //Fin de Lectura

```

Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 36: Bloque de instrucciones que muestra la lectura de los valores obtenidos desde los sensores de humedad para evaluar y decidir respecto a la necesidad de riego, y su posterior ejecución

```

//Evaluación de Necesidad de Riego
if (F==0) //Condición de Variable de Control igual a Cero
{
    if ((100-0.09775*analogRead(FC28))<Refmax) //Lectura Analógica menor a Valor de Referencia Máximo
    {
        digitalWrite (EVAL, HIGH); //Encendido de Electroválvula/Riego
    }
    else //Lectura Analógica mayor o igual a Valor de Referencia Máximo
    {
        digitalWrite (EVAL, LOW); //Apagar/Mantener Apagada Electroválvula
        F=1; //Cambio de Valor de Variable de Control
    }
} //Fin de Condicional para Variable de Control igual a Cero
else //Condición para Variable de Control distinta a Cero
{
    if ((100-0.09775*analogRead(FC28))<Refmin) //Lectura Analógica menor a Valor de Referencia Mínimo
    {
        F=0; //Cambio de Valor de Variable de Control
    }
} //Fin de Condicional para Variable de Control distinta a Cero
} //Fin de Ejecución de Sistema
} //Fin de Programa Principal

```

Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 37: Bloque de instrucciones que muestra la configuración de la función **prueba**, para monitorear el funcionamiento del circuito mientras esté encendido

```
//Función llamada desde el programa principal
void prueba()
{
    digitalWrite (debugLed, HIGH);    //Encendido de Led
    delay (200);                      //Tiempo de espera con Led encendido
    digitalWrite (debugLed, LOW);     //Apagado de Led
    delay (200);                      //Tiempo de espera con Led encendido
    digitalWrite (debugLed, HIGH);    //Encendido de Led
    delay (200);                      //Tiempo de espera con Led encendido
    digitalWrite (debugLed, LOW);     //Apagado de Led
}
//Rutina para Monitorear funcionamiento del Circuito
```

Fuente: Ramírez, D. (2019)

MANUAL DE SISTEMA Y USUARIO

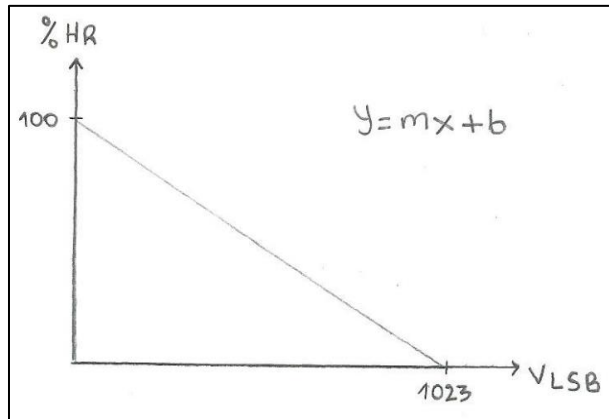
La utilización del prototipo de sistema de riego es, en términos generales, sencilla; por otro lado, el entendimiento del funcionamiento y la configuración inicial del mismo podría presentar algunos inconvenientes para quienes estén encargados de manipular el circuito; por lo tanto, es necesario aclarar algunos elementos que pueden facilitar la utilización del sistema mencionado.

Relación Humedad-Bits en Lectura de Sensor FC-28

Considerando el rango de trabajo del sensor de humedad FC-28 establecido en un inicio, es posible identificar que el valor binario mínimo obtenido desde el sensor introducido en el terreno sería 0; indicando alta humedad en el suelo, mientras que el valor máximo obtenido desde el sensor sería 1023, que indica humedad baja o nula en el terreno evaluado. Con lo anteriormente expuesto, es posible plantear la relación Porcentaje De Humedad-Bits como una

función lineal, es decir, la humedad del suelo dependerá y decrecerá a razón del aumento del valor binario de lectura del sensor.

Figura 38: Gráfico que establece relación Humedad-Bit en la lectura de sensor FC-28



Fuente: Ramírez, D. (2019)

$$m = \frac{(y-y_1)}{(x-x_1)} \implies m = \frac{(0-100)}{(1023-0)} \implies m = -0,09775$$

$$y = 100 - 0,09775x$$

Donde:

y = Porcentaje de Humedad Relativa del Suelo

x = Lectura binaria equivalente a Voltaje leído por sensor FC-28

Debido a esto, resulta preciso establecer esta premisa en la programación del circuito, de modo que se pueda realizar una lectura correcta y coherente por parte del sensor hacia la placa lógica, que se encargará de analizar dicha lectura. Para especificar a la placa lógica la relación existente entre la humedad y el voltaje, la variable de lectura analógica se utilizará de la siguiente manera:

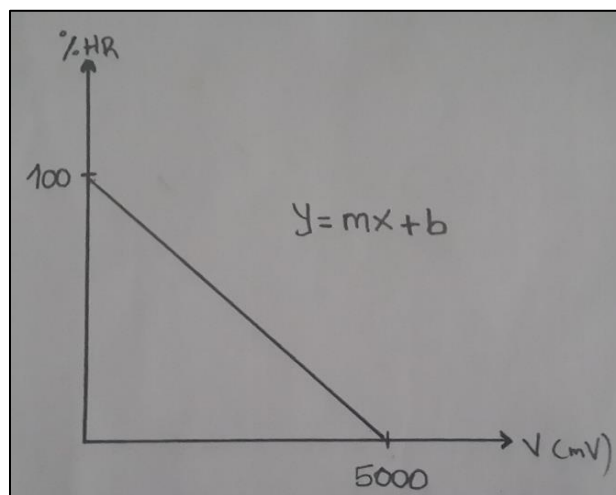
100-0.09775*analogRead (FC28)

Donde **analogRead (FC28)** es un comando que indica que se recibe una señal analógica (voltaje) con el cual se realizarán distintos procedimientos en pro de accionar el circuito de manera correcta

Relación Humedad-Voltaje en Lectura de sensor FC-28

Al igual que con las lecturas binarias, es necesario aclarar que, a pesar que la placa lógica Arduino UNO trabaja con valores digitales (lo que genera la relación Humedad-Bit), el sensor FC-28 es sensible a valores analógicos, pues la humedad no es un elemento medible de manera digital; es por esto que el sensor simplemente recibe valores en voltaje, que posteriormente envía a la placa lógica para que estos sean convertidos. Ante lo expuesto, se establece la relación Humedad-Voltaje en la lectura del sensor FC-28, por lo que es conveniente explicar dicha relación que, a grosso modo, funciona de la misma manera que la relación Humedad-Bit.

Figura 39: Gráfico que establece relación Humedad-Voltaje en la lectura de sensor FC-28



Fuente: Ramírez, D. (2019)

$$m = \frac{(y-y_1)}{(x-x_1)} \implies m = \frac{(0-100)}{(5000-0)} \implies m = -0,02$$

$$y = 100 - 0,02x$$

Donde:

y = Porcentaje de Humedad Relativa del Suelo

x = Voltaje leído mediante sensor FC-28

A partir de la relación establecida, es posible explicar que se utilizará la premisa para indicar al circuito la manera en la que se calibrarán los interruptores a través de los cuales se definirán los valores de referencia de humedad, teniendo en cuenta que, al establecer la equivalencia de humedad respecto a voltaje, dichos interruptores le indicarán a la placa los parámetros de trabajo, que serán claramente identificados por el usuario.

Calibración de Interruptores

Como se ha planteado previamente, el circuito trabajará con intervalos de referencia de humedad, y dichos intervalos serán establecidos en el circuito a través de interruptores, por lo cual resulta clave comprender las combinaciones posibles entre los interruptores para establecer cada intervalo deseado.

En el diseño inicial se propuso establecer cuatro (4) intervalos de referencia de humedad, que abarcarían los requerimientos físicos tanto del suelo como de la vegetación presente en los jardines; debido a que la placa Arduino UNO sólo puede recibir un (1) bit como entrada, fue necesario plantear el uso de dos interruptores, cada uno de una posición (que posibilita tan sólo 2

estados para cada interruptor) y a partir de las combinaciones de estados entre los dos interruptores, plantear los intervalos de referencia de humedad.

Valor Interruptor 1 (Bit)	Valor Interruptor 2 (Bit)	Referencia Mínima Humedad (%)	Referencia Máxima Humedad (%)
0	0	30	45
0	1	40	55
1	0	50	65
1	1	60	75

Tabla 15: Relación entre las combinaciones de los interruptores y los porcentajes de referencia de humedad

Figura 40: Asignación de intervalos de referencia de humedad a partir de combinaciones con interruptores

```

if (digitalRead(sw1)==0) {
    if (digitalRead (sw2)==0) {
        Refmin=30;
        Refmax=45;
    }
    else {
        Refmin=40;
        Refmax=55;
    }
}
else {
    if (digitalRead (sw2)==0) {
        Refmin=50;
        Refmax=65;
    }
    else {
        Refmin=60;
        Refmax=75;
    }
}

```

Fuente: Ramírez, D. (2019)

Tabla de Conversión de Valores

Interruptores	Humedad	Humedad	Voltaje	Voltaje	Binario	Binario
	Mínima	Máxima	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
00	30%	45%	3,5V	2,75V	716	563
01	40%	55%	3V	2,25V	614	460
10	50%	65%	2,5V	1,75V	512	358
11	60%	75%	2V	1,25V	409	256

Tabla 16: Tabla de equivalencias de valores manejados por el circuito

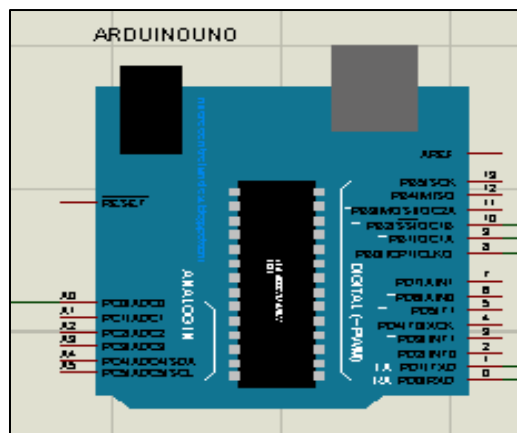
Para la obtención de los valores expresados en la tabla anterior, se empleó el uso de dos (2) fórmulas iniciales, de las cuales, a través de despejes, se obtuvieron las fórmulas para hallar el resto de los valores de la tabla.

$$HR = 100 - 0,02 * V \iff V = (100 - HR) / 0,02$$

$$HR = 100 - 0,09775 * Bit \iff Bit = (100 - HR) / 0,09775$$

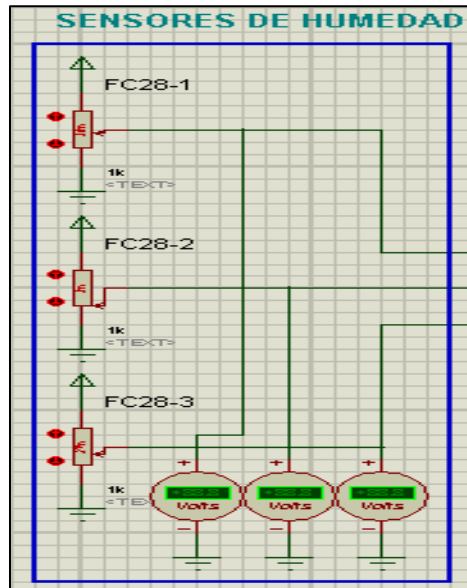
Asignación de Pines Placa Lógica Arduino UNO

Figura 41: Placa Arduino UNO en la que se aprecian los pines A0, 0, 1, 8, 9 y 10 conectados



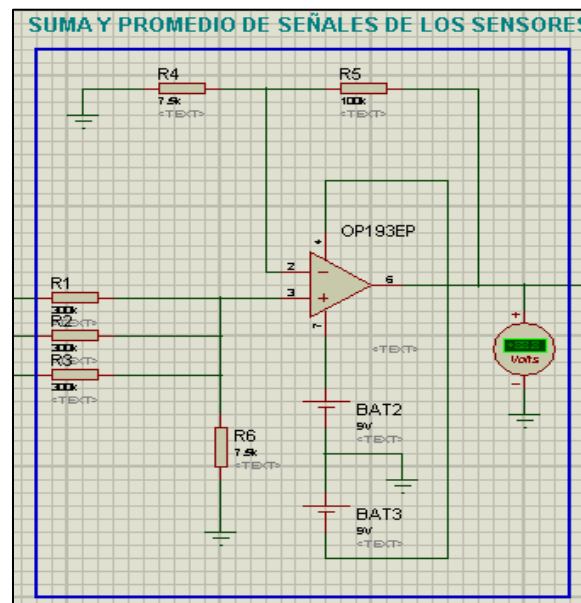
Identificación de Bloques del Circuito

Figura 44: Bloque de Lectura de humedad a través de sensores FC-28



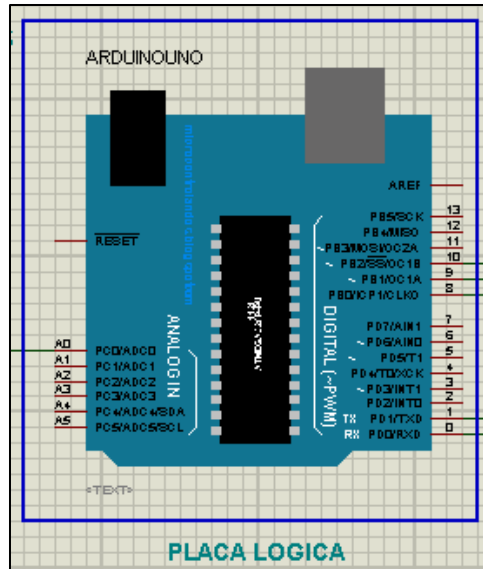
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 45: Bloque de Suma y Promedio de señales de sensores para entregar una única lectura



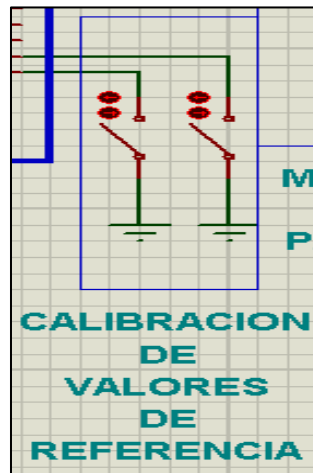
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 46: Placa Lógica Arduino UNO, cerebro del circuito



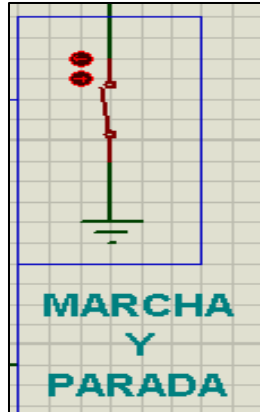
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 47: Bloque de interruptores para calibrar valores de referencia



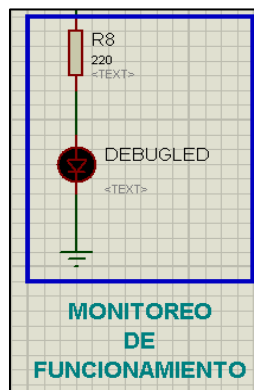
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 48: Bloque de Encendido y Apagado del circuito



Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 49: Bloque de Monitoreo de funcionamiento del circuito



Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 50: Bloque de conexión de Electroválvula, para riego de jardines

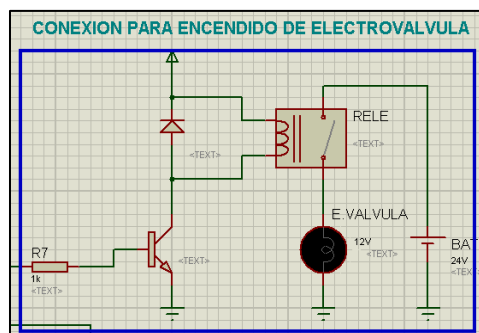
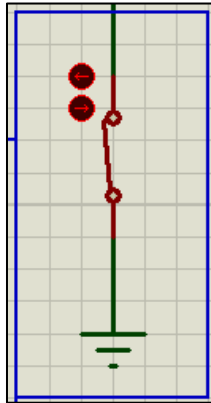


Figura 50: Ramírez, D. (2019)

Interacción con Interruptores

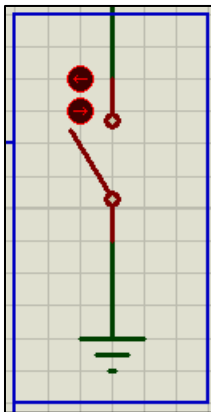
Switch de Encendido/Apagado de Sistema

Figura 51: Interruptor de Marcha/Parada cerrado, Valor Lógico 0, sistema encendido



Fuente: Ramírez, D. (2019)

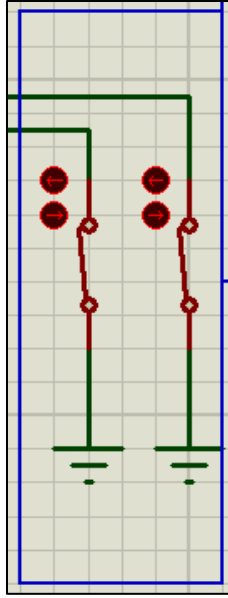
Figura 52: Interruptor de Marcha/Parada abierto, Valor Lógico 1, sistema apagado



Fuente: Ramírez, D. (2019)

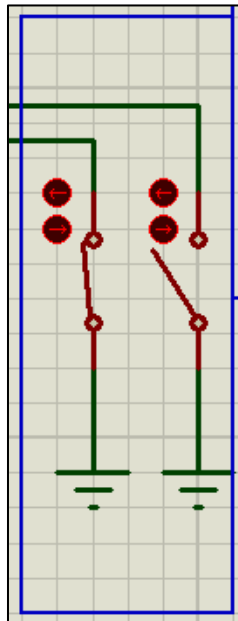
Switches de Calibración de Valores de Referencia

Figura 53: Combinación 00 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 30-45%



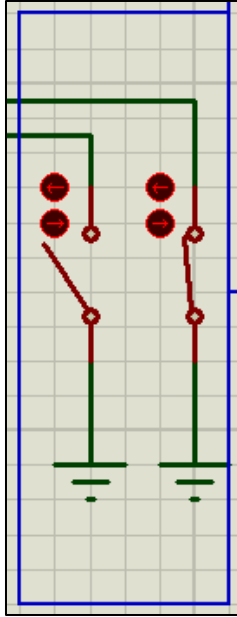
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 54: Combinación 01 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 40-55%



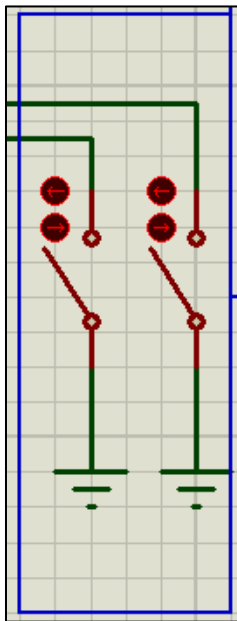
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 55: Combinación 10 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 50-65%



Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 56: Combinación 11 en interruptores de calibración de referencia, intervalo 60-75%

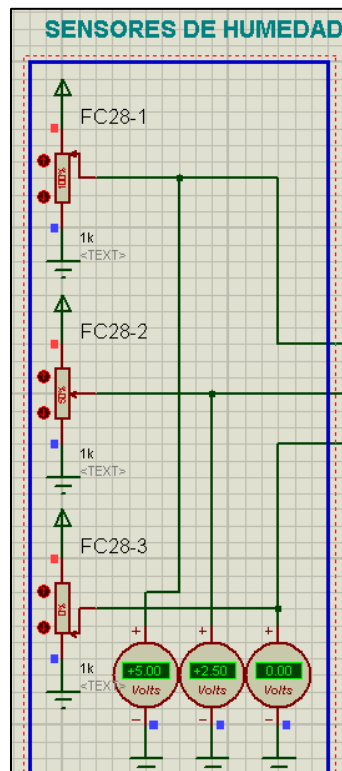


Fuente: Ramírez, D. (2019)

Interacción con Sensores FC-28

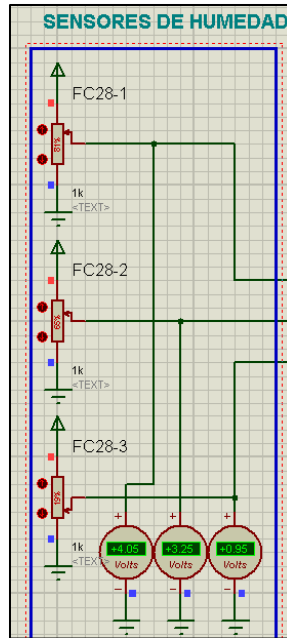
Debido a que los sensores FC-28 no se encuentran propiamente disponibles en las librerías del entorno de trabajo de ISIS Proteus, los mismos fueron simulados a través de potenciómetros o resistencias variables, puesto que los electrodos que se introducen en el terreno forman una resistencia variable para así “medir” el voltaje generado por la humedad en el suelo. Por otro lado, al trabajar con potenciómetros dentro del diseño del prototipo de sistema de riego, es posible simular las variaciones de voltaje que se pueden producir entre los potenciómetros, para de esa forma accionar el sistema y representar el uso de los sensores FC-28.

Figura 57: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (1)



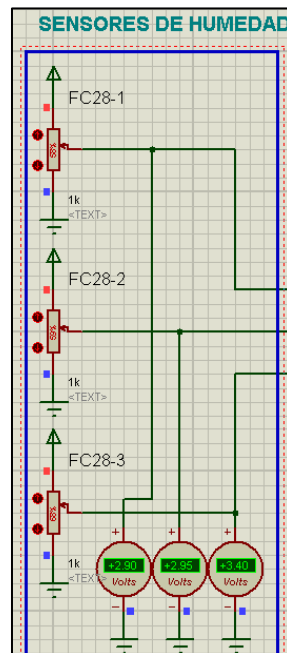
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 58: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (2)



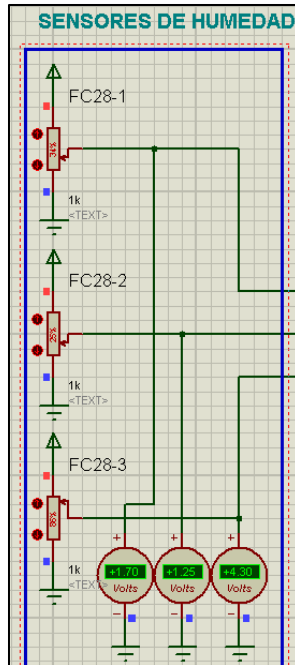
Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 59: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (3)



Fuente: Ramírez, D. (2019)

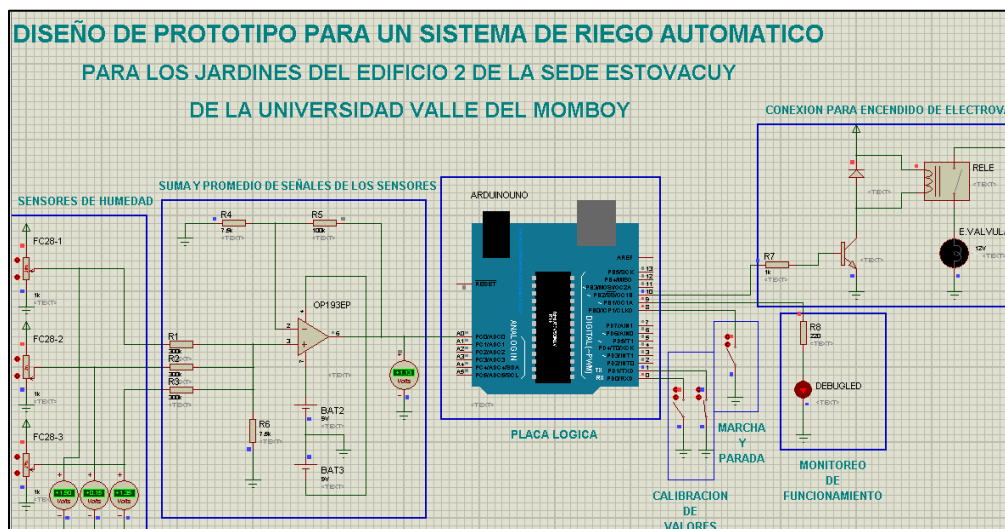
Figura 60: Calibración de Valores Aleatorios en los sensores FC-28 (4)



Fuente: Ramírez, D. (2019)

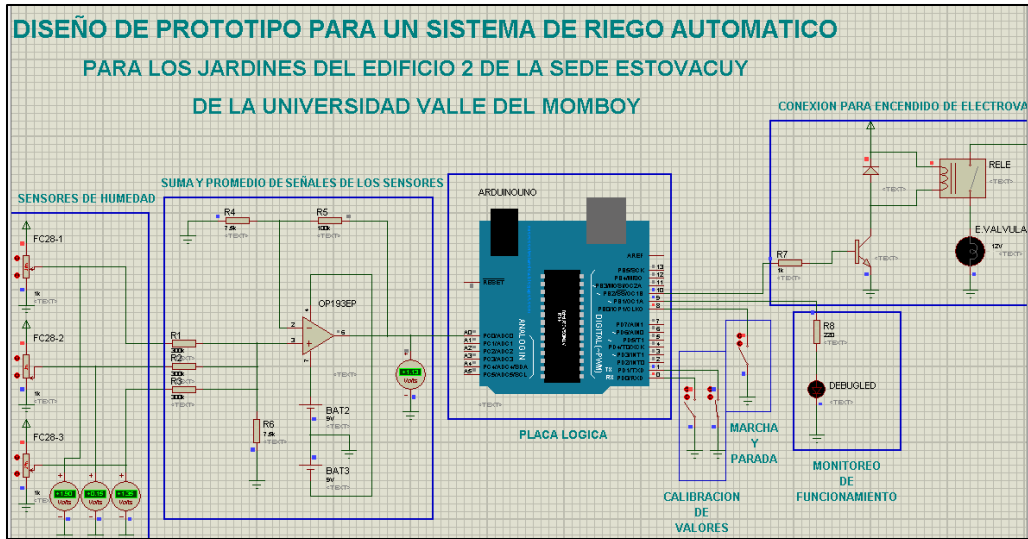
Pruebas de Sistema en Funcionamiento

Figura 61: Sistema apagado, rutina de monitoreo ejecutándose (1)



Fuente: Ramírez, D. (2019)

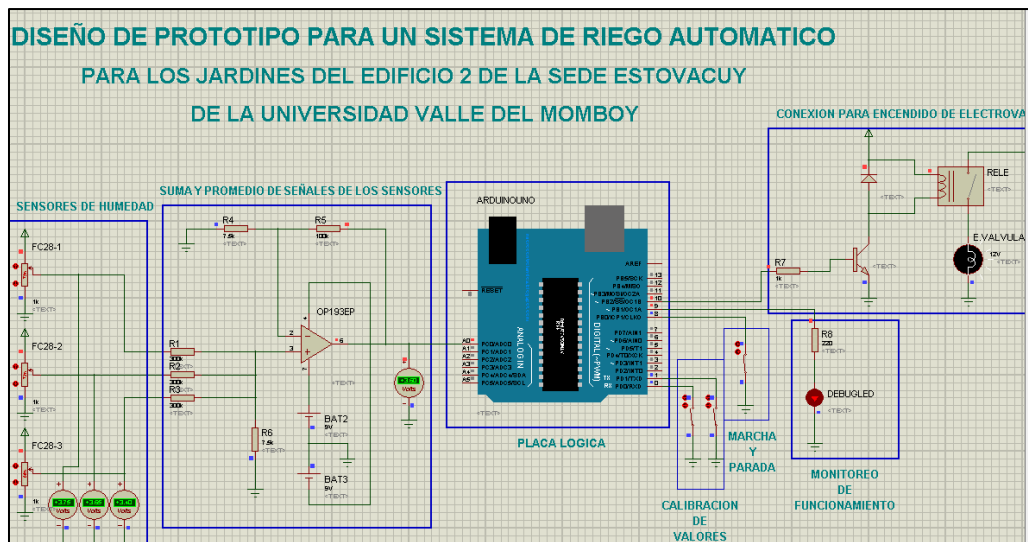
Figura 62: Sistema apagado, rutina de monitoreo ejecutándose (2)



Fuente: Ramírez, D. (2019)

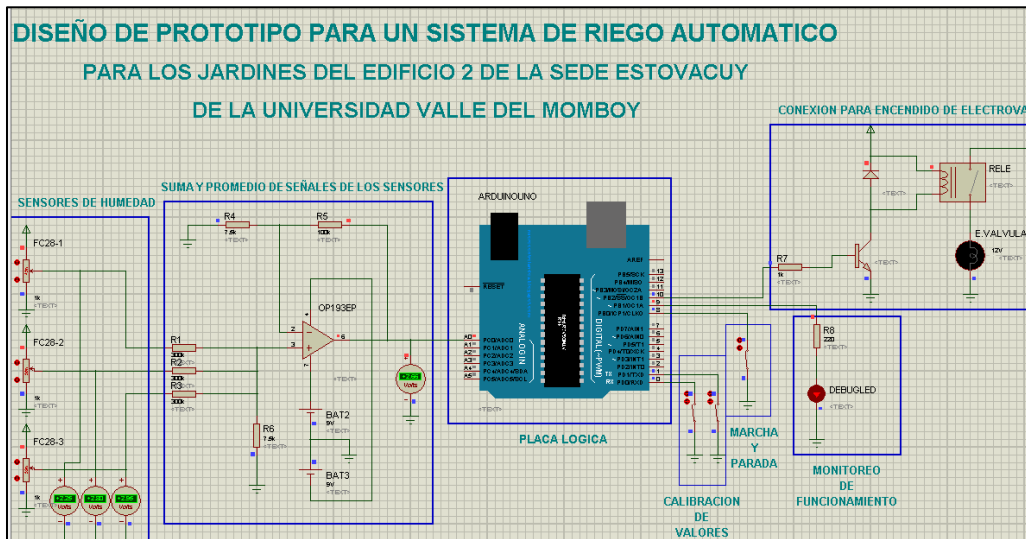
Pruebas en Intervalo 1 (30%-45%)

Figura 63: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 1



Fuente: Ramírez, D. (2019)

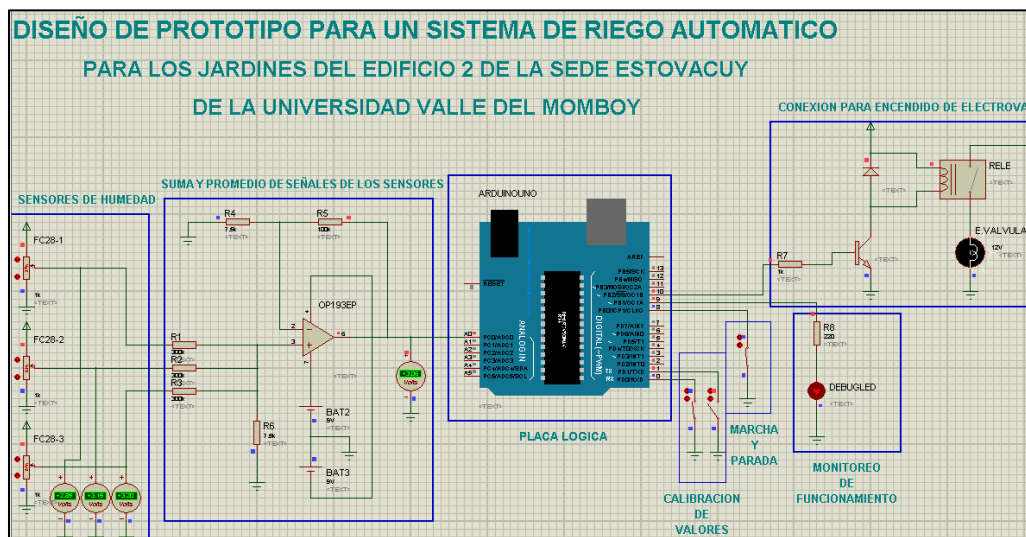
Figura 64: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 1



Fuente: Ramírez, D. (2019)

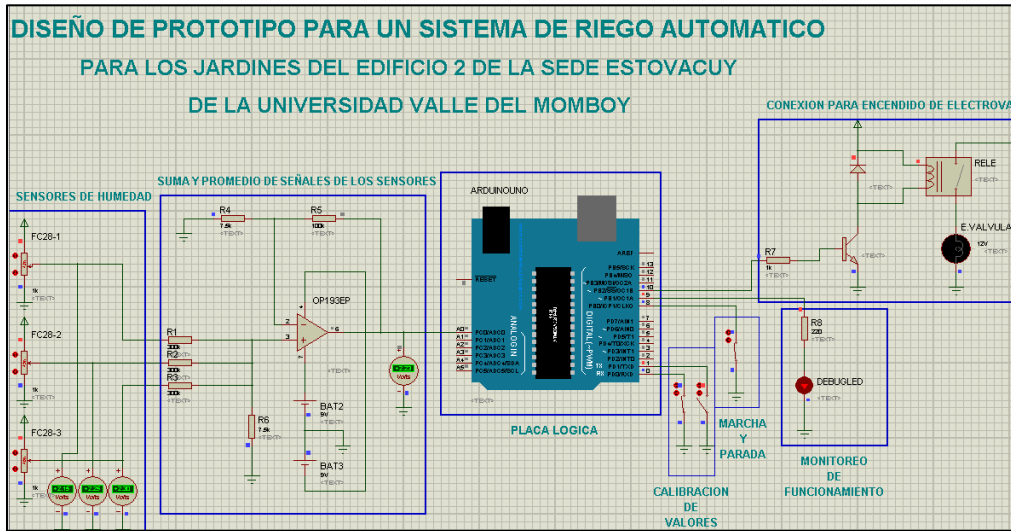
Pruebas en Intervalo 2 (40%-55%)

Figura 65: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 2



Fuente: Ramírez, D. (2019)

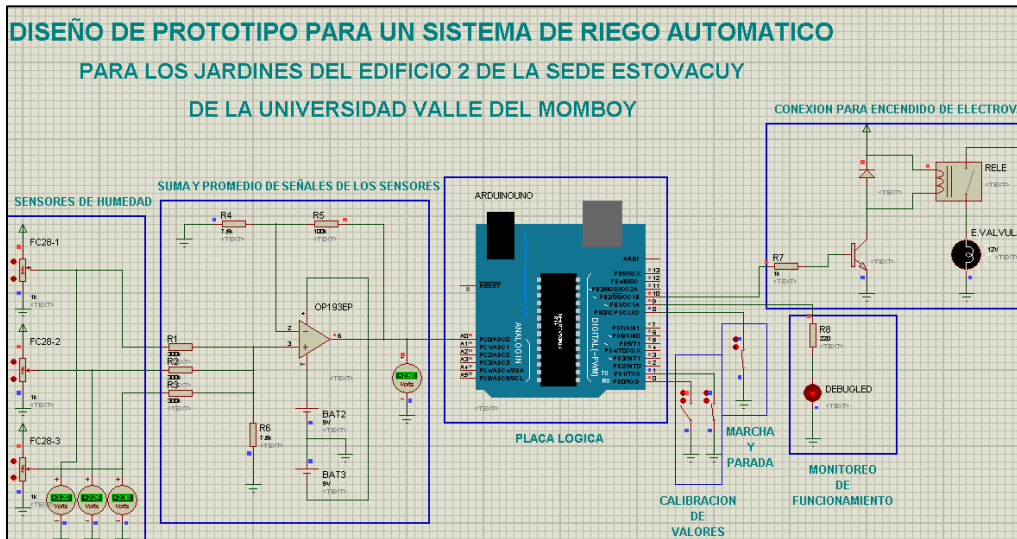
Figura 66: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 2



Fuente: Ramírez, D. (2019)

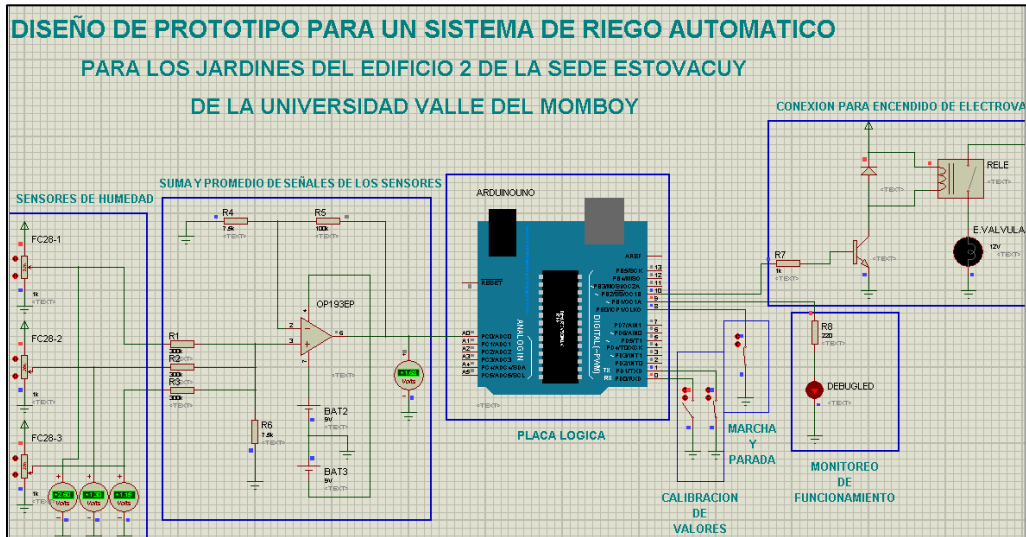
Pruebas en Intervalo 3 (50%-65%)

Figura 67: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 3



Fuente: Ramírez, D. (2019)

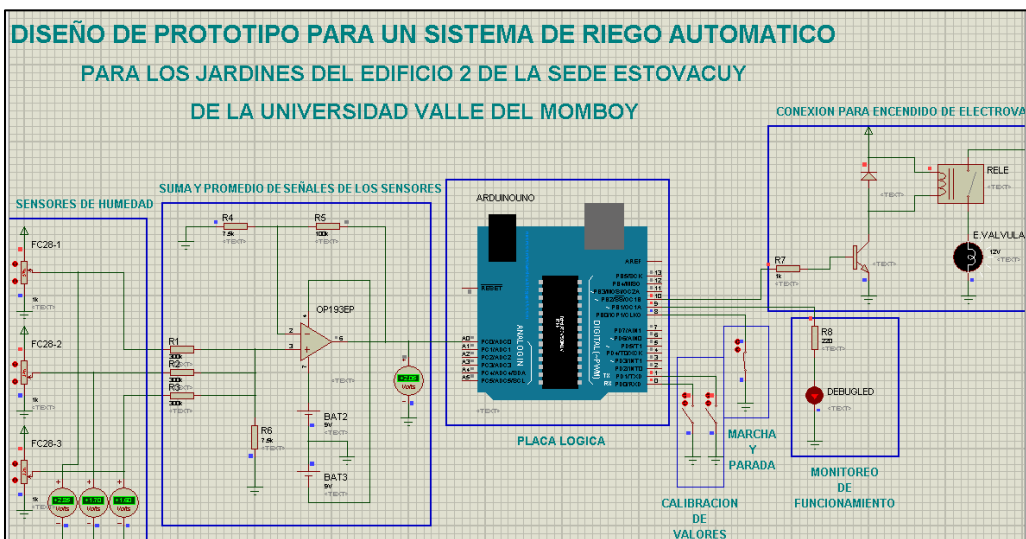
Figura 68: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 3



Fuente: Ramírez, D. (2019)

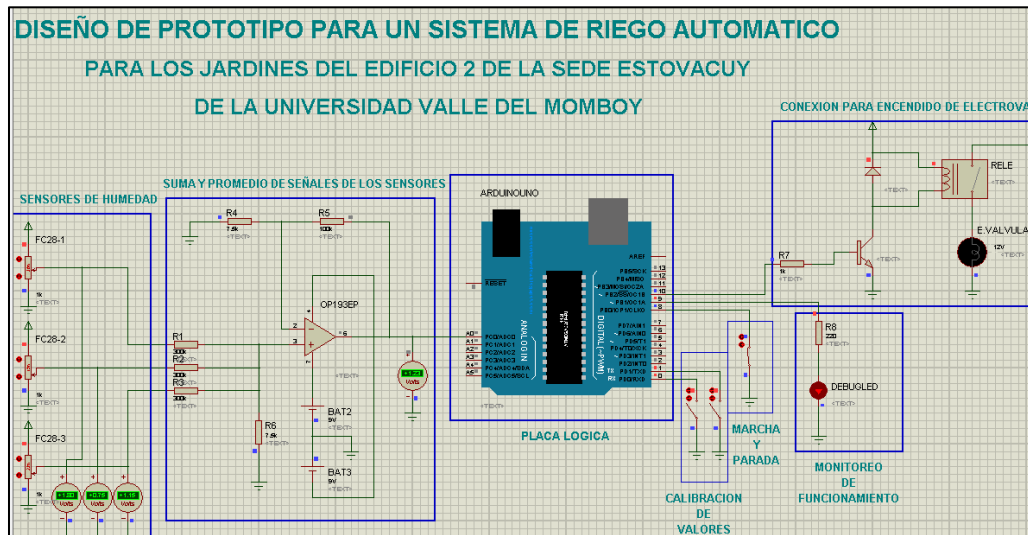
Pruebas en Intervalo 4 (60%-75%)

Figura 69: Sistema encendido, electroválvula encendida ejecutando riego al evaluar nivel de humedad inferior al extremo mínimo del intervalo 4



Fuente: Ramírez, D. (2019)

Figura 70: Sistema encendido, electroválvula apagada deteniendo riego al evaluar nivel de humedad superior al extremo máximo del intervalo 4



Fuente: Ramírez, D. (2019)

TABLA DE COSTOS

Considerando que hasta ahora el diseño realizado es el de un prototipo y no el de un sistema de riego propiamente, es conveniente tomar en cuenta todos aquellos elementos y materiales que serían utilizados en una hipotética implementación del sistema de riego; con la finalidad de evaluar su viabilidad y las ventajas, sobre todo en el ámbito monetario, que produciría el hecho de tener a disposición un sistema de riego que cuente con las especificaciones del diseño desarrollado.

Resulta conveniente aclarar que, algunos de los componentes que se exponen en la tabla de costos no forman parte del diseño como tal, pues el diseño realizado está enfocado a la parte automática del sistema de riego, más que a la organización de la red de tuberías y a la jardinería;

por lo tanto, pensando en una hipotética instalación del sistema de riego, algunos materiales deben ser tomados en cuenta como parte del presupuesto.

Material y Descripción	Marca	Precio Unitario (Bs)	Cantidad Requerida	Precio Total (Bs)
Placa Arduino UNO	Arduino	105.000	2	210.000
Amplificador Operacional OP193	Texas Instruments	15.504	2	31.008
Sensor de Humedad del Suelo FC-28	Glyduino	15.000	6	90.000
Dip Switch de 1 Posición	Universal	4.300	6	25.800
Relevador de 5V	Electronics	13.600	2	27.200
Electroválvula de 12V ½"	U.S. SOLID	71.400	2	142.800
Válvula Mecánica ½" (Llave de Paso)	PVC	12.000	2	24.000
Micro Aspersores Aéreos ½" 3 mts de alcance	H_E	15.900	16	254.400
Tubería PVC ½" (metro)	PVC	5.000	130	650.000
Conexiones de Codo 45° ½"	PVC	1.800	12	21.600
Conexiones de Cruz ½"	PVC	3.000	2	6.000
Conexiones de Tee ½"	PVC	2.500	2	5.000
Acopladores-Adaptadores de tubería PVC ½"	PVC	1.500	6	9.000
Cinta Teflón (Rollo)	Chesterwood	4.000	2	8.000
Pega PVC (Galón)	°SOLD	95.000	½	47.500
Mano de Obra Diseño, Programación e Instalación				450.000
Total (Bs)				2.002.308

Tabla 17: Tabla de costos para un hipotético montaje

RECOMENDACIONES

- 1- Proveer de una capacitación pertinente al personal de ambiente a través del manual de usuario, de modo que la interpretación de la escala de valores de trabajo sea correcta.
- 2- Comprender el diseño del sistema de riego como una unidad, sin dejar de tomar en cuenta que la manipulación de dicho sistema tanto en el jardín delantero como en el trasero se llevarán a cabo por separado, como si de dos sistemas se tratase.
- 3- En caso de un hipotético montaje, es necesario realizar pruebas con los componentes del sistema previas a la instalación.
- 4- Evaluar periódicamente el desempeño del sistema, con la finalidad de proponer cualquier posible mejora en el mismo.
- 5- Realizar constante investigación respecto a los componentes involucrados en el sistema, que permita considerar factores de rendimiento, estética o económicos a la hora de realizar cualquier modificación en el sistema.
- 6- Mantener un Stock de materiales, considerando que algunos de estos como los sensores de humedad son consumibles y es necesario tener a disposición los reemplazos en caso de necesitarlos para no detener la operación del sistema.
- 7- Debido a que la totalidad de la tubería propuesta tiene diámetro de 1/2 pulgadas, podría realizarse la instalación del sistema utilizando tubería PVC de 3/4 pulgadas desde la conexión al tanque de agua hasta la conexión con las redes de tubería, de esa forma se asegura una mayor presión de agua al momento de activar la electroválvula.
- 8- Para una automatización más completa, se recomienda el uso de un reloj de tiempo real; que permitiría programar alarmas a horas específicas para llevar a cabo el riego de los jardines, sin embargo, esto significaría replantear el diseño en cierta parte.

CONCLUSIONES

Considerando el objetivo inicial de la investigación, cuya consecución mediría el éxito de la ejecución del proyecto, es posible afirmar que el diseño de un prototipo de sistema de riego automático que cumpla con los requerimientos planteados por las autoridades de la Universidad Valle del Momboy resultaría bastante beneficioso, en pro de la conservación de agua, el mantenimiento eficiente de los jardines y el ahorro de esfuerzo físico por parte del personal encargado de realizar las tareas de riego.

Tomando en cuenta la implementación de distintos sistemas de riego automáticos alrededor del mundo, se puede destacar la gran importancia que ha tomado la electrónica y sus avances, en la respectiva evolución de ámbitos de la vida diaria como la jardinería; puesto que, gracias a la distinta gama de componentes que existen actualmente, se logra conseguir la posibilidad y la facilitación de adaptar un circuito técnicamente a cualquier ambiente de trabajo físico, por lo cual la utilización de la tecnología juega un papel fundamental en la vida del ser humano, siempre y cuando el uso de herramientas tecnológicas sea consciente y efectivo.

Para la fase de planificación se identificaron, además de la fundamentación teórica y los objetivos de la investigación, las etapas a desarrollar durante el proyecto, los requerimientos que debe cumplir el sistema, el ámbito del sistema, que no es más que las personas que se encargarían de manipular el sistema; esta fase representa la organización previa a la puesta en marcha del proyecto.

Durante de la fase de diseño, se evaluaron distintos factores a considerar en los jardines que serían lugar de desarrollo de proyecto, entre estos factores, apareció la humedad del suelo, y los distintos tipos de plantas ornamentales presentes en los terrenos en cuestión; esta evaluación

previa representa los requerimientos físicos para la hipotética realización del sistema de riego; pues el diseño está definido para un prototipo, mientras que, al llevar a cabo una implementación del mismo, sería necesario evaluar algunos factores que forman parte de las consideraciones del proyecto. Por otro lado, se realizó la elección de los componentes a utilizar, tanto lógicos como físicos, con la finalidad de crear un prototipo perfectamente funcional y escalable; dicha elección se llevó a cabo teniendo en cuenta elementos y características de los componentes como su facilidad de manipulación, funcionalidad, adaptabilidad y costo.

Cuando se dio inicio a la fase de programación, resultó beneficiosa la elección realizada en cuanto a los componentes lógicos, debido a que facilitaron en gran parte llevar a cabo el diseño del prototipo y su programación, por lo cual se afirma que las pruebas realizadas resultaron exitosas respecto a las expectativas; el código de programación propuesto junto al diagrama de conexiones logró una simulación bastante efectiva de lo que sería la manipulación del sistema de riego.

Partiendo de la consecución del objetivo de la investigación, se recomienda altamente el uso de un sistema de riego automático en la institución, pues de esta forma, se garantiza que los jardines cuenten con el riego necesario para mantenerse en un estado óptimo, es necesario recordar que la principal función de los jardines es embellecer las áreas en las que se encuentran, pero, para esto es preciso tener en cuenta que el riego debe ser efectivo y correcto, objetivo que puede alcanzarse utilizando el prototipo propuesto con su respectiva documentación, ya que brindará mayor precisión que el cálculo (siempre propenso a errores) del ser humano.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abarca, María. Rojas, Fernando. (2016). Sistema de riego automático y autosustentable. Colegio Indoamericano de Tlalnepantla. México.

Alarcón, Carlos. (2013). EcuRed: Enciclopedia Cubana. Cuba. Arquitectura de Software. Recuperado de https://www.ecured.cu/Arquitectura_de_software

Apaza, Darwin. La Torre, Irvin. (2017). Diseño e Implementación de un Sistema Automatizado para Riego Tecnificado Basado en el Balance de Humedad de Suelo con Tecnología Arduino en el Laboratorio de Control y Automatización EPIME 2016. Universidad Nacional del Altiplano-PUNO. Perú.

Art of Circuits. (2018). FC-28 Soil Moisture Sensor Analog and Digital Outputs. Recuperado de <https://artofcircuits.com/product/fc-28-soil-moisture-sensor-analog-and-digital-outputs>

Bermúdez, David. (2014). Riego de Huerta Automatizado por Arduino. Universidad Pública de Navarra (UPNA). España.

Cinjordiz, César. (2018). INFOOTEC. Arduino UNO R3. Recuperado de <https://www.infootec.net/arduino/>

Consulta Plantas. (2015). España. Tradescantia Zebrina, Zebrina o Panameña, Cuidados. Recuperado de <http://www.consultaplantas.com/index.php/plantas-por-nombre/plantas-de-la-s-a-la-z/787-cuidados-de-la-planta-tradescantia-zebrina-zebrina-o-panamena>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Díaz, Javier. (2016). Mi Arduino. España. PLACA ARDUINO UNO. Recuperado de <http://www.iescamp.es/miarduino/2016/01/21/placa-arduino-uno/>

Electrónica Fácil. (2017). El Relé. Recuperado de <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/El-rele.php>

Enerxia, energías renovables y electrotecnia. (2017). España. ELECTRÓNICA-PROTEUS simulador digital y analógico. Recuperado de http://www.enerxia.net/portal/index.php?option=com_content&view=article&id=406:electronica-proteus-simulador-digital-y-analogico&catid=61&Itemid=142

Farnell, Element14. (2018). España. OP193FSZ- Amplificador Operacional, Simple. Recuperado de <https://es.farnell.com/analog-devices/op193fsz/op-amp-micropower-r-r-soic8-193/dp/1389168>

Floramedia. (2015). Guía Verde. España. Duranta Erecta. Recuperado de <https://www.guiaverde.com/plant-guide/duranta-erecta-1585/>

Franquesa, María. (2016). Agroptima Blog. Conoce más sobre electroválvulas para riego. Recuperado de <https://www.agroptima.com/es/blog/conoce-mas-sobre-electrovalvulas-para-riegpo/>

Fuertes, Jaime. (2018). Novo Green Césped Natural. España. Agrostis Stolonífera Penncross. Recuperado de <http://www.novogreen.net/agrostis-stolonifera-penn-cross/>

GeekBot Electronics. (2019). México. Dip Switch 1 posición Negro. Recuperado de <http://www.geekbotelectronics.com/producto/dip-switch-1-posicion-negro/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Gómez, Beatriz. (2013). EcuRed: Enciclopedia Cubana. Cuba. Arquitectura Cliente Servidor. Recuperado de https://www.ecured.cu/Arquitectura_Cliente_Servidor

Llamas, Luis. (2016). Luis Llamas, Ingeniería, Informática y Diseño. España. Medir la Humedad del Suelo con Arduino e Higrómetro FC-28 <https://www.luisllamas.es/arduino-humedad-suelo-fc-28/>

Novagric, Novedades Agrícolas. (2014). Aspersores. Recuperado de <http://www.novagric.com/es/riego/materiales-de-riego/aspersores-de-riego>

Novagric, Novedades Agrícolas. (2016). Electroválvulas de Riego. Recuperado de <http://www.novagric.com/es/electrovalvulas-de-riego>

Ortega, Scarlet. (2017). Prezi. ¿Qué es SmartDraw? Recuperado de https://prezi.com/9exd_wyz1yki/que-es-smartdraw/

Palmasur. (2017). PALMERAS Y JARDINES EN EL SUROESTE DE EUROPA. España. Dypsis Lutescens. Recuperado de <https://www.palmerasyardines.com/index.php/es/palmeras/guia-especies/details/28/28-dypsis-lutescens>

Pérez, Bladimir. Koo, José. García, Fernando. Carmona, Juan. (2014). Automatización, monitoreo y control remoto de un sistema de riego agrícola con código abierto. 12^a Conferencia en Latinoamérica y El Caribe para Ingeniería y Tecnología. Ecuador.

Picasso, Gustavo. (2017). Picasso. Argentina. Descripción Semillas Ryegrass Perenne. Recuperado de www.picasso.com.ar/descripcion_ryegrassperenne.html

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Plantas&Jardín. (2015). España. Lazo de amor, cinta o malamadre, Chlorophytum Comosum. Recuperado de <http://plantasyjardin.com/2015/08/lazo-de-amor-cinta-o-malamadre-chlorophytum-comosum/>

Ribado, María. (2015). HUBOR-PROTEUS. España. ¿Cómo es el trabajo con Proteus? Recuperado de http://www.hubor-proteus.com/proteus-pcb/proteus-pcb/230-como_trabajar_con_proteus.html

Servilia. (2015). Jardineros en Acción. España. Codiaeum Variegatum Gold Star. Recuperado de http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=484

Servilia. (2016). Jardineros en Acción. España. Elaeagnus Pungens “Maculata”. Recuperado de http://www.jardinerosenaccion.es/planta.php?id_pla=497

Software Científico. (2018). España. SmartDraw 10. Recuperado de <http://www.softwarecientifico.com/paginas/smartdraw.htm>

Tejeda, Marcia. Rinaudo, Leandro. Pilla, Gustavo. Palazzo, Daniel. (2013). Jarduino, Sistema de Riego manejado por Arduino. Universidad Nacional de Quilmes (UNQ). Argentina.

Thayer, Luis. (2017). ARDUINO. Chile. ¿Qué es Arduino? Recuperado de <https://arduino.cl/que-es-arduino/>

TUELECTRÓNICA, telecomunicaciones, electrónica e informática. (2016). España. Que es Arduino IDE. Recuperado de <https://tuelectronica.es/que-es-arduino-ide/>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Universidad EIA. (2013). Catálogo de flora del Valle de Aburrá. Colombia. Rubiaceae-Ixora Coccinea. Recuperado de <https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/238>

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2019). Aspensor. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Aspensor>

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2018). Elaeagnus Pungens. Recuperado de https://en.wikipedia.org/wiki/Elaeagnus_pungens

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2019). Humedad. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad>

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2018). Humedad del suelo. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Humedad_del_suelo

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2018). Ixora coccinea. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Ixora_coccinea

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2017). Lolium perenne. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Lolium_perenne

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2018). Proteus Design Suite. Recuperado de https://es.wikipedia.org/wiki/Proteus_Design_Suite

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2019). Relé. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Rel%C3%A9>

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Wikipedia, La Enciclopedia Libre. (2018). Válvula. Recuperado de <https://es.wikipedia.org/wiki/V%C3%A1lvula>