

REDISEÑO Y AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DE RIEGO CONTROLADO POR UN RELEVADOR ZELIO

Edgar Uxmal Maya Palacios

Universidad Tecnológica de Altamira.

uxmalmaya@hotmail.com

José Luis Ocampo Casados

Universidad Tecnológica de Altamira.

josecasados@hotmail.com

Julio César Martínez Gámez

Universidad Tecnológica de Altamira.

j_cesar76@hotmail.com

José Genaro González Hernández

Universidad Tecnológica de Altamira.

jggonzalez@utaltamira.edu.mx

Javier Rossette García

Universidad Tecnológica de Altamira.

viertegar@yahoo.com.mx

Resumen

Originar el desarrollo de un sistema de riego controlado por un relevador Zelio SR3B101FU promoviendo el uso de tecnologías entre los estudiantes del área de Mecatrónica en la Universidad Tecnológica de Altamira[UTA] con el fin de desarrollar proyectos de índole tecnológico que conserven al medio ambiente, ofreciendo una mejor vista a las áreas verdes de la universidad.

Esta investigación comprende un desarrollo progresivo de diferentes etapas distribuidas por zonas ubicadas en el edificio N2 frente al departamento de

Mecatrónica hasta la selección de materiales, componentes electrónicos, diseño, ensamble, construcción y pruebas de funcionalidad, mismos que implementados en ese orden dan como producto terminado un sistema de riego automatizado.

El fin fue construir un sistema de riego que mantuviera húmedas las áreas verdes, para ello se utilizó la mínima cantidad de materiales y accesorios necesarios, que en conjunto, dieron un buen resultado.

Palabras clave: automatización, PLC, relevador zelio y sistema de riego.

Abstrac

Originate the development of an irrigation system controlled by a Zelio SR3B101FU relay promoting the use of technologies among students of the Mechatronics area at the Technological University of Altamira [UTA] in order to develop technological projects that conserve the environment, offering a better view of the green areas of the university.

This investigation includes a progressive development of different stages distributed by zones located in the N2 building in front of the Mechatronics department until the selection of materials, electronic components, design, assembly, construction and functionality tests, which implemented in that order give as a product finished an automated irrigation system.

The aim was to build an irrigation system that kept the green areas humid, for this the minimum amount of necessary materials and accessories was used, which together gave a good result.

Keywords: automation, PLC, zelio relay and irrigation system.

1. Introducción

La Universidad Tecnológica de Altamira es una institución educativa de nivel superior que proporciona servicios educativos pertinentes al sector productivo, con esto se busca que sus alumnos desarrollen capacidades prácticas durante su formación académica a fin de ser competentes al egresar e incorporarse dentro del sector productivo de bienes y servicios.

En este tenor, los alumnos de la carrera de Mecatrónica bajo la guía de sus maestros, desarrollan proyectos, como el que a continuación se presenta: *Rediseño y automatización de sistema de riego controlado por un relevador zelio en la Universidad Tecnológica de Altamira*, siendo un proyecto donde se aplica la automatización con el fin de mantener húmedas las áreas verdes del edificio N2.

Objetivos

- Mostrar la ubicación de las cuatro zonas de riego en el edificio N2 frente al departamento de Mecatrónica.
- Realizar la selección de tecnología adecuada que sume eficiencia a la automatización del sistema de riego.
- Verificar y detectar rompimientos o deterioros en la tubería hidráulica y aspersores en el edificio de Mecatrónica.
- Realizar conexión eléctrica, programación, plano y cotización de la tecnología empleada en el sistema de riego.

2. Marco teórico

El pionero en la creación de sistemas automáticos fue Ktesibios de Alejandría, que vivió en el 300 AC. Su invento consistía en un regulador de flotador que tenía como objetivo controlar la entrada del H₂O a un reloj de agua mediante una válvula de enchufe conectada a un flotador de madera en un tanque. Una gota en el nivel del agua en el tanque produciría que el flotador se cayera, abriendo la válvula para dejar entrar más humedad y mantener el nivel de agua.

Posteriormente los antiguos egipcios unieron brazos mecánicos a las estatuas de los dioses. Los sacerdotes eran los encargados mediante la gracia divina de inspirar movimientos a las máquinas. No fue hasta los siglos XVII y XVIII cuando surgen los primeros muñecos mecánicos que presentan unas características muy similares a los robots actuales [Torres Medina, s/f].

La revolución industrial produjo la aparición de nuevas creaciones mecánicas dentro del campo de la industria. [DiFrank, 2007] indicó que el mayor avance en la

automatización de la época fue la aparición de los motores de vapor inventados por James Watt.

A continuación [Parasuraman, 2000] define de forma más completa el concepto de automatización mediante tres rasgos básicos: control automático en la fabricación de un producto producido en un número de etapas sucesivas, el uso del control automático a cualquier rama de la ciencia o su aplicación en la industria y el tercer rasgo característico es el resumen de las dos anteriores; y consiste en el empleo de dispositivos electrónicos o mecánicos para sustituir trabajo humano.

El principio de automatismo está fundamentado en el control y ejecución de acciones de forma automática, sin la intervención del operador con el mínimo de intervención, en la lógica cableada los elementos pueden ser electromagnéticos, eléctricos, neumáticos o hidráulicos [Roldán, 2007].

En recientes investigaciones [DiFrank, 2007] define la automatización como las operaciones automáticas realizadas por un aparato, proceso o sistema que están controladas por elementos mecánicos o electrónicos que actúan como los órganos del ser humano.

Tomando como referencia las definiciones de automatización planteadas existe una serie de ventajas que influyen en su implantación. Las primeras investigaciones que exponen este conjunto de ventajas son de [Dale, 1988], mencionando que las tecnologías automatizadas no presentan fallos, mejoran las condiciones de trabajo del personal incrementando la seguridad y se realizan las operaciones imposibles físicamente para el operador humano.

Este proyecto va enfocado a la automatización, sin embargo se ha concluido que una de las soluciones modernas para el problema de como proporcionar un control de estado discreto es el uso de una computadora de propósitos específicos, denominada "Controlador Lógico Programable" [PLC] [Enríquez, 2005].

Los controladores lógicos programables eliminan la necesidad de usar tableros de control con relevadores y como se pueden reprogramar además de usar menos espacio, se han adoptado ampliamente en los sistemas y operaciones de manufactura [Kalpakjain, 2002].

El controlador lógico programable más cercano que se utilizó fue el relevador Zelio que es un elemento utilizado en Mecatrónica para la impartición de clases en las materias de: PLC, Sistemas Hidráulicos, Sistemas Neumáticos, Control de Motores Eléctricos y Robótica donde son utilizadas sus entradas y salidas, identificando el módulo con la clave SR3B101FU. En este sentido, permite a los estudiantes apoyados por sus profesores, desarrollar las capacidades creativas, motivándolos a trabajar en equipo, acostumbrándolos a laborar bajo presión y con responsabilidad.

Así pues, la automatización del sistema de riego es un proyecto de aplicación tecnológica que generan beneficios a mediano y largo plazo, traducido a conocimiento en los estudiantes aportando experiencia de aplicación industrial donde ellos hacen conexiones físicas de corriente alterna, manejando la programación del microcontrolador arduino y beneficiando a la universidad al contar con un sistema de control automático donde los jardines permanecerán húmedos sin la necesidad de utilizar mano de obra calificada como jardineros o intendentes que rieguen constantemente las áreas verdes.

2. Métodos

Se implementó el sistema de riego con el fin de mantener húmedas las áreas verdes de la institución, ahorrar energía eléctrica trabajando en etapas.

Etapas para el desarrollo del proyecto:

- **Mostrar la ubicación de las cuatro zonas de riego en el edificio N2 frente al departamento de Mecatrónica.** El sistema de riego en la UTA se compone de cuatro zonas, las cuales abastecen de agua al lado norte y oeste del edificio N2, en la figura 1 se muestra la ubicación de la zona uno lado norte la cual contiene seis aspersores de la marca orbit, de lado derecho se ubica la zona 2 con ocho aspersores en el lado oeste situada frente a los cubículos de los profesores de mantenimiento industrial.

En la figura 2 se muestra la zona tres lado oeste la cual incluye cuatro aspersores de riego y de lado derecho se muestra la zona cuatro lado oeste

con dos aspersores de riego ubicadas frente a los salones de los alumnos de mantenimiento industrial.



Figura 1 Zona uno y dos del edificio N2 frente al departamento de Mecatrónica.



Figura 2 Zona tres y cuatro del edificio N2 frente al departamento de Mecatrónica.

- **Realizar la selección de tecnología adecuada que sume eficiencia a la automatización del sistema de riego.** La selección de la tecnología es la parte medular de este proyecto, pues con ello se realizó la automatización del sistema de riego utilizando un relevador programable de 6 entradas, cuatro salidas por relevador, visualizando los resultados de simulación siendo este de fácil programación, es de la marca Schneider Electric modelo SR3B101FU, figura 3.



Figura 3 Relevador Zelio marca Schneider modelo SR3B101FU.

Arduino uno

Arduino es una placa programable con entradas y salidas digitales y analógicas, ideal para automatizar proyectos en Mecatrónica. Esto significa que se dispone de un “autómata”, capaz de recibir información del entorno [sensores o interruptores] y realizar acciones con [actuadores, motores, bobinas de electroválvulas], según un programa que se introduce a una pc y que se puede ejecutar de forma autónoma, en la figura 4 se muestra la placa del microcontrolador arduino.

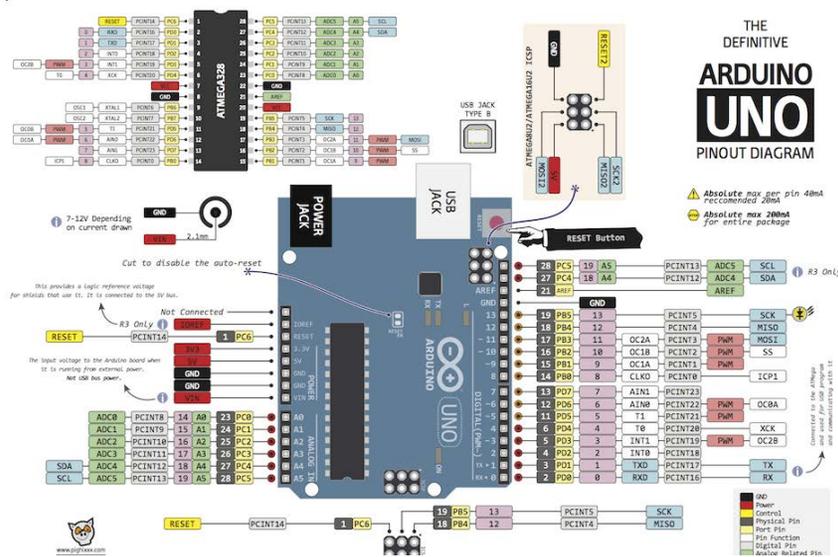


Figura 4 Placa del Microcontrolador Arduino Uno.

- **Verificar y detectar rompimientos o deterioros a la tubería hidráulica y aspersores en el edificio de Mecatrónica.** El cloruro de polivinilo clorinado, es un tubo semiflexible, conocido, como tubo de “plástico”, porque fue el primer tubo no-metálico que desafió al cobre como material para tubo. El CPVC se instala fácil y rápidamente con pegamento CPVC o conexiones de presión [push-on], sin embargo se hace quebradizo cuando se somete a temperaturas elevadas, es por eso que se verificó la situación de ellas rediseñando las secciones que se encontraban en mal estado, realizando un cambio en tuberías deterioradas proporcionando mantenimiento al sistema para mejorar la cobertura del riego.

Por lo antepuesto fue necesario cambiar la tubería dañada y colocar nueva; utilizando para unir las conexiones adaptadores macho y hembra roscadas; también se tomó la unión de las zona 1 con la zona 2 conexiones de CPVC que dan vuelta en la esquina con ángulos de 45° o 90°, estas conexiones tienen un cubo en un extremo del tamaño apropiado para insertarse, en la figura 5 se muestra el trabajo realizado al sistema hidráulico en la zona 1.



Figura 5 Mantenimiento realizado a la tubería hidráulica en la zona 1.

En la figura 6 se muestra el mantenimiento en las zonas: dos y tres donde se cambiaron las mangueras y rediseño la conexión hidráulica, así mismo se utilizó una caja plástica tipo conduit para empotrarlas, se colocó la electroválvula con un diseño de contraflujo que evita que el agua fluya libremente reduciendo el desperdicio y daños por inundación, dicha válvula trabaja con 24 volts de corriente alterna y es activada por salidas de relevador Zelio.

El Zelio es programado en lenguaje de escalera debido a que es uno de los más usados a nivel industrial, pero sus salidas para este proyecto en particular necesariamente necesitan alimentarse con 24 volts de corriente alterna para alimentar a las electroválvulas usadas que activan los aspersores, es por eso que se agregó al diseño un transformador tipo reductor que cubriera los

requerimientos de trabajo. El transformador reductor convierte el voltaje de 127 a 24 volts de corriente alterna. La fotografía de la esquina inferior derecha ubicada en la figura 6 muestra un tramo de manguera al que se verifico que estuviera en condiciones apropiadas para trabajar con ella.



Figura 6 Mantenimiento realizado a la tubería hidráulica en la zona 2 y 3.

- **Realizar la conexión eléctrica, programación, plano y cotización de la tecnología empleada en el sistema de riego.** En la figura 7 se muestra el diagrama de conexiones eléctricas entre el micro, la tarjeta de SRD-05VDC-SL-C, el relevador Zelio, el módulo sensor de humedad y las electroválvulas; el módulo sensor de humedad HL-69 envía la señal a la tarjeta MH-Sensor-Series Flying-Fish la cual es captada por el microcontrolador a través de la señal analógica AO y recibida en la entrada del micro a través de la terminal A3, la salida del microcontrolador arduino A2 es dirigida hacia la entrada de la tarjeta de relevadores IN4 donde activa un contacto que manda la señal de 127 VCA al módulo Zelio. El módulo relevador Zelio trabaja con cuatro sensores los cuales se conectan a I3, 14,15 e I6, por medio de las señales recibidas desde el HL-69 hasta el relé SRD-05VDC-SL-C, el voltaje del HL-69 cuando es captado por el microcontrolador y enviado por las salidas A4, A5 y A6 activara

la zona 1, zona 2, zona 3 y zona 4 consecutivamente en un tiempo preestablecido.

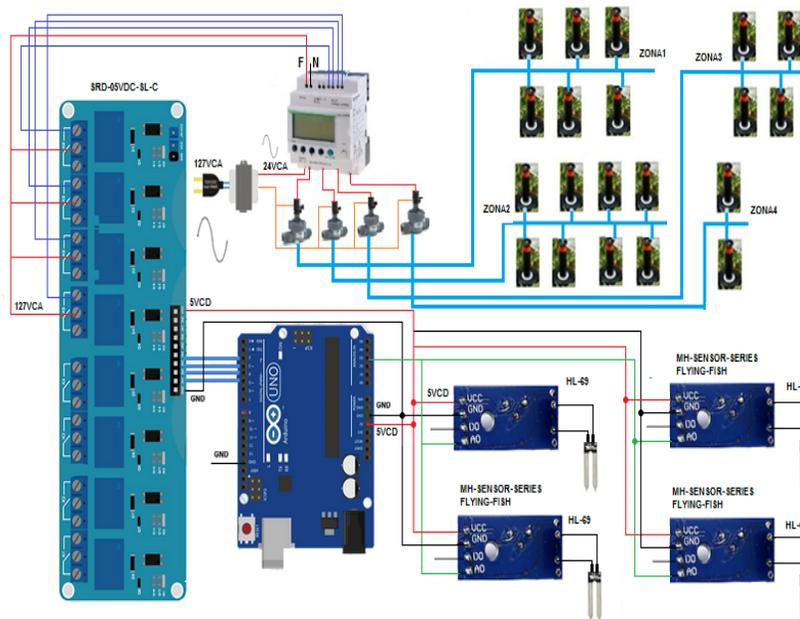


Figura 7 Diagrama de conexiones eléctricas de las zonas 1, 2,3 y 4.

Plano del sistema de riego

El sistema de riego obedece a un jardín lateral en la zona 1 con las medidas de largo 15.70x4.10 m, frontal en la zona 2 8x24.70 m, zona 3 14.5x5.55 m y zona 4 17.5x5.55 m el cual da un servicio a pastos y arbustos frente al edificio N2, en la figura 8 se muestra el plano del proyecto.

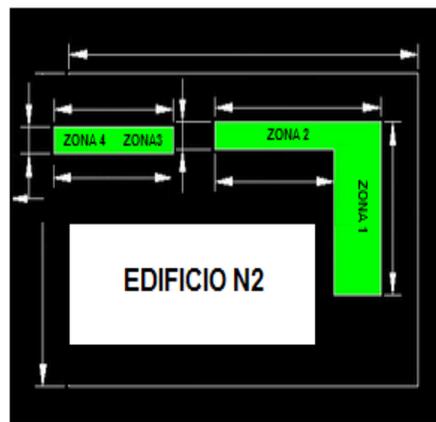


Figura 8 Plano del proyecto por zonas 1, 2,3 y 4.

Cotización del sistema de riego

El costo del sistema de riego depende de varios factores: extensión de terreno, tipo de vegetación, áreas interpuestas, tipo de clima, infraestructura disponible y presión del agua suministrada. En la tabla 1 se muestra el material cotizado y su costo para un sistema automatizado siendo un jardín frontal y lateral con arbustos y pasto verde teniendo un costo aproximado de \$8642.40.

Tabla 1 Tabla de Costos del material del sistema de riego zona 1, 2, 3 y 4.

	MATERIAL COTIZADO	COSTO
1	Relevador Zelio SR3B101FU	\$3500.00
2	Microcontrolador arduino uno	\$250.00
3	Fusible de protección	\$8.00
4	Electroválvulas de 24 VCA	\$390.00
5	Tubo de PVC de seis metros	\$78.50
6	16 Aspersores de riego fijo	\$366.40
7	4 Aspersores de riego variables	\$182.00
8	4 sensores de humedad con tarjeta HL-69 Flying-Fish	\$240.00
9	Módulo de relevadores de 8 canales arduino, pic	\$200.00
10	Block de Terminales del PLC	\$150.00
11	Tubo conduit color verde 30 metros	\$ 580.00
12	30 codos de PVC de 90° y 20 de 45°	\$100.00
13	Pegamento para PVC	\$65.50
14	Transformador reductor	\$250.00
15	20 Tubos de conexión de los aspersores	\$200.00
16	Interruptor de encendido y apagado	\$80.00
17	Tubo conduit de acero galvanizado	\$45.00
18	Tablero marca orbit	\$750.00
19	Chalupa poli Flex verde	\$36.00
20	Válvula de bola 3/4 pulgada CPVC	\$25
21	2 rollos de cable calibre 16 dos rollos	\$1000.00
22	4 T de 4" de PVC	\$56
23	8 tapas de PVC 4"	\$90
	Total	\$8642.40

Programación del sistema de riego en zelio

El diseño del programa se realizó en cuatro zonas para ello se utilizaron 4 timers que activaran las electroválvulas en los horarios siguientes: horario matutino zona 1; 8:00-8:05, zona 2; 8:05-8:10, zona 3; 8:10-8:15, zona 4; 8:15-8:20, en horario vespertino zona uno; 21:10-21:15, zona dos; 21:15-21:20, zona 3;

21:20-21:25 y zona 4; 21:25-21:30. En la tabla 2 se muestra la asignación física que se dio a cada una de las entradas utilizadas las cuales consisten en activación del modo automático, push botton de activación y desactivación, sensor que activa la zona uno, sensor que activa la zona dos, sensor que activa la zona tres, sensor que activa la zona cuatro, control de electroválvula zona uno, zona dos, zona tres, zona cuatro, indicadores de texto “ZONA1 ACTIVADA”, “ZONA2 ACTIVADA” desde la lectura hasta la impresión en pantalla del relevador.

Tabla 2 Tabla de Costos del material del sistema de riego zona1, 2, 3 y 4.

Terminal	Asignación física
I1	Activa el modo automático
I2	Push botton de activación y desactivación
I3	Sensor que activa la zona uno
I4	Sensor que activa la zona dos
I5	Sensor que activa la zona tres
I6	Sensor activa la zona cuatro
Q1	Control de la electroválvula de la zona uno
Q2	Control de la electroválvula de la zona dos
Q3	Control de la electroválvula de la zona tres
Q4	Control de la electroválvula de la zona cuatro
Z1	Control de la electroválvula de la zona uno
Z2	Control de la electroválvula de la zona dos
Z3	Control de la electroválvula de la zona tres
Z4	Control de la electroválvula de la zona cuatro
RX1	Indica en texto “ZONA 1 ACTIVADA”
RX2	Indica en texto “ZONA 2 ACTIVADA”
RX3	Indica en texto “ZONA 1 ACTIVADA”
RX4	Indica en texto “ZONA 2 ACTIVADA”
RX5	Indica en texto “ZONA 3 ACTIVADA”
RX6	Indica en texto “ZONA 4 ACTIVADA”
TX1	Imprime en pantalla “ZONA 1 ACTIVADA”
TX2	Imprime en pantalla “ZONA 2 ACTIVADA”
TX3	Imprime en pantalla “ZONA 3 ACTIVADA”
TX4	Imprime en pantalla “ZONA 4 ACTIVADA”
TX5	Imprime en pantalla“ SISTEMA DE RIEGO DESACTIVADO”
TX6	Imprime en pantalla“ SISTEMA DE RIEGO ACTIVADO”

Se buscó que el proyecto trabajara de forma automatizada cuando se presiona I1 el programa trabajará de manera automatizada realizando todo el proceso, sin embargo se utilizó también la forma manual para cuando el operador necesite

operar el funcionamiento por zonas oprimiendo Z1, Z2, Z3 Y Z4. En la figura 9, 10, 11 y 12 se muestra la programación por zonas.

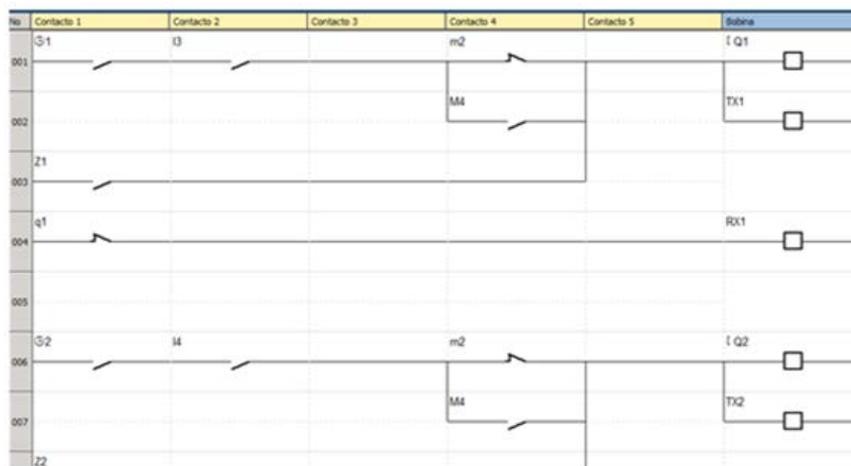


Figura 9 Líneas del programa que activan la zona uno.

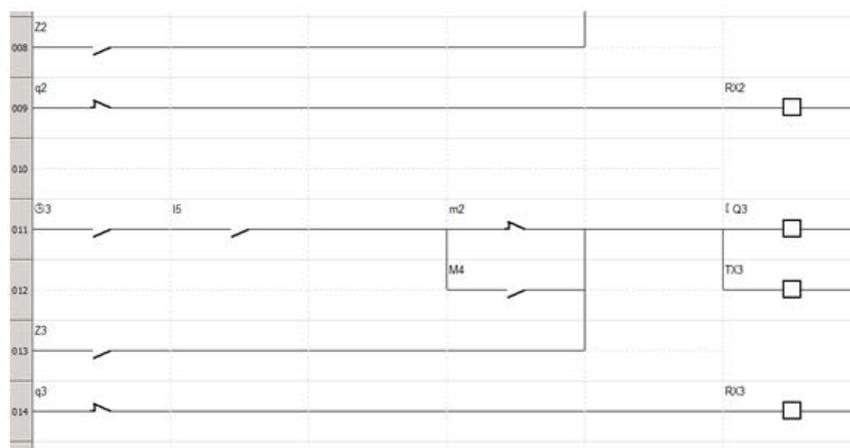


Figura 10 Líneas del programa que activan la zona dos y tres.

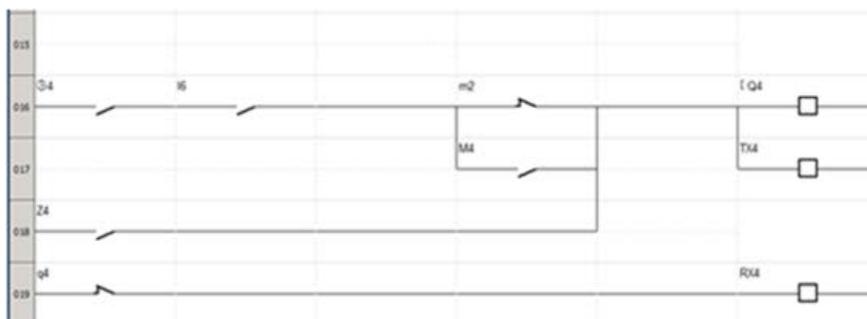


Figura 11 Líneas del programa que activan la zona cuatro.

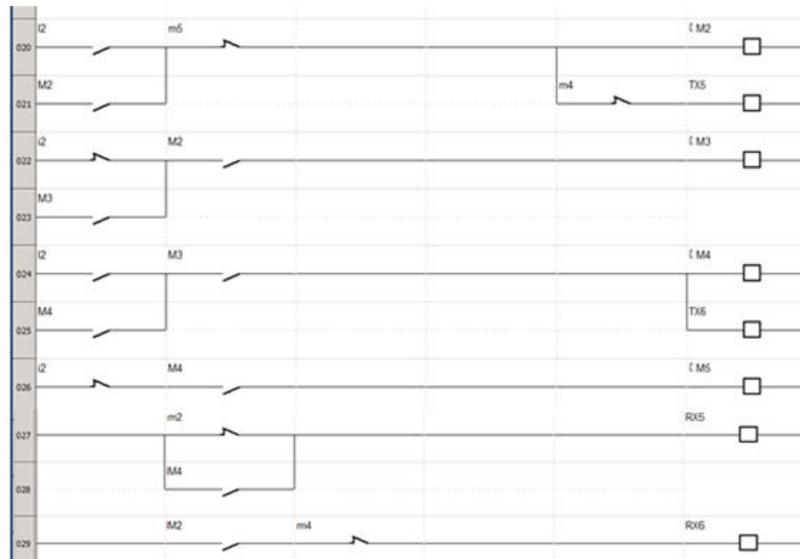


Figura 12 Líneas del programa muestran los textos de zonas activadas.

Programación en arduino del sistema de riego

Se programó variable global llamada valor, declarando entradas analógicas A0, A1, A2, A3 con la palabra reservada pinMode para leer los sensores y como salidas las terminales digitales 6, 7, 8 y 9 mostradas en la figura 13.

```

int Valor;
void setup() {
  Serial.begin(9600);

  pinMode(A0, INPUT);
  pinMode(A1, INPUT);
  pinMode(A2, INPUT);
  pinMode(A3, INPUT);

  pinMode(6, OUTPUT);
  pinMode(7, OUTPUT);
  pinMode(8, OUTPUT);
  pinMode(9, OUTPUT);
}

```

Figura 13 Líneas del programa de entradas salidas en Arduino.

Se usa Serial.print que imprime en pantalla "Sensor de Humedad valor:" Asignamos variable global Valor con analogRead [0], se imprime dato con Serial.print[Valor], utilizando if se comparan voltajes recibidos de los sensores, si Valor es<=300 imprime "Seco necesitas regar" enviando valor alto a las salida

digital 6, si Valor >300 imprime "Humedo" mandando señal baja a la salida digital 6 y se programa con un retardo de 1seg mostrado en la figura 14.

```
void loop(){
  Serial.print("Sensor de Humedad valor:");
  Valor = analogRead(0);
  Serial.print(Valor);
  if (Valor <= 300);
  Serial.println(" Seco, necesitas regar");
  digitalWrite(6,HIGH);
  if ((Valor > 300) and (Valor <= 700));
  Serial.println(" Humedo, no regar");
  digitalWrite(6,LOW);
  if (Valor > 700)
  Serial.println(" Encharcado");
  digitalWrite(6,LOW);
  delay(1000);
}
```

Figura 14 Líneas del programa en Arduino.

En el siguiente bloque es misma secuencia de programación, sólo se asigna entrada analogRead [1] a Valor y salida digital es la terminal 7. En la figura 15 se muestran las líneas de programación en Arduino arrolló el circuito impreso sobre el chasis, evitando el exceso de cableado, brindándole mayor presentación al robot.

```
Serial.print("Sensor de Humedad valor:");
Valor = analogRead(1);
Serial.print(Valor);
if (Valor <= 300);
Serial.println(" Seco, necesitas regar");
digitalWrite(7,HIGH);
if ((Valor > 300) and (Valor <= 700));
Serial.println(" Humedo, no regar");
digitalWrite(7,LOW);
if (Valor > 700);
Serial.println(" Encharcado");
digitalWrite(7,LOW);
delay(1000);
```

Figura 15 Líneas del programa en Arduino.

En la figura 16 se muestra el siguiente bloque en Arduino en el cual la secuencia sigue el mismo camino de programación asignándole la entrada analogRead [2] a Valor y la su salida digital es la terminal 8.

```
Serial.print("Sensor de Humedad valor:");
Valor = analogRead(2);
Serial.print(Valor);
if (Valor <= 300);
Serial.println(" Seco, necesitas regar");
digitalWrite(8,HIGH);
if ((Valor > 300) and (Valor <= 700));
Serial.println(" Humedo, no regar");
digitalWrite(8,LOW);
if (Valor > 700);
Serial.println(" Encharcado");
digitalWrite(8,LOW);
delay(1000);
```

Figura 16 Líneas del programa en Arduino.

En el último bloque de programación en Arduino se sigue la misma secuencia asignándole la entrada analogRead [3] a Valor y la su salida digital es la terminal 9. En la figura 17 se muestran las líneas de programación en Arduino.

```
Serial.print("Sensor de Humedad valor:");
Valor = analogRead(3);
Serial.print(Valor);
if (Valor <= 300);
Serial.println(" Seco, necesitas regar");
digitalWrite(9,HIGH);
if ((Valor > 300) and (Valor <= 700));
Serial.println(" Humedo, no regar");
digitalWrite(9,LOW);
if (Valor > 700);
Serial.println(" Encharcado");
digitalWrite(9,LOW);
delay(1000);
}
```

Figura 17. Líneas del programa en Arduino.

3. Resultados

- Se logró tener un sistema automatizado que mantenga húmedas las áreas verdes, propiciando una buena imagen a las personas que visitan la universidad.
- La utilización del software y hardware arduino sensa de manera directa la humedad del área con el fin de regar solo cuando exista la necesidad ayudando al ahorro del agua.

- Al trabajar con un sistema automatizado se evita mano de obra calificada que riegue de forma manual los jardines.
- Con el sistema de riego se previene el desperdicio de energía eléctrica, pues solo encenderá en momentos preestablecidos por el usuario.

4. Análisis y discusión

Al tener completo el rediseño del sistema de riego se procedió a realizar pruebas donde se verificaron las zonas que debían tener humedad, para la cual se puso en marcha el relevador zelio con la programación realizada verificando manualmente zona por zona, una vez comprobados los resultados se arrancó el sistema con el interruptor de energía para dar paso a la automatización.

Los resultados fueron favorecedores, pero se observó un problema a la hora de podar el césped con las cortadoras que tiene la universidad, situación complicada porque sus máquinas cortaban los aspersores, entonces se está trabajando para colocarlos en lugares estratégicos o con marcas para que se haga el trabajo con cero defectos y gastos dobles.

5. Conclusiones

El trabajar en el rediseño de un sistema de riego en la Universidad Tecnológica de Altamira contribuyo a los estudiantes a su aprendizaje, adquiriendo experiencia en sistemas automatizados. Los beneficios logrados fueron: obtener un sistema de riego autónomo donde la mano de obra calificada no tendría necesidad de ser, se ahorra energía eléctrica pues las bombas de agua se encienden únicamente a una hora determinada, las áreas verdes de la institución dan presencia y belleza a los edificios posicionándola como un lugar verde y limpio teniendo una imagen impecable y de primer mundo, la inversión del sistema autónomo es recuperable en un 1 año, tomando en cuenta que no necesitamos de personas que se encarguen del trabajo, no se desperdicia agua y la vida del relevador programable llega hacer hasta de 30 años.

Se concluye que hay mucho todavía por hacer en la investigación y contribución de áreas verdes y medio ambiente, que es solo el inicio de este tipo de proyectos,

ya que en el futuro se contempla la posibilidad de automatizar las luminarias de todos los edificios tomando en cuenta los horarios de clase en la institución; esto es un pequeño avance, pero significativo para todos.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Dale Compton W. "Design and Analysis of Integrated Manufacturing Systems" National Academies, 1988.
- [2] DiFrank, P.E.G,"Discussion of the various levels of automation".Cement Industry Technical Conference Record, 2007. IEEE. April 29 2007-May 2 2007 Page[s]:45 – 62.
- [3] Enríquez, G. [2005] Fundamentos de control de motores. México: Limusa.
- [4] Kalpakjian, S. [2002] Manufactura, ingeniería y tecnología. México: Prentice Hall.
- [5] Parasuraman. R, Riley V. A., "Humans and automation: Use, misuse, disuse, abuse," Human Factors, vol. 39, pp. 230–253, 1997.
- [6] Roldán, J. [2007] Automatismos y cuadros eléctricos. España: Paraninfo.
- [7] Torres Medina, Fernando. "Automatización de una planta industrial". [s/f]. Universidad de Alicante: Departamento de Física, Ingeniería de Sistemas y Teoría de la Señal. <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/10056/1/Suficiencia%20Gonzalo.pdf>. Fecha de consulta: 4/08/2017.