



## Prototipo de control de riego tecnificado aplicando la tecnología del arduino

Guido Humberto Cayo Cabrera<sup>a</sup> Justina Segovia Fuentes<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Universidad Nacional del Altiplano Puno Perú, Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, e-mail: [ghcc\\_telematic@hotmail.com](mailto:ghcc_telematic@hotmail.com), <sup>b</sup>Productora Agropecuaria de Puno Perú

### INFORMACIÓN DEL ARTICULO

Art. Recibido 20/10/14  
Art. Aceptado 10/04/15  
Publicado: 30/04/15

### PALABRAS CLAVE:

\* Riego tecnificado  
\* Internet  
\* WEB  
\* Aspersión  
\* Tecnología del Arduino

### ARTICLE INFO

Article Received 20/10/14  
Article Accepted 10/04/15  
Published:30/04/2015

### KEY WORDS:

\* Irrigation technology  
\* Internet  
\* WEB  
\* Spray  
\* Arduino technology

### RESUMEN:

El riego por aspersión se aplica el agua en suelo asperjado, o fraccionando el caudal en gotas las mismas que humedecen el terreno al tiempo que alcanzan la superficie del mismo. Se trata de un método de riego mecanizado, que asegura un preciso control de la lámina de agua aplicada en función de las condiciones edafo-climáticas y de cultivo y además permite una adecuada tecnificación de la práctica del riego. La metodología propuesta es mediante el riego automatizado y controlado vía web, que asegura un preciso control de la lámina de agua aplicada en función de las condiciones climáticas y de cultivo que además permite una adecuada tecnificación de la práctica del riego. Para llevar adelante la conexión del equipo terminal vía internet se utilizó la tecnología del arduino, (ARDUINO-REF., 2012), que simplificó las condiciones de programación y control del sistema.

### TECHNIFIED IRRIGATION CONTROL PROTOTYPE APPLYING THE ARDUINO TECHNOLOGY

### ABSTRACT

Sprinkler irrigation water is applied on sprayed soil, ie, splitting the flow through a rain infiltrating the culture medium at the time they reach the surface. It is a method of mechanized irrigation, which ensures precise control of the depth of water applied according to the soil and climate conditions and culture and allows an adequate modernization of irrigation practice. The proposed methodology is through automated irrigation and controlled via the web, which ensures precise control of the depth of water applied depending on climatic conditions and cropping also allows adequate modernization of irrigation practice. Technology that simplified conditions Arduino programming and control system (ARDUINO-REF, 2012) was used to carry out the connection of terminal equipment via the Internet.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad a muchas personas les gusta tener ya sea un jardín o plantas ornamentales muy bien cuidados, para lo cual tienen horarios para el riego manual de las mismas, BLAKE. (2004), pero que ocurre cuando las personas salen de viaje y no se encuentran en la residencia, no hay forma de abastecer con agua a las plantas motivo por el cual estas pueden secarse y morir. Por otra parte el ahorro de tiempo, para muchos es también fundamental y es que la atención y los cuidados en el caso de un jardín requieren de cierta dedicación y de un tiempo del que en ocasiones no se dispone. El presente trabajo tiene por propósito el poder controlar desde cualquier parte del mundo a través de internet un sistema de riego de plantas en el cual se puede activar automáticamente la zona que se desea regar de acuerdo al nivel de humedad existente en el suelo, Torres. (2007).

El riego es una de las labores agronómicas de gran importancia que permite conseguir potencialmente el desarrollo agrícola de los cultivos incrementando sus rendimientos. El riego se puede definir como la aplicación artificial de agua al terreno con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo. Durango, J. (2001). En consecuencia cabe la interrogante: ¿Qué alternativa paralela frente a la varias existentes tecnológicamente, posibilitará el control de riego tecnificado?. El objetivo general es analizar un sistema de control que permita controlar el riego tecnificado vía internet. La Hipótesis General es el control de riego tecnificado será óptimo utilizando herramientas de internet para su transmisión a puntos remotos por vía inalámbrica.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### MÉTODO

- Diseño de Investigación y tipo de estudio**
  - El presente trabajo de investigación, es un estudio tipo **EXPERIMENTAL**, se establece que aplicando la red inalámbrica WiFi y Bluetooth, se pueda controlar puntos remotos de un sistema de riego tecnificado.
  - Es un estudio **LONGITUDINAL**, porque las variables se miden en varias ocasiones.
- Población:** La población para el presente trabajo de investigación, estará conformada por el hábitat del sistema de riego. El mismo se centralizará en terrenos de cultivo.
- Muestra:** Se utilizó las mediciones típicas de alcance por cobertura, niveles característicos de la incidencia de la radiofrecuencia, frecuencias de operación, afecciones y repercusiones trascendentes del control de riego, etc. Para diferentes tecnologías WiFi y bluetooth.

### MATERIALES

- Recursos Humanos:** Ejecutor del trabajo de investigación.
- Recursos Materiales:** Dos Computadoras de Escritorio, Software de soporte, Osciloscopio, Lectoras de DVD, 03 millares de papel, Hojas de Datos de los fabricantes de los Dispositivos electrónicos, Calculadoras, Mapas Topográficos de las zonas, Escalímetros, Impresoras.
- Financiamiento Del Proyecto:** Para el desarrollo el financiamiento son Recursos propios de los autores del presente proyecto.

## ANÁLISIS METODOLÓGICO

### Descripción del Sistema de Riego

La irrigación puede definirse como la aplicación de agua al terreno con los siguientes objetivos:

- Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.
- Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración
- Refrescar la temperatura del suelo y la atmósfera para de esta forma mejorar las condiciones ambientales para su desarrollo vegetal.
- Disolver sales contenidas en el suelo.
- Reducir la probabilidad de formación de drenajes naturales.
- Dar las características óptimas de humedad de suelo.

En términos generales el objetivo que se persigue con el riego es aplicar a los cultivos, de forma eficiente y sin alterar la fertilidad del suelo, el agua en el momento adecuado y en la cantidad necesaria para lograr un crecimiento óptimo, Lecaros. (2011).

### El riego por aspersión

El riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de «lluvia» localizada, Gaete. (2001).

El riego por aspersión es una modalidad de riego mediante la cual el agua llega a las plantas en forma de «lluvia» localizada más o menos intensa y uniforme sobre la parcela con el objetivo que infiltre en el mismo punto donde cae. Para ello es necesaria una red de distribución que permita que el agua de riego llegue con presión suficiente a los elementos encargados de aplicar el agua (aspersores o difusores).

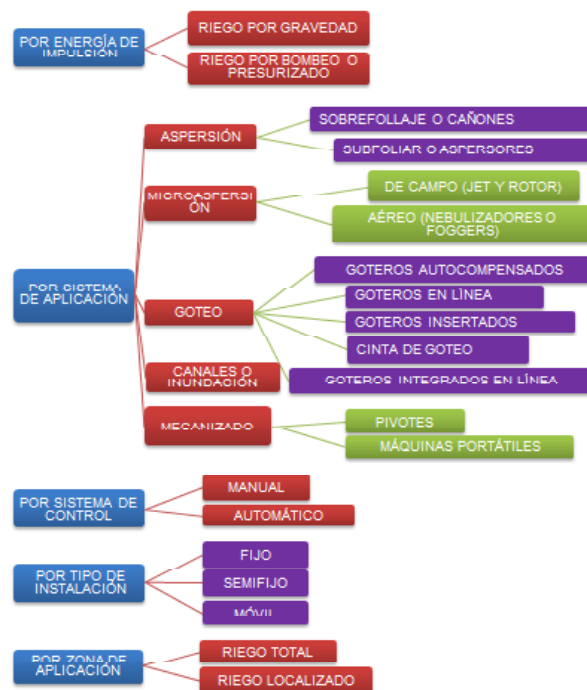


Figura 1: Clasificación de los sistemas de riego, Gaete. (2001)

## OBSERVACIÓN DEL SISTEMA

### Elementos básicos de riego

#### Aspersores

El método de riego por aspersión implica una lluvia más o menos intensa o uniforme sobre la parcela con el objetivo de que el agua se infiltre en el mismo punto donde cae. Los aspersores son los elementos de la instalación de riego por aspersión encargados de distribuir el agua en forma de lluvia sobre la superficie del suelo. Son elementos provistos de una o más boquillas montadas sobre un cuerpo central por las que sale el agua a presión. El movimiento del aspersor es provocado por la presión del agua que, al salir, se dispersa en forma de gotas mojando una superficie más o menos circular, cuyo alcance depende de la presión del agua y del tipo de aspersor, Macías et al. (2011). La distribución del agua sobre la superficie regada por un aspersor no es uniforme, por lo que para conseguir la mayor uniformidad posible han de disponerse los aspersores lo suficientemente próximos entre sí de tal forma que se produzca un solape entre ellos.

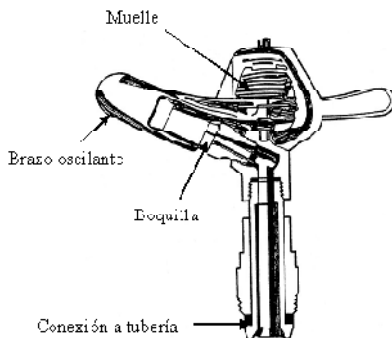


Figura 2. Componentes principales de un aspersor de impacto.

Entre los diferentes tipos de aspersores se utilizó:

**Aspersores sectoriales**, que tienen la opción de girar sólo en un sector circular en lugar de realizar un giro completo. Indicados para los bordes de las parcelas donde es preciso regar esquinas y laterales. El uso más común de este aspersor agrícola es como sectorización del riego junto a caminos, para sistemas de cobertura total enterrada o superficial en el riego del maíz, trigo, cebada o alfalfa, remolacha, hortalizas de hoja robusta, legumbres y tubérculos.



Figura 3. Aspersor sectorial.

**Aspersor según la velocidad de giro.** Se empleó de acuerdo a las necesidades de irrigación en el presente prototipo, como:

- Aspersores de giro rápido: de 6 vueltas/min. Se aplicó en jardinería, viveros, etc.
- Aspersores de giro lento: de 1/4 a 3 vueltas/min: de uso general en agricultura.

Para una misma presión los de giro lento se consiguen un mayor alcance que los de giro rápido, permitiendo espaciar más los aspersores.

#### Por el tamaño de la zona a regar (alcance)

- **Aspersores de gama residencial:** para jardines de viviendas unifamiliares, comunidades de propietarios, zonas de tamaño pequeño/mediano.  
Alcance: de 7 a 12 m. Presión de trabajo: entre 2,5 y 4 bares. Caudal: de 750 a 1500 l/h.
- **Aspersores de gama comercial industrial:** para comunidades de viviendas, complejos residenciales, parques públicos, complejos deportivos, fábricas, hoteles, zonas de tamaño mediano/grande.  
Alcance: de 12 a 18 m. Presión de trabajo: Entre 3 y 5 bares. Caudales: de 1.500 a 3.500 l/h. Filtro: Incorporado. Válvula antidrenaje: incorporada.
- **Aspersores de gama de gran alcance:** para grandes parques públicos, campos de fútbol, rugby, hipódromos, campos de golf, grandes zonas verdes.  
Alcance: de 18 a 30 m. Presión de trabajo: entre 4,5 y 7 bares Caudales: de 3.500 a 10.000 l/h.

#### Válvulas de control

Estas válvulas controlan el ingreso del agua a los diferentes ramales para los turnos de riego, pueden ser válvulas de Ø 4", Ø 3", Ø 2 1/2", Ø 2" y Ø 1 1/2", van colocados en sitios estratégicos de control.

Estas válvulas están protegidas por cajas de concreto simple así como de una tapa metálica para evitar la sustracción de las mismas. Las que se usó en el prototipo fueron las siguientes:

#### Válvulas de aire

Son de polietileno de Ø 1" ubicados en los puntos más altos de pared y por lo general al inicio de la línea principal o secundaria, Permite eliminar el aire comprimido por el ingreso del agua al interior de las tuberías. Se encuentran protegidos por cajas de concreto y su tapa metálica.

#### Válvula de purga

Antes de cada aplicación de riego, se efectuó el purgado, en las válvulas ubicadas al final de cada línea de distribución, para que los sedimentos y desechos sean expulsados y no interfieran el normal funcionamiento del sistema, Macías et al. (2011).

### Manual Básico de Operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión

#### Operación y mantenimiento del sistema de riego por aspersión

La Operación y Mantenimiento de un sistema de riego por aspersión requiere acciones o labores de manejo de cada uno de los

componentes del sistema para garantizar un adecuado funcionamiento y asegurar el periodo de vida útil para el cual fue diseñado, Gaete. (2001).

- **Captación.** Es una estructura, que sirve para tomar el agua de un manantial o fuente de agua limpia, con la cual se distribuirá agua a tuberías que se depositará en un reservorio. La captación tiene las siguientes partes:
- **Sello de protección.** Sirve para proteger el agua evitando que entre tierra o cualquier suciedad y hacer entrar a la cámara de recolección.
- **Cámara de recolección.** Espacio donde se recolecta el agua, funciona como cámara de carga para luego ser conducida por las tuberías. El manantial o puquial se forma con el paso del tiempo al entrar el agua de la lluvia en el suelo. Esta agua es limpia y pura.
- **Canastilla de salida.** Es un filtro que se coloca al medio del tubo y evita que regresen piedras o tierra al interior de la tubería.

#### Operación de la captación

Al terminar las obras o al finalizar las actividades de mantenimiento se hace funcionar la captación a fin de eliminar microbios, para desinfectar la estructura se debe tener en cuenta los siguientes pasos:

- Cerrar la válvula de salida poco a poco, luego se retira el cono de rebose para que el agua salga por el tubo de limpieza.
- Limpiar las paredes de captación usando una escobilla y agua con cloro.
- Lavar la cámara de recolección para sacar toda la suciedad, usando agua con cloro, luego colocar el tubo de rebose, llenar de agua y tapar los orificios de entrada del agua.
- Mezclar agua y cloro, y dejarlo por dos horas, luego sacar todo el agua con cloro y quitar el tubo de rebose, de esta manera se va todo el cloro usado para la desinfección.
- Finalmente colocar el tubo de rebose y tapar la cámara de recolección asegurándola con candado. Se recomienda dejar salir el agua por el tubo de rebose durante media hora.
- Poner operativo la captación de la siguiente forma: abrir la válvula para que pase el agua a la línea de conducción.
- Así el agua que estaba saliendo por el tubo del rebose pasa por la canastilla de salida. De esta manera el agua de manantial empieza a correr por las tuberías de conducción hacia el reservorio.

#### La captación deja de funcionar cuando:

- Se saturan los orificios de ingreso del agua a la cámara de recolección.
- La cámara de recolección se llena de barro y piedras.
- La válvula de control se oxida o sufre desgaste.

#### Análisis de la tecnología del Arduino aplicado al prototipo

Arduino es una plataforma de electrónica abierta para la creación de prototipos basados en software y hardware abierto. Arduino puede tomar información del entorno a través de sus pines de entrada de toda una gama de sensores y puede interactuar con todo aquello que le rodea controlando luces, motores y otros actuadores. El microcontrolador en la placa Arduino se programa

mediante el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring) y el entorno de desarrollo Arduino (basado en Processing). Los proyectos hechos con Arduino pueden ejecutarse sin necesidad de conectarse a un ordenador, si bien tienen la posibilidad de hacerlo y comunicarse con diferentes tipos de software por ejemplo: Flash, Processing, MaxMSP. Las placas pueden ser hechas a mano o compradas montadas de fábrica; el software puede ser descargado de forma gratuita. Los ficheros de diseño de referencia (CAD) están disponibles bajo una licencia abierta, ARDUINO. (2012).

#### ARDUINO UNO

Arduino UNO es una placa electrónica basada en el microcontrolador ATmega 328. Cuenta con 14 pines digitales que pueden ser entradas o salidas de los cuales 6 pueden ser usados como salidas PWM, 6 entradas analógicas, un cristal oscilador de 16 MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio. La placa electrónica tiene todo lo necesario para proporcionar soporte al microcontrolador, basta con conectar la placa a una computadora con un cable USB o a un adaptador AC-DC o a una batería para empezar, ARDUINO-UNO. (2012).

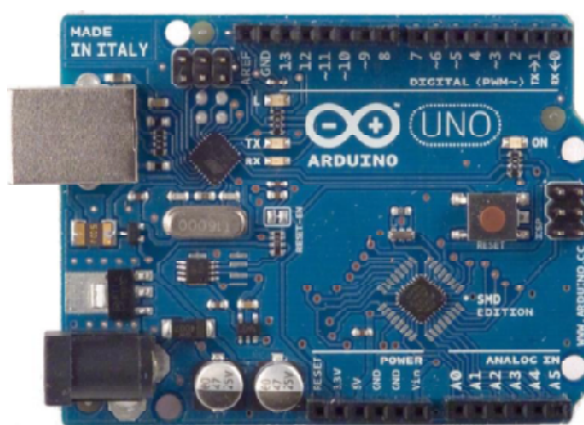


Figura 4. Arduino UNO, ARDUINO-UNO. (2012).

Tabla 1. Especificaciones de la tarjeta Arduino UNO SMD.

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328) of which 0.5KB used by bootloader
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

Fuente: ARDUINO-UNO. (2012).

El largo y ancho de la PBC de la tarjeta Arduino UNO son 2.7x2.1 pulgadas respectivamente, con el conector USB y conector de alimentación se extiende más allá de la dimensión anterior. Cuatro

orificios de tornillos permiten que la tarjeta sea sujeta a una superficie o caja. Obsérvese que la distancia entre los pines digitales 7 y 8 es de 160 milésimas de pulgada (0.16"), no un múltiplo par de la separación de 100 milésimas de los otros pines.

### ARDUINO ETHERNET SHIELD

La tarjeta Arduino Ethernet Shield conecta a una tarjeta Arduino a internet en cuestión de minutos. Sólo hay que conectar este módulo sobre la placa Arduino, conectarlo a la red con un cable RJ45 (no incluido) y seguir algunas instrucciones sencillas para empezar a controlar su entorno a través de internet. Como siempre con Arduino, todos los elementos de la plataforma de hardware, software y documentación son de libre acceso y de código abierto. Esto significa que se puede aprender exactamente cómo se hacen y utilizar su diseño como punto de partida para realizar aplicaciones específicas, ARDUINO-SH. (2012).

- a) Requiere una tarjeta Arduino.
- b) Tensión de 5 V (suministrados desde la tarjeta Arduino).
- c) Controlador de Ethernet: W5100 con buffer interno de 16K.
- d) Velocidad de conexión: 10/100Mb.
- e) Conexión con Arduino mediante el puerto SPI.

### Universal Serial Bus (USB)

Puerto que sirve para conectar periféricos a un ordenador. Fue creado en 1996 por siete empresas: IBM, Intel, Northern Telecom, Compaq, Microsoft, Digital Equipment Corporation y NEC. Un sistema USB tiene un diseño asimétrico, que consiste en un solo servidor y múltiples dispositivos conectados en una estructura de árbol utilizando concentradores especiales. Se pueden conectar hasta 127 dispositivos a un solo servidor, pero la suma debe incluir a los concentradores también, así que el total de dispositivos realmente usables es algo menor, FERNÁNDEZ. (2012).

Según la velocidad de transmisión se clasifican en cuatro tipos, ESCUDERO. (2012):

- **Baja velocidad (1.0):** Tasa de transferencia de hasta 1.5 Mbps (192 KB/s). Utilizado en su mayor parte por dispositivos de interfaz humana como los teclados, los ratones, las cámaras web, etc.
- **Velocidad completa (1.1):** Tasa de transferencia de hasta 12 Mbps (1.5 MB/s). Estos dispositivos dividen el ancho de banda de la conexión USB entre ellos, basados en un algoritmo de impedancias LIFO.
- **Alta velocidad (2.0):** Tasa de transferencia de hasta 480 Mbps (60 MB/s). Está presente casi en el 99% de los PC actuales. El cable USB 2.0 dispone de cuatro líneas, un par para datos, una de corriente y una de toma de tierra.
- **Súper alta velocidad (3.0):** Tiene una tasa de transferencia de hasta 4.8 Gbps (600 MB/s). Esta especificación es diez veces más veloz que la anterior 2.0 y se lanzó a mediados del 2009 por Intel.

## ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

### Procedimiento y análisis de datos

Se procedió a obtener los datos necesarios:

### Datos de temperatura:

Se tomó del muestreo realizado interactuando la interface sensor - PC-Arduino (Uno) un promedio 38°.

### Datos de Humedad

Se tomó del muestreo realizado interactuando la interface sensor - PC-Arduino (Uno) un promedio 175, con esos datos trabajaremos en lo máximo.

### Simulación del Sistema con el Software Proteus

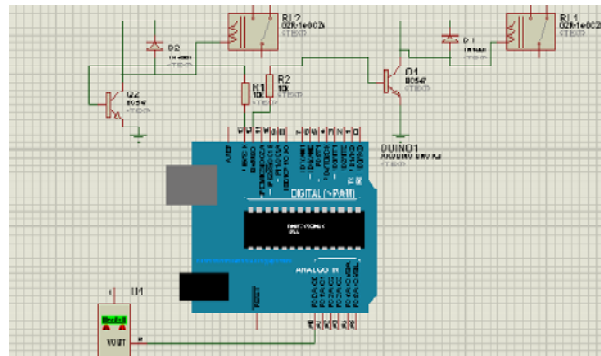


Figura 5. Conexión de relays y Arduino (Fuente: Elaboración propia del diseño).

### Instalación del software del arduino, instalando los drivers.

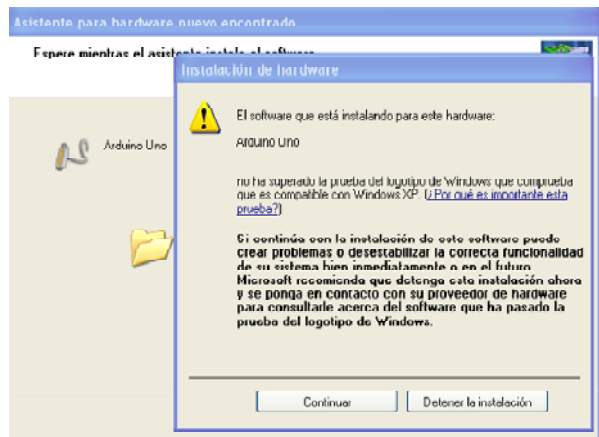


Figura 6. Instalación del software de arduino, ARDUINO. (2012).

### Programación del código fuente del arduino, ARDUINO. (2012).

```

proyecto_final5 Arduino 1.5.7
Archivo Editor Programa Herramientas Ayuda

proyecto_final5

#include <SPI.h>
#include <Ethernet.h>

byte mac[] = { 0x90, 0xA2, 0xDA, 0x0E, 0x08, 0xEC };
byte ip[] = { 10,3,24, 93 };

EthernetServer server(80);
const int analogHumedad = A1;
const int analogTemperatura = A0;
const int RelayPin = 13;
const int RelayPina = 12;
const int maxHume = 165;
const int minTemp = 24;
String leadString=String(30);
String state=String(3);
    
```

Figura 7. El código fuente: 1) MAC e IP, 2) Relay, 3) Sensores, 4) WEB, 5) Control Riego.

## Diseño e implementación de la interacción de la PC con los protocolos de TCP/IP.

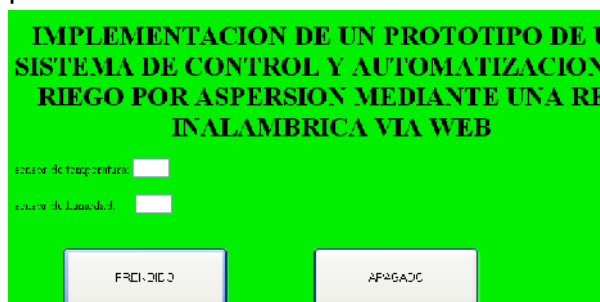


Figura 8. Visualización de control de riego en la WEB. Fuente: Elaboración propia de los autores.

## ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

### Alcance y Sentido de la Investigación

Los sensores de humedad funcionaron de manera aceptable, entregando los valores muy aproximados a los que normalmente entregan los sensores de alta precisión. Con el software ARDUINO que se utilizó para la programación de los módulos de arduino es factible optimizar las subrutinas de programación. La comunicación entre el ARDUINO ETHERNET y ARDUINO UNO (ARDUINO. (2012), y ARDUINO-ET. (2012)).

Se diseñó e implementó un prototipo de Arduino, para el monitoreo y control de las variables físicas presentes en el sistema de riego, el mismo que podrá ser utilizado en una amplia gama de sectores y cultivos a fin de contribuir al mejoramiento de la producción de los mismos. Se logró determinar las principales ventajas, desventajas y campo de aplicación del uso de la tecnología Arduino Ethernet ante las demás tecnologías, instalación y mantenimiento.

### Significado de la Investigación

Representa un paso importante en la investigación sobre la aplicabilidad del control de riego sea por aspersión o similares vía control inalámbrico aprovechando la tecnología WiFi y bluetooth, provista de un celular que presente protocolo TCP/IP, LÓPEZ. (2012), para enrutar vía internet el registro de la monitorización de la temperatura y humedad del terreno visualizado a través de la página WEB, PROFERAMON. (2012).

### Limitaciones de la Investigación

El primer inconveniente que se tuvo fue conseguir los sensores de temperatura y de humedad, adecuados para la zona, que soporten radiaciones acordes con el hábitat. Como el sistema está alimentado por la red eléctrica a 220 V, tuvimos inconvenientes con la alimentación y las baterías de respaldo que eran recargables, se tuvo inicialmente fueron mínimas, lo que provocó algunos retrasos en las mediciones. El prototipo respondió inicialmente en las pruebas preliminares óptimamente en los laboratorios de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica, pero fue incómodo en algunos terrenos muy accidentados con andenes disponer el prototipo por el viento que hizo inicialmente inestable al sistema específicamente la incidencia en la lectura de los sensores; las mismas fueron

contrarrestadas finalmente armando el sistema en estructuras de base sólidas.

### Relevancias y aportes de la Investigación

La investigación representa un método alternativo en el tratamiento efectivo del control de riego tecnificado sea por aspersión o similar. La optimización del sistema distribuido y diversificado depende exclusivamente de la programación de los puertos de comunicación y sobre todo muy relevante las características de los sensores y los sistemas de interface y actuadores. El comportamiento del arduino simplifica varios procesos de programación y ello hace asequible a ser flexible y robusto, INELE-AS. (2012).

## CONCLUSIONES

Con la realización de este proyecto se logró obtener un sistema control centralizado a un costo sumamente bajo, ya que un sistema de esta naturaleza en nuestro país no se lo encuentra con mucha facilidad, además que el costo de algún sistema parecido tendría valores exorbitantes.

Se concluyó que dentro de un contexto empresarial este sistema se puede convertir en una alternativa uso potencial en el país de Perú, tanto para domicilios como empresas ya que el estado actualmente no apoya el desarrollo de nuevas tecnologías.

Se investigó las funciones apropiadas para un sistema control, para confirmar que las computadoras personales: INTERNET previamente analizadas, brindaron al usuario un excelente entorno interactivo con panel además de amigable, así como el uso de la tecnología INTERNET aportó de manera eficiente al desarrollo del sistema.

Los resultados alcanzados en las pruebas con este sistema cumplieron el 100% de expectativas y objetivos iniciales, al proporcionar una seguridad que garantiza la normalidad en las instalaciones del diseño e implementación.

Con los resultados obtenidos en las pruebas de este sistema de riego se puede comprobar que éste funciona en tiempo real ya que el intervalo en el envío y recepción de los mensajes está en función del tiempo esperado que es aproximadamente 45 segundos.

## RECOMENDACIONES

Para un trabajo a futuro se puede realizar una ampliación y mejora de este sistema, por ejemplo aumentar sensores, actuadores, electroválvulas o dependiendo de las necesidades del usuario.

Es conveniente utilizar programas como Proteus o simuladores, debido a que estas herramientas ayudan con sus diferentes componentes a armar un esquema del circuito y realizar corrección de errores en hardware y en lenguaje ensamblador, INELE-IV. (2012).

El mantenimiento del sistema debe realizarlo un personal técnico calificado para evitar daños o modificaciones que alteren el sistema, ya que algunos de sus componentes son sensibles a estática.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Gaete. (2001). Gaete Vergara, Leonardo. Tesis: «Manual de Diseño de Sistemas de Riego Tecnificado». Universidad de Talca. Facultad de Ingeniería. Escuela Ingeniería Ejecución Mecánica. Chile. 2001.
- Torres. (2007). Torres A., Ítalo S. PROYECTO DE REDUCCION DE LA POBREZA (PROLOCAL. Proyecto: «DISEÑO E INSTALACION DE RIEGO POR ASPERSION». Guayaquil. Ecuador. 2007.
- Lecaros. (2011). Lecaros Barragán, José M. EL RIEGO POR GOTEO. Director del Instituto Rural Olmos (IROL). Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo (USAT). SEMINARIO INTERNACIONAL DE RIEGO Y FERTIRRIGACION 1 Chiclayo, Perú. 23 y 24 de Junio de 2011.  
[http://www.misti.com.pe/web/images/stories/eventos/El\\_Riego\\_por\\_Goteo.pdf](http://www.misti.com.pe/web/images/stories/eventos/El_Riego_por_Goteo.pdf)
- Macías et al. (2011). Mery Jacqueline Macías Macías, María Monserrate Vergara Sabando, Verónica Rocío Macías Solórzano, Miguel Abad Bazurto Zambrano Tesis: «Adaptación e instalación de un sistema de riego por aspersión, para cultivos comerciales establecidos en la comunidad El Milagro del cantón Portoviejo». UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MANABÍ. FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA. Portoviejo - Manabí – Ecuador. 2011.  
<http://repositorio.utm.edu.ec/bitstream/123456789/2381/1/tesis%20final%20riego%20aspersion%20pdf.pdf>
- EDMINISTER. (1987). EDMINISTER, JOSEPH E. «Circuitos eléctricos». Editorial McGraw Hill, Madrid, 1987.
- NILSSON & RIEDEL. (2005). NILSSON, JAMES W.; RIEDEL, SUSAN A. «Circuitos eléctricos». Editorial Pearson Educación, S.A., Madrid, 2005.
- ANGULO & ANGULO. (2003). ANGULO U., JOSÉ M.; ANGULO M., IGNACIO «Microcontroladores PIC Diseño práctico de aplicaciones». Editorial McGraw Hill, Madrid, 2003.
- BLAKE. (2004). BLAKE, R. «Sistemas electrónicos de comunicaciones». Editorial International Thomson S.A., México, 2004.
- OPPENHEIM. (1998). OPPENHEIM, A. «Señales y Sistemas». Editorial Prentice-Hall, México, 1998.
- ARDUINO. (2012). ARDUINO. «Arduino». [Documento HTML]. 4 de agosto del 2012. <http://www.arduino.cc/es/>
- ARDUINO-UNO. (2012). ARDUINO. «Arduino UNO». [Documento HTML]. 5 de agosto del 2012. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardUno>
- ARDUINO-NANO. (2012). ARDUINO. «Arduino Nano». [Documento HTML]. 6 de agosto del 2012. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoBoardNano>
- ARDUINO-SH. (2012). ARDUINO. «Arduino Ethernet Shield». [Documento HTML]. 7 de agosto del 2012. <http://arduino.cc/en/Main/ArduinoEthernetShield>
- HISPAVILA. (2012). HISPAVILA. «DS1307». [Documento PDF]. 10 de agosto del 2012. [http://www.hispavila.com/3ds/atmega/descargas/rtc\\_ds1307.pdf](http://www.hispavila.com/3ds/atmega/descargas/rtc_ds1307.pdf)
- FERNÁNDEZ. (2012). FERNÁNDEZ C., ANTONIO M. «Bus I2C». [Documento PDF]. 11 de agosto del 2012. <http://www.uco.es/~el1mofer/Docs/IntPerif/Bus%20I2C.pdf>
- SDMC. (2012). SISTEMA DE DESARROLLO PARA MC, MODELO MDK-B28 «Comunicación Serial Síncrona (SPI)». [Documento PDF]. 15 de agosto del 2012. [http://proyecto-test-hm1.googlecode.com/files/Cap\\_No\\_05.pdf](http://proyecto-test-hm1.googlecode.com/files/Cap_No_05.pdf)
- ESCUADERO. (2012). ESCUDERO G. «USB». [Documento PDF]. 15 de agosto del 2012. <http://www.inti.gov.ar/electronicaeinformatica/informatica/pdf/usb.pdf>
- PROFERAMON. (2012). PROFERAMON. «Dirección IP». [Documento PDF]. 16 de agosto del 2012. [http://www.proferamon.com/documents/adreces\\_ip.pdf](http://www.proferamon.com/documents/adreces_ip.pdf)
- TELEFÓNICA. (2012). TELEFÓNICA. «Dirección MAC». [Documento PDF]. 16 de agosto del 2012. <http://www.telefonica.net/web2/fja/mac-ip.pdf>
- LÓPEZ. (2012). LÓPEZ Q., JUAN A. «Diferencias entre UDP y TCP». 18 de agosto del 2012.
- INELE-IV. (2012). INELE. Instrumentación Virtual. [Documento PDF]. 19 de agosto del 2012.  
[http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion\\_y\\_Control/Ivan\\_Velazquez/Catedra/Capitulo%207.%20Instrumentacion%20Virtual.pdf](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%207.%20Instrumentacion%20Virtual.pdf)
- INELE-AS. (2012). INELE. Acondicionamiento de Señales. [Documento PDF]. 1 de septiembre del 2012.  
[http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion\\_y\\_Control/Ivan\\_Velazquez/Catedra/Capitulo%203.%20Acondicionamiento%20de%20senales.pdf](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez/Catedra/Capitulo%203.%20Acondicionamiento%20de%20senales.pdf)
- ARDUINO-REF. (2012). Referencia del Lenguaje. [Documento HTML]. 5 de septiembre del 2012. <http://arduino.cc/es/Reference/HomePage>
- ARDUINO-ET. (2012). Librería Ethernet. [Documento HTML]. 5 de septiembre del 2012. <http://arduino.cc/es/Reference/Ethernet>

