

CONTROL DIFUSO DE UNA ESTACIÓN METEOROLÓGICA EN UNA PLANTACIÓN CON RIEGO AUTOMATIZADO

H. Gutierrez¹, W. Cajo², A. Muriano³, H. De La Cruz⁴ *Ten Semester Students Ricardo Palma University- Lima^{1,2,3,4}, {harold123, wilfredo_ramon2,xan_15,ocrozevo} @hotmail.com^{1,2,3}.*

Abstract—

The public receives the state of the current time and its forecast for the next days through the media: newspapers, radio, television and Internet. The road that makes the meteorological information to reach the user involves numerous processes and institutions at national and international level. Meteorological information and subsequently developed products, such as weather forecasting, allow planning of future activities in the population and in decision-making groups.

Palabras Claves— Automatización, Riego tecnificado, Meteorología, Arduino, Control Difuso, Lógica difusa.

I. INTRODUCCION

Los pronósticos del tiempo y clima son realizados a fin de proteger la vida y la propiedad de las personas, salvar las cosechas de posibles eventos extremos, como así también la planificación de las actividades de los grupos de decisión. Las actividades comerciales como el agro o la aeronavegación depende, fuertemente, del pronóstico del tiempo a corto (3 a 5 días) y mediano plazo (7 a 15 días), lo cual permite tomar las difíciles decisiones relacionadas el cierre o apertura de un aeropuerto o determinar el mejor momento de la temporada para cosechar o sembrar el campo. [1]

El pronóstico meteorológico que brindan los medios de comunicación es el último eslabón de una cadena de esfuerzos globales colectivos en medir, transmitir y procesar una amplia cantidad de información que proviene de numerosas fuentes.

Los componentes que conforman esa cadena están esquematizados en el siguiente diagrama que muestra el camino desde la información meteorológica hasta el desarrollo como última instancia del pronóstico meteorológico.[2]



Figura1: Eslabones que componen el recorrido y procesamiento de la información meteorológica. [1]

La atmósfera es una capa gaseosa que rodea a la Tierra. Ella está íntimamente ligada a nuestra vida, de no existir la atmósfera, no podríamos oír el canto de las aves, no veríamos al cielo color azul (sin comer podemos sobrevivir unas pocas semanas, sin beber muy pocos días pero sin respirar apenas minutos). La vida en la Tierra se desarrolló en presencia de la atmósfera.

¿Cómo conocemos a la atmósfera?

Midiendo las variables que la describen.

¿Cuáles son dichas variables?

La temperatura, la presión, el viento, la humedad y la precipitación. Hay otras variables que también se observan como: la cantidad y tipo de nubes, la visibilidad, los fenómenos significativos (presencia de niebla, rocío, humo, tormenta con o sin actividad eléctrica, torbellinos,etc.), el estado actual del tiempo, entre muchas otras variables.[3]



Figura 2. Componentes de la Red Mundial de Observación [1]

Los sensores con los que cuentan las estaciones realizan mediciones de las siguientes variables:

a) Temperatura del aire. La temperatura es la medida del contenido de calor de un cuerpo o del medio ambiente. El calor equivale a la energía calorífica que contiene. Se mide con el sensor denominado termómetro y se expresa en grados centígrados (°C).

b) Precipitación pluvial. La precipitación es la caída directa de gotas de agua o de cristales de hielo sobre la superficie terrestre. La cantidad de precipitación se mide en milímetros (mm) con el sensor llamado pluviómetro.

c) Humedad ambiental. Se denomina humedad ambiental a la cantidad de vapor de agua presente en el aire. Se puede expresar de forma absoluta o de forma relativa denominándose humedad relativa o grado de humedad. Normalmente se emplea la segunda y se expresa como porcentaje (%) respecto a un ambiente saturado. La humedad relativa se mide normalmente con un sensor llamado psicrómetro.

d) Radiación solar. Es el flujo de energía que se recibe del sol en forma de ondas electromagnéticas de diferentes frecuencias. Es medida en calorías por centímetro cuadrado por minuto o por día ($\text{cal/cm}^2/\text{día}$) o en Watts por metro cuadrado (W/m^2) con el sensor denominado piranómetro.

e) Velocidad del viento. El viento es definido como "el aire en movimiento" y se describe por dos características: la velocidad y la dirección. El instrumento que se usa para medir la velocidad del viento se llama anemómetro. Se mide en unidades m/s o km/hr .

f) Dirección del viento. Se llama dirección del viento al punto del horizonte de donde viene o sopla. Para distinguir la dirección se le aplica el nombre de los principales puntos cardinales o grados de azimut con respecto al Norte Magnético. El instrumento que se usa para medir la dirección es la veleta. Se expresa en grados de azimut o puntos cardinales N, S, E, W, NE, NW, SE, SW.

g) Humedad de las hojas. Esta variable que registran las estaciones se refiere a la humedad que se encuentra en la superficie de las hojas, ya sea por formación de rocío o por lluvia. Se mide en unidades del 0 al 10. [5]

Control es un concepto muy común y es ampliamente usado por muchas personas en la vida cotidiana. El término es usado habitualmente para hacer referencia a la interacción entre el hombre y lo que lo rodea, más específicamente a la interacción hombre-máquina. Un ejemplo común es el control del nivel de agua de un tanque, donde dependiendo del nivel del líquido se abrirá o cerrará la válvula correspondiente a su llenado. Los sistemas a controlar pueden ser de la más variada naturaleza. El control automático surge para liberar al hombre de tareas repetitivas, donde la complejidad del sistema a controlar es elevada o la operación es riesgosa, puede haber una gran cantidad de motivos por la cual se opta por el control automático. Este concepto de experiencia o base de conocimiento es muy importante en sistemas de control difuso.

El concepto de lógica difusa es muy común, está asociado con la manera en que las personas perciben el medio, por ejemplo ideas relacionadas con la altura de una persona, velocidad con la que se mueve un objeto, la temperatura dominante en una habitación, cotidianamente se formulan de manera ambigua y

depende de quien percibe el efecto físico o químico, será su enunciado acerca de tal fenómeno. Una persona puede ser alta o baja, algo puede moverse rápido o lento, una temperatura puede ser baja o moderada o alta, se dice que estas afirmaciones acerca de una variable son ambiguas por que rápido, bajo, alto son afirmaciones del observador, y estas pueden variar de un observador a otro.

La incorporación de lógica difusa a los sistemas de control da lugar a lo que llamaremos sistemas de control difuso. Se trata de determinar de manera lógica que se debe hacer para lograr los objetivos de control de mejor manera posible a partir de una base de conocimiento proporcionada. [7]

El control difuso se da mostrando una interfaz de variables meteorológicas para observar su variación a tiempo real para dar resultado una probabilidad de estado de clima e información que luego es usada como base de datos. La presente investigación también se efectúa con el objetivo de desarrollar un sistema de riego automatizado en tiempo real para determinar, controlar el momento oportuno y la cantidad de riego, monitoreado por medio de un sensor higrómetro.

II. DESARROLLO

A. Diseño

El diseño de nuestro trabajo será una maqueta de $60 \times 35 \text{ cm}^2$, donde simularemos una estación experimental meteorológica equipada con mecanismos del sistema de riego que desarrollaremos. También implementaremos una estación de control y monitoreo estableciendo la unidad de comunicación por bluetooth. Esta estación contará con diferentes zonas de cultivo, un tanque, anemómetro.



Figura 3. Estación experimental meteorológica

También se hace uso de un pluviómetro y dos electroválvulas para el sistema de riego automatizado. Para que el circuito sea automatizado, se empleará sensores de humedad que se instalarán en el suelo de cultivo. Cuando la tierra este seca, estos enviarán una señal para activar las válvulas, las cuales permitirán el flujo de agua desde el tanque hasta por las tuberías, llegando a gotear a cada una de las plantas hasta pasados los treinta segundos. Después de eso, las válvulas se cerrarán y el tanque se llenará hasta el nivel

adecuado. ara que nuestro sistema funcione, estará regido por componentes electrónicos programados mediante Arduino.



Figura 4. Estación experimental meteorológica

La estación de monitoreo cuenta con diferentes etapas para procesar las señales recibidas. En una de ellas se observa el diagrama de bloques de la unidad de control.



Figura 5. Unidad de control

B. Programación

Control de estación meteorológica con Arduino

El funcionamiento se basa en captar las señales de las variables meteorológicas en tiempo real mostrando los datos en tiempo real para así determinar un posible clima o estación.

Los resultados se mostraran de acuerdo una interfaz gráfica en programa Matlab.

Se mostrara parte de la programación de una variable que activa una válvula para el riego de una plantación. Ahorrando así el agua de la precipitación que se da en las diferentes zonas del territorio.

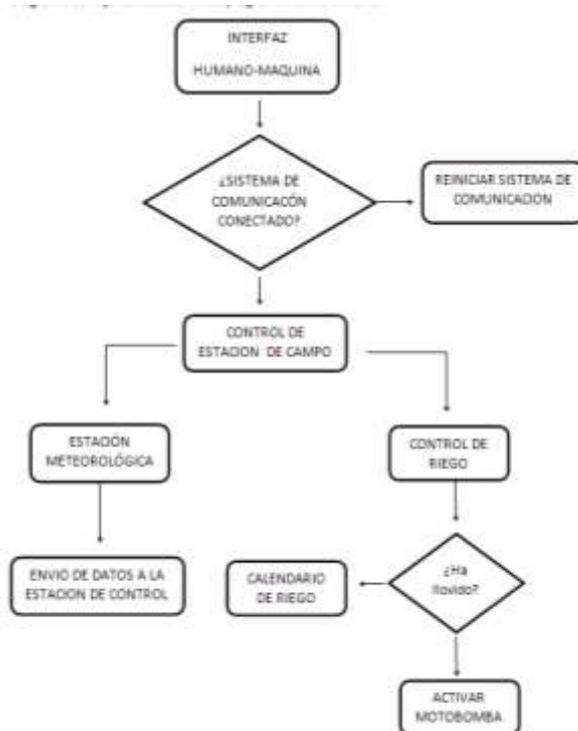


Figura 6. Unidad de control

C. Recursos

Sensor Higrómetro

Para nuestro proyecto se usará un sensor higrómetro, el cuál sirve para medir humedad relativa en interiores y en conductos de aire. La medida auxiliar de temperatura está disponible como opción. El elemento sensor de humedad abarca varias tiras de tela plástica cada uno con 90 fibras de diámetro de 3 μ m. Estas fibras plásticas experimentan un proceso especial para adquirir características higroscópicas, esto significa que absorben y liberan humedad. La estructura molecular de las fibras cambia cuando absorben el agua, dando lugar a un cambio en longitud que se puede medir. La longitud de las fibras plásticas es así una medida de la humedad relativa.

Tabla I. Datos técnicos del sensor higrómetro.

	Sensor Higrómetro
Rango de medición	0 -100% RH
Precisión de medición	>40% RH: $\pm 2.5\%$ RH <40% RH: $\pm 3.5\%$ RH
Rango de Operación recomendado	30 -100% RH
Velocidad del aire permitida	8 m/s
Longitud del sensor	220 mm
Material del sensor	Acero inoxidable
Conexión del cable	Cuello del cable PG 13.5
Peso	0.4 kg
Voltaje máximo:	3.3V ~ 5V

Fuente: Manual de usuario, empresa Kobold. Alemania, 2014.



Figura 7: Sensor Higrómetro [6]

Tabla III. Datos técnicos del sensor higrómetro.

	Servomotor MG996R
Peso	55 g.
Dimensiones	40.7 x 19.7 x 42.9 mm
Torque	9.4 kgf·cm (4.8 V), 11 kgf·cm (6 V)
Velocidad de operación	0.17 s/60º (4.8 V), 0.14 s/60º (6 V)
Voltaje	4.8 V a 7.2 V
Inductancia	500 mA - 900 mA

Fuente: Empresa "Electrónicos Caldas"
Colombia, 2015

Controlador Arduino MEGA 2560

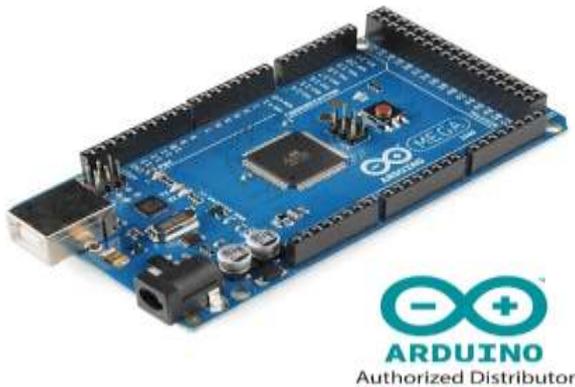


Figura 8: Microcontrolador Arduino [9]

Arduino Mega es una tarjeta de desarrollo open-source construida con un microcontrolador modelo Atmega2560 que posee pines de entradas y salidas (E/S), analógicas y digitales.

El Arduino Mega tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16MHz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset.

Regulador de voltaje step down lm25965



Figura 9: Regulador de voltaje Step down [10]

Características del Regulador Step-Down ajustable con voltímetro:

- Convertidor buck de alta eficiencia: ~80%
- Voltaje de entrada: 4.75 a 30V
- Voltaje de salida: 1.25 a 26V
- Voltaje de salida ajustable
- Corriente promedio de salida: 2A
- Corriente pico de salida: 3A
- Led indicador de encendido
- Voltímetro para monitorear el estado de la salida o entrada

Sensor Inductivo IME18-05BPSZW2S



Figura 10: Sensor inductivo [12]

Los sensores inductivos son una clase especial de sensores que sirve para detectar materiales ferrosos. Son de gran utilización en la industria, tanto para aplicaciones de posicionamiento como para detectar la presencia o ausencia de objetos metálicos en un determinado contexto: detección de paso, de atasco, de codificación y de conteo.

Características:

- Enrasables.
- Especiales para posicionamiento.
- Distancias más cortas de detección.
- Sensado limitado al frente del sensor.

Sensor de lluvia T1592 P

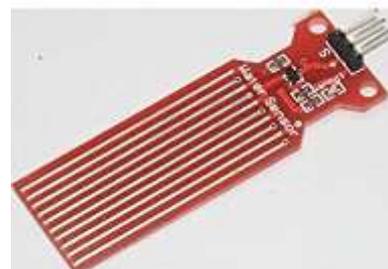


Figura 11: Sensor de lluvia [10]

Módulo del sensor de nivel de agua de lluvia Detección Profundidad Altura Superficie del líquido para Arduino

- Voltaje de funcionamiento: DC3-5V
- Corriente de funcionamiento: menos de 20mA
- Tipo de sensor: Analógico
- Área de detección: 40mm x 16mm
- Proceso de producción: FR4 HASL de doble cara
- Temperatura de funcionamiento: 10-30
- Humedad: 10%-90% sin condensación
- Dimensiones del producto: 62mm x 20mm x 8mm

Módulo bluetooth hc-06 arduino



Figura 12: Modulo Bluetooth Arduino[12]

El modulo BlueTooth HC-06 utiliza el protocolo UART RS 232 serial.

Características:

- Compatible con el protocolo Bluetooth V2.0.
- Voltaje de alimentación: 3.3VDC - 6VDC.
- Voltaje de operación: 3.3VDC.
- Baud rate ajustable: 1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200.
- Tamaño: 1.73 in x 0.63 in x 0.28 in (4.4 cm x 1.6 cm x 0.7 cm)
- Corriente de operación: < 40 mA
- Corriente modo sleep: < 1mA

III. RESULTADOS

Lógica difusa para la determinación del tiempo meteorológico

La evaluación de las diferentes variables a usar para la determinación del tiempo se usó las variables más determinantes e influyentes, se ubicó en el toolbox de matlab las entradas temperatura, humedad del aire, velocidad del viento y la salida predicción. Así también el uso de la inferencia Mamdani debido a que es la más usada y la que dio mejores resultados.

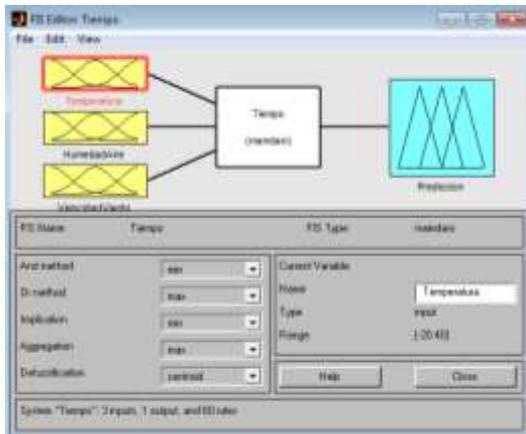


Figura 13: Ubicación de las variables.

Una vez ubicadas las entradas y la salida, se procedió a la edición de cada variable usada en el sistema de inferencia difusa.

Se pusieron los rangos que determinaban a cada variable y así también se procedió al uso de la función de gaussmf para determinar el comportamiento de cada variable.

Para la variable de entrada temperatura, se ubicaron los rangos de -20 a 40 °C, estos datos fueron obtenidos gracias a SENAMHI, estos representan los datos máximos y mínimos de temperatura del actual mes en el Perú. Posteriormente se dividió la variable en 5 etapas: muy frio, frio, medio, caliente, muy caliente.

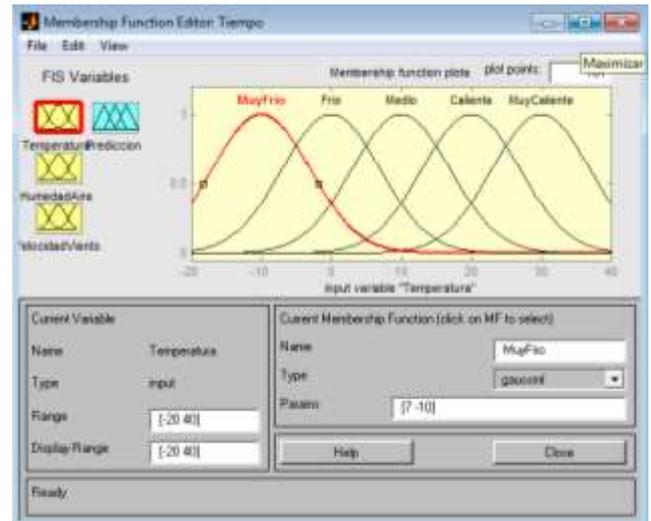


Figura 14: Variable de temperatura

Para la variable de salida predicción, se ubicaron los rangos de 0 a 15. Posteriormente se dividió la variable en 8 etapas: nieve, fuerte lluvia, lluvia, llovizna, muy nublado, nublado, poco nublado, soleado.

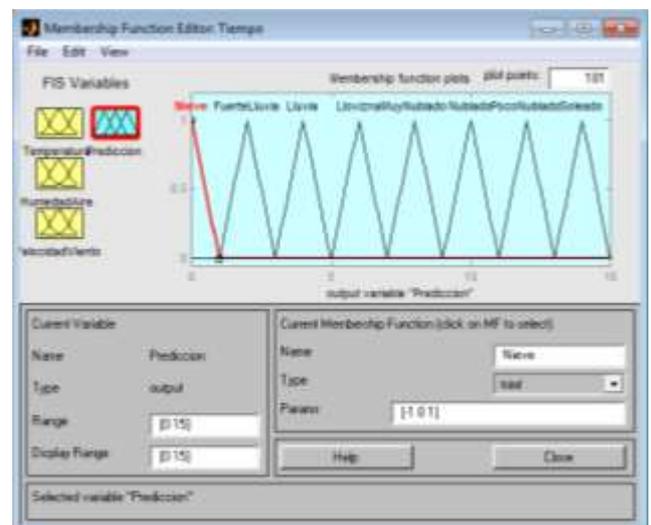


Figura 15: Variable de salida predicción

Resultados

Para los siguientes valores:

T=0, H=50, VV=10

Se obtiene lo siguiente:



Figura 16: Salida tiempo lluvia.

IV. CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES

- Una estación meteorológica nos permite determinar diferentes condiciones ambientales a las que está expuesto el sembrío, almacenando esta información es posible realizar predicciones de las condiciones ambientales futuras, lo cual nos ayuda al realizar el calendario de riego.
- Se debe tener en cuenta los tipos de sensores con los que opera la estación meteorológica, en principal su validez o su grado de precisión.
- El presente proyecto tiene por objeto la realización a escala de una zona de riego teniendo en cuenta siete variables meteorológicas como, humedad y temperatura del ambiente, lluvia, radiación, velocidad del viento, temperatura y humedad del suelo.
- En este proyecto se desarrolló una comunicación de dos Arduinos por bluetooth, con el fin de manejar el sistema y monitorearlo a distancia, al realizar esto se encontró con diversos problemas de comunicación por lo que hay que tomar en cuenta que ambos bluetooth posean la comunicación adecuada
- En el envío y recepción de datos hay que considerar el tiempo que se necesita para esto por lo que se tendrán problemas y datos erróneos, para esto se puede usar dos soluciones, una es declarar una variable if dentro del sistema para verificar que se estén recibiendo los datos y la solución que se usó en este sistema, que fue el uso de un delay para compensar el tiempo que se demora en las diversas instrucciones.
- En el uso del higrómetro se necesitó realizar un mapeo de la señal analógica para poder realizar las medidas correspondientes y la conversión a una humedad en porcentaje, hay que poseer cierto cuidado en esto debido a que se pueden obtener datos erróneos si no se realiza las verificaciones necesarias.

V. REFERENCIAS

Libros:

- [1] MALVINO, Albert P. Principios de Electrónica, Editorial McGraw-Hill, 6ª Edición, 2000.
- [2] BOYLESTAD, Robert L. NASHELSKY, Louis. Electrónica: Teoría de circuitos y dispositivos electrónicos, Editorial Pearson 8ª. Edición, 2003.
- [3] FLOYD, Thomas L. Sistemas de riego, Editorial Pearson 8ª. Edición, 2003.
- [4] DRISCOLL, Frederick F. Sensores de Humedad, Editorial Pearson 5ª. Edición, 2010.
- [5] GONZÁLES, Juan J. Sistemas de Regado en la Agricultura, Editorial Marcombo 1ª. Edición, 2008.
- [6] SCHULER, Charles A., Fuentes de alimentación eólica, Editorial Reverté 5ª. Edición, 2009.
- [7] BOLTON, William., Energía solar y sus aplicaciones, Editorial Marcombo 3ª. Edición, 2009.
- [8] BASTIAN, Peter. Electrotecnia, Editorial Akal 1ª. Edición, 2011.
- [9] SAN MIGUEL, Pablo. A. Motores generales General. Editorial Paraninfo 1ª. Edición, 2011.
- [10] ZAMARRIPA, José T., Sensores de humedad I.. Editorial Paraninfo 1ª. Edición, 2008.
- [11] BALCELLS, Joseph., Fuentes de energía renovable.. Editorial Marcombo 4ª. Edición, 2008.
- [12] HIGGINGS, Richard J, Electrónica Experimental.. Editorial Revert 4ª. Edición, 2008.

VI. BIOGRAFÍAS

Wilfredo Ramón Alejandro Cajo Carmona, estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. Actualmente se encuentra cursando la carrera de 9º ciclo.



Henri De La Cruz Lope, estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma. Actualmente se encuentra cursando la carrera de 9º ciclo.



Harold Cohen Gutiérrez Baca, estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma- Perú. Actualmente se encuentra cruzando el 10mo ciclo.



Andre Muriano Astuvilca, estudiante de Ingeniería Mecatrónica de la Universidad Ricardo Palma- Perú. Actualmente se encuentra cruzando el 10mo ciclo.