



Title: SCADA system for agricultural cultivation under greenhouse prototype

Authors: AC-COLLI, Yajaira Irai, MANRIQUE-EK, Josué Abraham, CARDOZO-AGUILAR, Guadalupe and DECENA-CHAN, Carlos Alberto

Editorial label ECORFAN: 607-8695

BECORFAN Control Number: 2021-01

BECORFAN Classification (2021): 131221-0001

Pages: 30

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

143 – 50 Itzopan Street

La Florida, Ecatepec Municipality

Mexico State, 55120 Zipcode

Phone: +52 1 55 6159 2296

Skype: ecorfan-mexico.s.c.

E-mail: contacto@ecorfan.org

Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

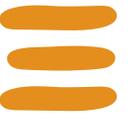
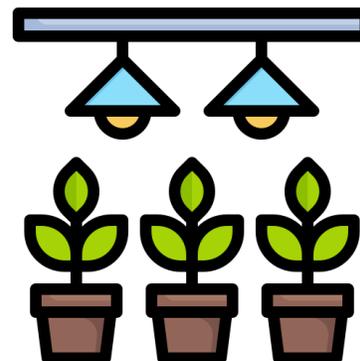
Mexico	Colombia	Guatemala
Bolivia	Cameroon	Democratic
Spain	El Salvador	Republic
Ecuador	Taiwan	of Congo
Peru	Paraguay	Nicaragua

Resumen

El siguiente proyecto expone un modelo de adquisición, monitoreo y control de parámetros utilizando el concepto de SCADA.

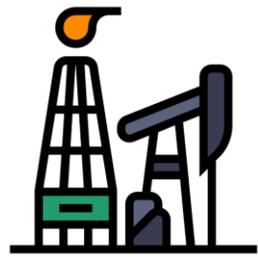
Dicho sistema se aplica a un prototipo de invernadero, con el fin de realizar seguimiento de las relaciones climatológicas en un cultivo. Simultáneamente el sistema electrónico del invernadero permitirá medir, controlar, automatizar y monitorear los parámetros de temperatura, humedad y luminosidad.

Para concluir con la experimentación, se pretende observar el comportamiento de las variables, por medio del monitoreo del proceso de riego de un cultivo, dentro del prototipo de invernadero.



Introducción

A través de las últimas décadas, los sistemas de control, supervisión y adquisición de datos (SCADA) se han utilizado en diferentes campos científicos y técnicos.



Un SCADA es una aplicación software diseñada para ser ejecutada en equipos, cuyo objetivo es monitorear y controlar un determinado proceso. Asimismo, proporcionar la comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos), y permite el control del proceso de forma automática desde la pantalla del ordenador.

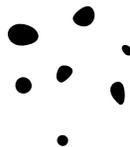




La agricultura se considera sensible al cambio climático, con sus cada vez más frecuentes patrones erráticos (incertidumbre climática, sequías, lluvias torrenciales, granizadas y heladas).



Me propongo a exponer la resolución de un problema de la agricultura con el interés de darle una solución eficiente, a través de la implementación de un SCADA en agricultura bajo invernadero. Con este tipo de sistema se pretende monitorizar y controlar los parámetros de temperatura humedad y luminosidad, durante el ciclo de vida de un cultivo de plantas y/o hortalizas. contribuyendo de esta manera sector agropecuario y al desarrollo tecnológico

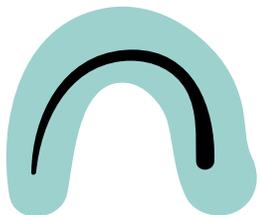


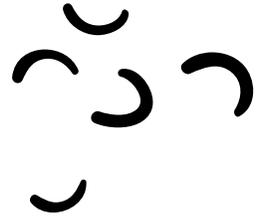
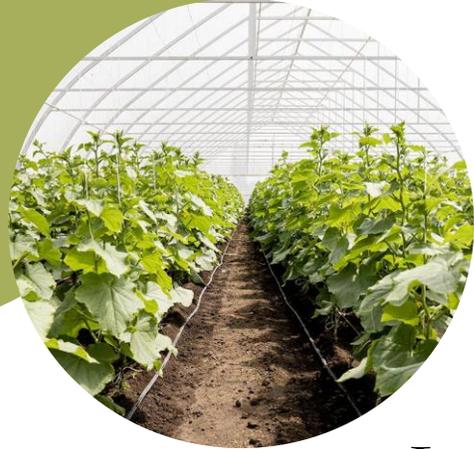
Marco Teórico

La primera vez que se utilizó el SCADA fue para aplicaciones de tuberías de gas y líquidos, la transmisión y distribución de energía eléctrica y en los sistemas de distribución de agua, para su control y monitoreo automático.



El SCADA permite comunicarse con los dispositivos de campo (controladores autónomos, autómatas programables, sistemas de dosificación, etc.) para controlar el proceso en forma automática desde la pantalla del ordenador, que es configurada por el usuario y puede ser modificada con facilidad.



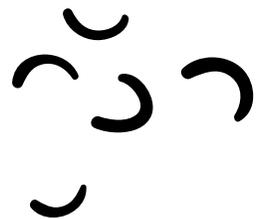
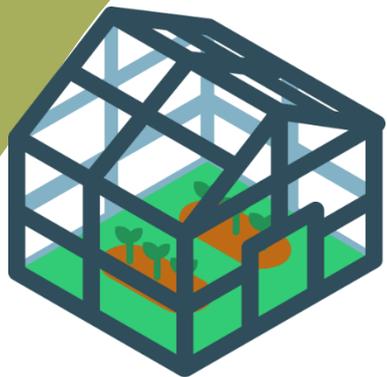


La agricultura tradicional difícilmente llegará al 50% de la cosecha en campo abierto, paralelo a esto, la agricultura controlada, como es el caso de un invernadero inteligente, normalmente se cosechas el 100% de las semillas

La Agricultura Protegida se realiza bajo condiciones en las cuales el agricultor puede controlar algunos factores del medio ambiente, esto minimiza el impacto que los cambios de clima pueden ocasionar a los cultivos.

Su característica es la protección contra riesgos a la agricultura (riesgos de tipo climatológico, económico (rentabilidad, mercado) o de limitaciones de recursos productivos (agua o de superficie). (FAO-SAGARPA, 2007).





Los invernaderos son estructuras de diversas formas y tamaños, cuyo propósito es resguardar las condiciones de temperatura y humedad, además de proveer de protección contra plagas y enfermedades para el cultivo de plantas dentro de un ambiente adecuado y obtener cultivos con mayor rapidez y durante cualquier época del año.

Los principales cultivos que se producen bajo invernadero en México son el tomate, chile pimiento y pepino. El chile habanero puede ser un cultivo alternativo de producción en invernadero, sobre todo en las regiones donde a campo abierto no tiene buen desarrollo, como es el caso de las regiones áridas y semiáridas de México.

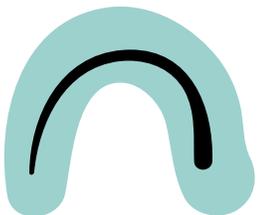


El chile habanero es una hortaliza de clima caliente. Las temperaturas menores de 10°C y mayores a 35°C limitan el desarrollo del cultivo. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y dificultan la fecundación. Cuando la humedad y la temperatura son elevadas se produce una floración deficiente, caída de flores, frutos deformes y disminución del crecimiento, estos efectos similares también se producen cuando la humedad relativa es escasa.



Los suelos más favorables para el desarrollo del chile habanero son aquellos que tienen buen drenaje y buena retención de humedad. En resumen, las variables óptimas del chile habanero se muestra en la siguiente tabla:

Requerimientos óptimos para el chile habanero	
Temperatura	25° C a 30°C
pH	5 a 7.0
Humedad Relativa	50% a 60%



Objetivo

- Desarrollar un modelo de adquisición, monitoreo y control de datos SCADA aplicado a un prototipo de invernadero para monitorear las condiciones climatológicas en un cultivo de chile habanero.



Metodología

Las actividades de este proyecto son tipo experimental, ya que se basa en la manipulación constante de sensores y actuadores que en conjunto permitirán la supervisión, adquisición, y control de datos, que en este caso serán las variables de temperatura, humedad, luz y pH del entorno de un prototipo de invernadero para el cultivo de chile habanero.

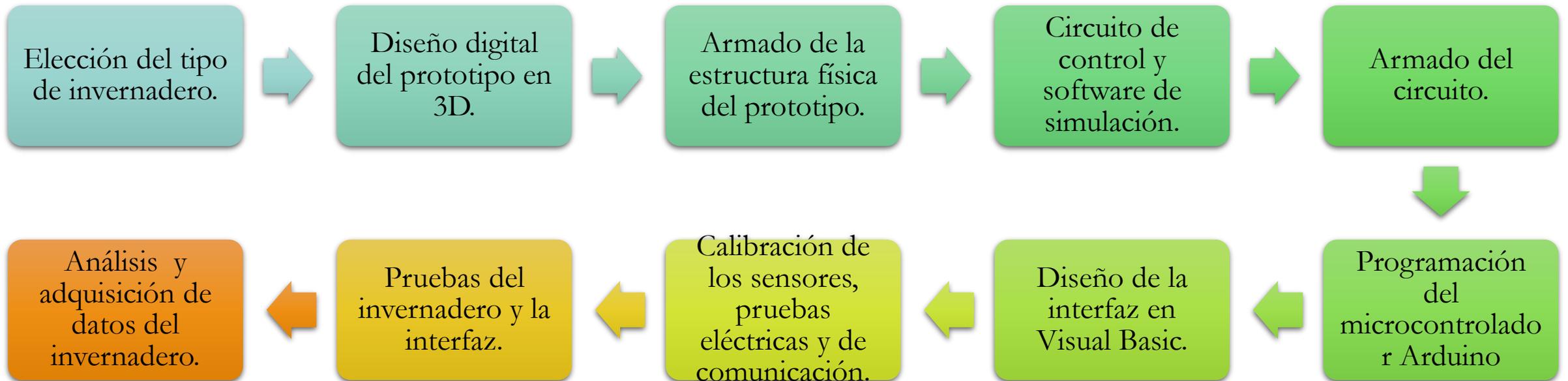
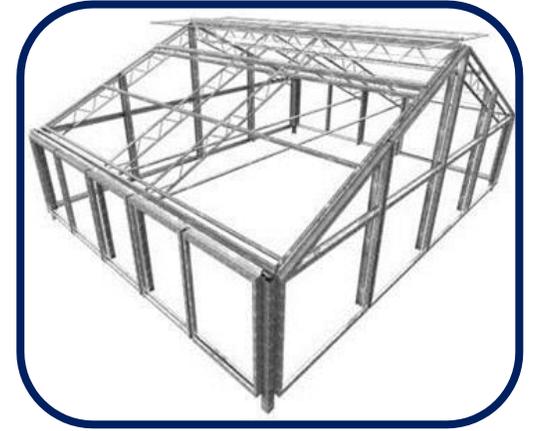


Gráfico 1 Etapas de desarrollo y resultados del proyecto.

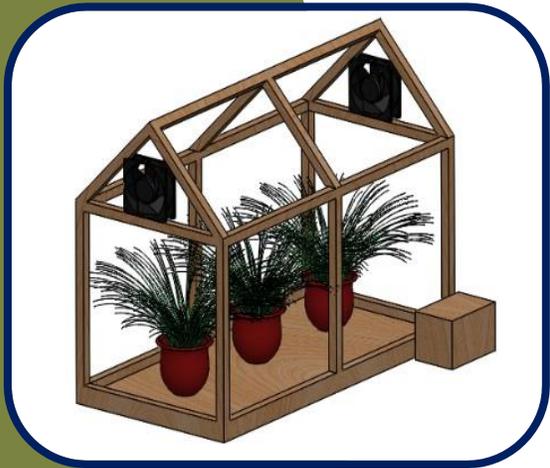
Elección del tipo de invernadero.



El diseño elegido fue el de capilla siempre, pues gracias a su forma geométrica es más fácil de construir de acuerdo con los materiales planeados para usarse



Diseño digital del prototipo en 3D



El prototipo del invernadero es uno de capilla simple, con las siguientes medidas: 1m de largo por 50cm de ancho x 60cm de alto.

Se usó un programa para realizar el modelado de la estructura donde se fueron colocando los sensores, actuadores y circuitos de control, para este caso se eligió el programa de diseño y modelado asistido por computadora (SolidWorks).

Armado de la estructura física del prototipo



En las siguientes tablas se puede observar los materiales, sensores y actuadores que se emplearon en el prototipo.

Sensores	
Sensor de temperatura LM35.	
Medidor triple: humedad, pH, Luz del suelo.	

Actuadores	
Ventiladores	
Bomba de agua	
Luz UV	

En la siguiente imagen podemos ver las tablas, y los triplay ya cortados con las medidas obtenidas de nuestro diseño 3D, para la construcción de la estructura física. Además de estos, se necesitaron clavos, barras de silicón y silicón caliente.



Materiales, medidos y recortados



Esqueleto y base de nuestro prototipo terminado.



Resultados de la prueba de goteo.



Luces ya instaladas en el techo de nuestro prototipo.



Proceso de siembra del chile habanero



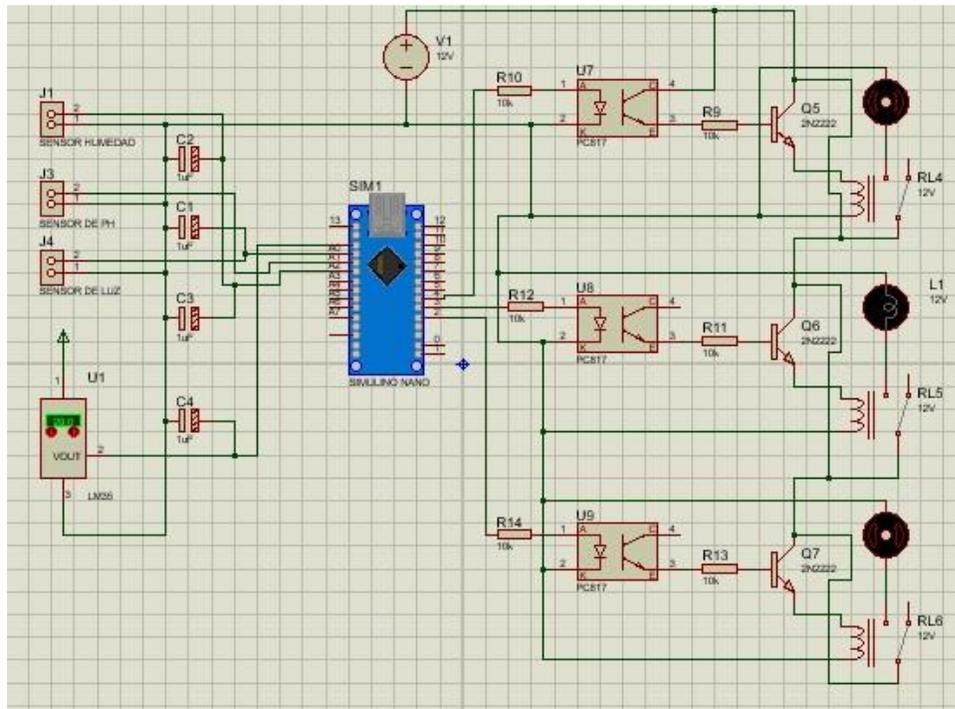
Vista del interior del prototipo de invernadero



Vista final del prototipo de invernadero

Circuito de control y software de simulación.

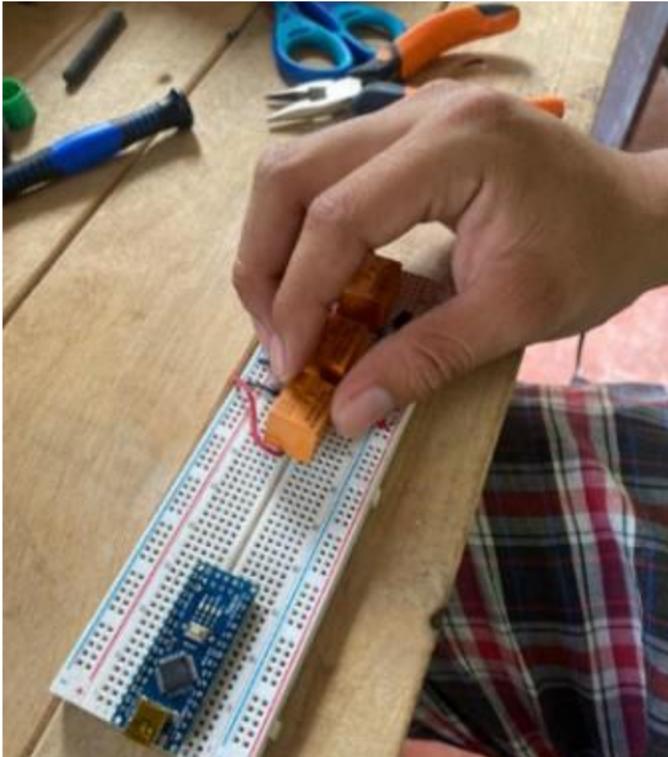
Se diseñó el circuito con ayuda de un software de simulación para circuitos eléctricos como Proteus 8. Se utilizó el microcontrolador Arduino para controlar todo el sistema.



El circuito de potencia se separó del circuito de control como se observa en la figura 9, la fuente principal es de 12v y se emplean relevadores para activar los actuadores porque estos consumen más corriente de la que suministra el Arduino. Para activar el relevador se emplea un transistor 2N2222, y se utiliza un opto acoplador para aislar el circuito de potencia del circuito de control.

Armado del circuito.

Se armó el circuito elaborado en Proteus, El circuito se montó en un protoboard, se usó cable tipo alambre calibre 22 para unir los componentes electrónicos con el Arduino.



Se utilizaron relevadores, condensadores, resistencias, transistores. Para la lectura de los sensores se conectan a tierra y la salida de la señal se le agrega un condensador pequeño de 1uF para filtrar la señal, ya que esta presenta mucho ruido, como se puede observar en la figura los sensores se conectan a las entradas analógicas del Arduino.

Programación del microcontrolador.

El programa recibirá un comando de la interfaz y dependiendo del comando activará o desactivará el modo automático, tendrá un contador para cada actuador en la parte manual y en la automática activará el actuador dependiendo de la información de los sensores, posteriormente enviará un comando al interfaz seguido de la información de los sensores

```
1  CIRCUITO PARA EL CONTROL DEL INVERNADERO
2
3
4  */
5      //DECLARACION DE LAS VARIABLES
6
7  String readString;
8  int tempo1,tempo2,tempo3,tempo4;
9  int autol,auto2,auto3,auto4;
10 int iniciol,inicio2,inicio3,inicio4;
11 int cont1,cont2,cont3,cont4,selector;
12 int valor_temperatura,valor_humedad,valor_luz,valor_ph;
13 float celsius;
14
15 unsigned long t1;
16
```

Declaración de las variables

```
--
17
18      //PERIFERICOS
19 #define BOMBA 6
20 #define LAMPARA 7
21 #define VENTILADOR 2
22
23 #define HUMEDAD 3
24 #define TEMPERATURA 0
25 #define LUZ 1
26 #define PH 2
27
```

Declaración de periféricos

- Se configura las salidas digitales (actuadores) y se inicializa el puerto serie para la comunicación del Arduino con la interfaz.
- Se pasa al bucle infinito, donde recibe y procesa la información de la interfaz, dependiendo del comando que se identifique es la acción que va a realizar el microcontrolador.
- Se emplea la variable selector, que básicamente es un contador que selecciona ordenadamente que sensor envía información a la interfaz.
- La última parte del programa del microcontrolador es la encargada de contar cada segundo que transcurre y activar o desactivar el actuador correspondiente según si es configuración manual o automática.

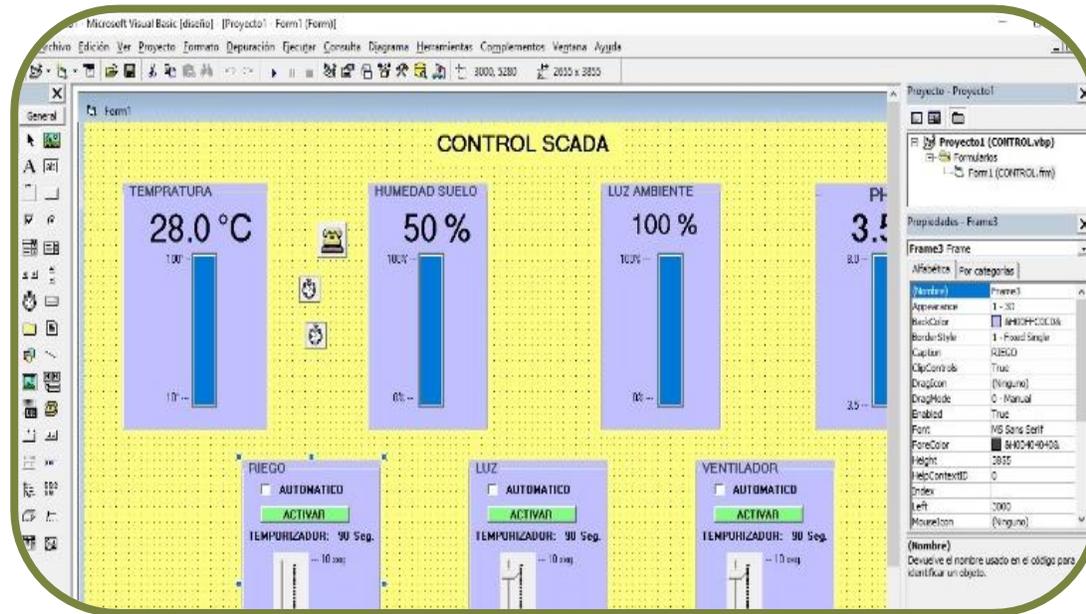
```

3 if(millis()-t1>1000){           //esta funcion cuenta cada segundo sin interrumpir el flujo del programa
3 if(inicio1==1&&auto1==0){       //funcion manual de la bomba de agua
  cont1++;
3 if(cont1>=tempo1){             //funcionamiento del contador
  digitalWrite(BOMBA,0);
  cont1=0;
  inicio1=0;
  }else{
  digitalWrite(BOMBA,1);
  }
  }else{
  cont1=0;
3 if(auto1==1&&valor_humedad<45){ //funcion automatica de la bomba de agua que se activa si la humedad es menor al 45%
  digitalWrite(BOMBA,1);
  inicio1=0;
  }
3 if(auto1==1&&valor_humedad>=45){
  digitalWrite(BOMBA,0);
  inicio1=0;
  }
  }
3 if(inicio2==1&&auto2==0){       //funcion manual de la lampara UV
  cont2++;
3 if(cont2>=tempo2){             //funcionamiento del contador
  digitalWrite(LAMPADA,0);

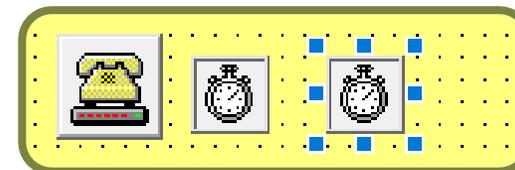
```

Diseño de la interfaz en Visual Basic.

Se realizó la parte visual de la interfaz, los botones, la slider, las casillas verificadoras, las barras de progreso y los valores que se van a mostrar en la pantalla, como se puede observar en la figura, se separan los sensores de los actuadores.



Se agregan el puerto de comunicación y los relojes que se utilizaran para enviar y leer información con el Arduino, para el caso del reloj 1 se agregan 250 milisegundos de espera y para el caso del segundo reloj se agregan 350 milisegundos, sumando así 600 milisegundos de espera de la interfaz.



Diseño de la interfaz en Visual Basic.

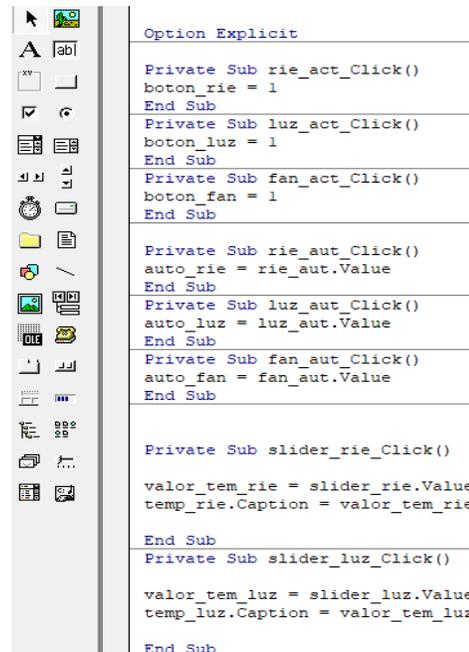
- Se realizó el código de Visual Basic.
- Se programó la función de cada temporizador, el temporizador 1 envía constantemente el estado de los botones y los temporizadores al Arduino.

```
Dim valor_tem_rie As String
Dim valor_tem_luz As String
Dim valor_tem_fan As String
Dim auto_rie As String
Dim auto_luz As String
Dim auto_fan As String
Dim boton_rie As String
Dim boton_luz As String
Dim boton_fan As String

Dim selector As String
Dim sensor_tem As String
Dim sensor_hum As String
Dim sensor_luz As String
Dim sensor_ph As String

Dim enviar As String
Dim datosSerial As String
```

Declaración de las variables



```
Option Explicit

Private Sub rie_act_Click()
    boton_rie = 1
End Sub

Private Sub luz_act_Click()
    boton_luz = 1
End Sub

Private Sub fan_act_Click()
    boton_fan = 1
End Sub

Private Sub rie_aut_Click()
    auto_rie = rie_aut.Value
End Sub

Private Sub luz_aut_Click()
    auto_luz = luz_aut.Value
End Sub

Private Sub fan_aut_Click()
    auto_fan = fan_aut.Value
End Sub

Private Sub slider_rie_Click()

    valor_tem_rie = slider_rie.Value
    temp_rie.Caption = valor_tem_rie

End Sub

Private Sub slider_luz_Click()

    valor_tem_luz = slider_luz.Value
    temp_luz.Caption = valor_tem_luz

End Sub
```

Función de cada objeto

```
Private Sub Timer1_Timer()
    enviar = valor_tem_rie + "A" + valor_tem_luz + "B" + valor_tem_fan + "

If auto_rie = 1 Then
    enviar = enviar + "E"
Else
    enviar = enviar + "F"
End If

If auto_luz = 1 Then
    enviar = enviar + "G"
Else
    enviar = enviar + "H"
End If

If auto_fan = 1 Then
    enviar = enviar + "I"
Else
    enviar = enviar + "J"
End If
```

Envío de información al Arduino.

Diseño de la interfaz en Visual Basic.

- Se realizó el código de Visual Basic.
- Se programó la función de cada temporizador, el temporizador 1 envía el estado de los botones y los temporizadores al Arduino.

```
Dim valor_tem_rie As String
Dim valor_tem_luz As String
Dim valor_tem_fan As String
Dim auto_rie As String
Dim auto_luz As String
Dim auto_fan As String
Dim boton_rie As String
Dim boton_luz As String
Dim boton_fan As String
```

```
Dim selector As String
Dim sensor_tem As String
Dim sensor_hum As String
Dim sensor_luz As String
Dim sensor_ph As String

Dim enviar As String
Dim datosSerial As String
```

```
Option Explicit

Private Sub rie_act_Click()
    boton_rie = 1
End Sub

Private Sub luz_act_Click()
    boton_luz = 1
End Sub

Private Sub fan_act_Click()
    boton_fan = 1
End Sub

Private Sub rie_aut_Click()
    auto_rie = rie_aut.Value
End Sub

Private Sub luz_aut_Click()
    auto_luz = luz_aut.Value
End Sub

Private Sub fan_aut_Click()
    auto_fan = fan_aut.Value
End Sub

Private Sub slider_rie_Click()
    valor_tem_rie = slider_rie.Value
    temp_rie.Caption = valor_tem_rie
End Sub

Private Sub slider_luz_Click()
    valor_tem_luz = slider_luz.Value
    temp_luz.Caption = valor_tem_luz
End Sub
```

```
Private Sub Timer1_Timer()
    enviar = valor_tem_rie + "A" + valor_tem_luz + "B" + valor_tem_fan + "C"

    If auto_rie = 1 Then
        enviar = enviar + "E"
    Else
        enviar = enviar + "F"
    End If

    If auto_luz = 1 Then
        enviar = enviar + "G"
    Else
        enviar = enviar + "H"
    End If

    If auto_fan = 1 Then
        enviar = enviar + "I"
    Else
        enviar = enviar + "J"
    End If
```

Declaración de las variables

Función de cada objeto

Envío de información al Arduino.

El reloj dos es el que se encarga de leer la información de los sensores, tiene que identificar de que sensor se trata y visualizar su valor en pantalla para ello debe de darle el formato como se observa.

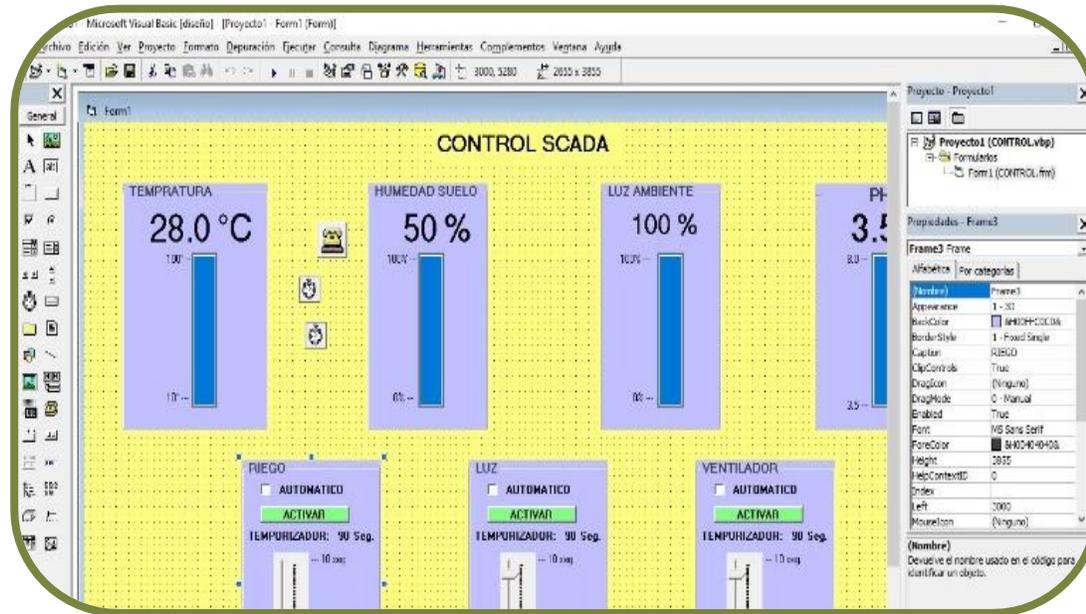
```
Private Sub Timer2_Timer()  
datosSerial = Left(Serial.Input, 4)  
selector = Left(datosSerial, 1)  
If selector = "A" Then  
sensor_tem = Right(datosSerial, 3)  
tem.Caption = Format((sensor_tem / 10), "##,##0.0")  
bar_tem.Value = sensor_tem  
End If  
If selector = "B" Then  
sensor_hum = Right(datosSerial, 3)  
hum.Caption = sensor_hum  
bar_hum.Value = sensor_hum  
End If  
If selector = "C" Then  
sensor_luz = Right(datosSerial, 3)  
luz.Caption = sensor_luz  
bar_luz.Value = sensor_luz  
End If  
If selector = "D" Then  
sensor_ph = Right(datosSerial, 3)  
ph.Caption = Format((sensor_ph / 10), "##,##0.0")  
bar_ph.Value = sensor_ph  
End If  
  
Timer2.Enabled = False  
Timer1.Enabled = True  
End Sub
```

Cuando se ejecuta la interfaz debe de configurarse el puerto serie, los parámetros como velocidad de comunicación y cantidad de bits del buffer, así como también se deben de visualizar el valor predeterminado de algunas etiquetas.

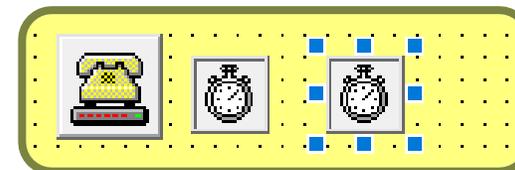
```
Private Sub Form_Load()  
Serial.RThreshold = 1  
Serial.InputLen = 1  
Serial.Settings = "115200,n,8,1"  
Serial.CommPort = 7  
Serial.InBufferSize = 150  
Serial.InputLen = 0  
Serial.DTREnable = False  
Serial.PortOpen = True  
  
slider_rie.Value = 10  
slider_luz.Value = 10  
slider_fan.Value = 10  
temp_rie.Caption = 10  
temp_luz.Caption = 10  
temp_fan.Caption = 10  
tem.Caption = 25  
hum.Caption = 0  
luz.Caption = 0  
ph.Caption = 3.5  
bar_tem.Value = 280  
bar_hum.Value = 0  
bar_luz.Value = 0  
bar_ph.Value = 35  
  
auto_rie = 0  
auto_luz = 0  
auto_fan = 0  
boton_rie = 0  
boton_luz = 0  
boton_fan = 0  
valor_tem_rie = 10  
valor_tem_luz = 10  
valor_tem_fan = 10
```

Diseño de la interfaz en Visual Basic.

Se realizó la parte visual de la interfaz, los botones, la slider, las casillas verificadoras, las barras de progreso y los valores que se van a mostrar en la pantalla, como se puede observar en la figura, se separan los sensores de los actuadores.

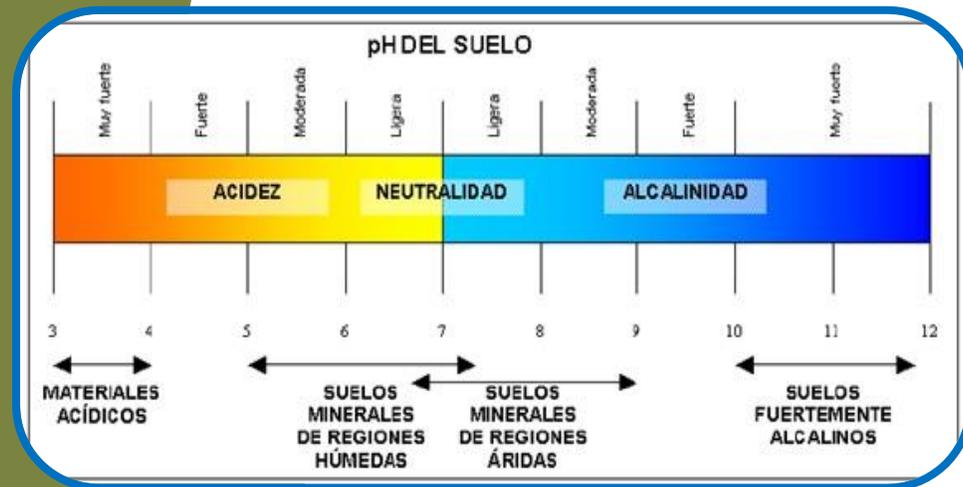


Se agregan el puerto de comunicación y los relojes que se utilizaran para enviar y leer información con el Arduino, para el caso del reloj 1 se agregan 250 milisegundos de espera y para el caso del segundo reloj se agregan 350 milisegundos, sumando así 600 milisegundos de espera de la interfaz.



Calibración de los sensores, pruebas eléctricas y de comunicación.

Durante esta etapa se calibró el electrodo del sensor triple desarmado, comparado con uno nuevo. Para calibrar el pH se utilizan distintas soluciones, uno que sea ácido, neutro o alcalino (el agua de limón, agua simple y leche)



El proceso de calibrado del sensor de luz es similar en proceso al del pH, el punto mínimo de referencia es la oscuridad y el punto máximo es la mayor cantidad de luz administrada.

Resultados

Pruebas del invernadero y la interfaz

Durante el periodo de dos semanas de pruebas al cultivo se obtuvieron las medidas de las variables cuantitativas de nuestro cultivo (humedad, pH, temperatura y luz) y se presentan ahora mediante una tabla de resultados.

Temperatura Fuera Del Invernadero	Temperatura Dentro Del Invernadero
37°	32°
38°	33°
37°	32°
39°	34°
39°	34°

Porcentaje De Humedad Fuera De Invernadero	Porcentaje De Humedad Dentro Del Invernadero
30%	50%
30%	53%
35%	57%
38%	58%
30%	60%

La luz UV no se activó durante el día, solo en las noches.

Para los resultados del pH, se mantienen tanto en el invernadero como el exterior, entre un rango de 6 y 7 en la escala, es decir nuestro suelo es lo suficientemente neutro y apto para el desarrollo de nuestro cultivo.



Funcionamiento de sensores

Durante las pruebas del invernadero se obtuvo una lectura de los sensores y se visualizo correctamente en la interfaz (tiempo real).



La temperatura estaba en un rango ideal de 32.9°C, igual que la humedad del suelo en 64%, la luz ambiental era del 43%, sin embargo, el pH estaba al límite(rango ideal es de 6.5 a 7).

Los sensores reaccionaron a las pruebas:

- Al acercar un cautín al sensor de temperatura registró un aumento de °C.
- Al regar los cultivos por 10 segundos la humedad aumento un 5% como se puede observar en la figura anterior que paso del 59% al 64% de humedad del suelo.

Control de riego

El sistema de riego funciona correctamente de modo manual y automático, como podemos observar en la figura, el sistema de riego por goteo funciona con su temporizador en el modo manual y se activa cuando la humedad del suelo desciende a menos del 45%.



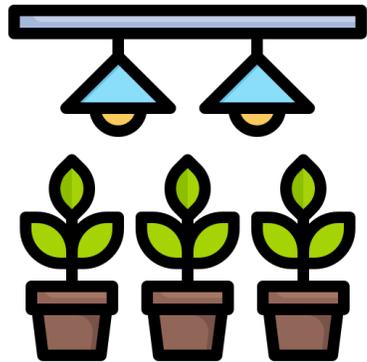
Control de temperatura

El control manual de los ventiladores funciona correctamente con su temporizador y el modo automático activa los ventiladores cuando la temperatura sobrepasa los 35°C al acercar un cautín al sensor y lo intenta regular a menos de 30°C para desactivarse automáticamente, en la figura 26 podemos observar el funcionamiento de los ventiladores.



Control de las lámparas UV

Se obtuvo como resultado un correcto funcionamiento de las lámparas UV, las cuales funcionaban con su temporizador en el modo manual y se activaban cuando la luminosidad descendía a menos del 15% en el modo automático.

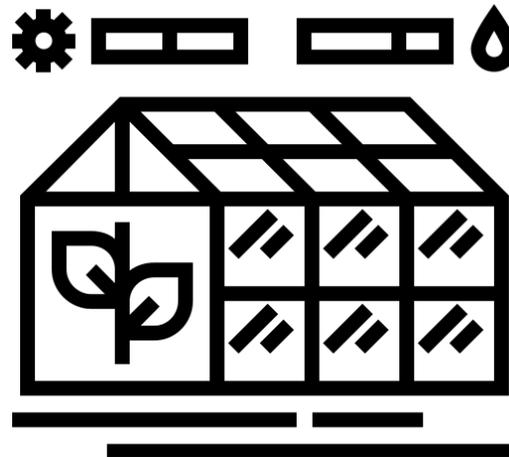


Conclusiones

Se concluye que el sistema SCADA implementado resultó ser de gran utilidad para adquirir, supervisar y controlar las variables del microclima en el modelo a escala de invernadero.

Por tal motivo con los datos obtenidos de las pruebas aplicadas durante el desarrollo de este proyecto, se piensa que su aplicación puede llegar a ser factible en un sistema a gran escala.

A futuro se podría aplicar el sistema SCADA en automatización de invernaderos reales en la región, pues se lograría un ahorro de tiempo, costos y energía.



Referencias



- Callizaya, R. (2021, 21 noviembre). *Guía para muestreo de suelo*. Todo sobre suelos agrícolas. <http://istaic.blogspot.com/2015/10/>
- Corrales, L. (2007, diciembre). *Sistemas Scada*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10020/2/PARTE%202.pdf>
- FAO. (1994). *El nivel de adaptabilidad de la base de datos de requisitos ambientales de cultivos de la FAO*. Roma, Italia.
- Hernández, M. (2013). *Invernadero Inteligente con PLC's*. SOMI XXVII. Congreso de instrumentación.
- Jensen, M. (1995). *Agricultura protegida una revisión global*. Washington, USA.
- Macías, H., Romero, E. and Martínez, J. (2003) Invernaderos de Plástico. In: Cohen, I.S., Ed. *Agricultura Protegida*.



Referencias



- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación - Secretaría de Agricultura Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (FAO - SAGARPA). (2007) *Producción de hortalizas a cielo abierto y bajo condiciones protegidas*. México. 
www.sagarpa.gob.mx/pesa/docs_pdf/proyectos_tipo/invernaderos.pdf.
- Pérez-López, L. (2014, 26 noviembre). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Tecnología en Marcha*, 28(4). 
<https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf>
- Ramírez, M. (2006). *Potencial de producción del chile habanero en el sur de Tamaulipas*. México: INIFAP.
- Reséndez, M. (2011). Características de la agricultura protegida y su entorno en México. *Revista Mexicana de Agronegocios*, 29. <https://www.redalyc.org/pdf/141/14119052014.pdf>





ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BECORFAN is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)