



# UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE JUVENTINO ROSAS

**KATSI Hardware**

*Presenta:*

Daniel Castro Reyes  
Cristian Jesús Ortiz Pineda  
Ramses Alejandro Ramos Guerrero

*Asesor:*

Dr. Juan Israel Yañez Vargas

*Co-Asesor:*

M.C. Víctor Lauro Pérez García

Santa Cruz de Juventino Rosas, Gto. 15 de febrero de 2025.



---

# Contenido

---

<b>Contenido</b>	<b>I</b>
<b>Lista de figuras</b>	<b>VI</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
1.1. Motivación . . . . .	1
1.2. Planteamiento del problema. . . . .	2
1.3. Justificación . . . . .	2
1.4. Objetivo General . . . . .	2
1.5. Objetivos particulares . . . . .	2
<b>2 Marco teórico</b>	<b>5</b>
2.1. Elementos de hardware . . . . .	5
2.2. Sensores utilizados . . . . .	8
2.3. Protocolos de comunicación . . . . .	11
2.4. Red de sensores con comunicación inalámbrica mediante Xbee . . . . .	13
2.5. Análisis foda septiembre diciembre 2024 . . . . .	13
<b>3 Antecedentes del proyecto</b>	<b>15</b>
3.1. Cuatrimestre Septiembre - Diciembre 2023 . . . . .	15
3.2. Cuatrimestre Enero - Abril 2024 . . . . .	16
3.3. Cuatrimestre Mayo - Agosto 2024 . . . . .	17
3.4. Cuatrimestre Septiembre - Diciembre 2024 . . . . .	17
<b>4 Desarrollo</b>	<b>19</b>
4.1. Uso de tecnología Xbee . . . . .	19
4.2. Estudio de la zona de fresnel . . . . .	20
4.3. Determinación de la Zona de Fresnel . . . . .	20
4.4. Cálculo del radio de la zona de fresnel . . . . .	21
<b>5 Resultados</b>	<b>23</b>

5.1. Sincronización de PIC . . . . .	23
<b>6 Conclusión</b>	<b>25</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>39</b>

---

# **Resumen**

---

El presente documento tiene como objetivo presentar la idea principal del proyecto KATSIs, que se basa en el proyecto RIO para su desarrollo y evolución. Busca mejorar el software y crear un ambiente digital accesible para los administradores. El proyecto se centra en diseñar una interfaz para visualizar, procesar, controlar y almacenar datos de texto obtenidos por sensores en un prototipo para invernaderos. Estos sensores monitorearán la flora y captarán imágenes de los cambios en las plantas. Los datos se almacenarán en una base de datos relacionada con la interfaz para controlar la producción y el riego, así como detectar plagas.



---

# **Abstract**

---

This document aims to present the main idea of the KATSIs project, which is based on the RIO project for its development and evolution. It seeks to improve the software and create an accessible digital environment for administrators. The project focuses on designing an interface to visualize, process, control and store text data obtained by sensors in a prototype for greenhouses. These sensors will monitor the flora and capture images of changes in the plants. The data will be stored in a database linked to the interface to control production and irrigation, as well as detect pests.

---

# **Lista de figuras**

---

1.1.	Diagrama de motivación del proyecto . . . . .	1
2.1.	Sistema embedido . . . . .	6
2.2.	Microcontrolador . . . . .	6
2.3.	Datasheet de PIC16f877A . . . . .	7
2.4.	Oscilador de cristal . . . . .	7
2.5.	Capacitores cerámico . . . . .	7
2.6.	Conversión análoga a digital . . . . .	8
2.7.	Pantalla OLED . . . . .	8
2.8.	Datasheet del sensor LM35 . . . . .	8
2.9.	Datasheet DHT-11 . . . . .	9
2.10.	Sensor de humedad de la tierra . . . . .	9
2.11.	Sensor de PH . . . . .	10
2.12.	Sensor CCS811 . . . . .	10
2.13.	Modulos Xbee . . . . .	11
2.14.	Protocolo de comunicación inalámbrico . . . . .	11
2.15.	Protocolo I2C . . . . .	12
2.16.	Protocolo de comuncación USART . . . . .	12
2.17.	Ejemplo de red de sensores . . . . .	13
4.1.	Pruebas de envío y repeción de mesnajes con Xbeeee . . . . .	19
4.2.	Zona de fresnel en radio enlace . . . . .	20
4.3.	Fórmula para el cálculo de la zona de fresnel . . . . .	21
4.4.	Fórmula posterior para realizar el cálculo . . . . .	21
4.5.	Fórmula posterior para realizar el cálculo . . . . .	21
4.6.	Fórmula posterior para realizar el cálculo . . . . .	22
5.1.	Conexión de PIC con módulos Xbee . . . . .	23
5.2.	Envío de mensajes de PIC con módulos Xbee . . . . .	24

# Capítulo 1

---

## Introducción

---

En este capítulo será agregada la motivación del proyecto, así como la problemática que se busca resolver y la razón por la cual se busca dar una solución a la problemática, así como el objetivo general y los objetivos particulares del proyecto.

### 1.1. Motivación

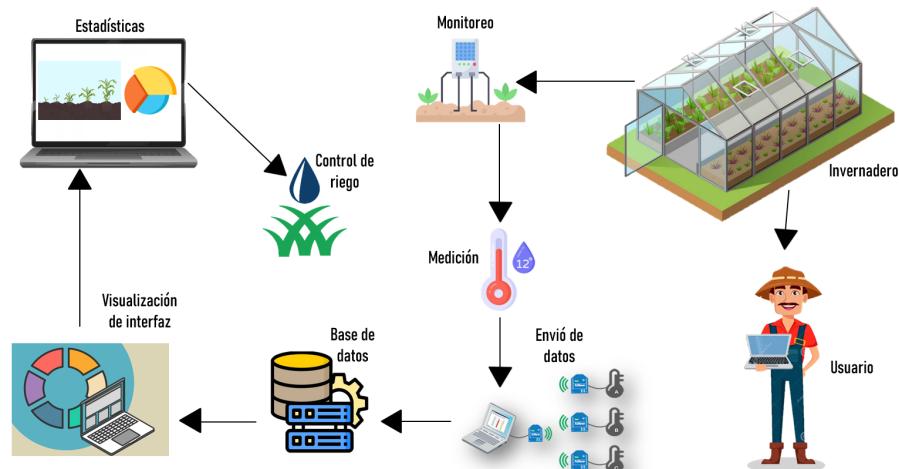


Figura 1.1: Diagrama de motivación del proyecto

En la figura 1.1 se realiza una descripción gráfica de la motivación y meta a seguir, este proyecto se enfoca en ayudar a la sociedad, en buscar un bien común y facilitar labores con un sistema de monitoreo, control y adquisición de información de un invernadero, más contar con una interfaz tecnológica fácil de usar y controlar para cualquier

usuario que la adquiera.

Representa la búsqueda de objetivos y puntos a lograr partiendo desde el interior del invernadero, lugar que se espera lograr que pueda ser monitoreado por un usuario a distancia, a través de las mediciones y valores que proporcionen los sensores utilizados hacia la interfaz donde el usuario puede visualizar estos valores. A partir de módulos XBEE se transmitirán las mediciones de los sensores, éstas podrán ser visualizadas a través de la interfaz y además de lograr almacenar las variables dentro de una base de datos que pueda mostrar los datos almacenados a través de la interfaz en modo de datos y estadísticas y a partir de esto llevar un seguimiento del interior del invernadero.

## 1.2. Planteamiento del problema.

La perdida y desperdicio de agua en cultivos de invernaderos podría evitarse creando un sistema de automatización, medición, análisis y control que pueda administrarse y realizar consultas de información almacenada dentro de una interfaz.

## 1.3. Justificación

Al implementar el proyecto se busca encontrar una solución y apoyo al problema de desperdicio de agua en el riego de cultivos en invernaderos, en donde la implementación de hardware propone realizar un sistema automatizado de riego mediante la recopilación de datos de sensores de humedad, temperatura y PH, y todos los datos sean almacenados en una interfaz desarrollada en python por el equipo que busque generar la automatización de invernaderos a un nivel más accesible para un usuario o administrador que busque consultar y monitorear los cambios y datos almacenados de cada cierto tiempo.

## 1.4. Objetivo General

Diseñar y desarrollar un sistema embebido para adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero y sean visualizados en una interfaz desarrollada en python para el procesamiento, control y almacenamiento de datos.

## 1.5. Objetivos particulares

- Realizar un análisis de requerimientos a partir del uso del sistema de adquisición de datos.
- Desarrollo de un sistema de control de invernadero a partir de un sensor de humedad del suelo y del ambiente.

- Ejecutar mediciones de temperatura dentro del invernadero, así como en el exterior.
- Comparar el margen de error que existe entre cada uno de los sensores utilizados.
- Registrar las mediciones obtenidas y representar mediante gráficas.
- Incorporar mecanismos de automatización para el control de motores mediante condiciones de temperatura.
- Anexar sensores de CO para monitorear la calidad del aire dentro del invernadero.
- Crear una topología utilizando la tecnología de XBee.
- Desarrollar una red de sensores para el monitoreo del invernadero.
- Realizar diversas pruebas para obtener datos mas precisos en cuanto a mediciones y distancia entre las XBee.



## **Capítulo 2**

---

# **Marco teórico**

---

### **2.1. Elementos de hardware**

#### **Memoria RAM**

La memoria RAM es la memoria principal de un dispositivo, esa donde se almacenan de forma temporal los datos de los programas que estás utilizando en este momento. Sus siglas significan Random Access Memory, lo que traducido al español sería Memoria de Acceso Aleatorio, y es un tipo de memoria que te puedes encontrar en cualquier dispositivo, desde ordenadores de sobremesa hasta teléfonos móviles.

#### **Memoria ROM**

La ROM o memoria de solo lectura (de su acrónimo en inglés read-only memory) es el medio de almacenamiento que se usa en los ordenadores y dispositivos electrónicos cuya característica diferencial es que únicamente tiene acceso de lectura, y no de escritura.

#### **Sensor**

Un sensor es un dispositivo que está capacitado para detectar acciones o estímulos externos y responder en consecuencia. Estos aparatos pueden transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

#### **Transductor**

Un transductor define como un dispositivo fundamental en el sistema de control de medidores eléctricos. Actualmente, son muy utilizados en los sistemas de automatiza-

ción y control para registrar grandes magnitudes. Y no sólo nos estamos refiriendo a las magnitudes más conocidas como son: temperatura y presión; también sirven para registrar caudales o concentración de gases.

### Sistema embebido

Es un sistema de computación diseñado para realizar funciones específicas, y cuyos componentes se encuentran integrados en una placa base.



Figura 2.1: Sistema embedido

### Microcontrolador

Un Microcontrolador es un circuito integrado que incluye sistemas para controlar elementos de entrada/salida. Incluye un procesador y una memoria que puede guardar el programa y sus variables (flash y RAM) para posteriormente ejecutar las instrucciones almacenadas en su memoria. Su función es la de automatizar procesos y procesar información.

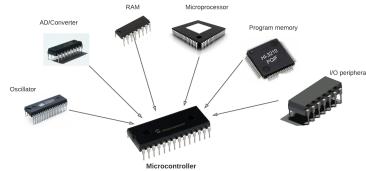


Figura 2.2: Microcontrolador

### PIC

El Programmable Integrated Circuit (PIC) (Circuito Integrado Programable), es un dispositivo que controla las interrupciones que van al CPU.



Figura 2.3: Datasheet de PIC16f877A

### Oscilador de cristal

Un oscilador de cristal es un componente electrónico que utiliza las propiedades piezo eléctricas de ciertos cristales para generar una señal eléctrica precisa y estable en términos de frecuencia.

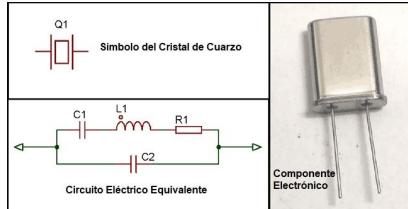


Figura 2.4: Oscilador de cristal

### Capacitores cerámicos

Un capacitor cerámico es un componente electrónico pasivo que es capaz de almacenar una carga eléctrica, se comporta como un filtro que bloquea la corriente directa y permite que la corriente alterna fluya sin ningún problema.



Figura 2.5: Capacitores cerámico

### ADC

Son dispositivos capaces de transformar una señal analógica en una digital, de esta manera permiten la transmisión de información de un dispositivo a otro.

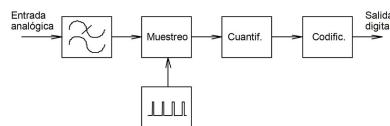


Figura 2.6: Conversión analógica a digital

### Pantalla OLED

La tecnología OLED (diodo orgánico emisor de luz) se usa en televisores de gama alta. Estas pantallas son de muy alta calidad y se diferencian de las pantallas LED o LCD, ya que cada píxel se ilumina por separado, ofreciendo colores, contraste y brillo únicos.

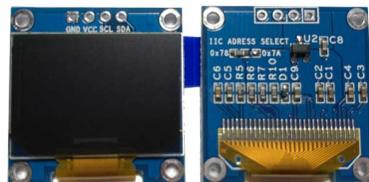


Figura 2.7: Pantalla OLED

## 2.2. Sensores utilizados

### Sensor de temperatura LM35

LM35 es un sensor de temperatura analógico permite medir temperatura en un rango desde -55°C hasta 150°C. Su salida es de tipo analógica y lineal con una pendiente de 10mV/°C.

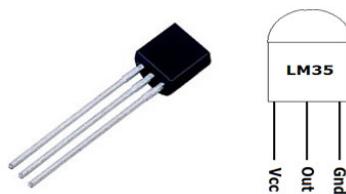


Figura 2.8: Datasheet del sensor LM35

### Sensor DHT-11

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa integra un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, y muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos.

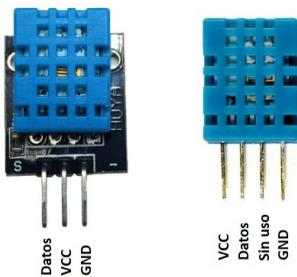


Figura 2.9: Datasheet DHT-11

### Sensor de humedad de la tierra

Emplean electrodos insertados en el material cuya resistencia eléctrica cambia con el contenido de humedad. A medida que el material absorbe o libera agua, su resistencia eléctrica varía, y esta variación se mide para determinar el contenido de humedad.

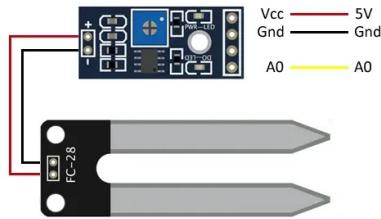


Figura 2.10: Sensor de humedad de la tierra

### Sensor de PH

Los sensores de pH monitorean la actividad de los iones de hidrógeno en una solución usando electrodos. Al hacerlo, el electrodo de medición mide el intercambio de iones a través de la capa de gel formada en la membrana de vidrio y lo compara con el voltaje medido del electrodo de referencia interno.



Figura 2.11: Sensor de PH

### Sensor de CCS811

El sensor de calidad de aire CCS811 es un sensor de detector de gas digital de muy baja potencia que incorpora un sensor de gas de óxido metálico para identificar una amplia gama de Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) para el monitoreo de la calidad del aire con un microcontrolador que proporciona un ADC y una interfaz I2C.

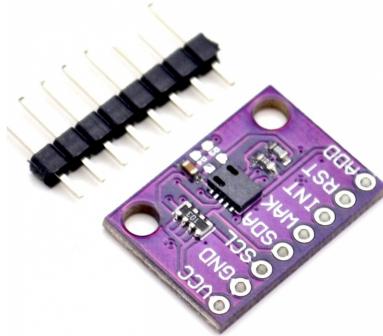


Figura 2.12: Sensor CCS811

### Módulos XBee

XBee es el nombre comercial del Digi de una familia de módulos de comunicación por radio y están basados en el estándar zigbee, pero digi tiene muchos XBee y algunos son zigbee estándar y otros son propietarios o modificaciones del estándar. Existen muchos módulos XBee basados en el estándar IEEE 802.15.4



Figura 2.13: Modulos Xbee

## 2.3. Protocolos de comunicación

### Zigbee

Zigbee es el nombre de la especificación de un conjunto de protocolos de alto nivel de comunicación inalámbrica para su utilización con radiodifusión digital de bajo consumo, basada en el estándar IEEE 802.15.4 de redes inalámbricas de área personal (wireless personal area network, WPAN). Su objetivo son las aplicaciones que requieren comunicaciones seguras con baja tasa de envío de datos y maximización de la vida útil de sus baterías.



Figura 2.14: Protocolo de comunicación inalámbrico

### I2C

I2C es un puerto y protocolo de comunicación serial, define la trama de datos y las conexiones físicas para transferir bits entre 2 dispositivos digitales. El puerto incluye dos cables de comunicación, SDA y SCL. Además el protocolo permite conectar hasta 127 dispositivos esclavos con esas dos líneas, con hasta velocidades de 100, 400 y 1000

kbits/s.

El protocolo I2C es uno de los más utilizados para comunicarse con sensores digitales, ya que a diferencia del puerto Serial, su arquitectura permite tener una confirmación de los datos recibidos.

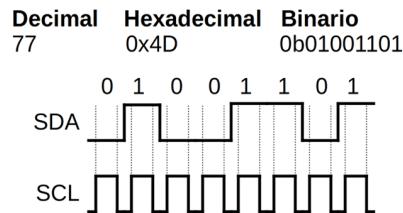


Figura 2.15: Protocolo I2C

## USART

Es una forma de comunicación entre dispositivos que tengan esta capacidad, donde los datos son enviados en grupos de 8 bits o de 9 bits pero de bit por bit, esto es en serie por eso se dice que esta es una comunicación serial.

Existen dos tipos de comunicación USART

- Comunicación asíncrona: Uno de los hilos será para la transmisión de datos y el otro hilo será para la recepción de datos entre un dispositivo a otro, la transmisión y la recepción puede ocurrir de forma simultánea.
- Comunicación síncrona: Uno de los hilos será utilizado tanto para la transmisión y la recepción de datos por lo que la transmisión no puede ser simultánea, el otro hilo será utilizado para enviar la señal de reloj de sincronización entre dispositivos.

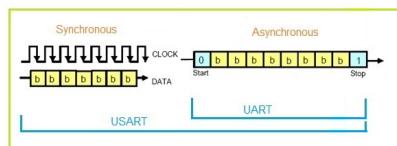


Figura 2.16: Protocolo de comunicación USART

## 2.4. Red de sensores con comunicación inalámbrica mediante XBee

Una red de sensores se define como un conjunto de dispositivos interconectados que comunican y procesan datos mediante la implementación de tecnologías y protocolos de comunicación específicos. Las redes de sensores se utilizan en diversos campos, como la agricultura, la automatización y el monitoreo ambiental.

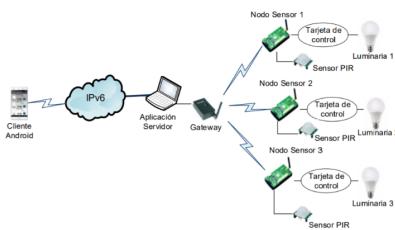


Figura 2.17: Ejemplo de red de sensores

## 2.5. Análisis foda septiembre diciembre 2024

### Fortalezas:

- Crecimiento en el área de la electrónica para futuros proyectos aplicados en invernaderos sustentables.
- Independencia en el desarrollo de las tarjetas electrónicas para su libre patente.
- Adaptabilidad para cumplir con los requerimientos solicitados, dentro de los invernaderos.
- Calidad en el producto.
- Crecimiento en el desarrollo de nuevas tecnologías para la competitividad.
- Aprendizaje práctico en el ámbito académico.
- Flexibilidad en el monitoreo de variables ambientales en invernaderos.
- Optimización de recursos para su desarrollo.

### Oportunidades:

- Crecimiento inteligente del sector agrícola y sostenible con el medio ambiente.
- Comercialización de productos tecnológicos a consumidores del sector agrícola.
- Integración con tecnologías de control remoto.

- Colaboración con otros sectores.
- Aplicación de energías renovables para el suministro eléctrico.
- Aportaciones en el área agrícola para la solución de futuras problemáticas.
- Expansión de cultivo hacia otros productos para el consumo humano.

**Debilidades:**

- Limitaciones en el hardware en comparación con otras tecnologías.
- Consumo de energía con respecto a la aplicación de nuevos componentes.
- Falta de precisión en los sensores para la medición de variables ambientales.
- Deficiencia en el mantenimiento del invernadero por falta de herramientas.
- Falta de servicios debido a la ubicación del invernadero.
- Dificultades en la integración de nuevos módulos.
- Entorno desafiante en la programación de los microcontroladores.

**Amenazas:**

- Entorno peligroso al encontrarse en una zona rural.
- Fallas en los componentes y poca disponibilidad del material.
- Condiciones climáticas extremas, así como bajas temperaturas.
- Costos de implementación al contar con un presupuesto limitado.
- Competencia en el ámbito tecnológico.
- Propagación de plagas dentro del invernadero.
- Dificultades en el uso y aplicación para la persona que no esté capacitado.

## Capítulo 3

---

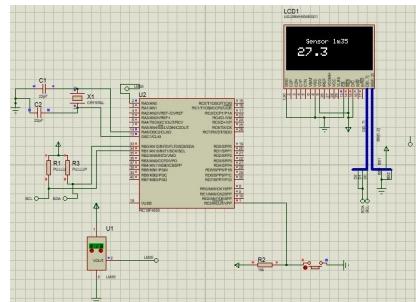
# Antecedentes del proyecto

---

### 3.1. Cuatrimestre Septiembre - Diciembre 2023

A continuación, se mostrán las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 4to cuatrimestre.

Análisis de proyectos anteriores o similares. Estudio del estado del arte. Análisis de proyectos anteriores o similares. Comprensión teórica del proyecto. Examinar software de desarrollo de circuitos electrónicos. Simulación de circuitos en PIC para aplicación de invernaderos. Formular la implementación de una topología de red. Estudio de los sensores de temperatura y humedad LM35 y DHT-11. Construcción de un circuito en protoboard para la toma y visualización de datos de un sensor de humedad del suelo. Examinar la arquitectura interna de los microcontroladores para comprender su funcionamiento y aplicaciones. Construcción de diagramas a bloques para el entendimiento de la lectura de sensores.



Primeras simulaciones.



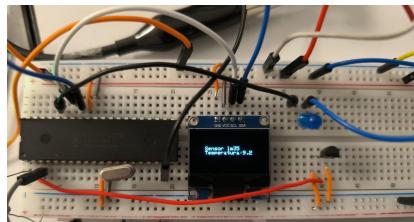
#### Actividades adicionales:

Limpieza del invernadero. Cultivo de plantas dentro de semilleros. Construcción del sistema mínimo del circuito PIC en protoboard.

### 3.2. Cuatrimestre Enero - Abril 2024

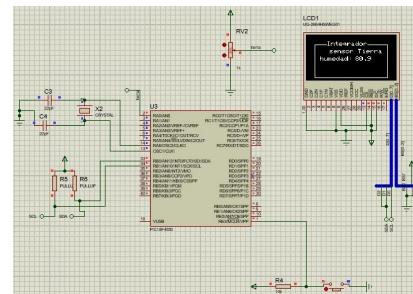
A continuación, se mostrán las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 5to cuatrimestre.

Implementación de nuevos componentes electrónicos termistor, transistor, hidrómetro, pantalla oled y pantalla lcd. Investigación de los nuevos componentes implementados. Construcción del sistema mínimo para aplicación de invernaderos con la utilización del microcontrolador PIC. Creación de circuitos soldados para la exhibición de los valores de los sensores de temperatura y de humedad. Unión de circuitos electrónicos de los diferentes sensores utilizados en el transcurso del proyecto.



Construcción de circuitos en protoboard.

LM35 y DHT-11. Atribuir el teorema de muestreo. Aplicación del protocolo I2C. Actualización del diagrama a bloques presentado el cuatrimestre anterior. Visualización de datos de temperatura y humedad en pantalla OLED. Construcción de un invernadero a escala para su exhibición en el salón. Análisis del principio teórico del sistema de comunicación USAR.



Implementación de nuevos sensores.

#### Desarrollo de circuitos individuales en protoboard:

Construcción del sistema mínimo del circuito PIC en protoboard. Descripción de los sensores utilizados LM35, DHT-11,DHT-22. Investigación de las conversiones analógica ? digital. Estudio de los sensores de temperatura y humedad

### 3.3. Cuatrimestre Mayo - Agosto 2024

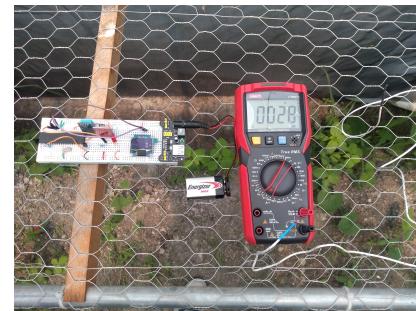
A continuación, se mostrán las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 6to cuatrimestre.

Realización de pruebas con los sensores para la búsqueda de una calibración de las mediciones. Generación de estadísticas para la calibración de los sensores.

#### Análisis estadísticos de las temperaturas obtenidas :



Registro de temperaturas.

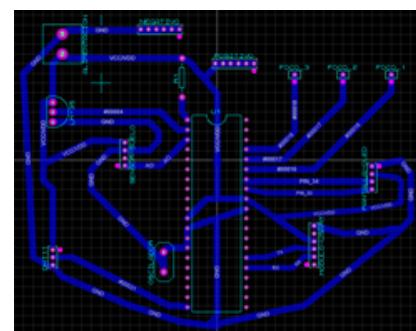


Medición de temperatura con distintos sensores.

Creación de gráficos a partir de las estadísticas de los sensores, para el análisis de precisión y exactitud. Replica de los circuitos para generación de constelación de sensores.

A continuación, se mostrán las actividades con las cuales se estuvo trabajando en el 7to cuatrimestre.

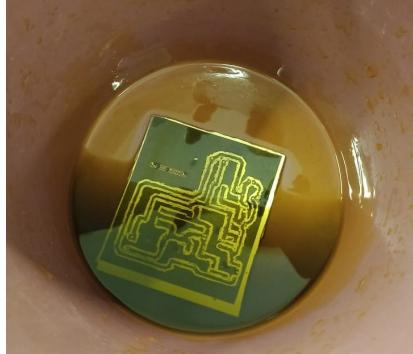
Retraso en tiempo de muestreo de variables de temperatura y humedad. Almacenamiento de la transmisión de datos de variables ambientales. Creación del circuito de la pantalla oled del sensor de humedad de la tierra. Implementación de todos los sensores en una sola tarjeta electrónica. Desarrollo de un generador 5 voltios para la activación de un relevador hacia



Desarrollo de una PCB en el software de Proteus.

otros componentes. Implementación de extractor para la disminución de la temperatura dentro del invernadero.

**Desarrollo del PCB en placa de cobre:**



Investigación sobre las mediciones del PH del agua, así como el funcionamiento del sensor. Ensamble superficial del circuito en una tarjeta electrónica de circuito impreso. Instauración de una alarma por medio del encendido de un foco. Pruebas dentro del invernadero.

Registro de temperaturas.

## Capítulo 4

---

# Desarrollo

---

### 4.1. Uso de tecnología XBee

Se pretende utilizar la tecnología XBee para la creación de la red esta implementa el estándar Zigbee para transmitir datos entre dispositivos de manera eficiente.

Durante este cuatrimestre se desarrollara una red de sensores utilizando la tecnología de XBee para pruebas físicas se implementó una conexión punto a punto para realizar la transmisión de datos utilizando el sistema embebido Arduino uno, en este caso se utilizaron 2 XBee una como transmisora y otra como receptora, para probar que las XBee se encuentren funcionando de manera correcta se probaran y se cargara el firmware necesario puede ser cualquiera de los siguientes, tomando en cuenta su aplicación.



Figura 4.1: Pruebas de envío y recepción de mensajes con Xbeee

- Coordinador:

Este es un nodo único y se encarga de crear la red, enrutar los paquetes y establecer conexiones con el resto de nodos de la red.

- Router:

De manera similar al Coordinador actúa como enrutador de paquetes pero no recibe conexiones entrantes.

- End Device:

Estos nodos son capaces de enviar y recibir paquetes de la red, pero no pueden enrutar paquetes.

## 4.2. Estudio de la zona de fresnel

La importancia de la zona de fresnel radica en que debe mantenerse libre de obstáculos para asegurar una buena calidad de la señal. Si algún obstáculo interfiere con la ona de fresnel, se producirá una atenuación de la señal y posiblemente errores de transmisión. La zona de fresnel se estrecha a medida que aumenta la frecuencia de la señal y a medida que aumenta la distancia entre las antenas.

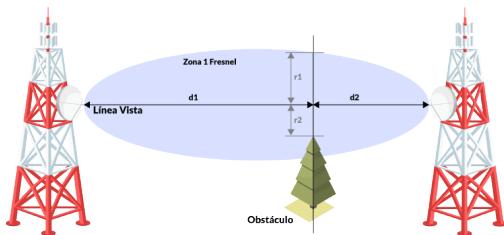


Figura 4.2: Zona de fresnel en radio enlace

## 4.3. Determinación de la Zona de Fresnel

Para determinar la zona de fresnel en un enlace inalámbrico se realiza cálculos que consideran la longitud de onda de la señal transmitida y la distancia entre las antenas. A continuación, se presenta una explicación general de cómo se calcula la zona de fresnel:

## 4.4. Cálculo del radio de la zona de fresnel

Para establecer las zonas de Fresnel, primero debemos determinar la línea de vista de RF, que de forma simple, es la línea recta que une los focos de las antenas transmisora y receptora.

La fórmula genérica de cálculo de las zonas de Fresnel es:

$$r_n = \sqrt{\frac{n\lambda d_1 d_2}{d_1 + d_2}}$$

Donde:

- $r_n$  = radio de la enésima zona de fresnel ( $n=1,2,3\dots$ ).
- $d_1$  = distancia desde el transmisor al centro del elipsoide en metros.
- $d_2$  = distancia desde el centro del elipsoide al receptor en metros.
- $\lambda$  = longitud de onda de la señal transmitida en metros.

Figura 4.3: Fórmula para el cálculo de la zona de fresnel

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel ( $r_1$  de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual transmiten la señal, suponiendo al objeto situado en el punto central. En unidades del SI:

$$r_1 = 8,657 \sqrt{\frac{D}{f}}$$

donde

- $r_1$  = radio en metros (m).
- $D$  = distancia en kilómetros (km) ( $d_1 = d_2, D = d_1 + d_2$ ).
- $f$  = frecuencia de la transmisión en gigahercios (GHz) ( $\lambda = \frac{c}{f}$ )

Figura 4.4: Fórmula posterior para realizar el cálculo

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel ( $r_1$  de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual transmiten la señal, suponiendo que varios objetos se encuentren situados en lugares diferentes del punto central. En unidades del SI:

$$r_1 = 17,32 \sqrt{\frac{d_1 * d_2}{f * D}}$$

donde

- $r_1$  = radio en metros (m).
- $d_1$  = distancia desde el transmisor al centro del elipsoide en kilómetros.
- $d_2$  = distancia desde el centro del elipsoide al receptor en kilómetros.
- $D$  = distancia en kilómetros (km) ( $D = d_1 + d_2$ ).
- $f$  = frecuencia de la transmisión en gigahercios (GHz) ( $\lambda = \frac{c}{f}$ )

Figura 4.5: Fórmula posterior para realizar el cálculo

Aplicando la fórmula se obtiene del radio de la primera zona de Fresnel ( $r_1$  de la fórmula superior), conocida la distancia entre dos antenas y la frecuencia en la cual

transmiten la señal, suponiendo que ningún objeto se encuentre situado en lugares diferentes del punto central, es decir que no haya obstrucción de la línea de vista. En unidades del SI:

$$r_1 = 17,32 \sqrt{\frac{D}{4 * f}}$$

donde

- $r_1$  = radio en metros (m).
- $D$  = distancia en kilómetros (km) ( $d_1 = d_2$ ).
- $f$  = frecuencia de la transmisión en gigahercios (GHz) ( $\lambda = \frac{c}{f}$ )

Figura 4.6: Fórmula posterior para realizar el cálculo

## Capítulo 5

---

# Resultados

---

### 5.1. Sincronización de PIC

Una vez explicado lo anterior para realizar las pruebas de punto a punto se configuraron XBee uno como coordinador y el otro actuará como receptor el cual se configuro como End Device que servirá como transmisor, para poder conectarlos con el PIC se requiere de un modulo USB que contenga los pines (VCC,GND,RX,TX) para poder configurarlos.

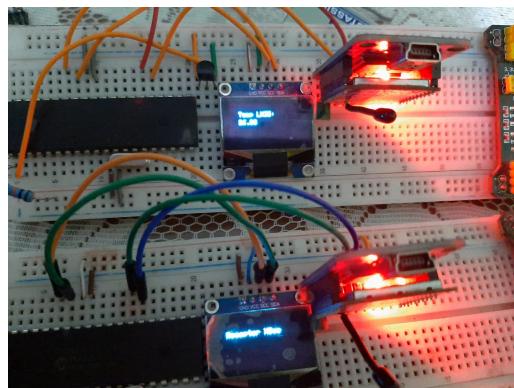


Figura 5.1: Conexión de PIC con módulos Xbee

Una vez que lo anterior se cumpla se espera lograr una topología con varios XBee funcionando como maestro esclavo esto será útil para sensar las diferentes variables de los diferentes partes del invernadero y de esta manera lograr tener datos de todas las temperaturas de las diferentes áreas de este mismo.

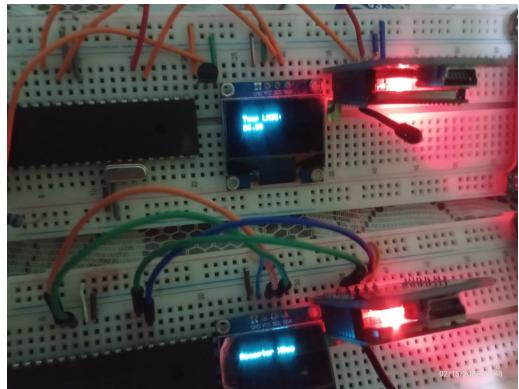


Figura 5.2: Envió de mensajes de PIC con módulos XBee

## **Capítulo 6**

---

# **Conclusión**

---

En las etapas iniciales, el proyecto se centró en incluir sensores de temperatura, humedad ambiental y humedad de la tierra en un único circuito electrónico. Este sistema muestra datos en una pantalla OLED y los envía a una PC usando USART. Se validaron sensores y se construyeron circuitos para asegurar la fiabilidad. Ahora, el sistema permite interacciones dinámicas, como encender un ventilador al detectar altas temperaturas. También se está desarrollando una interfaz de monitoreo remoto, accesible y económica, en software libre, mejorando la portabilidad y reduciendo costos.

**Diseño y desarrollo de un sistema embebido de adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero (KATSI).****Design and development of an embedded system for acquisition, monitoring, control and remote transmission of greenhouse data (KATSI).**

Ortiz-Pineda, Cristian Jesús\*, Ramos-Guerrero, Ramses-Alejandro', Castro-Reyes', Daniel.

\*Universidad Politécnica de Juventino Rosas. Departamento de Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones.

ID 1<sup>er</sup> Autor: Cristian Jesús, Ortiz Pineda

ID2<sup>do</sup> Co-Autor: Ramses Alejandro, Ramos-Guerrero

ID3<sup>er</sup> Co-Autor: Daniel Castro, Reyes

**Resumen**

La utilización de mejores recursos en la agricultura se ha vuelto más crucial en los últimos tiempos, particularmente en el seguimiento y control de las condiciones ambientales en los invernaderos. La producción de cultivos diversos requiere sistemas inteligentes que sean sostenibles y maximicen los beneficios. El objetivo de este proyecto es crear un invernadero sofisticado que pueda medir variables ambientales como la humedad, la humedad del suelo y la temperatura. El sistema tiene como objetivo registrar y regular estas variables, permitiendo la toma automatizada de decisiones, como la activación de sistemas de riego. Los principios de guiarán la implementación del proyecto. La utilización de microcontroladores, sensores especializados y técnicas avanzadas como conversión analógico-digital, multiplexación y análisis de datos. La información será transmitida a un dispositivo central de seguimiento y control, lo que supondrá una disminución tanto del consumo de agua como de los gastos operativos.

**Abstract**

The use of better resources in agriculture has become more crucial in recent times, particularly in monitoring and controlling environmental conditions in greenhouses. The production of diverse crops requires intelligent systems that are sustainable and maximize profits.

The aim of this project is to create a sophisticated greenhouse that can measure environmental variables such as humidity, soil moisture and temperature. The system aims to record and regulate these variables, allowing automated decision making such as the activation of irrigation systems.

The principles that will guide the implementation of the project are:

The use of microcontrollers, specialized sensors and advanced techniques such as analog-to-digital conversion, multiplexing and data analysis. The information will be transmitted to a central monitoring and control device, which will lead to a decrease in both water consumption and operating costs.

**Citación:** Ortiz-Pineda, Cristian Jesús, Ramos-Guerrero, Ramses-Alejandro, Daniel-Castro, Reyes, Diseño y desarrollo de un sistema embebido de adquisición, monitoreo, control y envío a distancia de datos de invernadero (KATSI).

---

\*Correspondencia del Autor ([322030253@upjr.edu.mx](mailto:322030253@upjr.edu.mx))

## 1.Introducción

La principal fuente de energía en los humanos radica en la alimentación, con la creciente población, mundial y local, se debe buscar la forma de dar sustento de una forma más eficiente. Al estar en contacto directo con la población en general, se debe instalar un invernadero inteligente lugares donde es más difícil recibir alimento como, por ejemplo, comunidades apartadas de la ciudad, al estar ubicados en diferentes lugares, cada invernadero deberá acoplar las diferencias ambientales (humedad, temperatura, etc.) a un punto de equilibrio donde favorezca el crecimiento de las plantas.

## 2.Materiales

Para el desarrollo del proyecto se eligió minuciosa y debidamente los materiales necesarios a utilizar esto en base a las necesidades requeridas, al alcance y las investigaciones documentadas, en esta sección se mostrarán los componentes utilizados en KATSI.



Figura 1: Sensor LM35

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

En la figura 1 se presenta uno de los 3 sensores a utilizar, en este caso es el analógico LM35, Sensor de temperatura.



Figura 2. Sensor DHT11

En la figura 2 se aprecia el segundo sensor a utilizar, se trata del sensor de humedad y temperatura dht11, donde a diferencia de los demás sensores que son del tipo analógico este sensor es del tipo digital.



Figura 3. Sensor de humedad del suelo, YC-28

En la figura 3 se muestra el tercer y último sensor que muestra la humedad, sin embargo, a diferencia del dht11 este muestra la humedad que tiene la tierra de una planta.

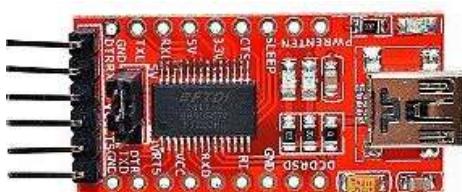


Figura 4. Modulo USART

En la figura 4 se muestra el enlace que tiene el circuito con una computadora, hablamos del módulo USART FT232R, un conversor USB a serial.



Figura 5. PIC 18f4550

En la figura 5 se presenta el microcontrolador PIC 18f4550 con el cual se estará desarrollando el proyecto para el procesamiento de la información y automatización.



Figura 6. Pantalla OLED

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

En la figura 6 se puede apreciar una pantalla oled la cual servirá para exhibir las mediciones que las placas dentro del invernadero estén midiendo a por medio de los sensores y el microcontrolador.



Figura 7. Oscilador de cristal

A fin de dar una correcta sincronía a las operaciones que está realizando el microcontrolador es necesaria la implementación de un oscilador el cual dará la sincronía suficiente y el cual es posible apreciar en la figura 7.



Figura 8. Modulo Xbee

Xbee son módulos de comunicación inalámbrica fabricados por DIGI International. Que permite

desarrollar aplicaciones más allá de la simple conexión y comunicación entre mismos módulos.

### 3. Metodología

#### Sistema Embebido

Para el funcionamiento del proyecto se desarrollará un sistema embebido empleando microcontroladores, en este caso se estará trabajando con los microcontroladores PIC. El cual este se encargará de recabar la información que los sensores estén recolectando y enviarlos hacia la computadora, además, de mandar alertas, encender y apagar los sistemas de refuerzo cuando sean necesarios.

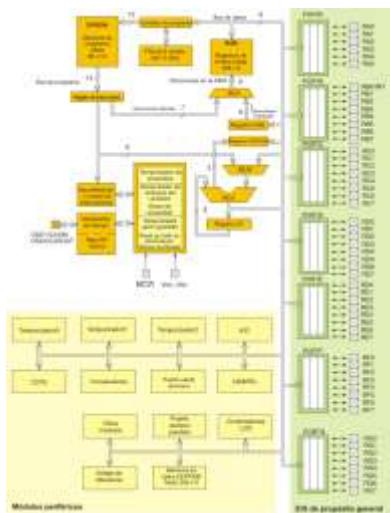


Figura 8. Estructura interna del PIC

### 4. Formulas de lectura de sensores

#### Sensor de temperatura LM35

$$T(^{\circ}\text{C}) = \frac{\text{Valor\_ADC} \times V_{ref}}{\text{Resolución\_ADC} \times 0.01}$$

#### Sensor de humedad de suelo YC-28

$$\text{Humedad} = m \cdot \text{valor\_adc} + b$$

Incluso si tenemos ya el uso debido de los sensores, con el fin de construir un circuito funcional es necesario la implementación de un diagrama a bloques, acorde a lo que se necesite, donde se muestre las características del circuito y brinde la opción de conocer los componentes con lo que cuenta.

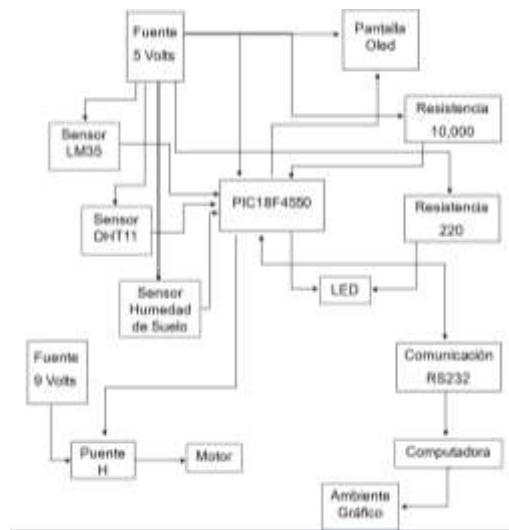


Figura 9. Diagrama a bloques del circuito

Las conexiones de los sensores y módulos, como el sensor DHT11, LM35 y YC-28, son similares: cada uno lleva una conexión hacia la fuente de alimentación y envía su información hacia el PIC, el cual recibe la información y la transmite hacia la computadora.

pantalla oled para ser visualizada y hacia el módulo USART que la transmite hacia una computadora.

El bloque llamado “Ambiente Grafico” radica en el uso de la información una vez dentro de una computadora, pues esa es almacenada en una página web para su visualización posterior a todo el público.

El PIC puede realizar diversas funciones dependiendo de las condiciones que se apliquen, es decir, cuando los niveles en las lecturas son elevados pasando hacia el bloque denominado como “puente H”, este se encarga de encender una alarma, un extractor y una bomba dependiendo del tipo de lectura.

Este tipo de funciones de “emergencia” son alimentados de manera externa al circuito como tal, usando corriente alterna para alimentar aparatos con alto consumo de energía, para ello se utilizará un relevador para utilizar los pulsos del PIC y controlar el encendido y apagado de estos aparatos.

El cual estará armado en un módulo separado de la PCB general al tener una placa de relevadores unidos.

## Módulo Xbee

Durante este cuatrimestre se llevó a cabo el desarrollo de un sistema de comunicación inalámbrica

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN] utilizando dos módulos Xbee, los cuales se configuraron mediante adaptadores USB para establecer la conexión entre ellos. El proceso de configuración se realizó utilizando el software XCTU, herramienta que permite gestionar y programar los módulos Xbee de manera eficiente. En este proceso, uno de los módulos se configuró como transmisor y el otro como receptor, permitiendo así la transmisión y recepción de datos de manera bidireccional.



Figura 10 . Interfaz Digi XCTU

Para llevar a cabo esta configuración, se conectaron los módulos Xbee a computadoras a través de puertos USB, operando en modo serial. A través del software XCTU, se ajustó el firmware de los módulos, lo que posibilitó la correcta comunicación entre ambos dispositivos. Este ajuste es crucial para garantizar que los módulos pudieran intercambiar datos sin problemas, asegurando su correcto funcionamiento dentro de las distancias y condiciones esperadas.

## 5. Resultados

La manera de evitar un corto circuito o quemar algún componente durante las pruebas, es

realizando una simulación del mismo circuito en algún software de simulación en este caso, "Proteus" a continuación se mostrarán las conexiones del diagrama esquemático del circuito.

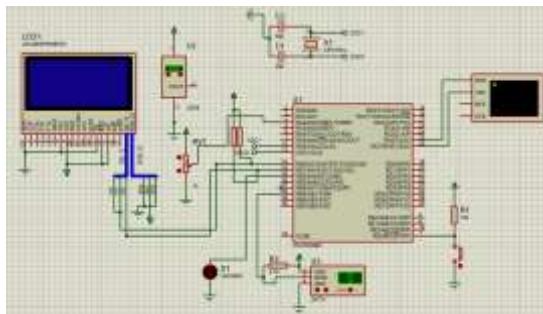


Figura 11. Simulación del circuito

Al verificar el funcionamiento correcto en la simulación pasaremos a las pruebas físicas, armando el circuito en una ProtoBoard y realizar observaciones sobre las acciones del mismo circuito, haciendo uso de corriente directa (DC).

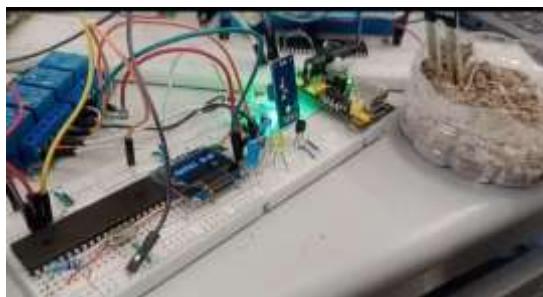


Figura 12. Prueba física de funcionamiento

Inmediatamente en estas pruebas de funcionamiento, se deberán comprobar las acciones realizadas por el PIC al cambio de variables en las mediciones de los sensores, como se mostrará en la siguiente imagen.

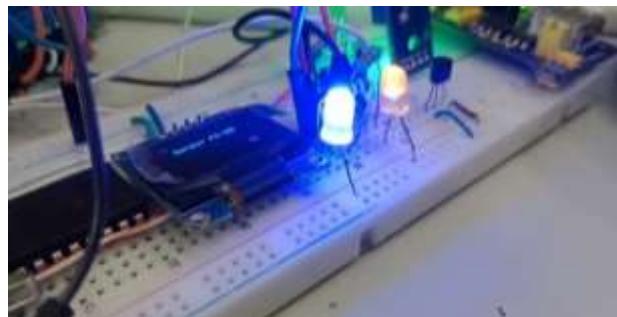


Figura 13. Cambio de variables en prueba de funcionamiento.

Al tener un funcionamiento cercano al deseado, las pruebas pasan por un cambio de voltaje, cambiando entre corriente directa hacia corriente alterna, donde se reemplazarán componentes, como LEDs, resistencias, etc. En la siguiente imagen se mostrarán los cambios ya hechos en el circuito integrado.



Figura 14. Cambio de voltaje, AC.

Tras realizar dichos cambios se deberá comprobar nuevamente su correcto funcionamiento mostrados en la siguiente imagen.

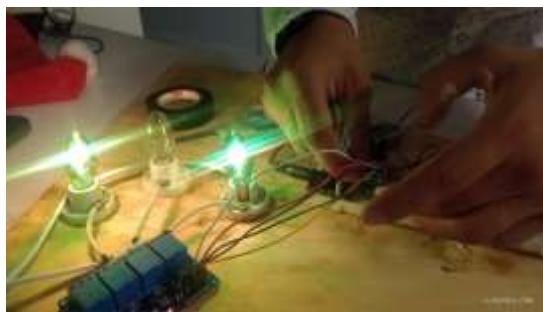


Figura 15. Buen funcionamiento con corriente Alterna.

Mediante el uso del módulo USART el circuito se conectará hacia una computadora, donde el código ingresado mandará los datos de los sensores a través de un puerto COM y al mismo tiempo guardando sus datos en un archivo de texto como se mostrará a continuación en la siguiente imagen.

```
A Windows PowerShell window showing the following text output:  
① KATSI S-H  
SENSOR NO CONECTADO  
//////////////////////////////////////////////////////////////////  
Humedad DHT11: 57.0%  
Temperatura DHT11: 26.50 C  
////////////////////////////////////////////////////////////////  
② KATSI S-H  
SENSOR NO CONECTADO  
//////////////////////////////////////////////////////////////////  
Humedad DHT11: 57.0%  
Temperatura DHT11: 26.50 C  
////////////////////////////////////////////////////////////////  
③ KATSI S-H  
SENSOR NO CONECTADO  
//////////////////////////////////////////////////////////////////  
Humedad DHT11: 57.0%  
Temperatura DHT11: 26.48 C  
////////////////////////////////////////////////////////////////  
KATSI S-H  
SENSOR NO CONECTADO  
//////////////////////////////////////////////////////////////////  
Humedad DHT11: 57.0%  
Temperatura DHT11: 26.48 C  
////////////////////////////////////////////////////////////////  
KATSI S-H  
SENSOR NO CONECTADO  
//////////////////////////////////////////////////////////////////  
Humedad DHT11: 57.0%  
Temperatura DHT11: 26.48 C
```

Figura 16. Almacenamiento de datos

Una vez que el circuito haga lo esperamos, sabremos que las conexiones esquemáticas están

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN] en orden y se podrá pasar al armado de la PCB, esto se iniciara con el diagrama en 2D para realizar las conexiones de los Footprint. En la siguiente imagen se mostrará el diagrama terminado.

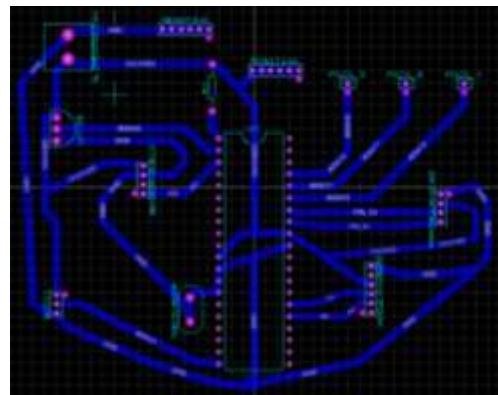


Figura 17. Diagrama 2D del circuito

Una vez construido el esquemático como el que se muestra en la figura 11 se podrá visualizar el modo 3D de la placa PCB para visualizar como se vería en físico.

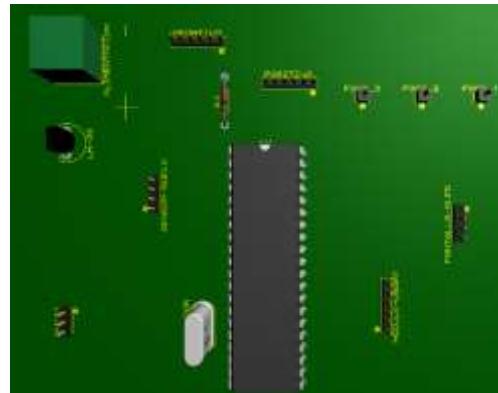


Figura 18. Placa PCB modelo 3D

El siguiente paso será le planchado de la placabas base, al exportarse en PDF el documento puede

imprimirse en papel transfer para facilitar ser pegado en una PCB mediante el planchado,



Figura 19. Planchado de la placa base

cuando es terminado de planchar, el diseño queda pegado a la PCB, aquí deberá ser puesto en cloruro férrico para disolver los excedentes de cobre, dejando únicamente las pistas.

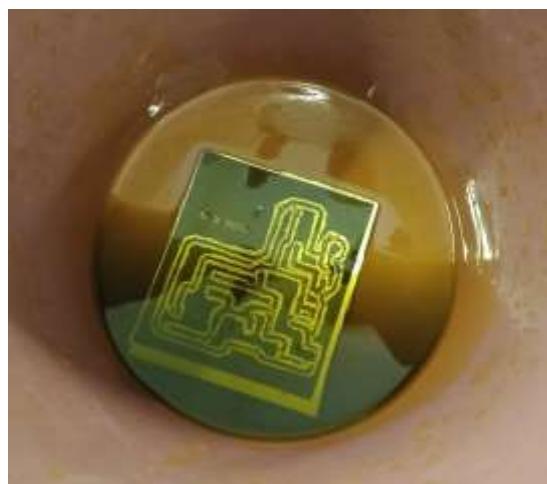


Figura 20. PCB en acido férrico

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

Cuando se terminan de disolver, estará listo para la perforación de las terminales, donde irán los componentes y posteriormente su soldado como se verá en la siguiente imagen.



Figura 21. Perforación y posterior soldadura

Al contar con nuestra placa de circuito impreso de manera física pasaremos a la sección de pruebas donde se verificará que el circuito funcione de manera correcta y no existe ningún error.

Durante la realización de las pruebas restantes se implementó, un sistema de comunicación basado en Xbee, el cual demostró tener un alcance aproximado de 90 ...

metros en entornos cerrados, lo cual es adecuado para aplicaciones que requieren comunicación dentro de edificios o estructuras con obstáculos. En espacios abiertos, el alcance se amplió significativamente, llegando a alcanzar hasta 3200 metros, lo que hace que este sistema sea adecuado para aplicaciones al aire libre, donde no hay interferencias físicas significativas.



Figura 22. Prueba de envío y recepción de mensajes con módulos XBee.

Como se observa en la figura 18 se realizaron las pruebas de envío de información de manera inalámbrica implementando los módulos XBee.

Esta comunicación fue solamente un emisor y receptor, posteriormente se pretende ampliar la topología.

Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN]

## 6. Conclusiones

En las etapas iniciales, el proyecto se enfocó en integrar sensores de temperatura, humedad ambiental y humedad de la tierra en un único circuito electrónico capaz de mostrar las variables en una pantalla OLED y enviar datos a una PC mediante el protocolo de comunicación USART. Este proceso requirió múltiples actividades, como la validación de sensores, la construcción de circuitos y cálculos de errores, garantizando la fiabilidad del sistema.

Actualmente, el proyecto ha evolucionado más allá del monitoreo, incorporando funcionalidades que permiten la interacción dinámica con el entorno. Por ejemplo, ahora es posible activar un ventilador cuando se detectan altas temperaturas, lo que amplía las aplicaciones prácticas del sistema. Además, se trabaja en una interfaz de monitoreo remoto accesible y económica, desarrollada en software libre, lo que mejora su portabilidad y reduce costos.

## 7. Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a la Ingeniería en Redes y Telecomunicaciones, al Dr. Juan Israel Yáñez Vargas y al M.C. Víctor Lauro Pérez García, quienes, con su valioso conocimiento y apoyo, han contribuido significativamente al desarrollo y financiamiento de este proyecto.

**7. Referencias**

¿Qué es XBee? XBee.cl – Comunicación Inalámbrica para Tus Proyectos. (2019, Noviembre 29). XBee.cl – Comunicación Inalámbrica Para Tus Proyectos. <https://xbee.cl/que-es-xbee/>

Farooq, M. S., Javid, R., Riaz, S., & Atal, Z. (2022). IoT Based Smart Greenhouse Framework and Control Strategies for Sustainable Agriculture. IEEE Access, 10, 99394-99420. <https://doi.org/10.1109/access.2022.3204066>

M. S. Farooq, S. Riaz, M. A. Helou, F. S. Khan, A. Abid and A. Alvi, "Internet of Things in Greenhouse Agriculture: A Survey on Enabling Technologies, Applications, and Protocols," in IEEE Access, vol. 10, pp. 53374-53397, 2022, doi: 10.1109/ACCESS.2022.3166634.

C., S. (2022c). Conversión Análogo/Digital (A/D). Control Automático Educación. <https://controlautomaticoeducacion.com/microcontroladores-pic/14-conversion-analogodigital-ad/>

Jecrespom. (2018, 16 noviembre). Xbee – Aprendiendo Arduino. Aprendiendo Arduino. <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/categoria/xbee/> <https://blogagricultura.com/estadisticas-gory/xbee/>

[Mes, año, Vol.1 No.1 1-15-[Uso de ECORFAN] agricolas-estado-guanajuato/ García Breijo, E. (2012). Compilador C CCS y Simulador Proteus para Microcontroladores PIC. España: Marcombo.



SEP

Secretaría  
de Innovación, Ciencia  
y Educación SuperiorSECRETARÍA DE  
EDUCACIÓN PÚBLICA

## CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DEL PROYECTO INTEGRADOR

Código: SAC01-RG-09

Emisión: 14 de enero de 202024

Rev. 2, Pag. 1/1

Actividades.	Universidad Politécnica de Juventino Rosas																
	Carrera: IRT					Cuatrimestre: Septiembre-Diciembre				Nombre del proyecto: KATSI H-S							
	Academia(s): IRT					Tutor(a): Juan Heriberto Gallegos Galindo				Asesor(a): Juan Israel Yáñez Vargas							
	Semana																
	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M	M	J	V	L	M
Retraso en tiempo de muestreo	x																
Almacenamiento de la transmisión de datos		x	x	x													
Creación del circuito Oled del sensor de humedad de tierra			x	x													
Implementación de todos los sensores				x	x			x	x	x							
Creación de un generador 5 volts					x	x	x	x	x	x							
Implementación de ventilador de enfriamiento										x	x						
Investigación de medición de PH										x	x	x	x	x	x	x	x
Implementación en PCB											x	x	x	x	x	x	x

## ACTIVIDADES REALIZADAS

DOCENTES INVOLUCRADOS (Nombre, Carrera y Materia)
Dr. Juan Israel Yáñez Vargas
M.C. Victor Lauro Perez García
ALUMNOS(AS) INVOLUCRADOS (Nombre, Carrera)
Ramón Alejandro Ramos Guerrero
Cristian Jesus Ortiz Pineda

OBJETIVO:
-----------

DE SER UN PROYECTO FACTIBLE PARA SER INCUBADO LLENAR LA SIGUIENTE INFORMACIÓN	
TIPO DE PROYECTO (CLASIFICACIÓN):	
PROYECCIÓN:	RESULTADOS OBTENIDOS:



---

## Bibliografía

---

