



*Universidad Católica “Nuestra Señora de la Asunción”*  
*Campus Alto Paraná*  
*Facultad de Ciencias y Tecnología*  
*Ingeniería Electromecánica con Orientación Electrónica*

**ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE  
SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE  
ACTUADORES EN UN INVERNADERO.**

*Proyecto Final de Grado*

**GABRIELA BELÉN CÁCERES RODRÍGUEZ**

*gabicaceres1594@gmail.com*

**GUSTAVO DAVID QUIÑÓNEZ DUARTE**

*gustavo\_quinonez@hotmail.com*

**TUTOR: LIC. ARIEL GUERRERO**

**COTUTORES: ING. MSC. MARIO ARZAMENDIA**

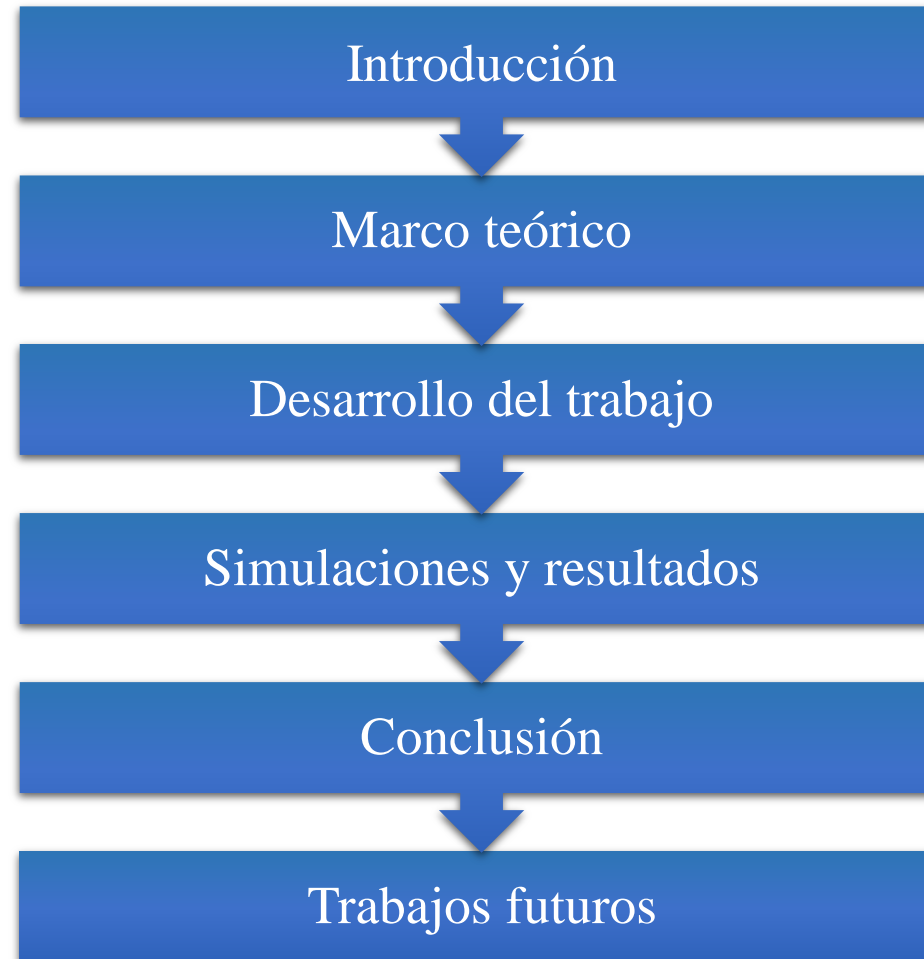
**ING. MSC. LADISLAO ARANDA**

**Julio de 2017**



# *ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.*

## *Tabla de Contenido*





# *ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.*

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros







# *ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.*

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros





# *ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.*

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

Los invernaderos son estructuras cerradas, en cuyo interior se procura mantener un ambiente propicio para el crecimiento de las plantas.







# *ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.*

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros





Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

*¿Qué es importante para el crecimiento de cultivos dentro de invernaderos hidropónicos?*

- Temperatura y humedad del aire.
- Temperatura y conductividad eléctrica de la sustancia.
- Luminosidad del ambiente.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Hipótesis*

La tecnología de redes inalámbricas de sensores y actuadores (WSAN) puede aplicarse al monitoreo y control de invernaderos hidropónicos, a fin de tener un completo manejo sobre las variables ambientales que determinan la calidad de la producción, constituyéndose en una herramienta para la automatización de estos invernaderos.





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

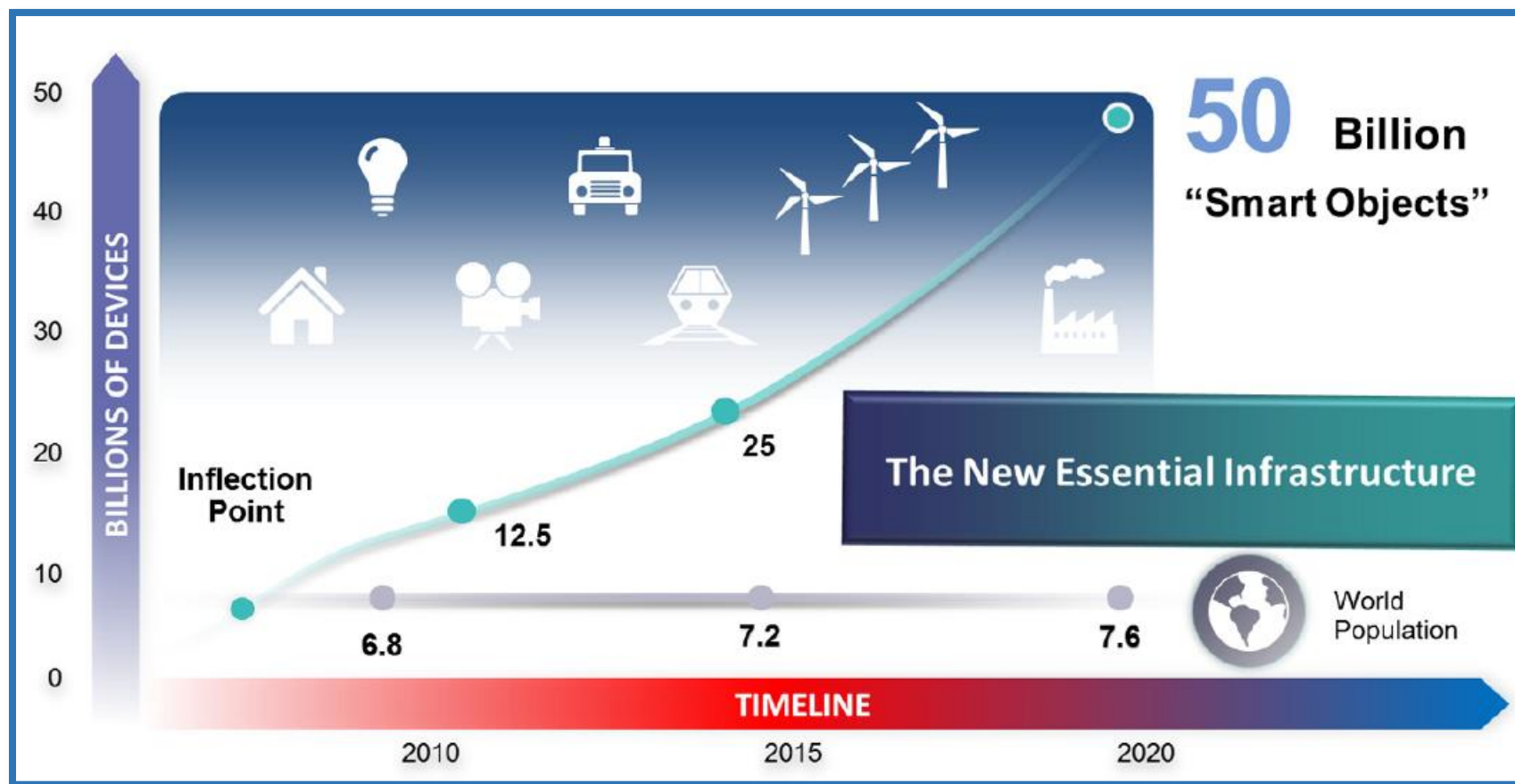


Conclusión



Trabajos futuros

## ¿Por qué una red inalámbrica?





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



340.282.366.920.938.463.463.374.607.431.768.211.456  
0  
 $2^{128}$  direcciones IP



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



Conclusión



Trabajos futuros







Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *¿Cómo se comprobaría la hipótesis?*

Para determinar si la red inalámbrica de sensores y actuadores puede ejecutar efectivamente controles en lazo cerrado, sobre procesos dentro de invernaderos hidropónicos, es fundamental determinar los requisitos temporales para la transmisión de paquetes de datos, y verificar que sea inferior al tiempo de asentamiento de la señal de control.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

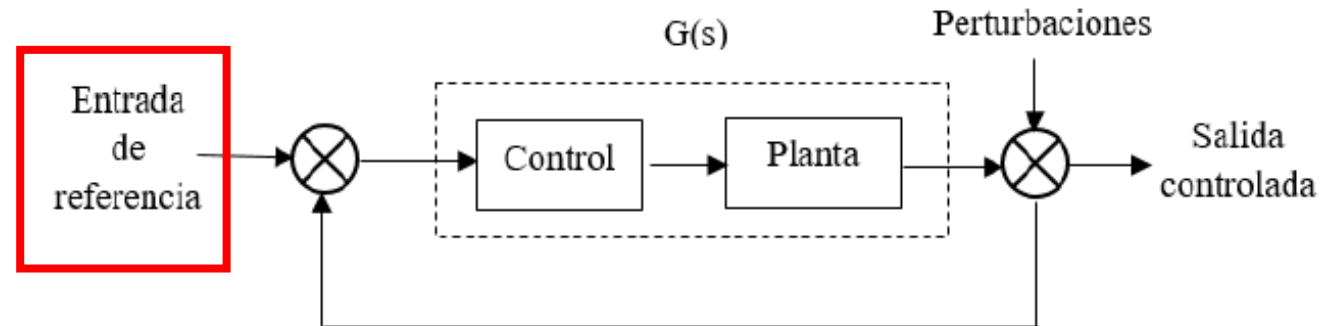


Conclusión



Trabajos futuros

*¿Cómo se comprobaría la hipótesis?*





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

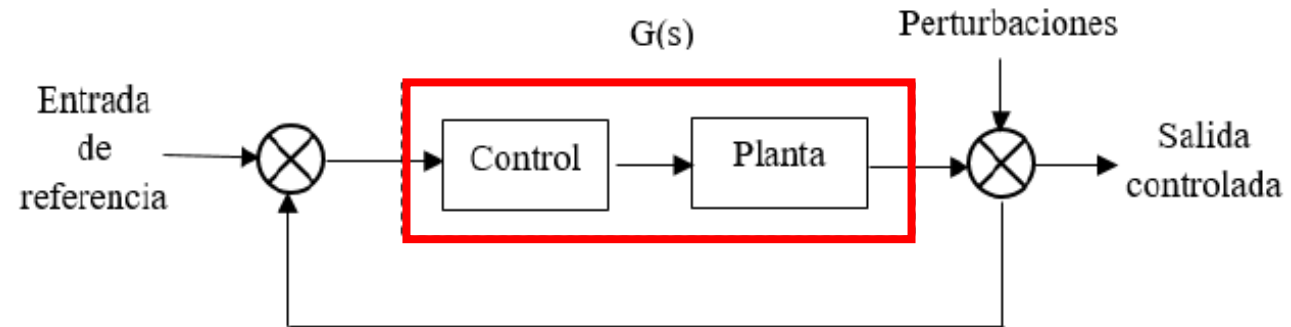


Conclusión



Trabajos futuros

*¿Cómo se comprobaría la hipótesis?*







# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

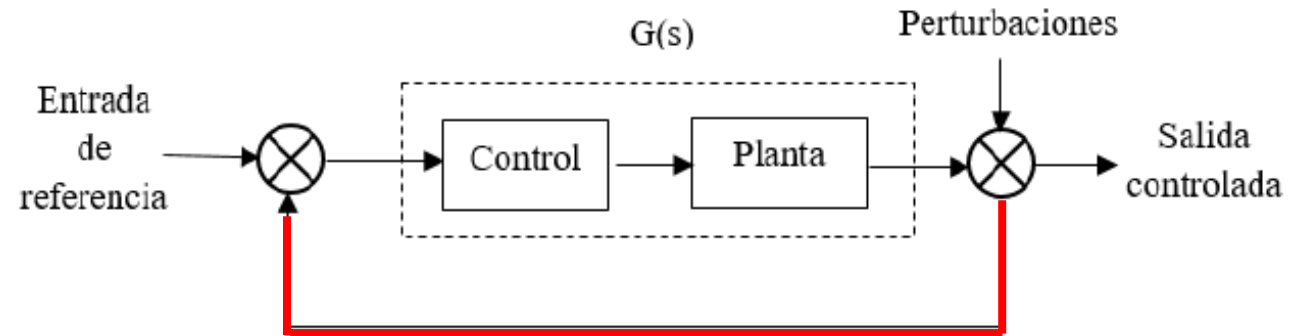


Conclusión



Trabajos futuros

*¿Cómo se comprobaría la hipótesis?*





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



Conclusión



Trabajos futuros

*¿Cómo se comprobaría la hipótesis?*

Proceso	Función de transferencia
$G_1(s)$	$\frac{3.73}{2153.07s^4 + 2042s^3 + 549.1s^2 + 254.57s + 0.7}$ <p>Proceso de Refrigeración</p>
$G_2(s)$	$\frac{140s + 28}{34200s^5 + 104791s^4 + 40746.63s^3 + 21617.76s^2 + 672.26s + 5.38}$ <p>Proceso de Deshumidificación</p>



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

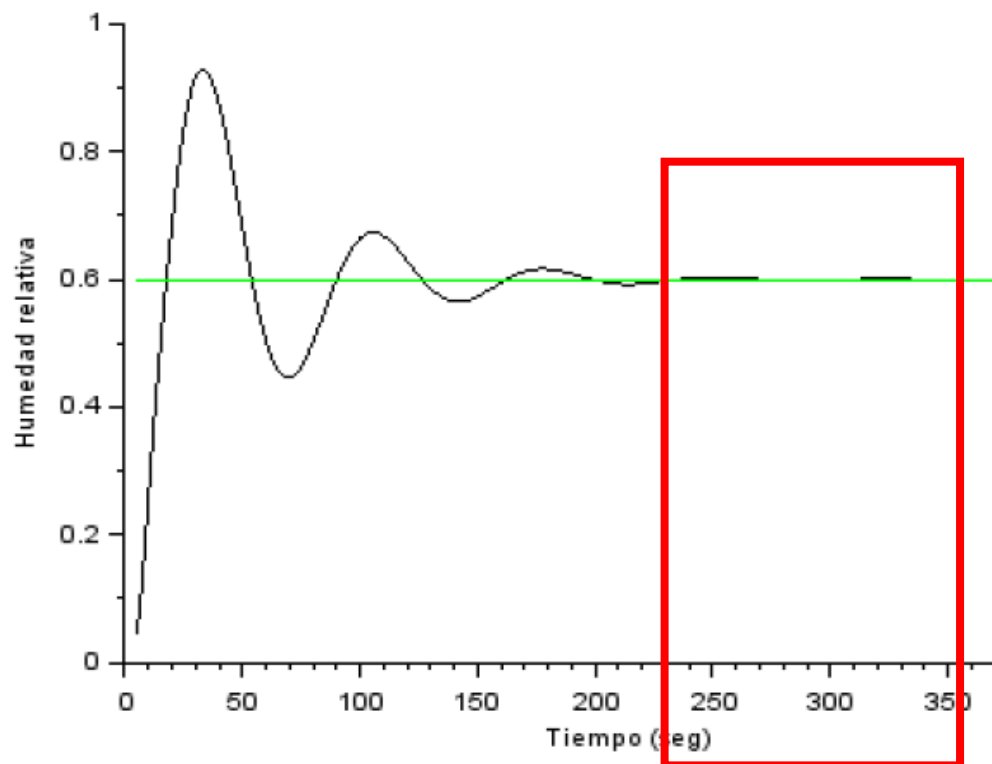


Conclusión



Trabajos futuros

*¿Cómo se comprobaría la hipótesis?*







# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Objetivo Principal*

Realizar análisis, diseño y simulación de una red inalámbrica de sensores y actuadores, a ser desplegada en un invernadero hidropónico, a fin de sentar las bases de viabilidad técnica para el despliegue de dicha red.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Objetivos Específicos*

- Determinar los procesos a ser ejecutados para el desarrollo de cultivos en invernaderos hidropónicos.
- Realizar un estudio de las WSANs.
- Determinar una plataforma disponible comercialmente, así como un sistema operativo compatible. Seleccionar y validar la pila de protocolos a utilizar, y desarrollar el *firmware* de las plataformas.
- Simular el funcionamiento de la red, cubriendo sus aspectos topológicos.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *¿Qué es una red inalámbrica de sensores y actuadores?*

Una WSN es un sistema distribuido de nodos sensores y nodos de accionamiento que están interconectados a través de enlaces inalámbricos. Los sensores recogen información sobre el mundo físico, y transmiten los datos recogidos a controladores/actuadores.







# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *¿Qué es una red inalámbrica de sensores y actuadores?*

Una WSN es un sistema distribuido de nodos sensores y nodos de accionamiento que están interconectados a través de enlaces inalámbricos. Los sensores recogen información sobre el mundo físico, y transmiten los datos recogidos a controladores/actuadores.





Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Características Principales*

- Capacidad para la toma de decisiones.
- Tamaño compacto.
- Configuración dinámica.
- Tolerancia de fallas.
- Escalabilidad y adaptabilidad.
- Acceso remoto.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Componentes*

- Nodos sensores.
- Nodos servidores.
- Estación base.
- Nodos actuadores.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

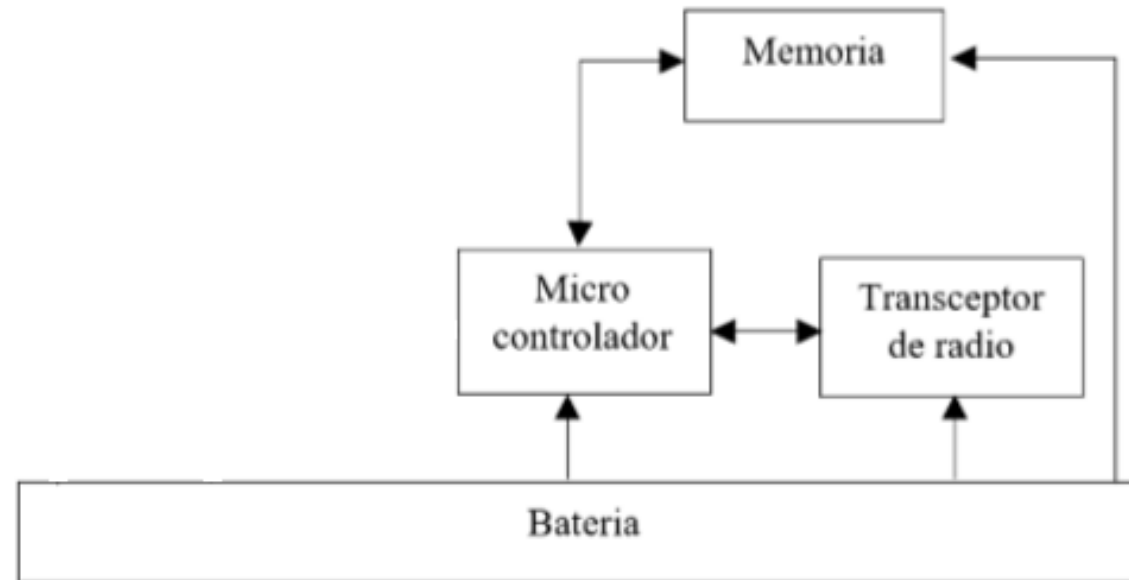


Conclusión



Trabajos futuros

## *Diagrama de Bloques de un Nodo*







# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

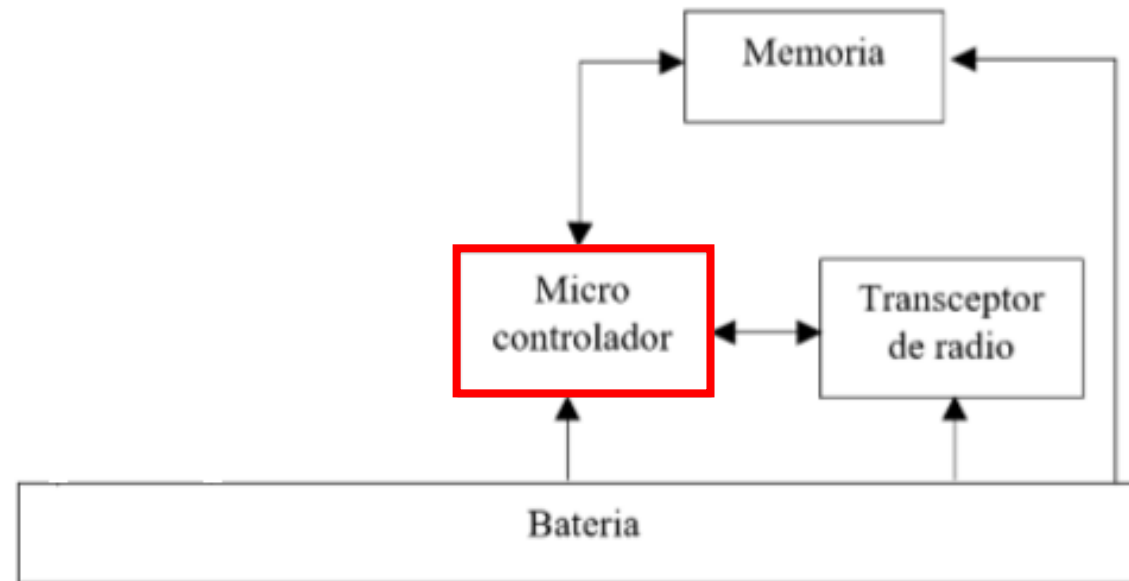


Conclusión



Trabajos futuros

## *Diagrama de Bloques de un Nodo*





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

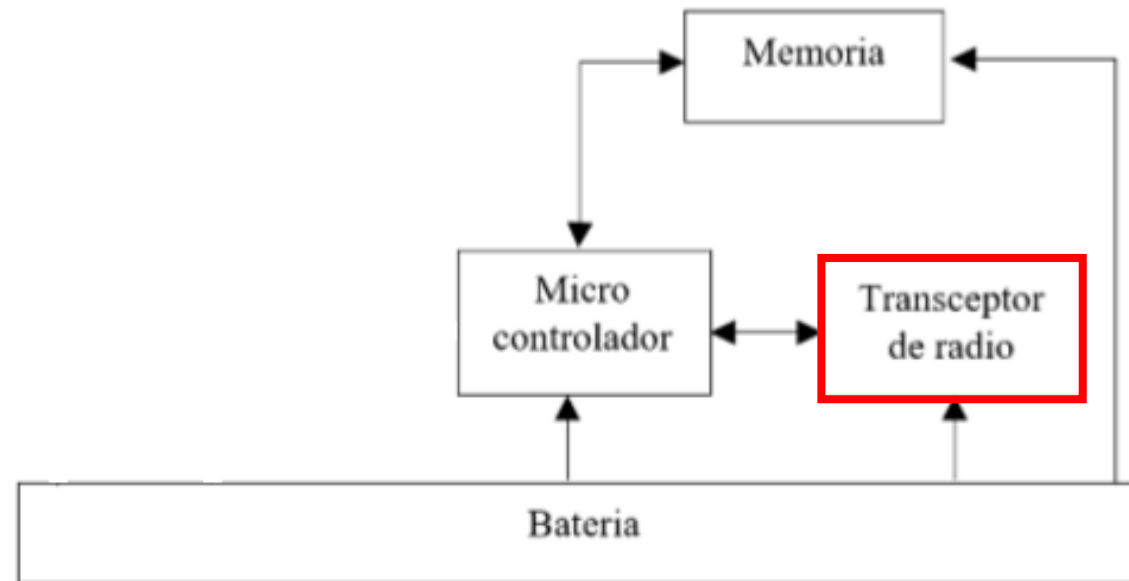


Conclusión



Trabajos futuros

## *Diagrama de Bloques de un Nodo*





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

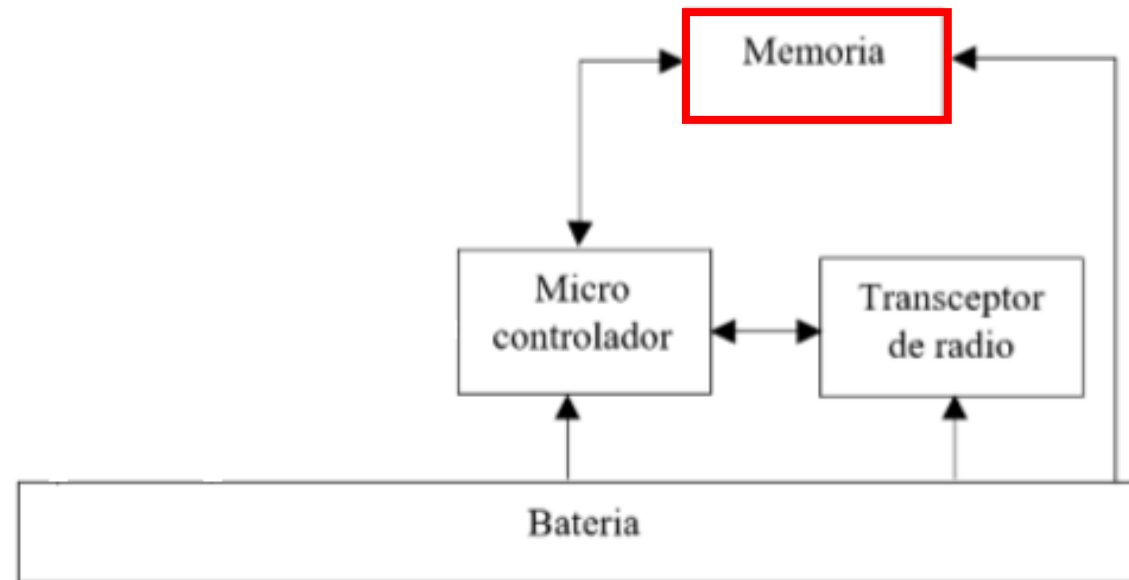


Conclusión



Trabajos futuros

## *Diagrama de Bloques de un Nodo*





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

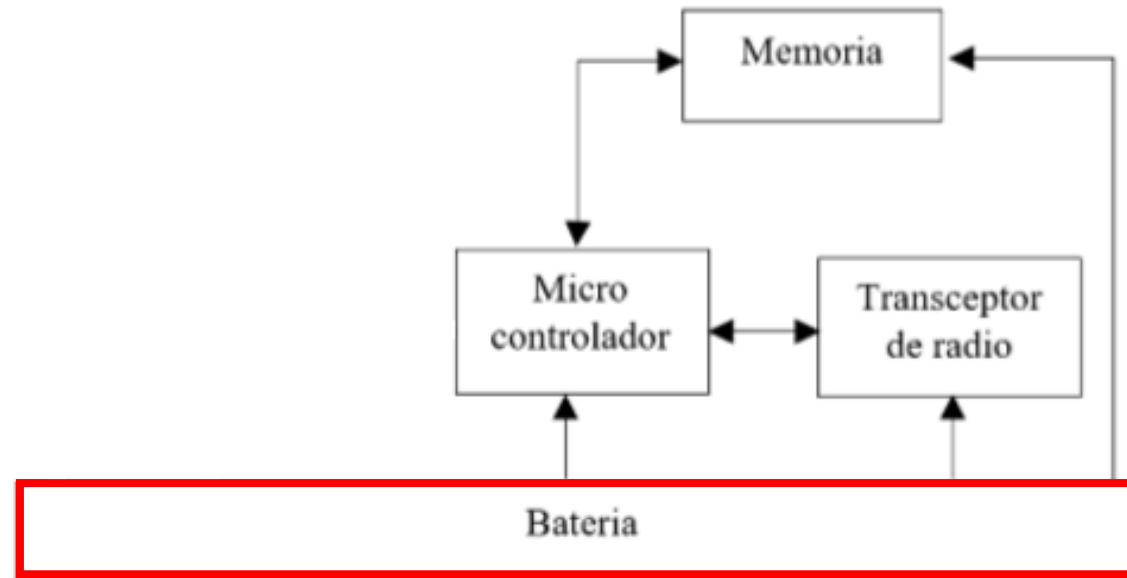


Conclusión



Trabajos futuros

## *Diagrama de Bloques de un Nodo*







# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

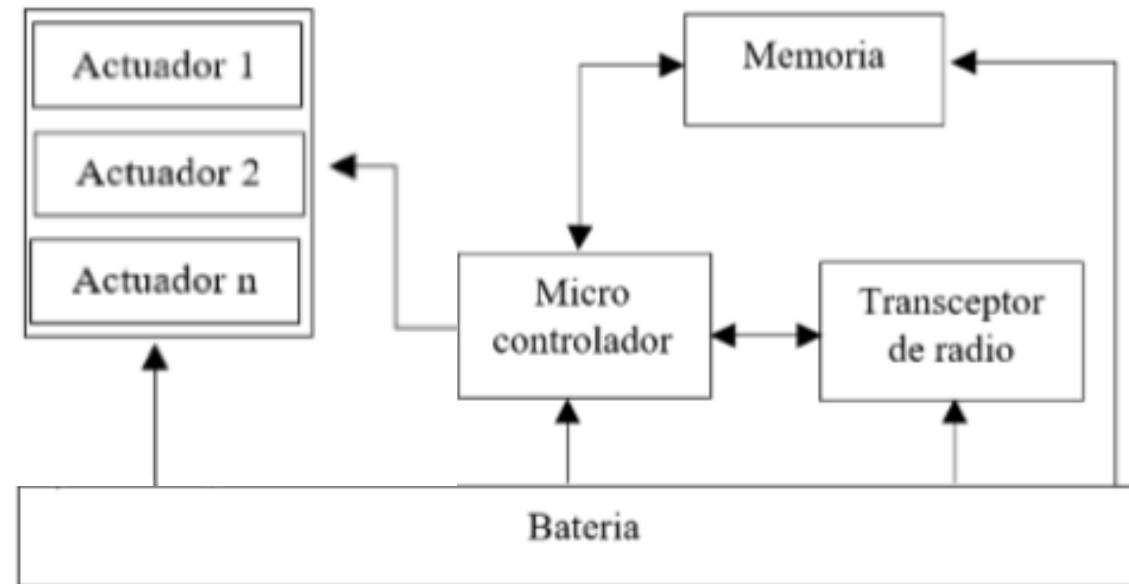


Conclusión



Trabajos futuros

## *Diagrama de Bloques de un Nodo*





Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Diseño de la WSAN*

El estudio de los factores que influyen en los cultivos dentro de un invernadero y el análisis del estado del arte de las WSANs, permitió el diseño de la arquitectura del sistema, que comprendió la elección de los componentes de hardware y software a ser utilizados, así como los protocolos implementados.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

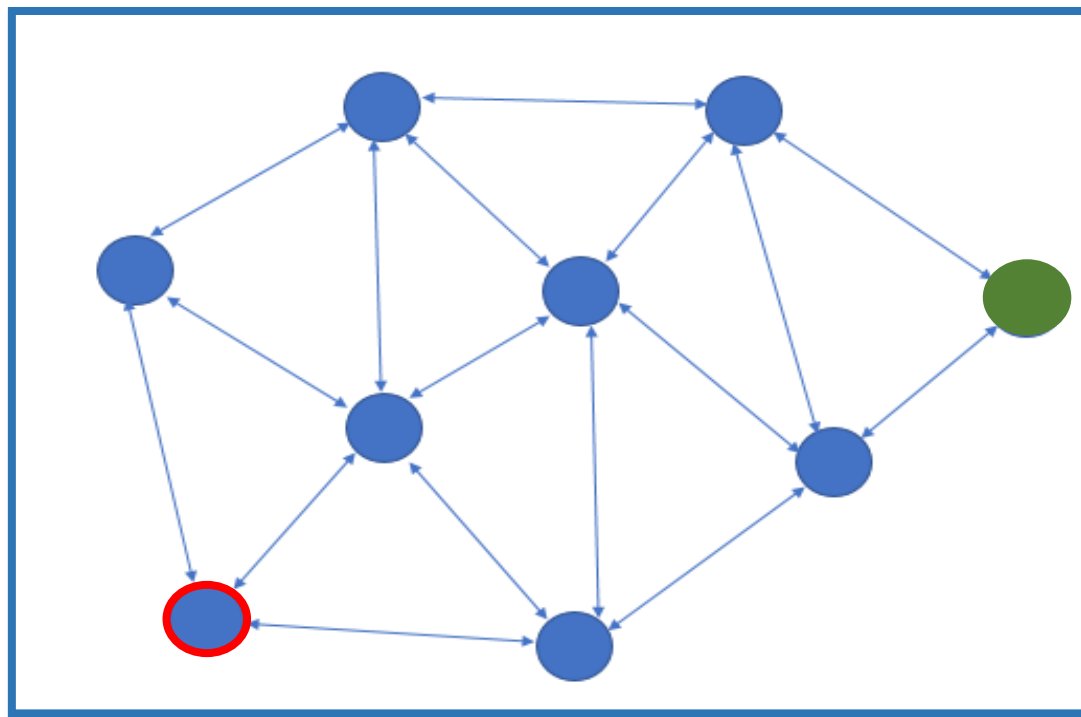


Conclusión



Trabajos futuros

## *Topología de la Red*



Red Mallada



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

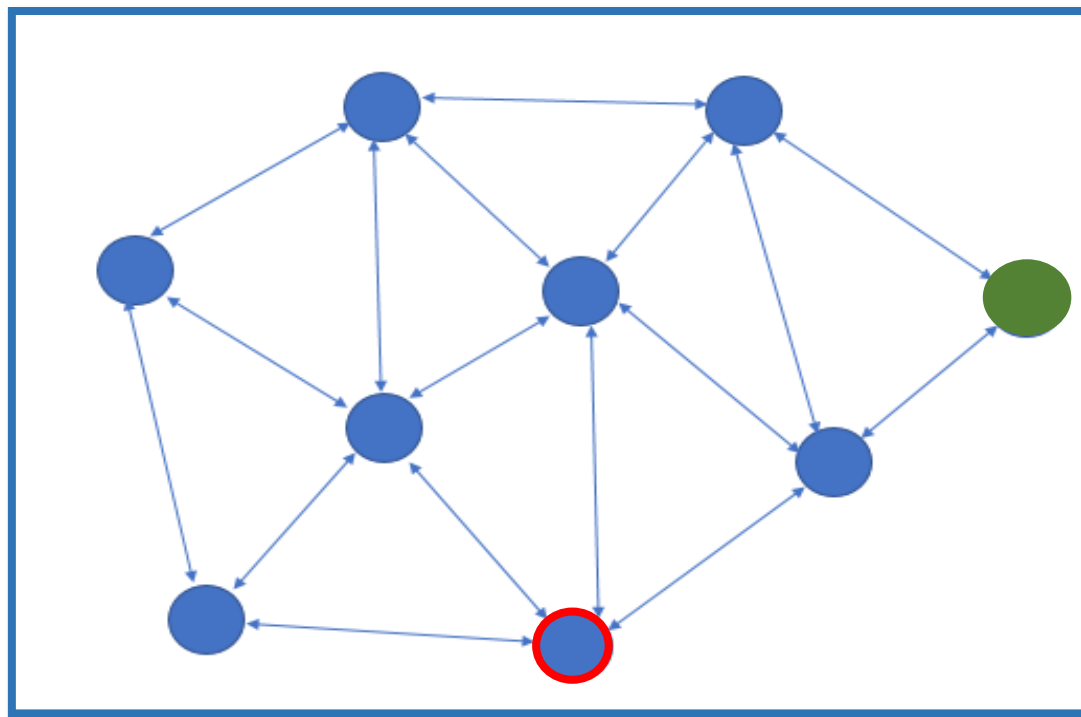


Conclusión



Trabajos futuros

## *Topología de la Red*



Red Mallada





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

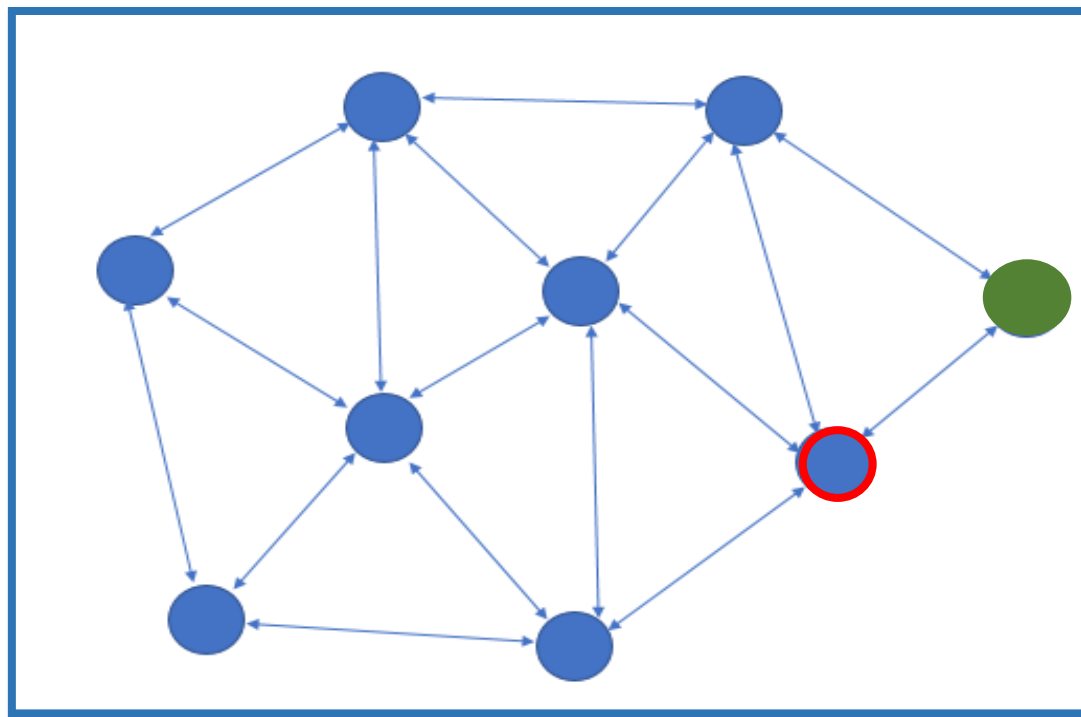


Conclusión



Trabajos futuros

## *Topología de la Red*



Red Mallada



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

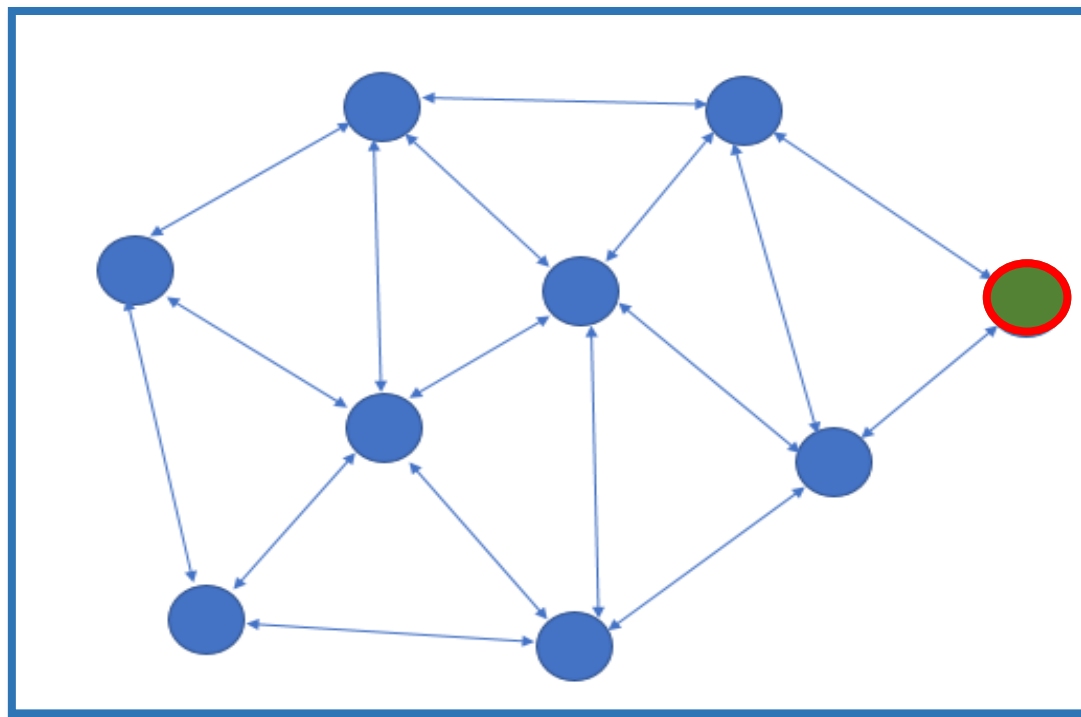


Conclusión



Trabajos futuros

## *Topología de la Red*



Red Mallada



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

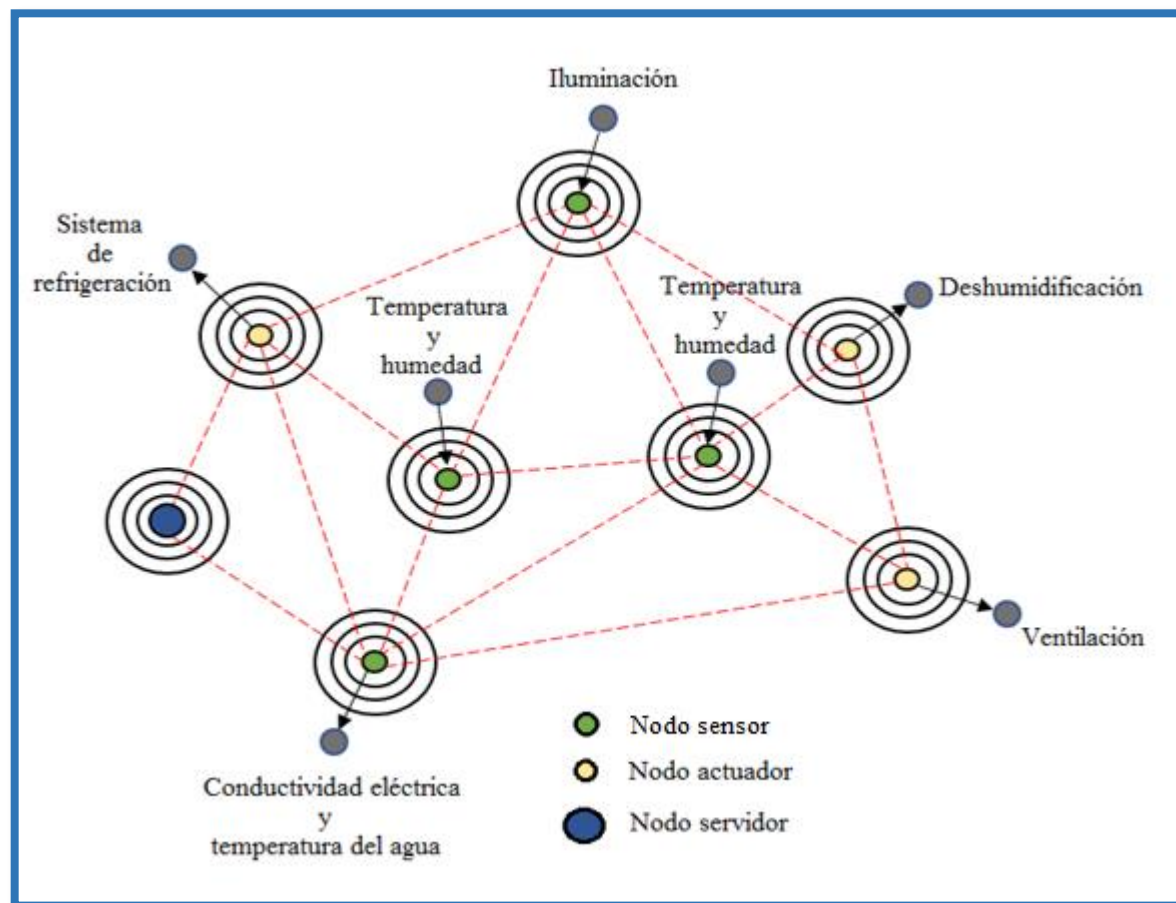


Conclusión



Trabajos futuros

## *Arquitectura del Sistema Propuesto*





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



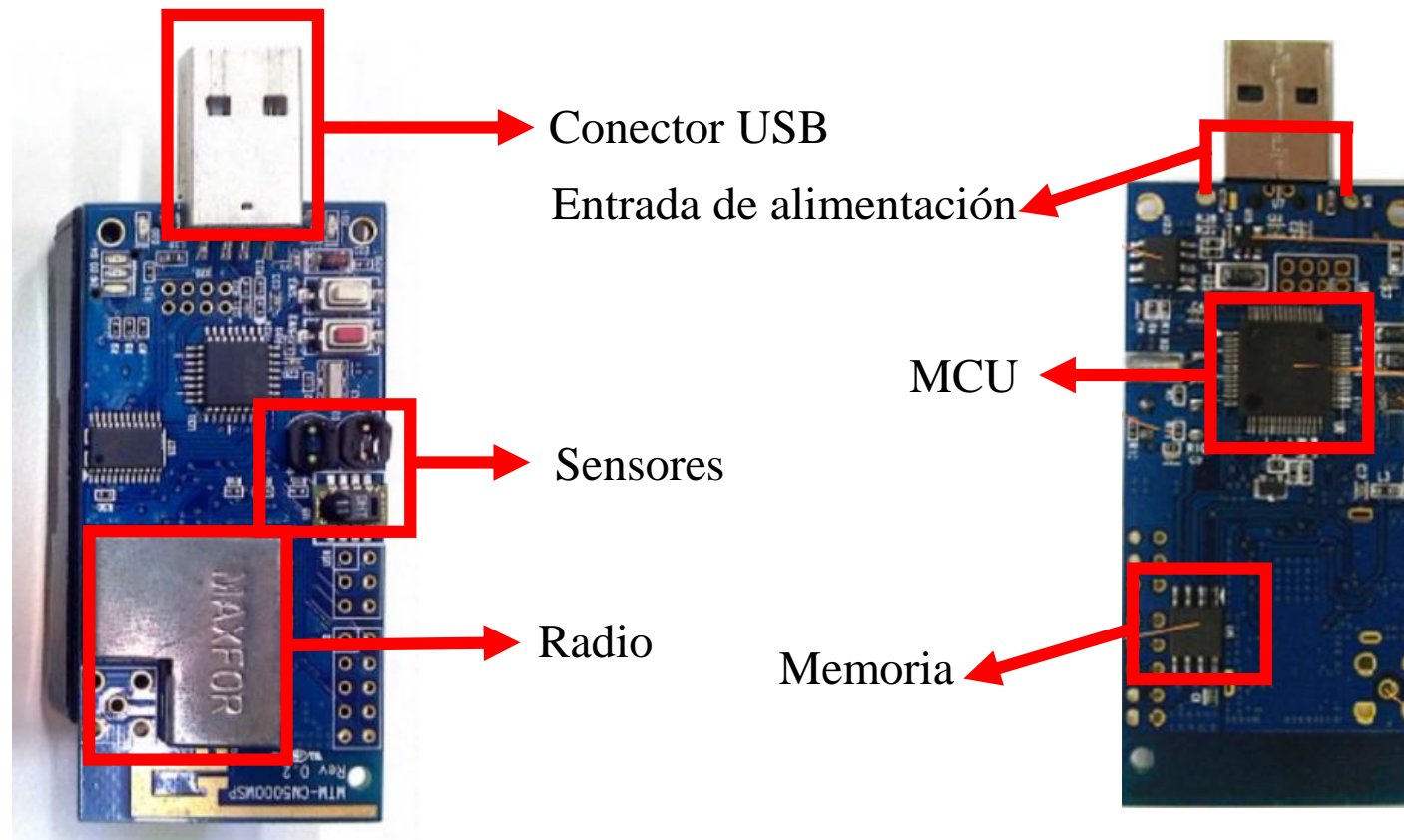
Conclusión



Trabajos futuros

## *Componentes Seleccionados*

*MTM-CM5000MSP*







# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Componentes Seleccionados*

### *MTM-CM5000MSP*

Microcontrolador	MSP430
Frecuencia del MCU	8 MHz
Memoria RAM	10 kB
Memoria Flash	48 kB
Radio	CC2420
Frecuencia de RF	2,4 GHz
Alimentación	3 V



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



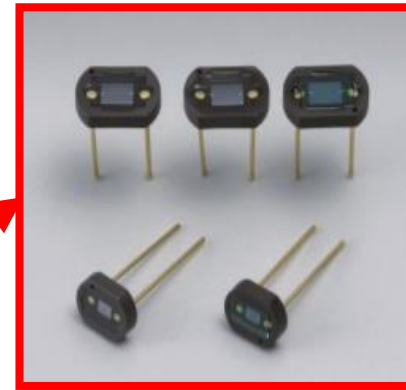
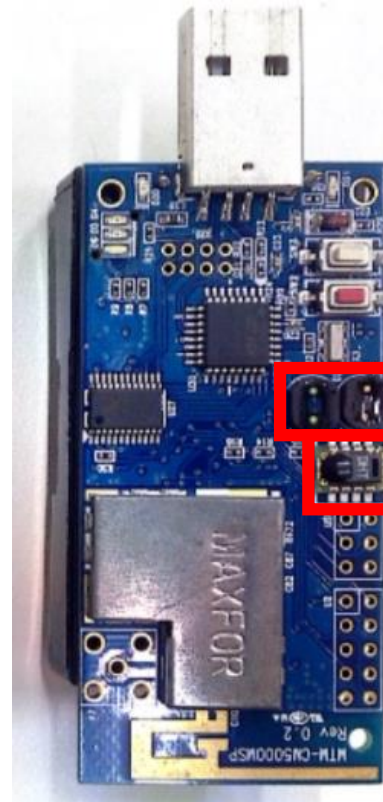
Conclusión



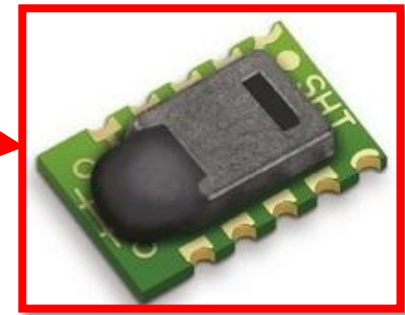
Trabajos futuros

## *Componentes Seleccionados*

### *Sensores Integrados en la CM5000*



S1087 / S1087-01



SHT11



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



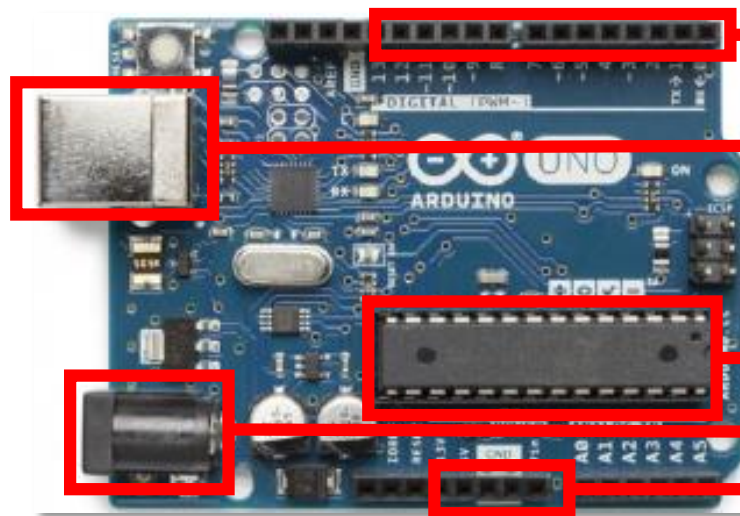
Conclusión



Trabajos futuros

## *Componentes Seleccionados*

### *Arduino UNO*



Pines digitales

Puerto USB

MCU

Entrada de fuente de alimentación

Pines de alimentación



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

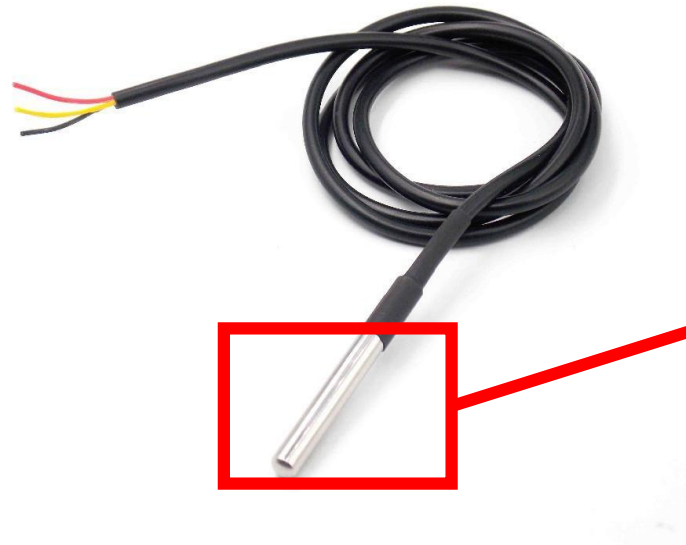


Conclusión

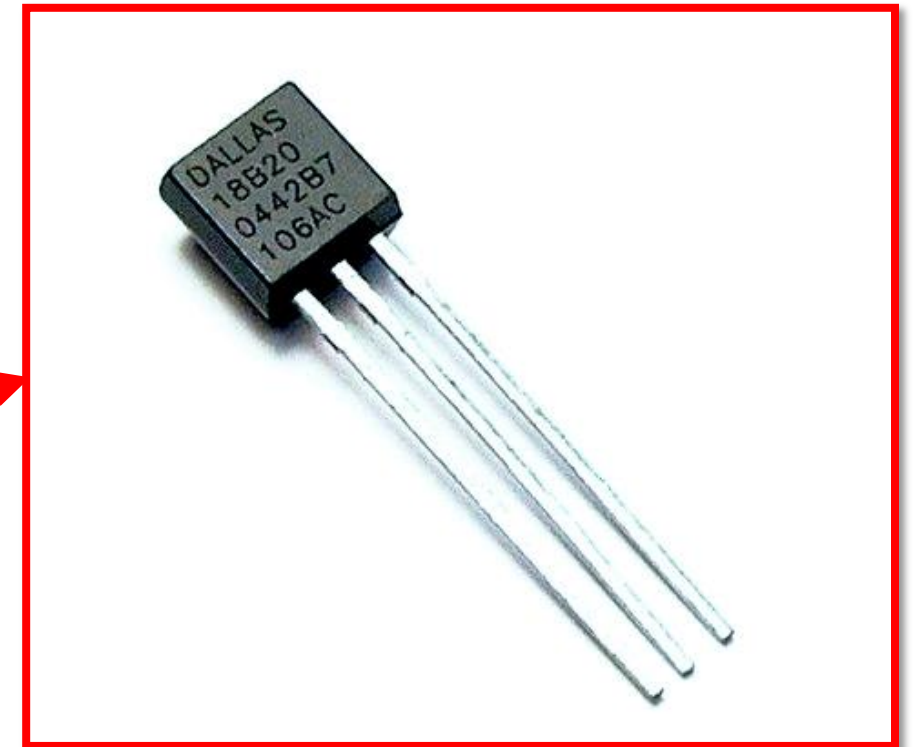


Trabajos futuros

## *Sensores Externos*



***DS18B20***





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

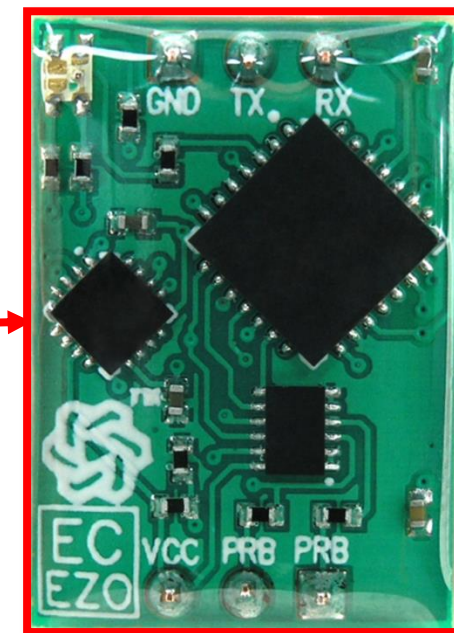
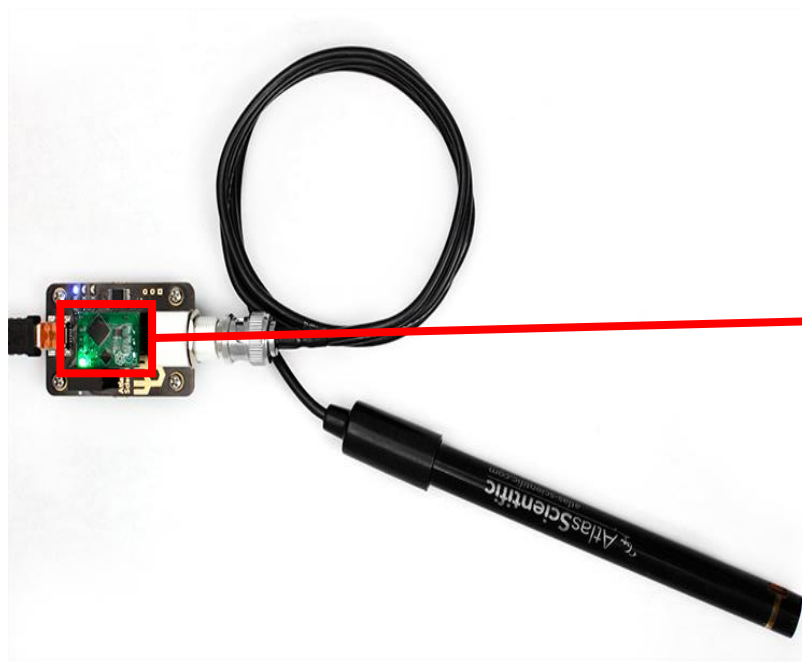


Conclusión



Trabajos futuros

## *Sensores Externos*



*Kit K1.0*





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



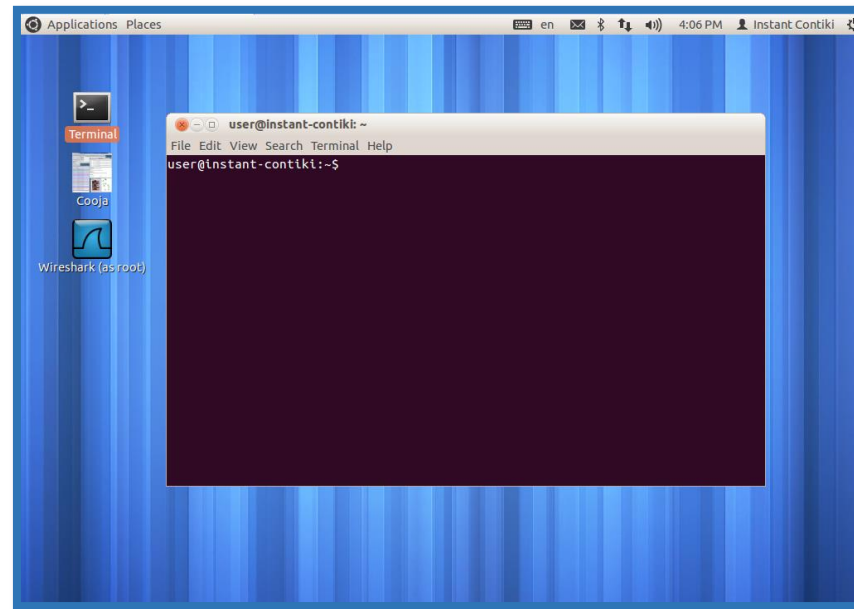
Conclusión



Trabajos futuros

## *Sistema Operativo Seleccionado*

# Contiki



<b>Min RAM</b>	< 2kB
<b>Min ROM</b>	< 30kB
<b>Lenguaje</b>	C
<b>Multi-threading</b>	Permite



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

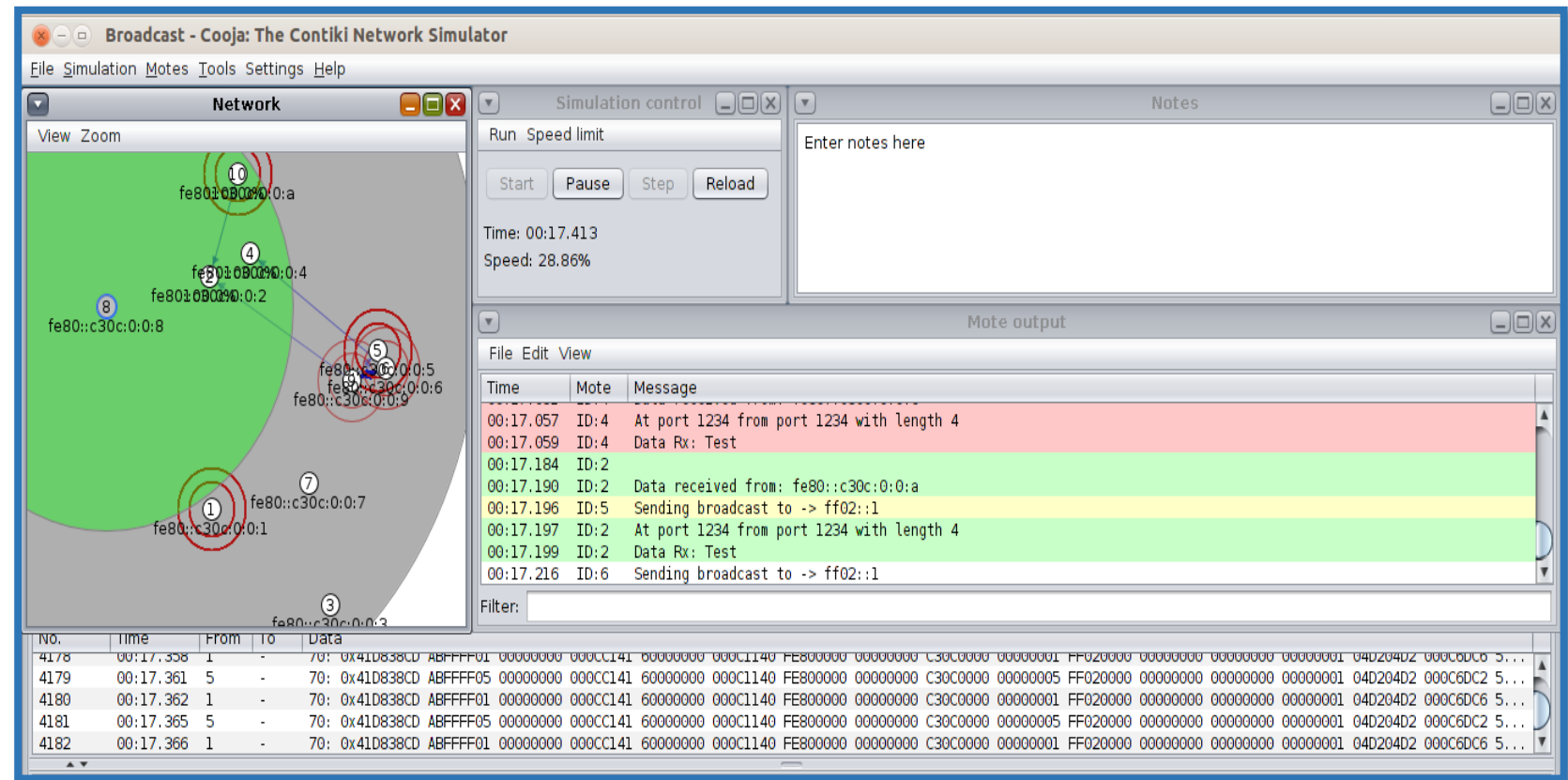


Conclusión



Trabajos futuros

## *Sistema Operativo Seleccionado* *Simulador COOJA*





Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Protocolos Implementados*

### *Distribución por Capas de la Pila de Protocolos de Contiki*

Capa de Aplicación	HTTP
Capa de Transporte	UDP
Capa de Red	RPL
Capa de Adaptación	6LoWPAN
Capa de Acceso al Medio	CSMA
Capa Física	IEEE 802.15.4



Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Protocolos Implementados*

### *Distribución por Capas de la Pila de Protocolos de Contiki*

Capa de Aplicación	HTTP
Capa de Transporte	UDP
Capa de Red	RPL
Capa de Adaptación	6LoWPAN
Capa de Acceso al Medio	CSMA
Capa Física	IEEE 802.15.4



Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Protocolos Implementados*

### *Distribución por Capas de la Pila de Protocolos de Contiki*

Capa de Aplicación	HTTP
Capa de Transporte	UDP
Capa de Red	RPL
Capa de Adaptación	6LoWPAN
Capa de Acceso al Medio	CSMA
Capa Física	IEEE 802.15.4





Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Protocolos Implementados*

### *Distribución por Capas de la Pila de Protocolos de Contiki*

Capa de Aplicación	HTTP
Capa de Transporte	UDP
Capa de Red	RPL
Capa de Adaptación	6LoWPAN
Capa de Acceso al Medio	CSMA
Capa Física	IEEE 802.15.4



Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Protocolos Implementados*

### *Distribución por Capas de la Pila de Protocolos de Contiki*

Capa de Aplicación	HTTP
Capa de Transporte	UDP
Capa de Red	RPL
Capa de Adaptación	6LoWPAN
Capa de Acceso al Medio	CSMA
Capa Física	IEEE 802.15.4



Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Protocolos Implementados*

### *Distribución por Capas de la Pila de Protocolos de Contiki*

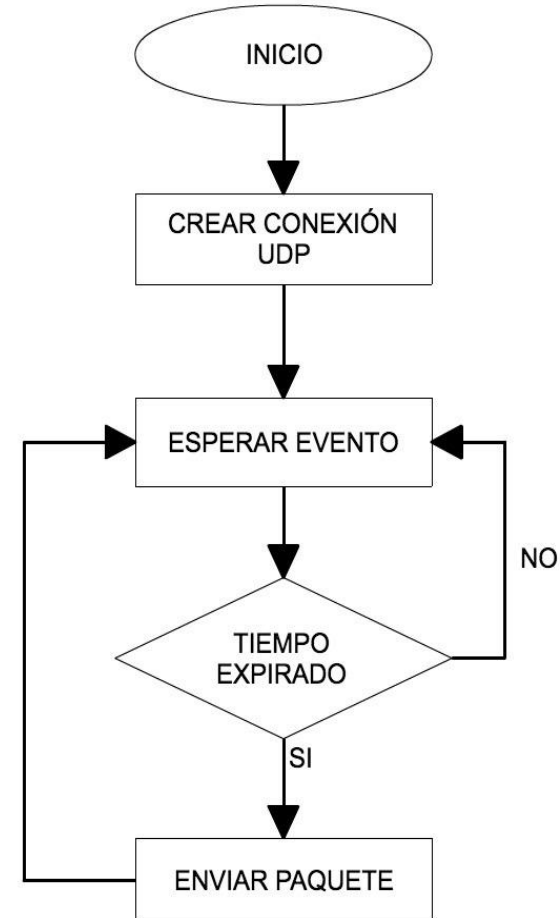
<b>Capa de Aplicación</b>	HTTP
<b>Capa de Transporte</b>	UDP
<b>Capa de Red</b>	RPL
<b>Capa de Adaptación</b>	6LoWPAN
<b>Capa de Acceso al Medio</b>	CSMA
<b>Capa Física</b>	IEEE 802.15.4



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Sensor*

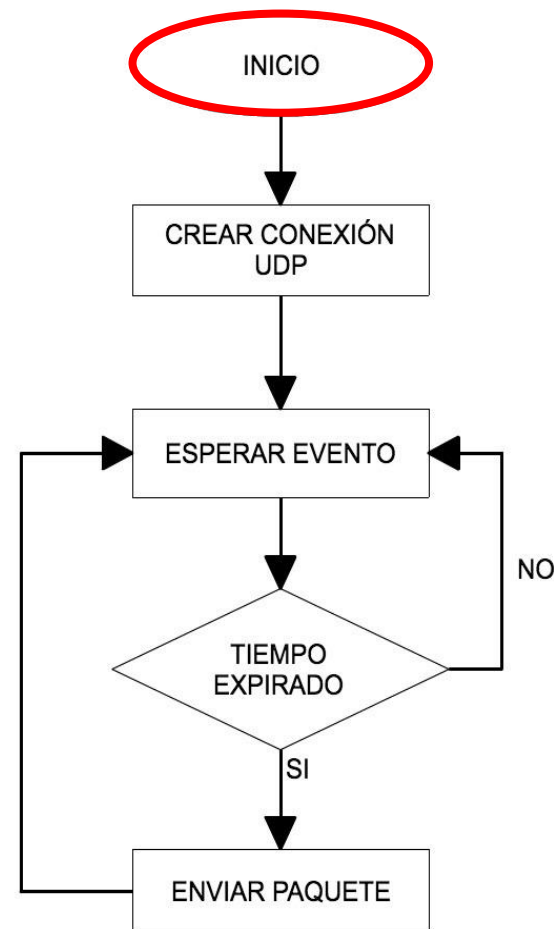




# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Sensor*



- Inicializar proceso
- Inicializar USB shield
- Inicializar sensores

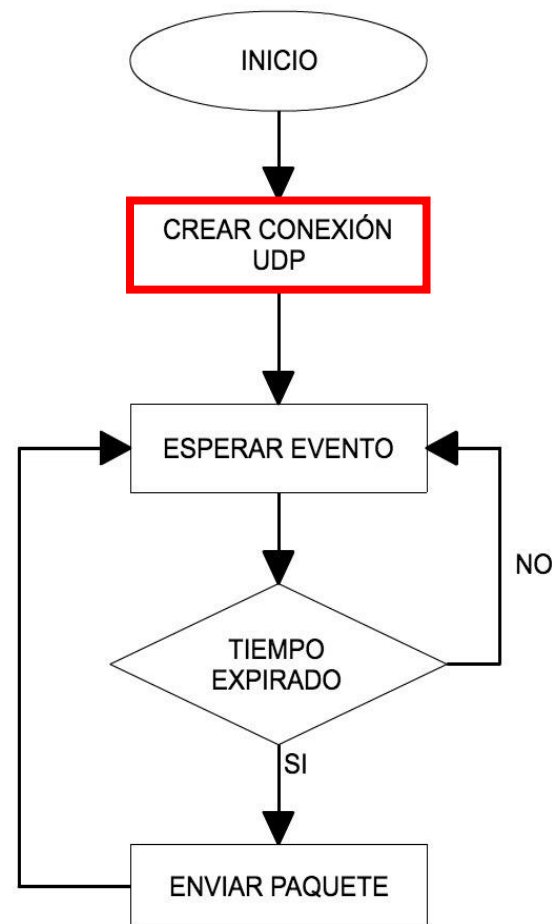




# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Sensor*



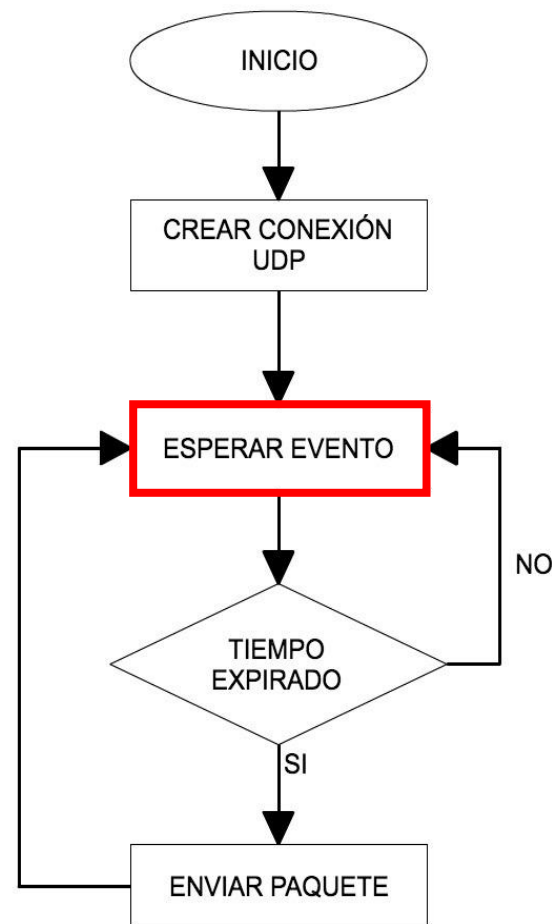
- Crear conexión con el servidor



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Sensor*



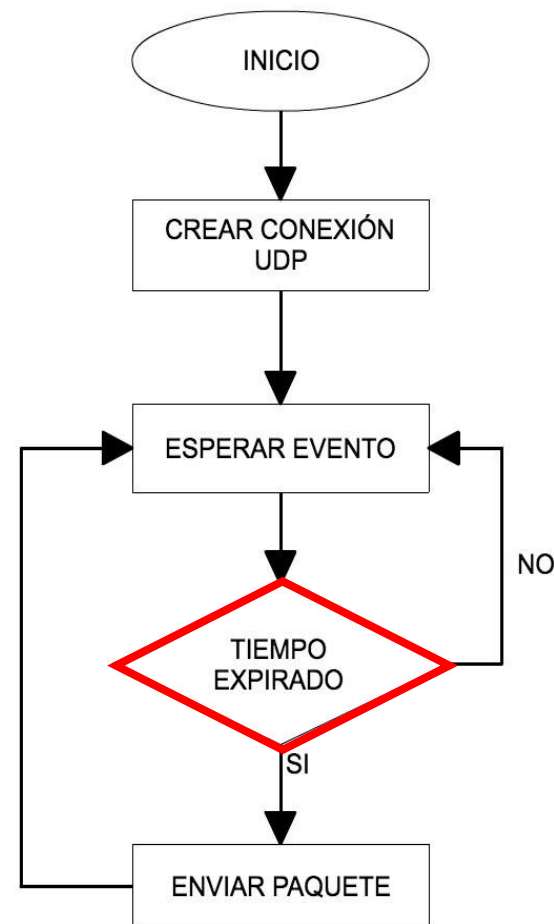
- Aguardar datos de sensores



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Sensor*



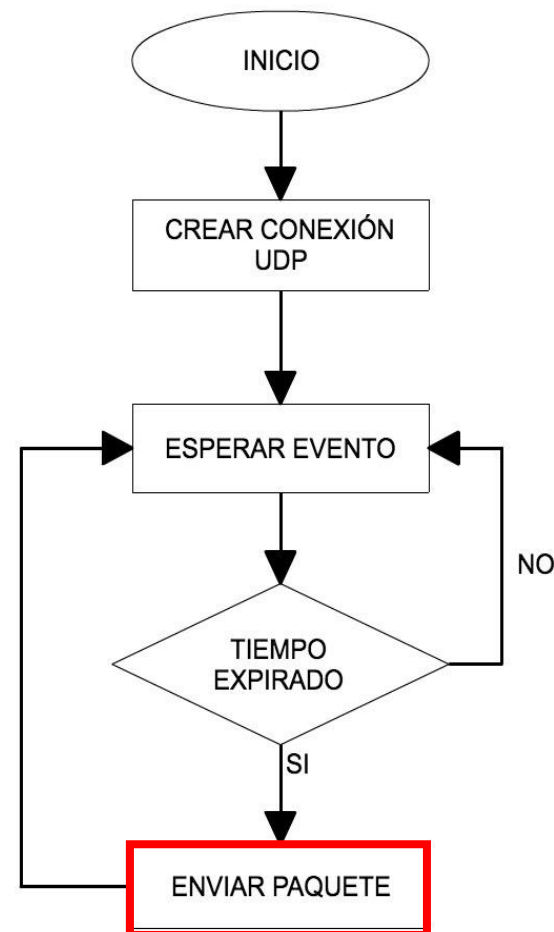
- Aguardar a que el temporizador expire, para el envío de paquetes



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Sensor*



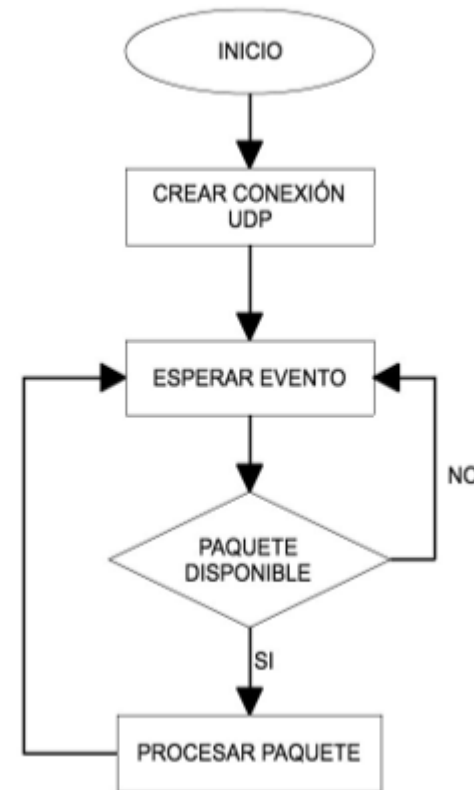
- Transmitir información hacia el servidor



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Servidor*

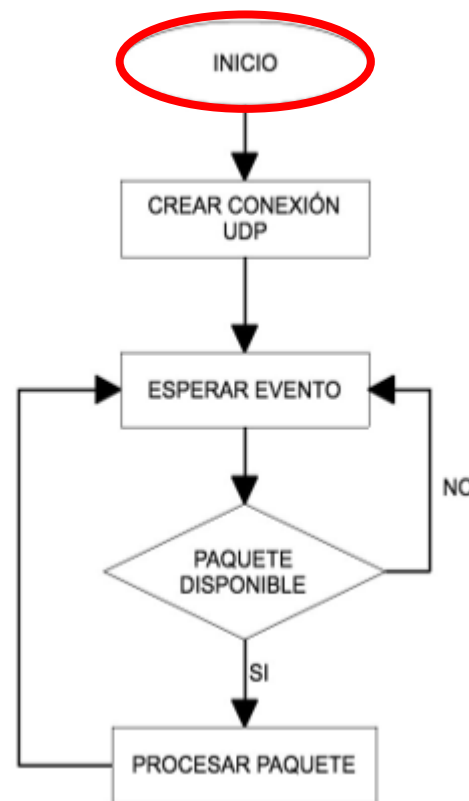




# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Servidor*



- Inicializar proceso

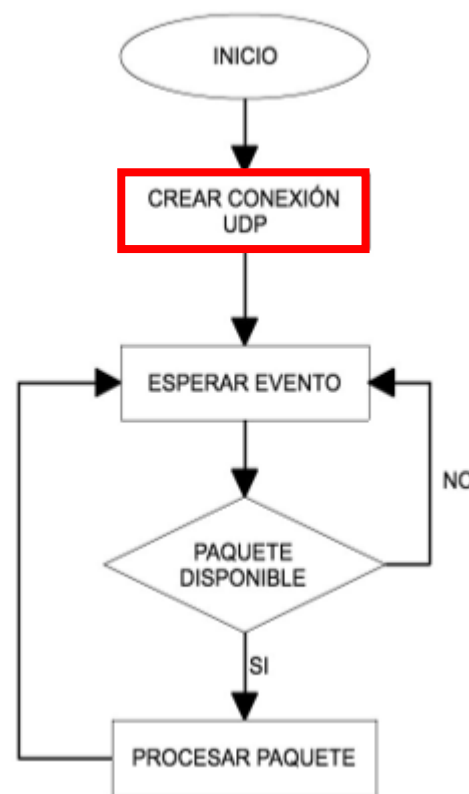




# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Servidor*



- Crear conexión con el cliente



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Servidor*



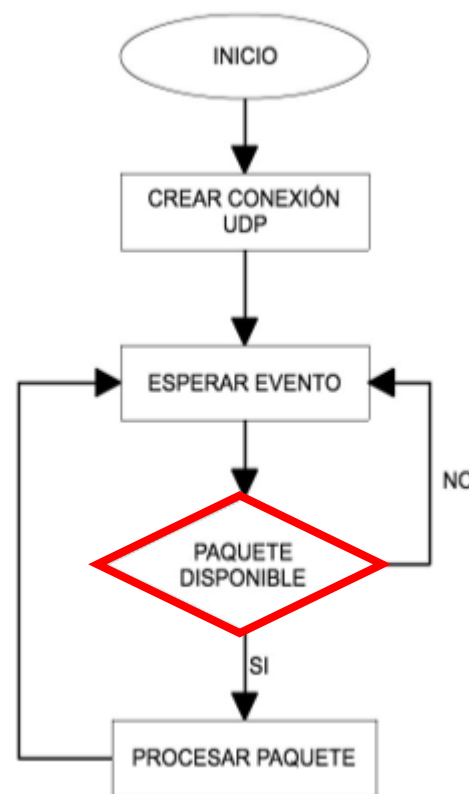
- Aguardar paquetes del nodo sensor



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Servidor*



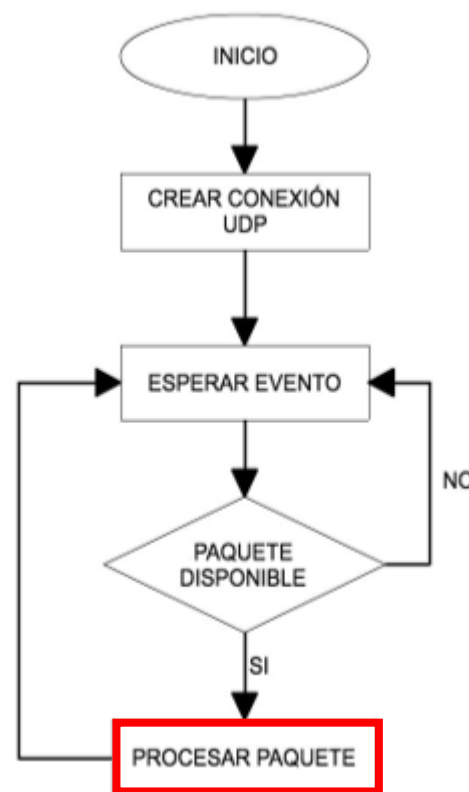
- Confirmar la recepción de paquetes del nodo sensor



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.



## *Nodo Servidor*



- Interpretar los datos recibidos



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

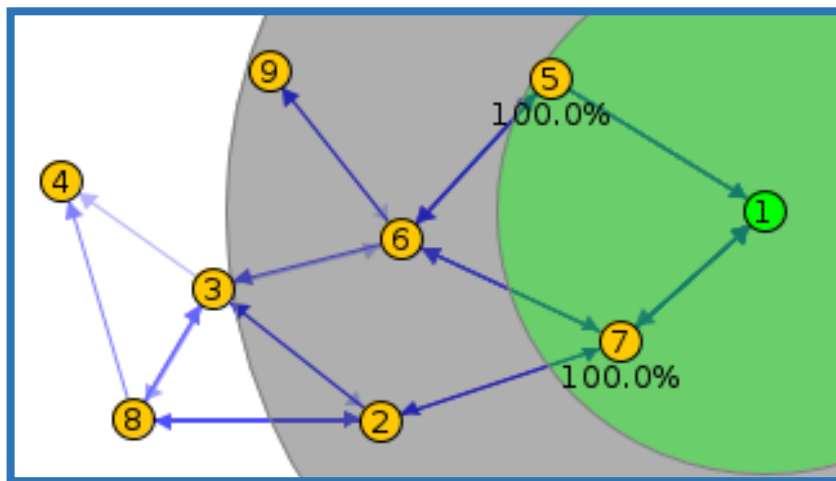


Conclusión

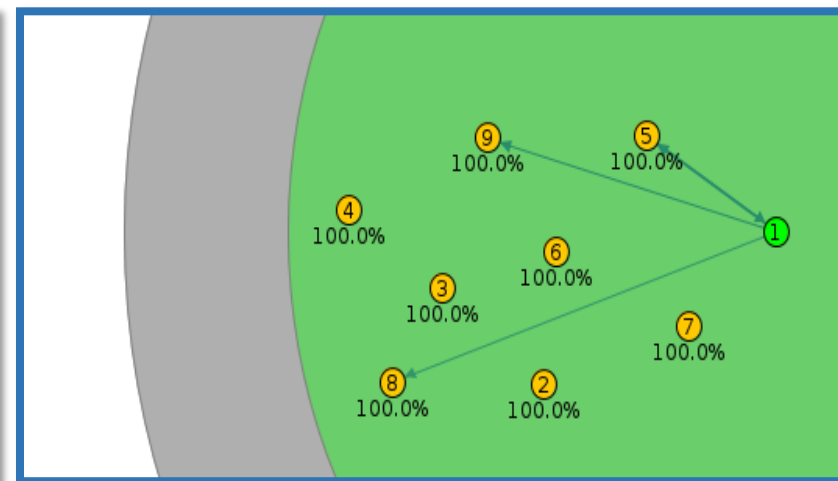


Trabajos futuros

## *Verificación de la Topología*



Fuera del radio de cobertura



Dentro del radio de cobertura



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados

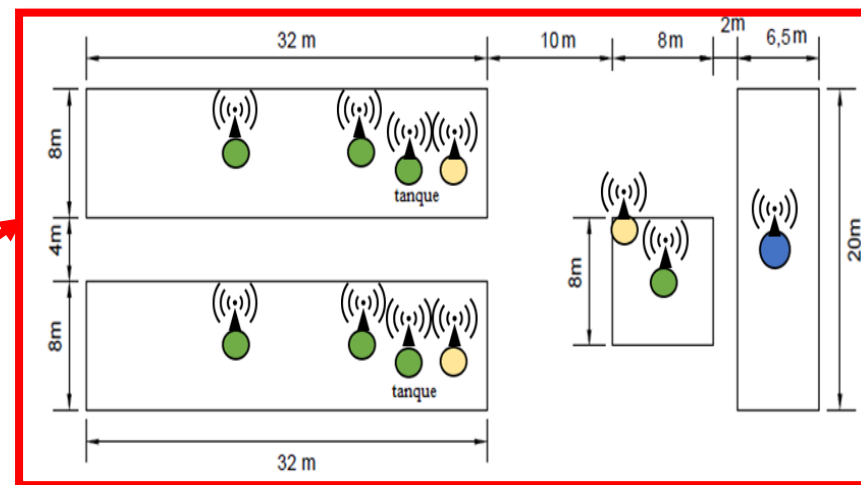


Conclusión



Trabajos futuros

## *Escenarios Simulados*



100% 75% 50%

FIA-UNE





# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

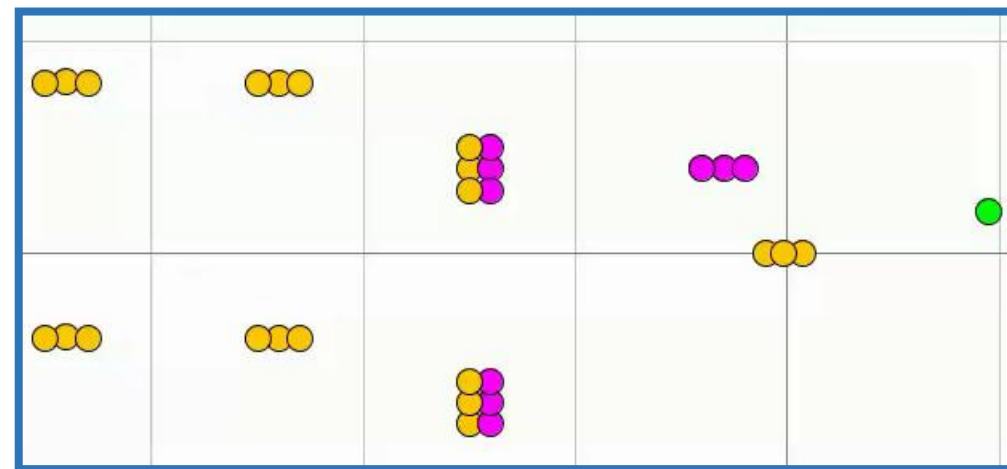


Conclusión



Trabajos futuros

## *Escenarios Simulados*



FIA-UNE



Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Parámetros Analizados*

- Paquetes perdidos.

La pérdida de paquetes se mide como un porcentaje de la cantidad de paquetes que no llegan a destino, con respecto a la cantidad de paquetes que fueron enviados.

- Latencia.

Se mide como el intervalo de tiempo resultante de la suma de los retardos temporales que se dan entre el envío y la recepción de paquetes de datos.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Metodología del Análisis*

25server.txt	26client.txt	26client.txt	26server.txt
1 16372 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,287,892,0,0}		1 47411 ID:1 DATA recv '' from 26	
2 43997 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,23,4160,0,355,1113,0,0}		2 55959 ID:1 DATA recv '' from 26	
3 54879 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,28,4160,0,150,450,0,0}		3 70849 ID:1 DATA recv '' from 26	
4 65636 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,28,4160,0,104,303,0,0}		4 81310 ID:1 DATA recv '' from 26	
5 80402 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,28,4160,0,252,782,0,0}		5 106776 ID:1 DATA recv '' from 26	
6 98059 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,26,4160,0,344,1076,0,0}		6 119505 ID:1 DATA recv '' from 26	
7 118106 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,29,4160,0,172,524,0,0}		7 133033 ID:1 DATA recv '' from 26	
8 131886 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,22,4160,0,115,340,0,0}			
9 150712 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,20,4160,0,332,1039,0,0}			
10 150712 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,20,4160,0,332,1039,0,0}			
11 16372 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,20,4160,0,332,1039,0,0}			
12 18340 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,47,119,0,0}			
13 20934 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,21,4160,0,218,671,0,0}		12 372081 ID:1 DATA recv '' from 26	
14 218340 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,20,4160,0,332,1039,0,0}		13 255983 ID:1 DATA recv '' from 26	
15 230698 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,35,82,0,0}		14 279207 ID:1 DATA recv '' from 26	
16 252573 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,21,4160,0,218,671,0,0}		15 299191 ID:1 DATA recv '' from 26	
17 263894 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,150,450,0,0}		16 314684 ID:1 DATA recv '' from 26	
18 275683 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,20,4160,0,230,450,0,0}		17 326294 ID:1 DATA recv '' from 26	
19 298324 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,25,4160,0,138,414,0,0}		18 343792 ID:1 DATA recv '' from 26	
20 313957 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,23,4160,0,35,82,0,0}		19 359894 ID:1 DATA recv '' from 26	
21 325643 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,26,4160,0,35,82,0,0}		20 376389 ID:1 DATA recv '' from 26	
22 343635 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,26,4160,0,35,82,0,0}		21 385763 ID:1 DATA recv '' from 26	
23 359433 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,21,4160,0,241,745,0,0}		22 394125 ID:1 DATA recv '' from 26	
24 373019 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,21,4160,0,241,745,0,0}		23 412363 ID:1 DATA recv '' from 26	
25 382511 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,20,4160,0,332,1039,0,0}		24 437860 ID:1 DATA recv '' from 26	
26 392981 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,20,4160,0,332,1039,0,0}		25 451232 ID:1 DATA recv '' from 26	
27 410463 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,27,4160,0,310,966,0,0}		26 454598 ID:1 DATA recv '' from 26	
28 433566 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,27,4160,0,310,966,0,0}			
29 445997 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,29,4160,0,332,1039,0,0}			
30 452607 ID:26 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,26,4160,0,332,1039,0,0}			

26 454598 ID:1 DATA recv '' from 26



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del trabajo



Simulaciones y resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Metodología del Análisis*

```
pruebaFinal.txt (-/contiki) - gedit
File Edit View Search Tools Documents Help
pruebaFinal.txt
1 00:17.736 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,104,303,0,0}
2 00:17.878 ID:1 DATA recv '' from 2
3 00:44.946 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,35,82,0,0}
4 00:44.984 ID:1 DATA recv '' from 2
5 00:49.806 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,24,46,0,0}
6 00:49.840 ID:1 DATA recv '' from 2
01:10.041 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,321,1002,0,0}
9 01:21.651 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,355,1113,0,0}
10 01:21.695 ID:1 DATA recv '' from 2
11 01:42.095 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,275,855,0,0}
12 01:42.185 ID:1 DATA recv '' from 2
13 01:58.634 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,21,745,0,0}
14 01:58.676 ID:1 DATA recv '' from 2
15 02:03.993 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,70,19,0,0}
16 02:04.031 ID:1 DATA recv '' from 2
17 02:17.728 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,321,745,0,0}
18 02:17.771 ID:1 DATA recv '' from 2
19 02:32.611 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,332,1039,0,0}
20 02:32.637 ID:1 DATA recv '' from 2
21 02:46.838 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,184,561,0,0}
22 02:46.877 ID:1 DATA recv '' from 2
23 03:15.534 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,332,1039,0,0}
24 03:15.617 ID:1 DATA recv '' from 2
25 03:27.322 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,184,561,0,0}
26 03:27.358 ID:1 DATA recv '' from 2
03:33.348 ID:1 DATA recv '' from 2
29 03:37.181 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,344,1070,0,0}
30 03:57.213 ID:1 DATA recv '' from 2
31 04:03.001 ID:2 Enviando a Servidor:aaaa::ff:fe00:1client{1,24,4160,0,1,1150,0,0}
32 04:03.079 ID:1 DATA recv '' from 2
```

00:16.848 ID:1 DATA recv '' from 7



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

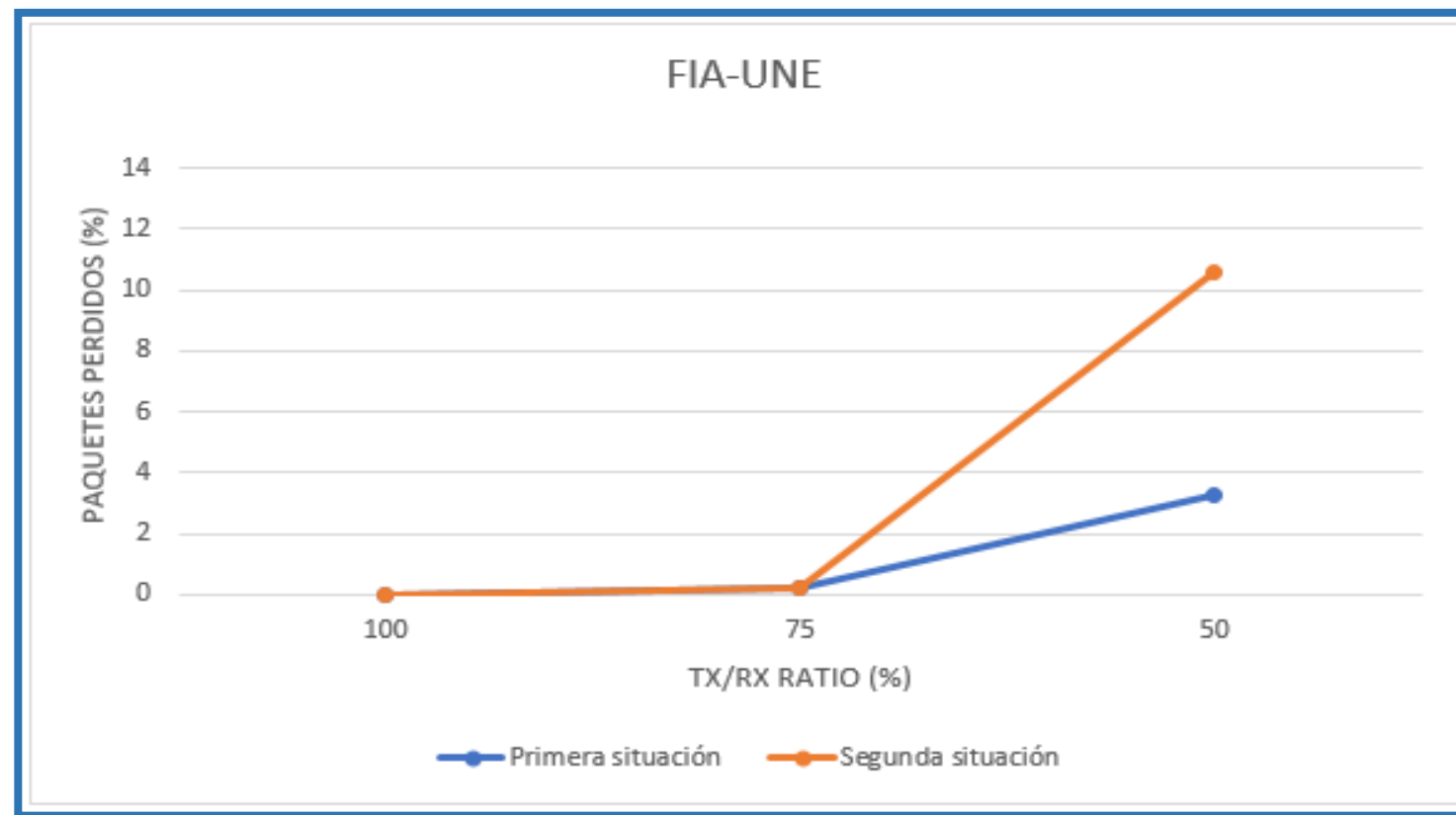


Conclusión



Trabajos futuros

## *Resultados*



Paquetes perdidos



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados

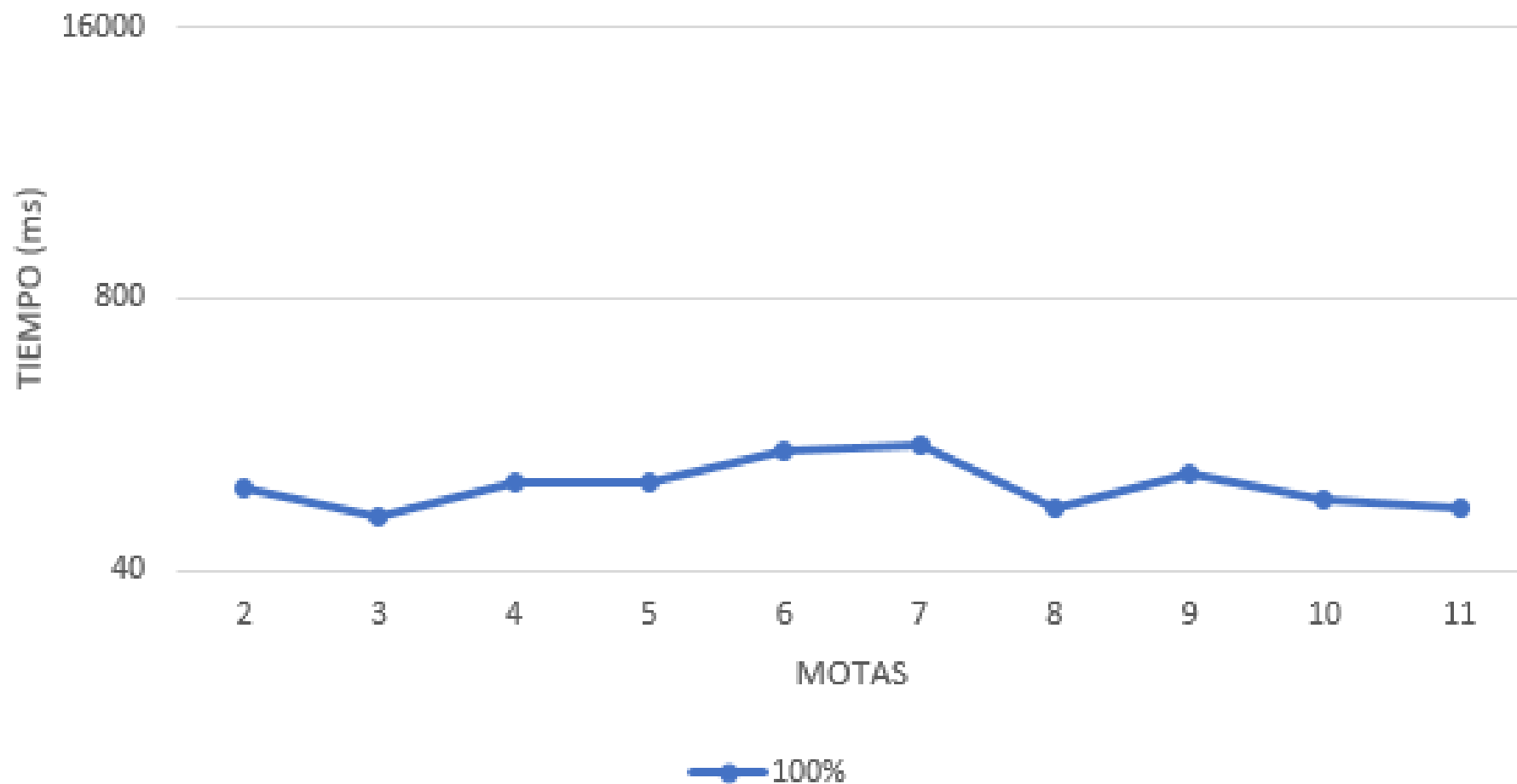


Conclusión



Trabajos futuros

Latencia







# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



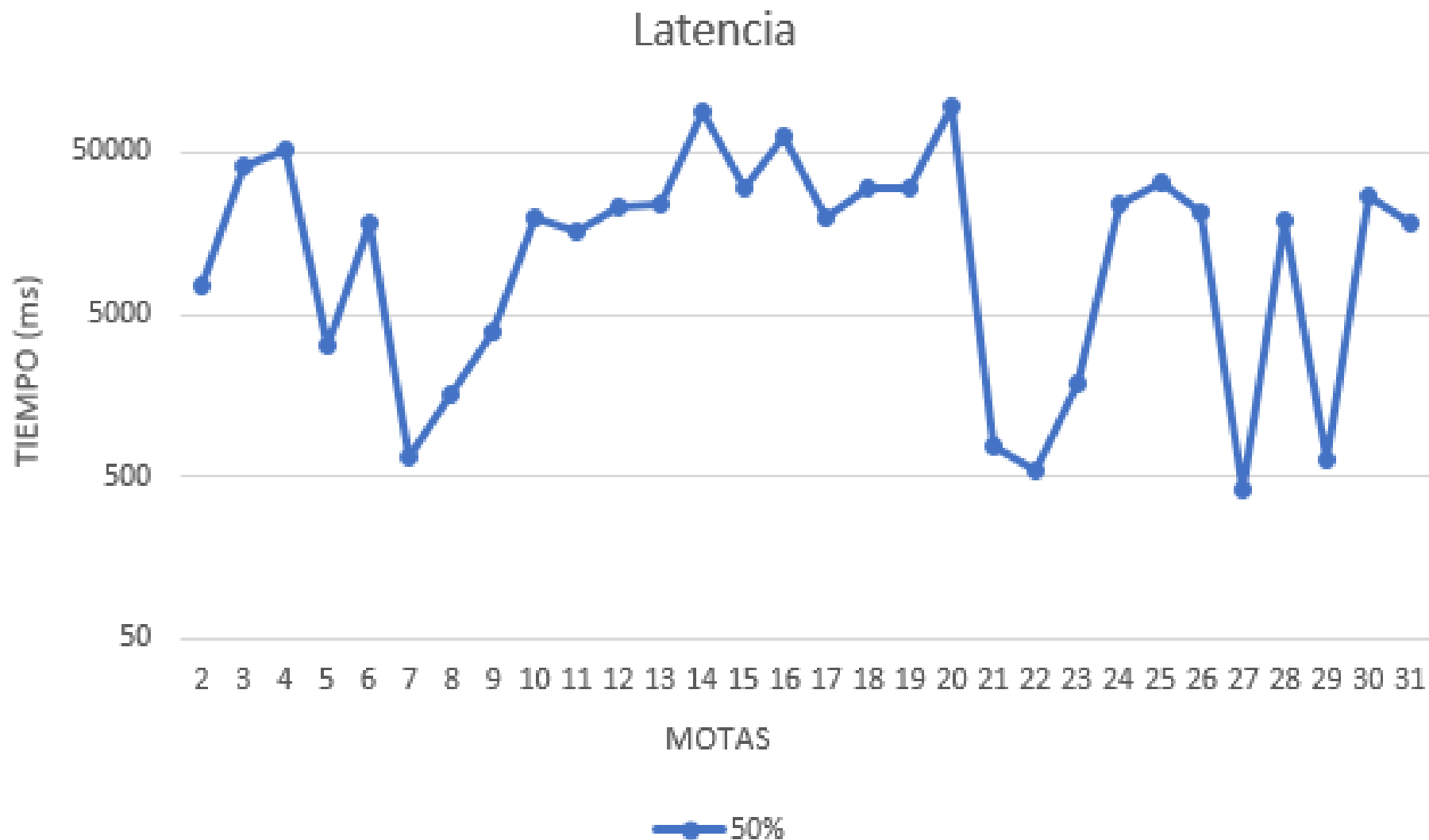
Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros





Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Resultados*

- El aumento del número de nodos de la red tiene un efecto directo sobre la pérdida de paquetes y la latencia experimentada.
- Altas tasas de transmisión de datos pueden derivar en el congestionamiento de la red.
- En todos los escenarios estudiados, la latencia experimentada fue inferior a la centena de segundos.
- Los resultados de latencia obtenidos se adecuan a los requisitos temporales para el asentamiento de una señal de control.



Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Conclusiones*

- Existe una carencia de soluciones propias para la automatización de procesos en un invernadero hidropónico, teniendo que recurrir a soluciones extranjeras.
- El uso de la WSN en la agricultura se encuentra en creciente expansión.
- Los sectores productivos y académicos tienen interés por el uso de esta tecnología para aplicaciones de monitoreo de variables tanto físicas como químicas, para el control de procesos.



Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Conclusiones*

- La arquitectura de sistema presentada es efectiva para el monitoreo de los parámetros seleccionados, siendo de ayuda también para una posible implementación, sus características de topología dinámica y autoconfigurable.
- Los requisitos temporales para el envío y recepción de datos son compatibles con el tiempo de asentamiento de la señal de control de un proceso.
- La dinámica del sistema propuesto permitiría la implementación de un esquema de control.



# ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

Introducción



Marco teórico



Desarrollo del  
trabajo



Simulaciones y  
resultados



Conclusión



Trabajos futuros

## *Trabajos Futuros*

- El diseño de una estación base, dotada de una interfaz gráfica, para la visualización de los parámetros monitoreados, junto con los controles disponibles, y el acceso a la información recolectada desde cualquier punto, mediante la conexión a la Internet.
- El diseño de un sistema automatizado para la dosificación de nutrientes, compatible con la tecnología WSN.
- El diseño de un pequeño invernadero hidropónico, que siga las líneas constructivas del OpenAg, para la implementación de la red diseñada, a fin de evaluar su comportamiento, y determinar efectivamente los beneficios que proporciona el uso de esta tecnología para el crecimiento de los cultivos.
- La aplicación de la red propuesta en este proyecto a un invernadero de escala comercial, incluyendo la selección de los actuadores necesarios para la ejecución de procesos sobre las variables monitoreadas.



ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE  
SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE  
ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

---

# ***PREGUNTAS***





ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE  
SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE  
ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

---

***MUCHAS GRACIAS***

GABRIELA BELÉN CÁCERES RODRÍGUEZ  
gabicaceres1594@gmail.com

GUSTAVO DAVID QUIÑÓNEZ DUARTE  
gustavo\_quinonez@hotmail.com



ANÁLISIS, DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA RED INALÁMBRICA DE  
SENSORES PARA EL MONITOREO DE VARIABLES Y CONTROL DE  
ACTUADORES EN UN INVERNADERO.

*Costo estimativo para la adquisición de los componentes seleccionados*

Cantidad	Componente	Costo por unidad (PYG)	Costo total (PYG)
4	MTM-CM5000-MSP	587.700	2.350.800
2	Arduino UNO	103.500	207.000
2	USB host shield	89.000	178.000
1	Modulo de 4 relés	36.150	36.150
1	Kit K 1.0 Conductivímetro	1.072.490	1.072.490
1	DS18B20	32.700	32.700
		Total	3.877.140