

Proyecto final de carrera

Sistema de monitoreo y control de cultivos en ambientes cerrados con interface Zigbee y tecnología IoT

Alumno: Urquiza Martinez, Jonatán Ezequiel

Director: Murdocca, Roberto Martín



Universidad
Nacional
de San Luis



Facultad de Ciencias
Físico Matemáticas
y Naturales



Agenda

Introducción

Tecnología

Especificaciones de diseño

Hardware

Software

Experimentos y resultados

Demostración

Conclusiones y futuras mejoras



Introducción

A hand is shown from the top, holding a large quantity of small, green, oval-shaped seeds. The background is a textured, green surface, possibly soil or a field. The text is overlaid on the left side of the image.

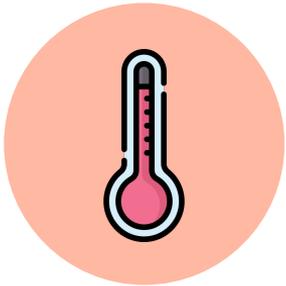
Agricultura en ambientes cerrados

Es una técnica de producción que garantiza la productividad de un cultivo.

- Calidad de cultivos
- Mayores rendimientos
- Producciones en cualquier momento del año
- Alargar ciclo de cultivo



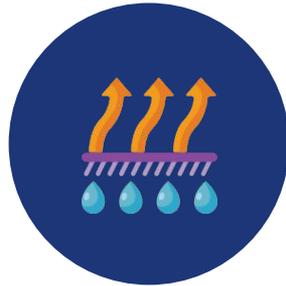
Variables a medir



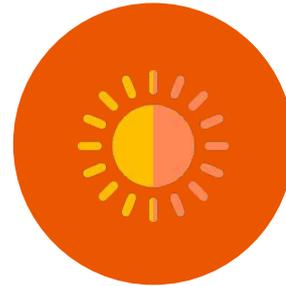
Temperatura



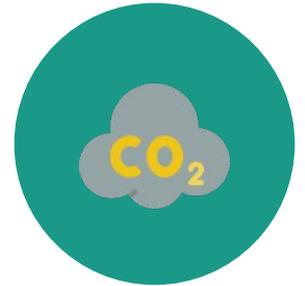
Humedad relativa



Humedad de suelo



Iluminación



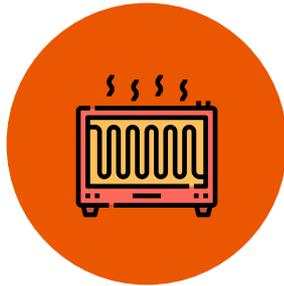
Dióxido de carbono



Variables a controlar



Riego



Calefacción



Ventilación



Iluminación

Ejemplo / Producción Tomate

Temperatura mínima letal: 0 a 2 °C

Temperatura mínima biológica: 10 a 12 °C

Temperatura óptima: 13 a 16 °C

Temperatura máxima biológica: 21 a 27 °C

Temperatura máxima letal: 33 a 38 °C

Humedad Relativa Óptima: 50 a 60 % HR

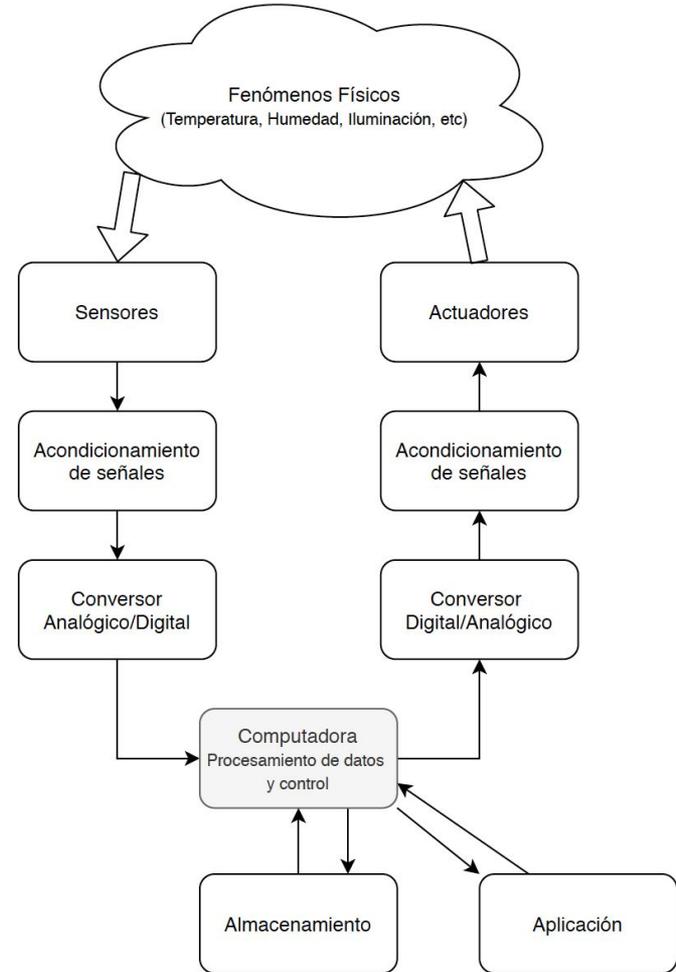
Humedad de suelo: Se recomienda suelo con buen drenaje

Concentración CO₂: Entre 700 y 1000 ppm

Iluminación: 10000-40000 lx



Sistema de control





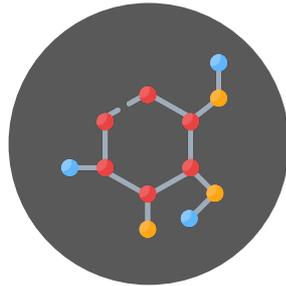
Tecnología



Tecnologías y protocolos



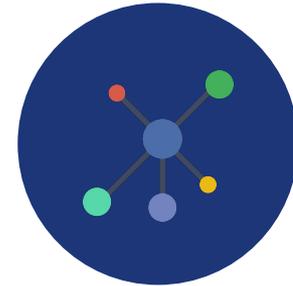
IoT



ZigBee

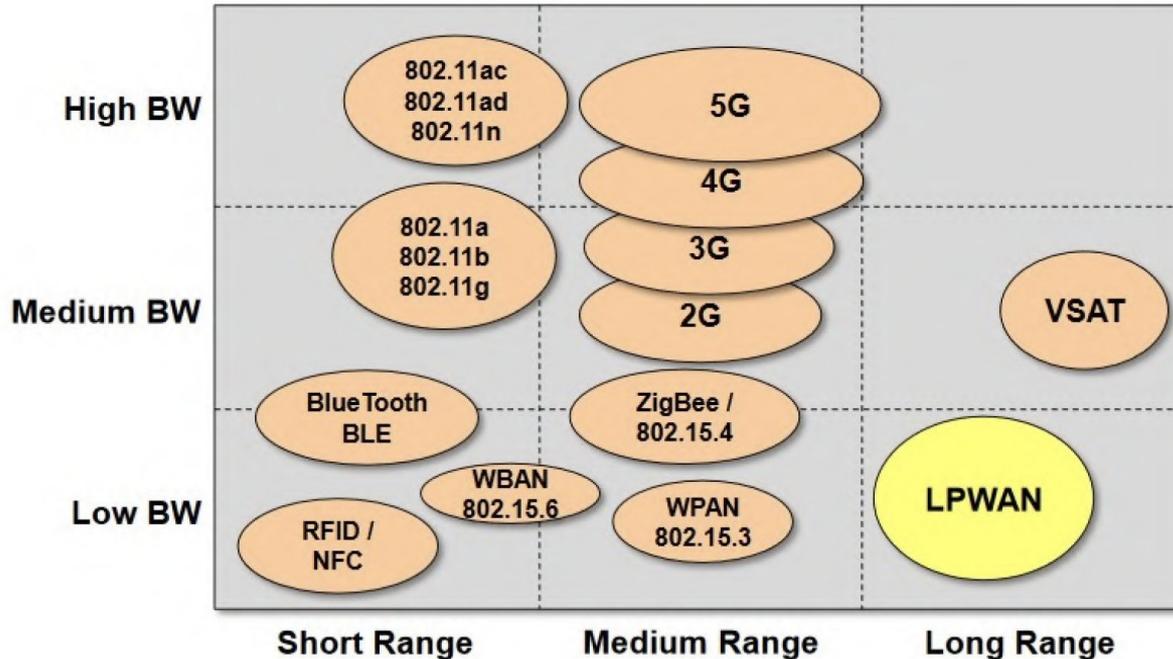


Wi-Fi



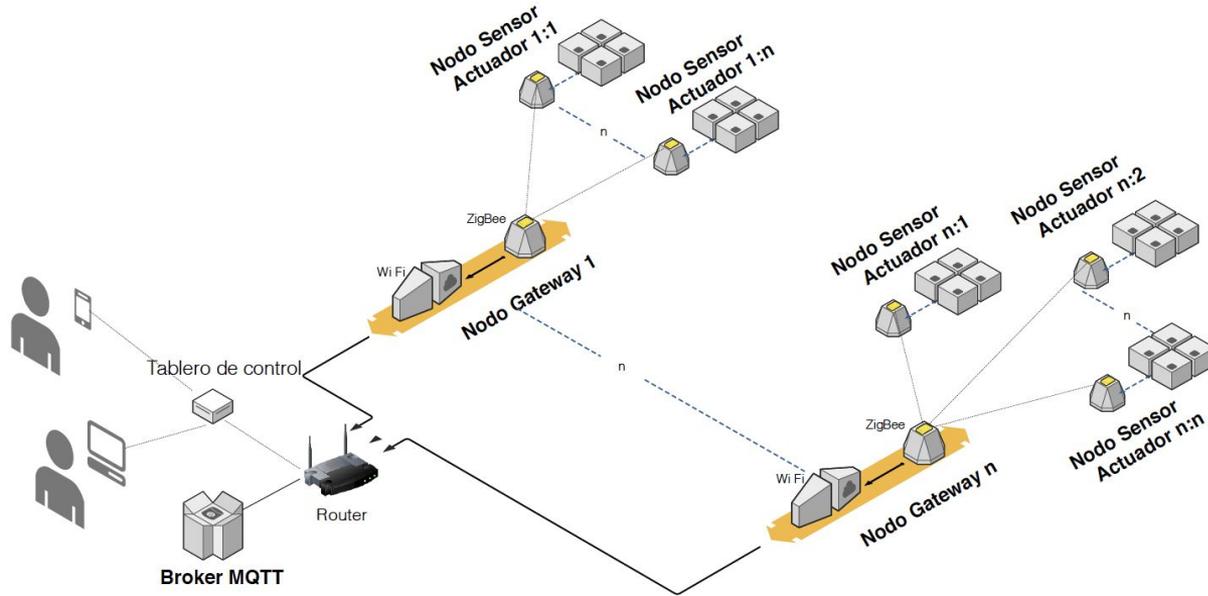
MQTT

Tecnologías inalámbricas



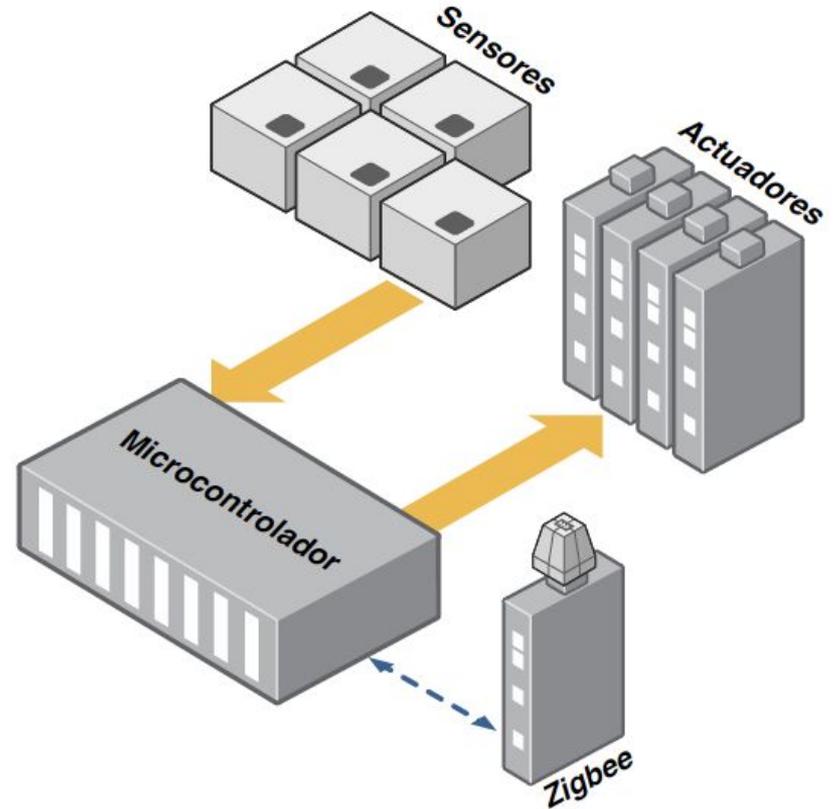
Especificaciones de diseño

Sistema Completo



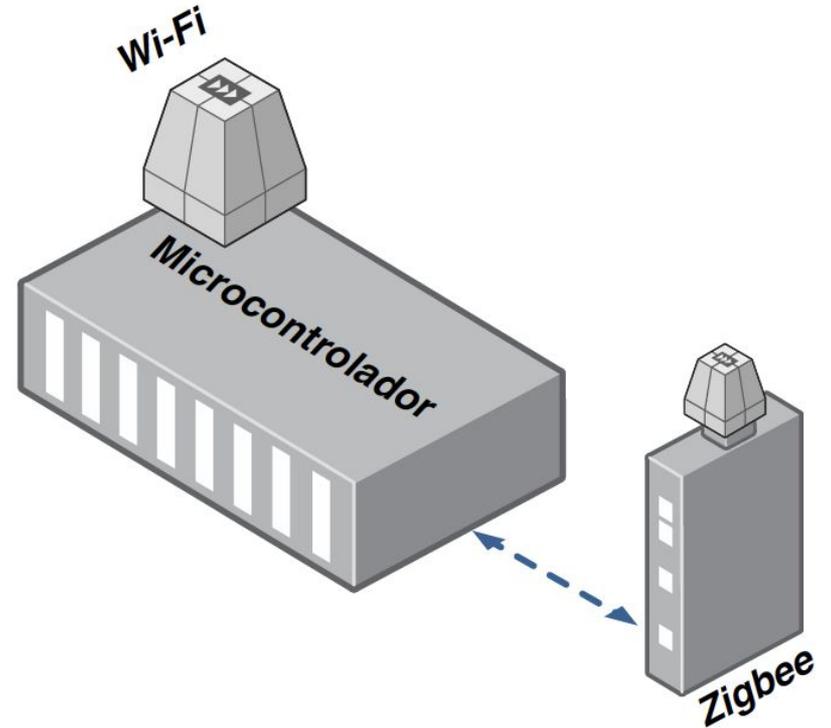
Nodo Sensor Actuador

- Sensores
- Actuadores
- Interface ZigBee (Nodo Gateway)



Nodo Gateway

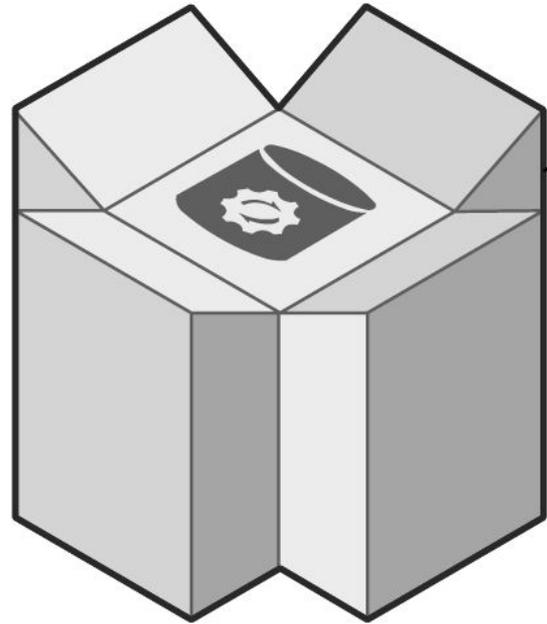
- Concentra Nodos Sensor Actuator
- Interface ZigBee (Nodo Sensor Actuator)
- Interface Wi-Fi (Broker)





Broker

Broker MQTT
Concentra Nodos Gateway





Subred Nodo Gateway

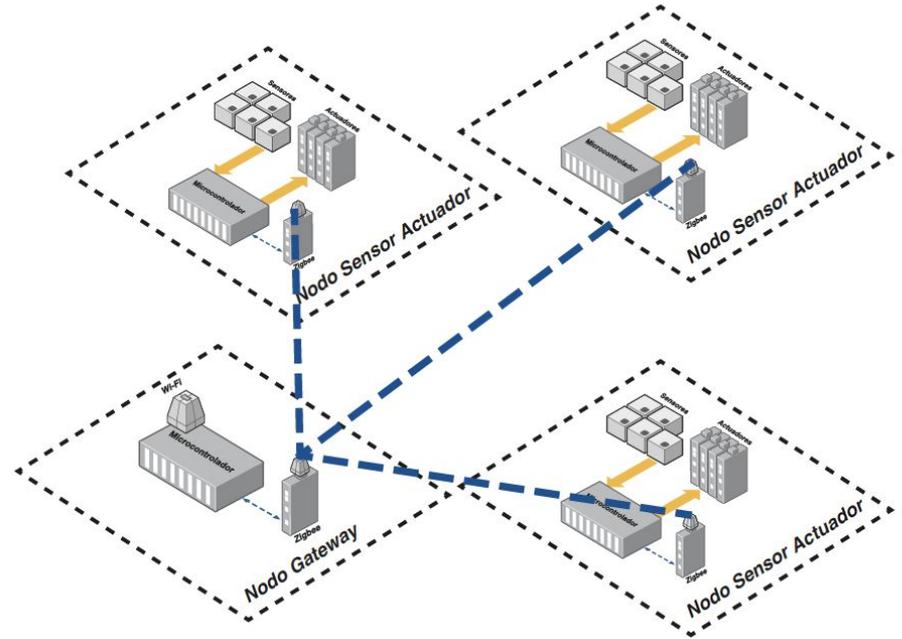
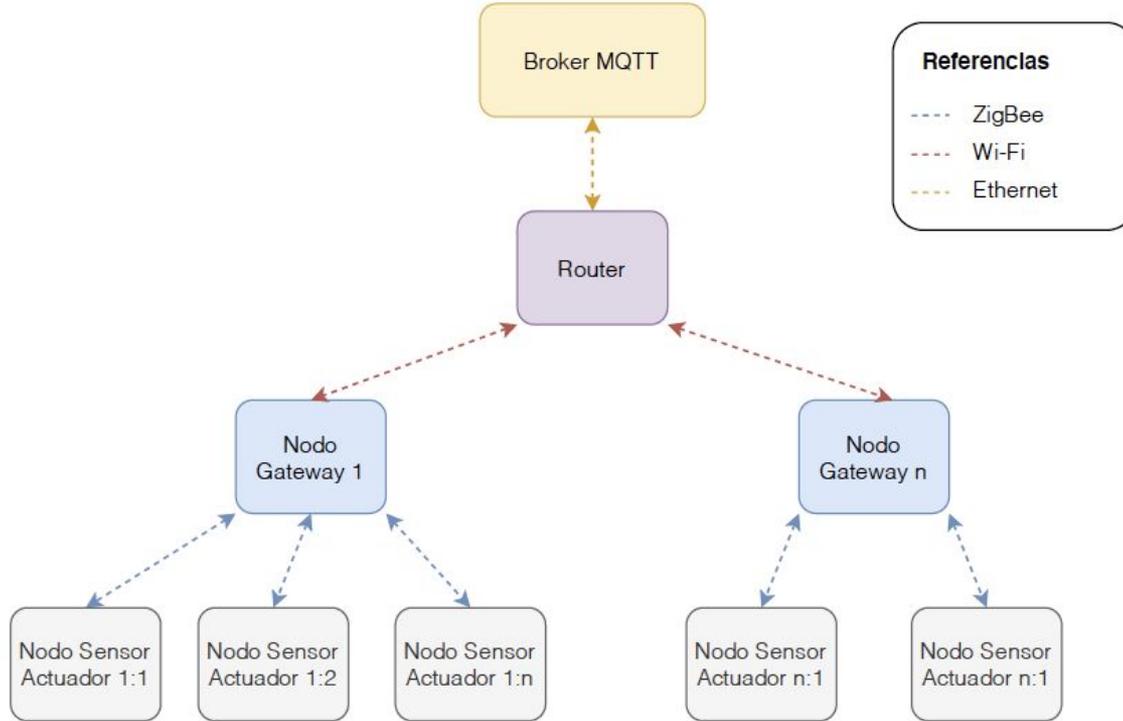


Diagrama de niveles



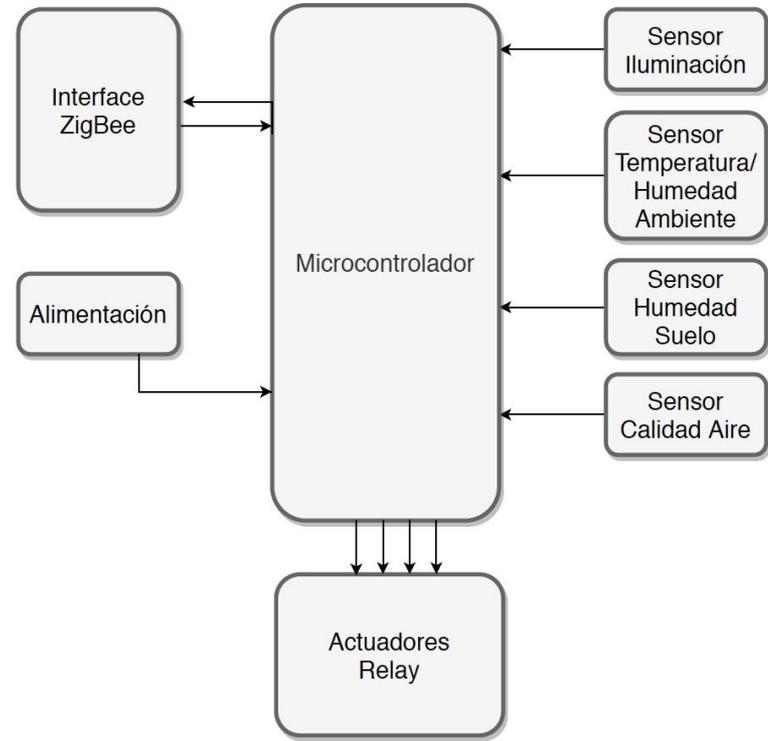


Hardware

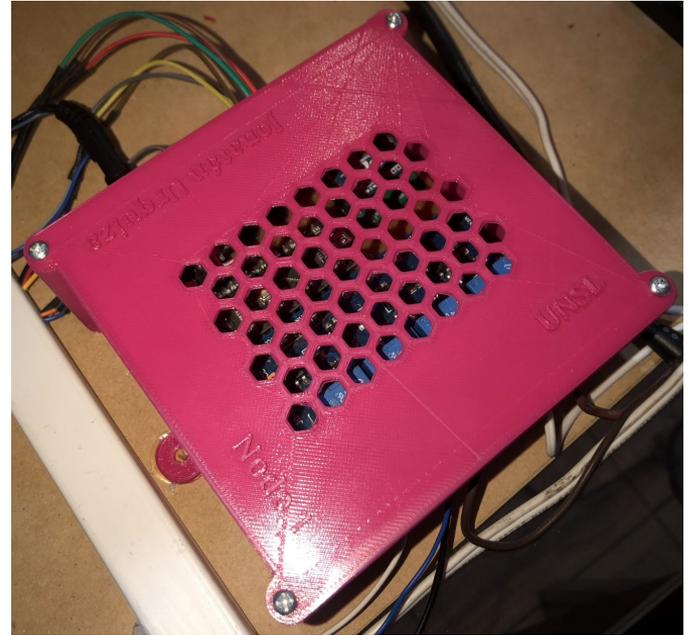
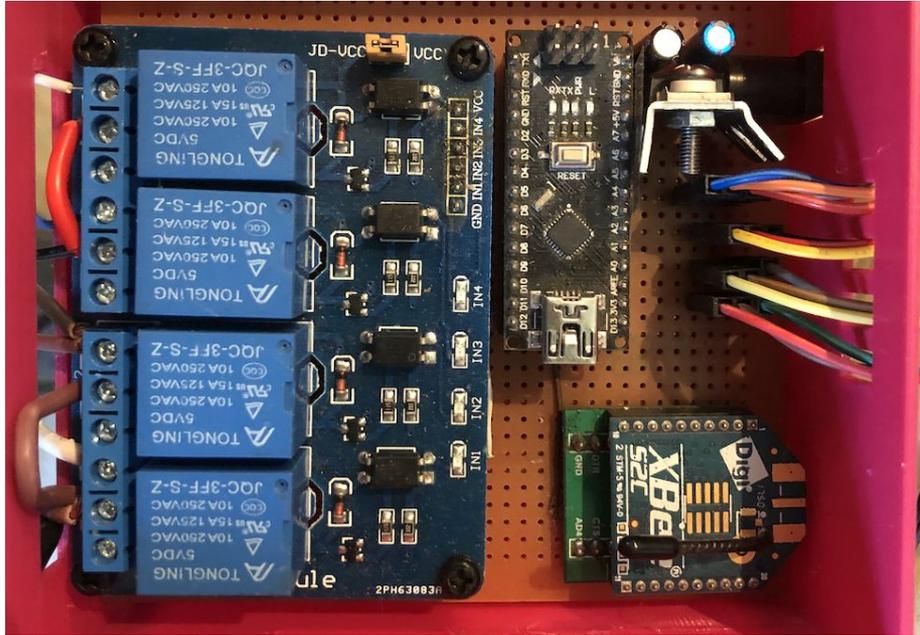


Nodo Sensor Actuador

- Arduino Nano
- BH1750
- MQ-135
- DHT11
- SEN0193
- Salida Relay 4 canales
- XBee S2C



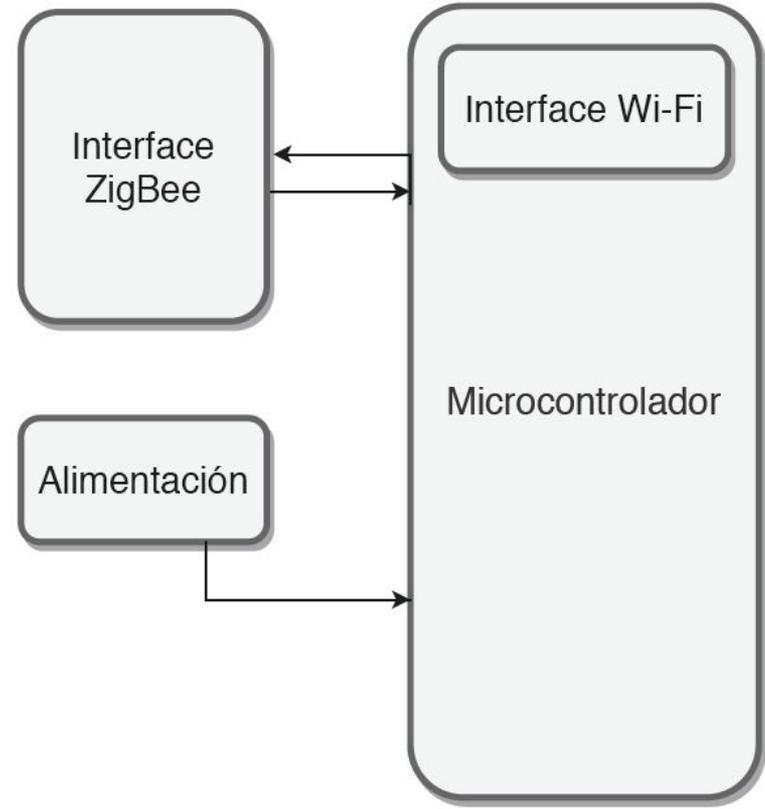
Prototipo Nodo Sensor Actuator



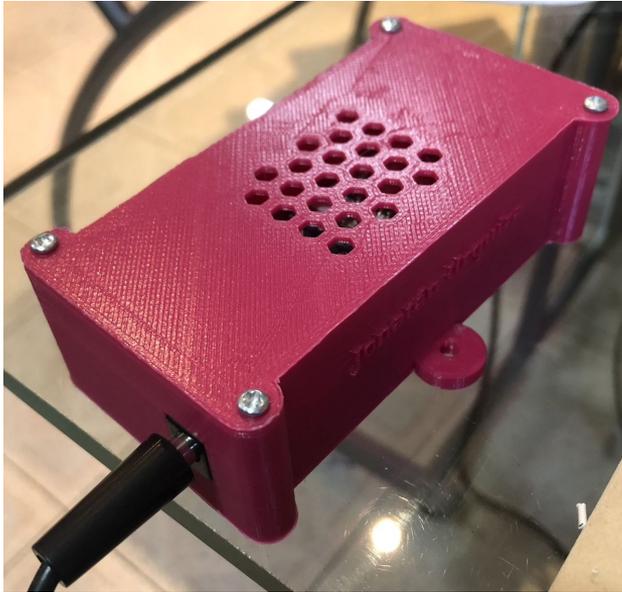


Nodo Gateway

- ESP8266 ESP-07
- XBee S2C



Prototipo Nodo Gateway





Broker

Raspberry Pi 3 Model B

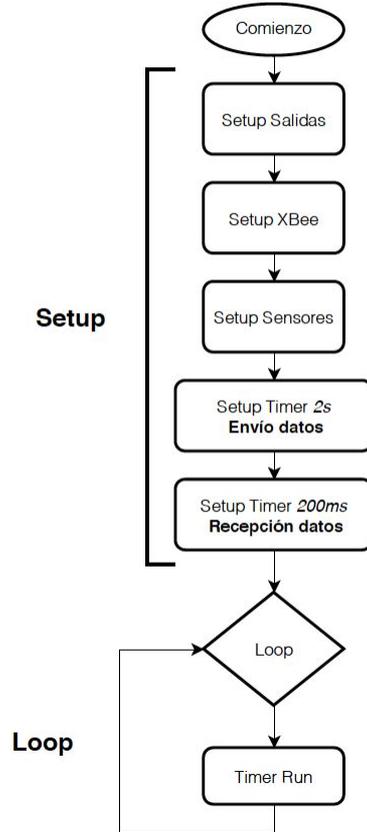




Software

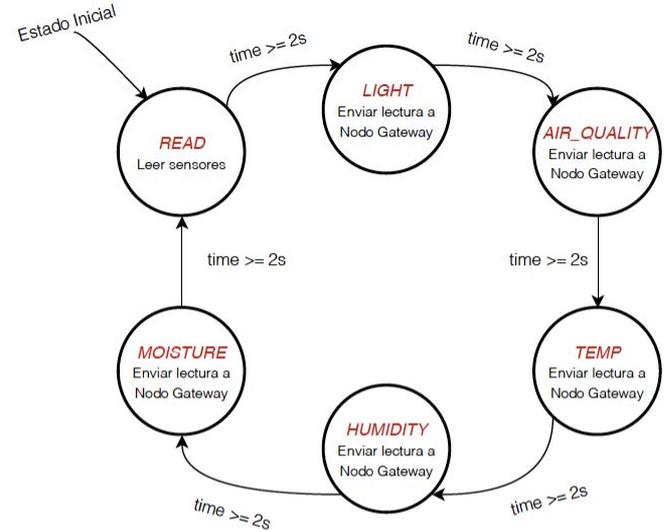
Nodo Sensor Actuador

Programa Principal



Rutina envío datos

Se atiende cada 2 segundos



Rutina recepción datos

Se atiende cada 200 milisegundos





Nodo Sensor Actuador: Envío/Recepción

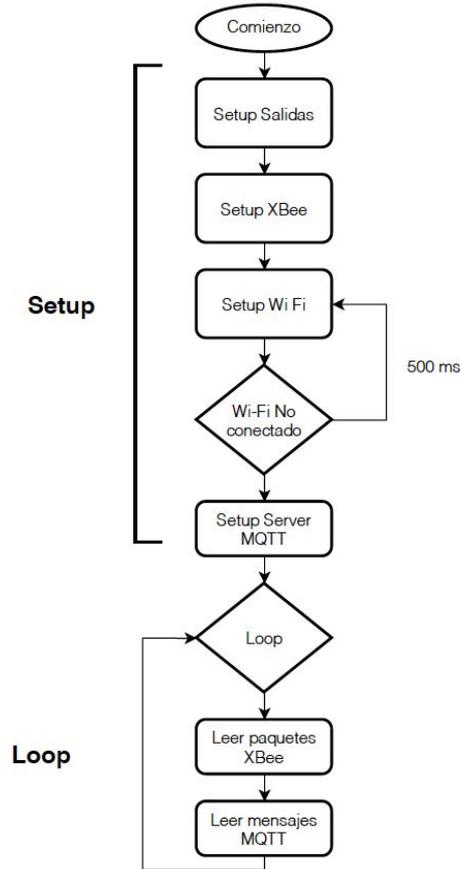
Carga útil envío

Id Sensor	MSB Data	LSB Data
--------------	-------------	-------------

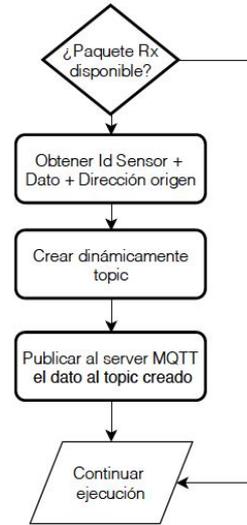
Carga útil recepción

Id Actuador	Data
----------------	------

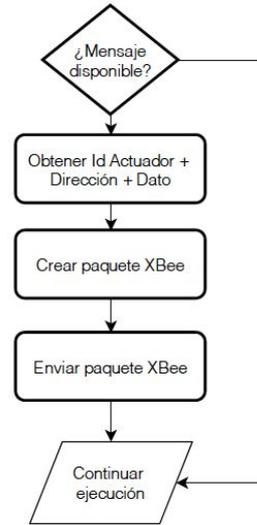
Nodo Gateway



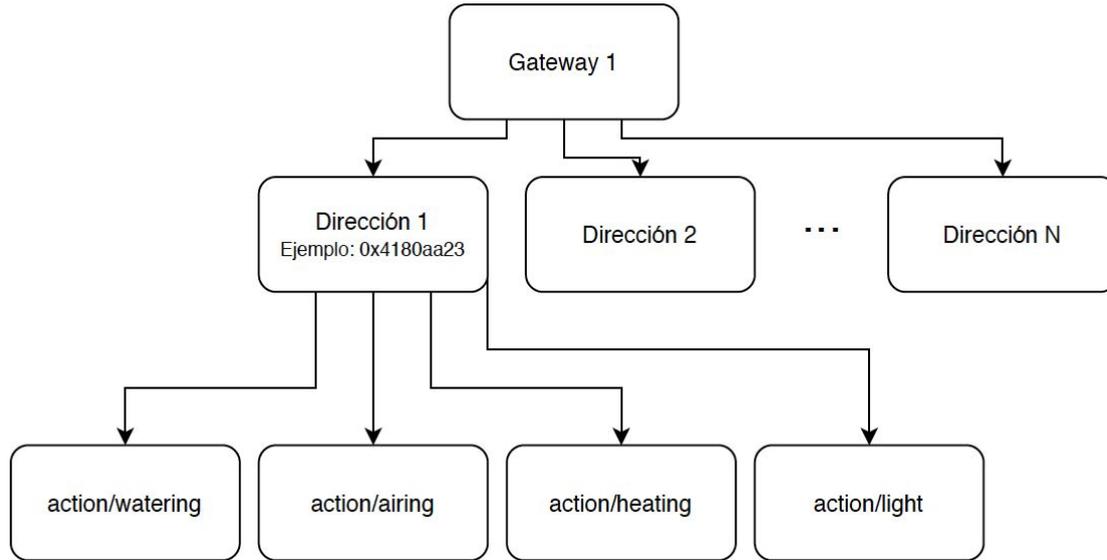
Leer paquetes XBee



Leer mensajes MQTT

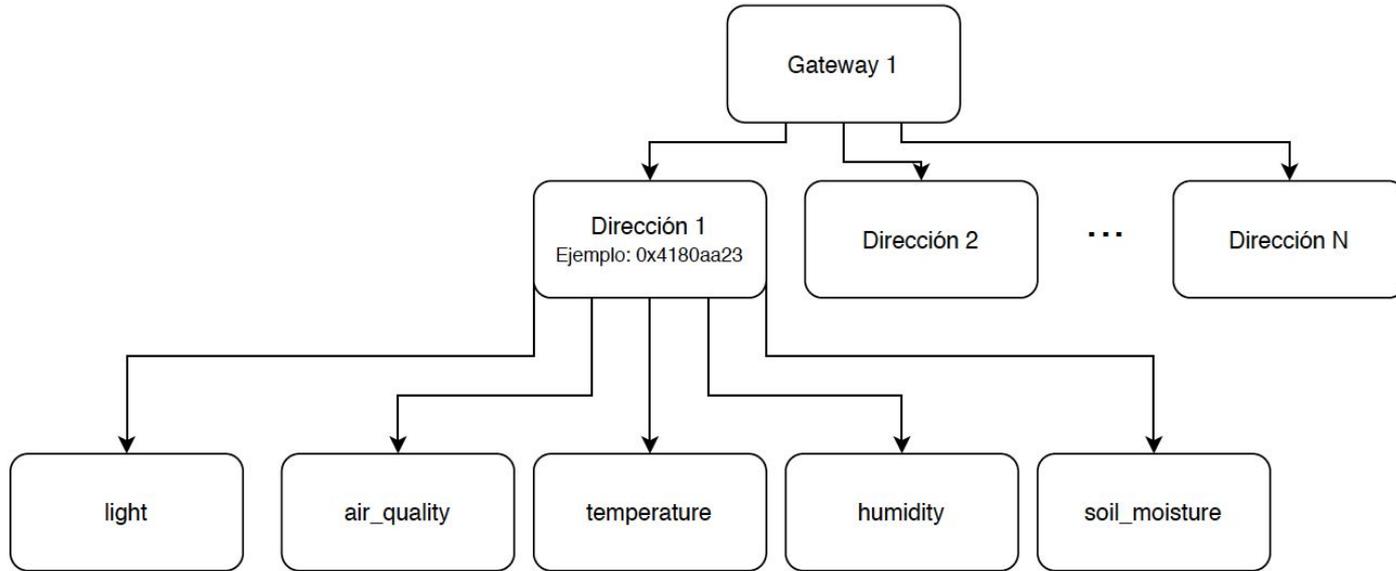


Nodo Gateway: Árbol topics MQTT Acción



/gateway1/0x4180aa23/action/watering

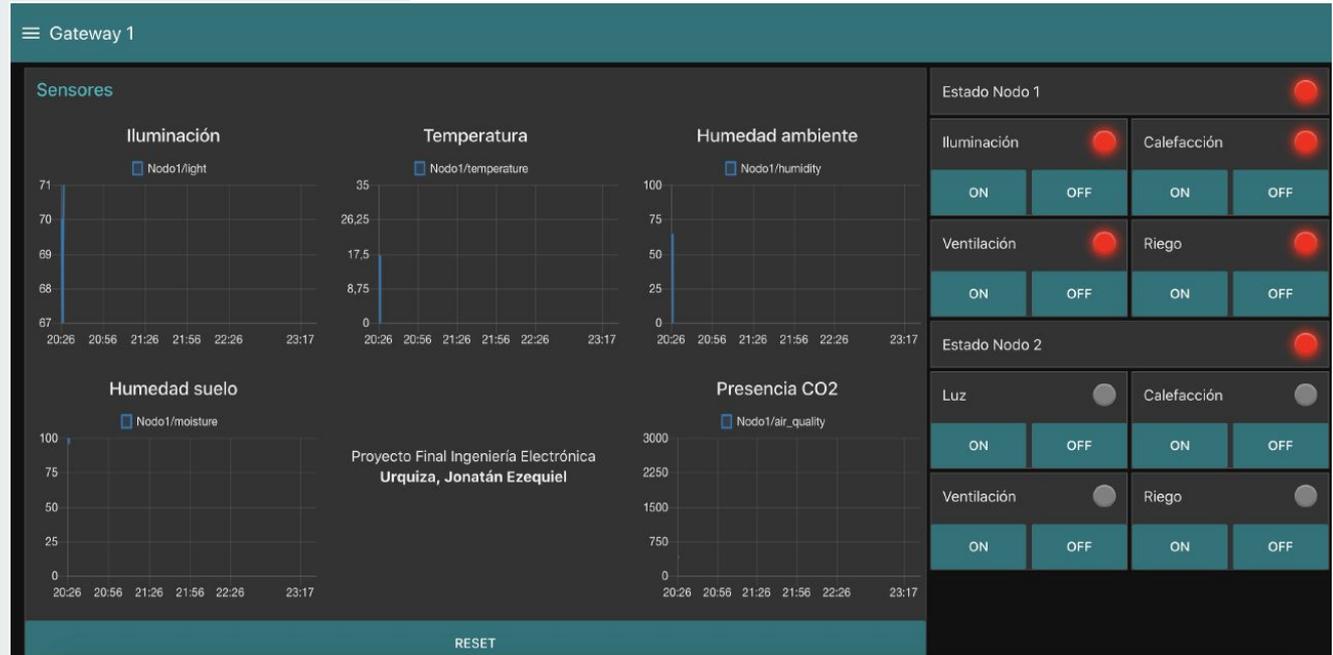
Nodo Gateway: Árbol topics MQTT Lectura



/gateway3/0x4180aa23/light

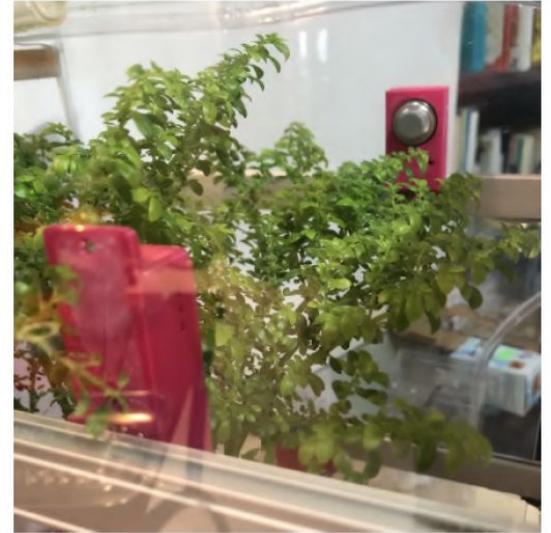
Broker

Raspbian Stretch
Mosquitto
NodeRED



Experimentos y Resultados

Maqueta

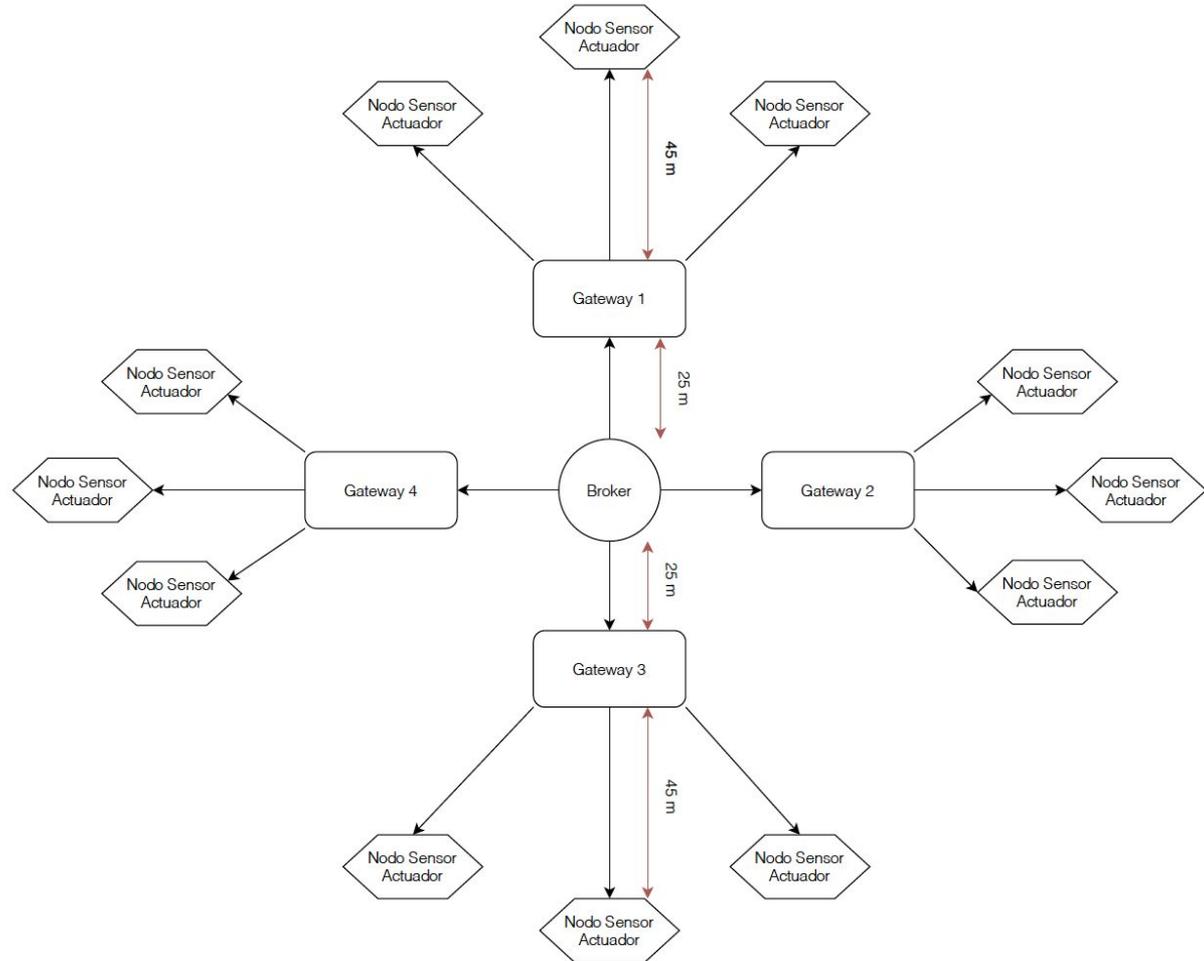




Pruebas de integración

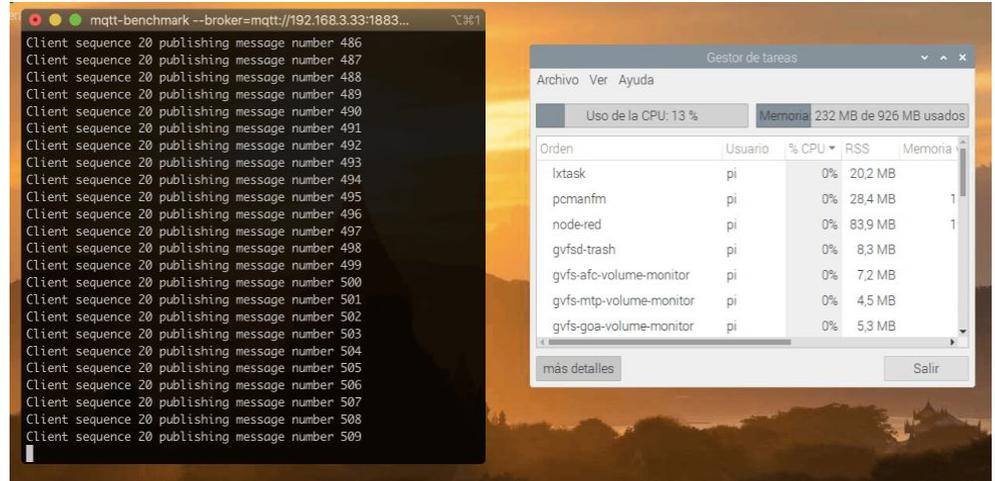
- Distancia máxima práctica
- Escalabilidad de red
- Comparativa contra sensores homologados
- Restablecimiento frente a reset

Distancia máxima práctica



Escalabilidad de red

- Pruebas de carga o stress
- Cantidad máxima de dispositivos



The image shows two overlapping windows from a Linux desktop environment. The background is a sunset landscape with a pagoda.

The left window is a terminal titled "mqtt-benchmark --broker=mqtt://192.168.3.33:1883...". It displays a list of messages being published by a client, with the sequence number increasing from 486 to 509. Each line shows "Client sequence 20 publishing message number [number]".

The right window is the "Gestor de tareas" (Task Manager) window. It shows system resource usage: "Uso de la CPU: 13 %" and "Memoria: 232 MB de 926 MB usados". Below this is a table of running processes:

Orden	Usuario	% CPU	RSS	Memoria
1	pi	0%	20,2 MB	
2	pi	0%	28,4 MB	1
3	pi	0%	83,9 MB	1
4	pi	0%	8,3 MB	
5	pi	0%	7,2 MB	
6	pi	0%	4,5 MB	
7	pi	0%	5,3 MB	

Buttons for "más detalles" and "Salir" are visible at the bottom of the task manager window.

Comparación con sensores homologados



Lutrón Lm-8000

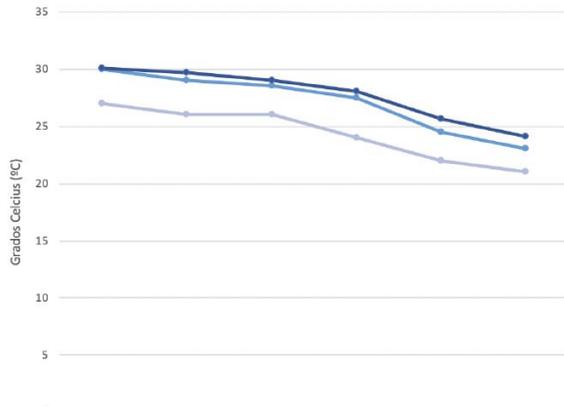


Sensor Xiaomi Aqara

Comparación con sensores homologados

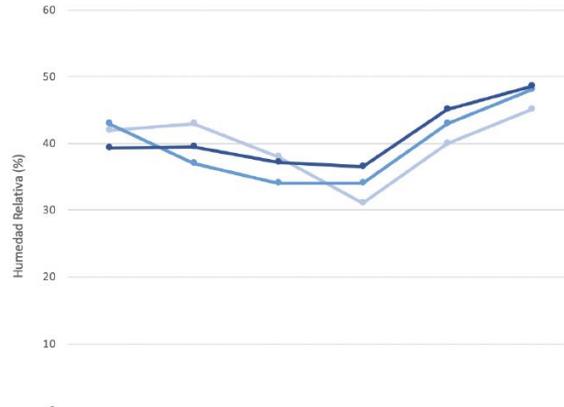


Temperatura



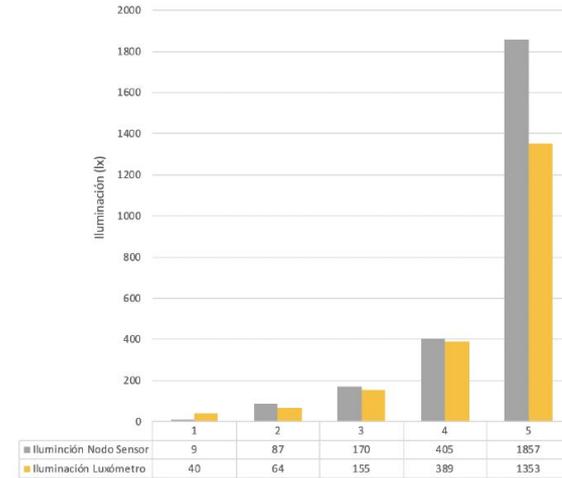
	1	2	3	4	5	6
Nodo Sensor	27	26	26	24	22	21
Xiaomi	30	29	28.5	27.5	24.5	23
Lutron Lm-8000	30.1	29.7	29	28	25.6	24.1

Humedad Relativa



	1	2	3	4	5	6
Nodo Sensor	42	43	38	31	40	45
Xiaomi	43	37	34	34	43	48
Lutron Lm-8000	39.3	39.5	37.1	36.5	45	48.6

Iluminación



	1	2	3	4	5
Iluminación Nodo Sensor	9	87	170	405	1857
Iluminación Luxómetro	40	64	155	389	1353



Restablecimiento frente a reset*

Nodo Sensor Actuador	Nodo Gateway	Broker
7,192 segundos	6,094 segundos	50,76 segundos

* Promedio basado en 5 pruebas de restablecimiento frente a reset



Análisis económico

- Comparativa frente a sistema similar de la familia **Libelium**.
- Sistema **15 veces** más económico.

Demostración



Conclusiones y futuras mejoras



Conclusiones

- Desarrollo exitoso de prototipo funcional y escalable del sistema.
- Sistema económico y versátil.
- Integración y aplicación de conocimientos adquiridos durante la carrera.



Futuras mejoras

- Automatización de actuadores mediante parámetros
- Sistema de alarma
- Redundancia de datos
- Seguridad
- Topología de red en malla
- Sensor de temperatura de suelo y control de nutrientes en el riego

¿Preguntas?



Muchas gracias

