

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL DE LAS AMÉRICAS**  
**FACULTAD DE INGENIERIA ELECTROMECHANICA**

**TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL GRADO DE**  
**BACHILLERATO EN ELECTROMECHANICA**

**Título de la investigación:**

“Diseño de dispositivo IOT de sensado para cuidado óptimo de plantaciones de cacao”

**Nombre del estudiante:**

David Jiménez Sequeira

**Tutor:**

Ing. Adolfo Echandi Arias

Sede Central

Enero, 2024

## Contenido

Dedicatoria .....	13
Agradecimiento .....	14
<b>Capítulo I .....</b>	<b>15</b>
JUSTIFICACIÓN .....	15
PLANTEAMIENTO .....	16
OBJETIVOS .....	17
OBJETIVO GENERAL .....	17
OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	17
Antecedentes.....	18
Resumen .....	21
Limitaciones .....	22
<b>Capítulo II.....</b>	<b>23</b>
Marco teórico.....	23
Historia .....	23
¿Quién inventó el Wifi?.....	25
¿Qué es wifi y qué significa Wifi?.....	27
802.11: explicación de las normas y velocidades de Wifi.....	30
¿Qué es el Internet de las cosas?.....	34
Qué es ESP8266.....	35
NODEMCU V2 ESP8266 WIFI.....	41
WEMOS D1 MINI ESP8266 WIFI.....	45
ESP8266 Deep Sleep, cuánto consumen NodeMCU y Wemos D1 Mini.....	48
Protocolo MQTT.....	60
¿Qué es una red mesh o de malla? .....	84
¿Qué son las redes de malla y cómo funcionan?.....	87
¿Qué es Transport Layer Security (TLS)?.....	90
¿Qué es CoAP? .....	93
El 802.15.4.....	110

Repetidores wifi.....	119
DynaDish 5 RBDynaDishG-5HacD MikroTik.....	119
Antena wifi exterior Tp Link CPE210 .....	128
Convertidor de analógico a digital ADS1115 y ESP8266.....	130
¿Cómo calculo el valor analógico si uso un ADC externo? .....	133
¿Qué es y cómo funciona un regulador de carga?.....	135
Cargador de energía Solar .....	137
Panel de carga Solar .....	139
Hora solar pico.....	141
ARDUINO con alimentación SOLAR estación meteorológica.....	142
Baterías de polímetro de litio.....	145
Ez8 .....	149
¿Para qué sirven los sensores de humedad del suelo?.....	154
INFORMACIÓN .....	157
SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC-28.....	160
SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO .....	162
MEDIR CANTIDAD DE LUXES CON ARDUINO Y EL LUXÓMETRO BH1750 .....	168
SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT11.....	177
Celda Peltier SP1848 27145 SA para Generación .....	181
Conductividad térmica de placa peltier .....	183
Almohadilla térmica.....	184
Conductividad térmica del poliestireno de alto impacto .....	185
Regulador de voltaje.....	185
¿Cómo funcionan las celdas solares?.....	190
Transferencia de calor .....	191
APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS EN AGRICULTURA.....	194
Poliestireno de alto impacto. HIPS .....	201
EL CULTIVO DE CACAO.....	203
<b>Capítulo III .....</b>	<b>216</b>
Marco metodológico .....	216
Procedimiento de recolección y análisis de datos .....	219
Análisis de datos .....	219

<b>Capítulo IV .....</b>	<b>219</b>
Análisis de datos .....	220
Experiencia del cultivo de café .....	220
Experiencia de utilización de topología mesh con protocolo MQTT en proyectos IOT .....	220
Agricultura de precisión y agro costarricense .....	221
Biología y epidemiología de moniliophthora roreri, agente causal de pudrición de la vaina del cacao por moniliophthora .....	221
Chip de comunicación y selección .....	222
ESP-01.....	223
WEMOS D1 MINI ESP8266 WIFI.....	227
NODEMCU V2 ESP8266 WIFI .....	229
Comparaciones.....	230
Comparación de repetidores .....	232
Comparaciones.....	234
Comparación de base de transmisión de datos.....	234
Comparación.....	235
Comparación de protocolos de comunicación .....	235
¿Qué es CoAP? .....	235
En su contraparte se encuentra el protocolo MQTT .....	235
Topología mesh.....	236
Comparación de sensores de humedad del suelo .....	241
Comparación.....	242
Ubicación de plantación de cacao .....	243
Condición de la radiación solar.....	244
Dimensionamiento del sistema fotovoltaico .....	246
Proyección de uso del consumo de energía .....	246
Batería .....	248
Reguladores de voltaje .....	250
Colocación física del sensor de humedad .....	252
Luxómetro .....	259
Cómo funciona el sensor DHT11 .....	265
Funcionamiento de sistema de refrigeración .....	267

Propuesta de solución.....	269
Sensor capacitivo .....	270
Luxómetro .....	275
Sensor de humedad relativa y temperatura .....	276
Sistema de refrigeración .....	277
Datos por enviar .....	278
Protocolo MQTT.....	278
Red mesh .....	280
Propuesta de conexión de elementos electrónicos .....	287
Disposición de los sensores en el árbol .....	289
Distribución de dispositivos en la finca.....	290
Escogencia de los plásticos para la carcasa .....	290
Determinación de precio del Dispositivo .....	292
Escogencia de batería .....	294
Comparación con productos del mercado.....	294
<b>Capítulo V .....</b>	<b>298</b>
Conclusiones.....	298
Recomendaciones .....	299
<b>Bibliografía .....</b>	<b>300</b>
<b>Apéndices .....</b>	<b>305</b>

## Índice de Tablas

Tabla 1 Consumo.....	37
Tabla 2 Datos obtenidos del datasheet del ESP8266.....	58
Tabla 3 Características de repetidor wifi.....	127
Tabla 4 Luxes en diferentes situaciones .....	169
Tabla 5 Resolución del dispositivo.....	171
Tabla 6 Características del luxómetro... ..	176

Tabla 7 Duración de plástico.....	195
Tabla 8 Características comparadas.....	196
Tabla 9 Comparación de tarjetas.....	230
Tabla 10 Comparación de repetidores de wifi.....	234
Tabla 11 Modo de transmisión.....	235
Tabla 12 Comparación de sensor de humedad.....	242
Tabla 13 Radiación solar edificio CATIE.....	245
Tabla 14 Proyección de uso de energía.....	246
Tabla 15 Encendido y apagado del dispositivo.....	247
Tabla 16 Watts en finca.....	248
Tabla 17 Carga y descarga de batería.....	249
Tabla 18 Estimaciones de capacitancia en relación con la humedad del suelo.....	257
Tabla 19 Datos recolectados.....	279
Tabla 20 Determinación de precio.....	293

## Índice de Figuras

Figura 1: Primer Arduino.....	23
Figura 2: Estándares wifi.....	29
Figura 3: Tipo de chips de comunicación.....	37
Figura 4: Chips Arduino con chip de comunicación.....	38
Figura 5: Esquemático chip modelo esp-01.....	38
Figura 6: Chip esp-01.....	39
Figura 7: Chip esp-01.....	40
Figura 8: Modelo modeMCU.....	41
Figura 9: Funciones de los pines.....	44
Figura 10: Modelo wemo D1.....	45
Figura 11: Función pines en chip wemo (vista frontal).....	46

Figura 12: Función pines en chip wemo (vista posterior) .....	46
Figura 13: Intensidad de consumo .....	50
Figura 14: Conexión de alimentación y datos.....	51
Figura 15: Posición de alimentación en los chips.....	52
Figura 16: Tipo de alimentación... ..	53
Figura 17: Especificación del chip.....	54
Figura 18: Ejemplo de batería.....	55
Figura 19: Ejemplo de baterías.....	56
Figura 20: Imagen del protocolo .....	61
Figura 21: Posición del protocolo en capa ISO.....	62
Figura 22: Posición del MQTT en la capa de aplicación.....	62
Figura 23: Resumen de función del MQTT.....	63
Figura 24: Modelo de bróker/suscripción.....	64
Figura 25: Funcionamiento de publicador/suscriptor.....	64
Figura 26: Comunicación cliente/bróker... ..	65
Figura 27: Publicación de cliente/bróker.....	65
Figura 28: Comunicación cliente/bróker... ..	66
Figura 29: Ejemplo de uso para MQTT.....	67
Figura 30: Aplicaciones para MQTT.....	68
Figura 31: Interacción cliente/bróker.....	70
Figura 32: Ejemplo de publicador/suscriptor... ..	71
Figura 33: Ejemplo de uso en el nombramiento de topics.....	72
Figura 34: Proposición de nombramiento y uso de topics .....	72
Figura 35: Diferenciación y mayor nivel de seguridad para el topics .....	74
Figura 36: Uso de wildcard en topics .....	75
Figura 37: Escalabilidad del protocolo MQTT .....	77
Figura 38: Carga de mensajes dependiendo de los clientes .....	79
Figura 39: Como se comunica publicador/bróker/suscriptor.....	80

Figura 40: Tamaño de los paquetes de información.....	81
Figura 41: Tipo de mensajes que se pueden presentar cliente/servidor.....	82
Figura 42: Presentador de capa 7 del protocolo MQTT.....	83
Figura 43: Esquema de red mesh... ..	85
Figura 44: Alcance de la red mesh.....	86
Figura 45: Alcance de red mesh... ..	88
Figura 46: Conexión de mesh.....	89
Figura 47: Usos de protocolos COAP.....	93
Figura 48: Arquitectura COAP.....	94
Figura 49: Posición de COAP en capa ISO.....	95
Figura 50: Función observación de información de cliente servidor... ..	96
Figura 51: Comunicación servidor COAP/cliente.....	98
Figura 52: Usos de capas de COAP .....	99
Figura 53: Comunicación cliente/servidor.....	99
Figura 54: Comunicador cliente/servidor .....	100
Figura 55: Comunicación cliente/servidor... ..	101
Figura 56: Comunicación de cliente/servidor en confirmación de datos .....	102
Figura 57: Comunicación de datos.....	103
Figura 58: Tamaño de la información de COAP.....	105
Figura 59: Comunicación de cliente/servidor .....	108
Figura 60: Comunicación de cliente/servidor... ..	108
Figura 61: Comunicación cliente servidor.....	109
Figura 62: Mapeo COAP... ..	109
Figura 63: Posición de IEEE.802.14.4.....	112
Figura 64: Posición de IEEE.802.15.4 en ISO.....	114
Figura 65: Chip de comunicación XBee.....	115
Figura 66: Chip de comunicación XBee con Arduino .....	116
Figura 67: Chip de comunicación XBee con Arduino.....	116

Figura 68: Tipos de red que soporta XBee .....	118
Figura 69: Repetidor wifi.....	119
Figura 70: Repetidor wifi.....	128
Figura 71: Convertidor de analógico a digital .....	130
Figura 72: Conexión de convertidor de analógico a digital.....	132
Figura 73: Controlador solar... ..	139
Figura 74: Panel solar... ..	139
Figura 75: Batería li-po.....	145
Figura 76: Batería li-po.....	146
Figura 77: Batería li-po.....	147
Figura 78: Batería li-po.....	148
Figura 79: Imagen del nombre de batería para proyectos IOT .....	149
Figura 80: Comparación de baterías.....	149
Figura 81: Composición constructiva.....	151
Figura 82: Descarga de batería.....	152
Figura 83: Densidad energética vatios/kg.....	152
Figura 84: Diferenciación de modelos descargando energía .....	154
Figura 85: Esquemático eléctrico del sensor de humedad del suelo .....	156
Figura 86: Forma física del sensor de humedad del suelo .....	157
Figura 87: Método de colocación del sensor.....	159
Figura 88: Sensor resistivo de humedad .....	160
Figura 89: Distintos estados del suelo en función de la humedad.....	162
Figura 90: Esquema básico del método gravimétrico de medición de humedad del suelo... ..	163
Figura 91: Placas condensador con un dieléctrico... ..	165
Figura 92: Valores de la constante dieléctrica de distintos materiales .....	165

Figura 93: Valores de la constante dieléctrica en distintos tipos de suelo con diferentes porcentajes de humedad.....	166
Figura 94: Polarización de sensores dieléctricos y frecuencia de medidas .....	167
Figura 95: Esquemático eléctrico de luxómetro.....	169
Figura 96: Conexión de Arduino a luxómetro... ..	170
Figura 97: Conversión de lux a corriente eléctrica.....	172
Figura 98: Sensor temperatura y humedad relativa.....	177
Figura 99: Elemento medidor de temperatura.....	179
Figura 100: Circuitos internos del sensor .....	180
Figura 101: Celda peltier... ..	181
Figura 102: Parámetros eléctricos/temperatura de celda peltier... ..	182
Figura 103: Almohadilla térmica para la venta.....	184
Figura 104: Diodos Zener .....	185
Figura 105: Simbología de diodos Zener.....	186
Figura 106: Grafica de funcionamiento de diodos Zener .....	187
Figura 107: Circuito de diodos Zener.....	188
Figura 108: Calor traspasando una pared.....	191
Figura 109: Formulación de las resistencias térmicas.....	192
Figura 110: Calor traspasando una pared de diferentes materiales .....	193
Figura 111: Alimentación de placa y entrada de datos de wemos D1.....	231
Figura 112: Conexión de alimentación y datos de esp-01... ..	232
Figura 113: Explicación de redes mesh.....	237
Figura 114: Explicación de redes mesh.....	237
Figura 115: Explicación de redes mesh.....	237
Figura 116: Explicación de redes mesh.....	239
Figura 117: Explicación de redes mesh.....	240
Figura 118: Explicación de redes mesh.....	241
Figura 119: Ubicación de terreno de experimentación de cacao... ..	243

Figura 120: Ubicación de terreno de experimentación de cacao.....	243
Figura 121: Ubicación de resistencias Zener.....	250
Figura 122: Representación de constante dieléctrica.....	256
Figura 123: Representación de constante dieléctricas.....	258
Figura 124: Representación de constante dieléctricas.....	259
Figura 125: Grafica corriente eléctrica/lumens.....	262
Figura 126: Grafica relación inversa resistencia/temperatura.....	268
Figura 127: Resumen de funcionamiento del dispositivo.....	271
Figura 128: Onda resultante de tren de pulso.....	272
Figura 129: Representación de humedad/capacitancia.....	273
Figura 130: Voltaje resultante pasado por la capacitancia.....	274
Figura 131: Funcionamiento de sensor de humedad.....	274
Figura 132: Funcionamiento de sensor de humedad.....	274
Figura 133: Funcionamiento de sensor de humedad en su totalidad.....	275
Figura 134: Funcionamiento del sensor luxómetro.....	277
Figura 135: Representación de humedad/capacitancia.....	277
Figura 136: Funcionamiento total de sensor de temperatura y humedad relativa.....	278
Figura 137: Representación del sistema de enfriamiento.....	279
Figura 138: Representación unifilar del dispositivo.....	282
Figura 139: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	282
Figura 140: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	283
Figura 141: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	284
Figura 142: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	284
Figura 143: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	284
Figura 144: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	285
Figura 145: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	285
Figura 146: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	285
Figura 147: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	285

Figura 148: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT.....	286
Figura 149: Representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT y red mesh.....	287
Figura 150: Conexión eléctrica de Arduino, sensores, peltier, Zener y controlador solar.....	288
Figura 151: Funcionamiento de diagrama de flujo del dispositivo.....	289
Figura 152: Posicionamiento de los elementos en el árbol.....	290
Figura 153: Sensores en cada árbol.....	291
Figura 154: Sensores de empresa NXTAGRO.....	295
Figura 155: Posicionamiento en campo.....	295
Figura 156: Precio a colones.....	297
Figura 157: Sensores farm 21.....	297
Figura 158: Precio a colones.....	298

## Índice ecuaciones

Ecuación 1: Duración de batería .....	56
Ecuación 2: Cálculo de conversión.....	133
Ecuación 3: Conversión a binario.....	134
Ecuación 4: A voltaje analógico.....	134
Ecuación 5: Hora solar pico.....	141
Ecuación 6: Humedad relativa.....	180
Ecuación 7: Resistencia Zener.....	189
Ecuación 8: Potencia Zener.....	189
Ecuación 9: Conducción por la pared.....	191
Ecuación 10: De calor y resistencia térmica.....	191
Ecuación 11: Calor total.....	192

## Dedicatoria

Este trabajo se encuentra dirigido para los 5 154 000 costarricenses (2021) que trabajan  
Y sostienen en lo que pueden del sistema social democrático  
Del que disfrutamos todos, ya que en esas condiciones son las que han  
Hecho posible que un hijo de una enfermera del seguro social y  
Un agricultor tenga la oportunidad y en otras latitudes  
El privilegio de cursar una carrera universitaria,  
Tanto, así como todo el personal educativo de escuela, colegio y  
universidadQue han dado su grano de arena para lograr forjar un  
profesional, Por medio de la aplicación de conocimientos  
recolectados  
A lo largo de los años, pueda devolver ese esfuerzo en crear  
Una Costa Rica más próspera para los que están y los  
siguientesQue nazcan en este maravilloso país llamado Costa  
Rica.

## Agradecimiento

Primero un gran agradecimiento a Dios que me ha dado la fortaleza, sabiduría y la ayuda en los momentos clave de la vida para tomar las decisiones correctas.

A mi madre que es la gran impulsora, consejera y guía en temas de estudio que me da sus sabias palabras de "la herencia que le puedo dejar es su estudio" lo cual le agradezco de gran manera, ya que eso me abrirá las puertas a grandes oportunidades.

A mi padre por ser ese sostén emocional y de vida, con los consejos dados me hacen el adulto hecho y derecho que hoy en día estoy orgulloso de ser.

Al profesor Adolfo Echandi Arias por las horas de trabajo, discusión y hasta alegría en el trascurso de la realización de este proyecto, que sin su apoyo jamás habría llegado a buen puerto.

A los investigadores Rolando y Mariela del CATIE, al darme consejos y asesoría científica, la base de este trabajo y su pilar fundamental para la ayudar a los agricultores.

A los funcionarios del CONAPE con la paciencia y la amabilidad que los caracteriza para ayudar a los estudiantes a progresar.

A todo el personal de la universidad, así como los compañeros que hice en el camino, lo cual  
fue

una de las mejores experiencias de mi vida.

# Capítulo I

## JUSTIFICACIÓN

En el mundo de hoy donde el clima cambia y las plagas campan a sus anchas dañando los cultivos de todo tipo y los agricultores solo se dan cuenta de las enfermedades cuando se dan manifestaciones físicas en las plantas, donde ya es muy tarde para aplicar el tratamiento pertinente, aquí es donde entra el diseño de un dispositivo que monitorea aspectos vitales para la planta dando aviso cuando una de esas características no están cubiertas, dando así una alerta temprana al agricultor para tomar acciones que mitiguen el estrés del árbol ayudando a tener el mejor rendimiento y calidad de frutos que el ser vegetal pueda dar, la creación del proyecto viene dado tanto por un carácter personal de que mi familia está interesada en el cultivo de cacao, así como de poner mis conocimientos en acción enfocándolos de esta manera, además la paradójica problemática que tiene el país con el cultivo de cacao ya que desde 1984 hasta la actualidad se ha reducido las hectáreas de producción de 20000 a unas 3200, pero la demanda de la materia prima para la industria del chocolate no para de subir, entre los problemas que se encuentran son problemas en los axiomas de mercado y poca protección hacía el agricultor que resultan en excesos por parte de los intermediarios y comerciantes, pero dejando eso de lado, están las enfermedades que con el apoyo y la opinión de la investigadora Mariela Eugenia Leandro Muñoz se buscará la necesidad de un elemento que registre parámetros decisivos para mejorar el rendimiento de las plantaciones.

## PLANTEAMIENTO

¿Se puede crear un dispositivo que permita saber cuándo una planta es atacada o el estrés climático la afecta de manera que la puede dañar? En este proyecto se investigará el diseño mecánico, eléctrico y electrónico de un sistema de sensores en las plantas y de un componente de comunicación por medio de redes, los sensores instalados en la planta se vean activados por los comandos correspondientes se envía a una centralita y dependiendo de la afección así será el voltaje recogido y el mismo interpretado para saber cuáles plantas están en un estrés climático o enfermedades, entonces se propondrá planos de la estructuras y circuitos para tener una plataforma para recolectar y transmitir esos datos.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- Diseñar planos y conceptos de un dispositivo que recolecte y transmita la información con Internet de las cosas (IOT) para sensar los parámetros climáticos que se puedan detectar y corregir en el crecimiento de la planta para una buena cosecha.

### OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conjugar conocimientos de electricidad y sensores para la prevención de enfermedades en los campos de cultivo.
- Esquematizar un dispositivo que funcione como plataforma de comunicación para transmitir información de las plantas.
- Emplear el conocimiento de la carrera para que los dispositivos resistan las inclemencias del clima y el trabajo agrícola.
- Investigar los parámetros necesarios para que la planta crezca de una forma sana y obtener una cosecha abundante y de buena calidad.
- Proponer un análisis económico de construcción mecánica, electrónica y transmisión para el dispositivo.

## Antecedentes

### **Tesis internacional**

**Institución:** Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador

**Título:** Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan al cultivo de café, en la plantación ASOPROCCSI ubicado en Santa Isabel

**Autor:** Juan Alejandro Abad Burí, Juan Pablo Fares Sigcha

**Fecha:** agosto 2018

En este artículo se presenta el diseño e implementación de una red de sensores inalámbricos utilizando protocolos zigbee y GPRS. Para el control de variables climáticas incidentes en la producción de un cafetal, con la finalidad de desarrollar un sistema de bajo costo, energéticamente autosustentable y simplicidad HMI para el agricultor al momento de evaluar las condiciones climáticas en la plantación, sirviendo estas para facilitar la facultad de tomar medidas preventivas y correctivas.

Juan Alejandro Abad Burí, Juan Pablo Fares Sigcha (2018) diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan al cultivo de café, en la plantación ASOPROCCSI ubicado en Santa Isabel, Universidad Politécnica Salesiana, Ecuador.

### **Tesis internacional**

**Institución:** Universidad Complutense de Madrid

**Título:** Despliegue de una red de sensores basada en chips ESP-8266

**Autor:** Alda Martin Muñoz

**Fecha:** 2020

El desarrollo del IOT ha generado que se implementen nuevos dispositivos y tecnologías que permitan la optimización de su funcionamiento. También, el creciente interés de algunos usuarios por el conocimiento del funcionamiento de estos sistemas ha generado aparatos y programas al alcance de personas no profesionales. Este trabajo presenta el panorama actual de los chips de bajo coste al alcance de una gran parte de la población y analiza distintos tipos de redes de IOT

implementadas con dispositivos ESP8266. Se ha realizado una comparativa entre dos topologías, mesh y estrella, combinadas con dos protocolos cada una: MQTT y TCP.

Alda Martin Muñoz (2020) despliegue de una red de sensores basada en chips ESP-8266 , Universidad Complutense de Madrid.

### **Tesis nacional**

**Institución:** Universidad de Costa Rica

**Título:** Agricultura de precisión y agro costarricense

**Autor:** Alejandro Amador Zamora

**Fecha:** 2022

El sector agrícola enfrenta una serie de retos: el cambio climático, la erosión, el uso intensivo y alto costo de agroquímicos (Rodríguez, 2021), todo en detrimento de la rentabilidad de la actividad agrícola. En palabras del decano de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica (UCR), Costa Rica tiene una dependencia a la importación de insumos para la producción agropecuaria; el país debe implementar sistemas de producción más sanos y justos, así como promover una transformación productiva en la agricultura, con procesos más sustentables que reduzcan la cantidad de insumos importados necesarios (Chacón, 2022). Esto se vuelve particularmente relevante en el contexto de la crisis económica mundial empujada por problemáticas como la crisis de los contenedores o la guerra en Europa, que ha generado importantes aumentos en los costos de insumos agropecuarios. Dando como marco de referencia las debilidades y fortalezas de Costa Rica en lo que se refiere a agricultura de precisión.

Alejandro Amador Zamora (2022) agricultura de precisión y agro costarricense, Universidad de Costa Rica.

**Tesis nacional**

**Institución:** Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

**Título:** Biología y epidemiología de moniliophthora roreri, agente causal de pudrición de la vaina del cacao por moniliophthora

**Autor:** Mariela Eugenia Leandro Muñoz

**Fecha:** 2017

La moniliasis del cacao es uno de los principales factores que limitan la producción de cacao, el propósito de este estudio fue identificar las variables meteorológicas y de producción que actúan como predictores epidemiológico de la enfermedad, se realizó un ensayo de campo para explicar el desarrollo de la enfermedad, la aparición de los síntomas y la esporulación, estudiando diferentes variables micro climáticas en tres clones de cacao es un rango de resistencia incompleta.

Mariela Eugenia Leandro Muñoz (2017) biología y epidemiología de moniliophthora roreri, agente causal de pudrición de la vaina del cacao por moniliophthora, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

## Resumen

En esta tesis se presentará el diseño, cálculos, y propuesta de componentes y materiales para la creación de un dispositivo de monitoreo de enfermedades y parámetros ambientales externos de las plantas a la que se le instalará el dispositivo.

Como la utilización de nodos de comunicación donde hay sensores en cada planta que se comunica con ondas de radio y se envía a un dispositivo central por medio de protocolos de red que administre y envíe los datos a grandes distancias y se puedan acceder a los datos.

El diseño, planos y cálculos se presentará la estructura del dispositivo, así como su forma, como los circuitos de medición, transmisión y control, la programación necesaria para que traduzca los pulsos eléctricos de los sensores, dependiendo del pulso se indicará que afecta a la planta como temperatura, humedad, donde esa señal se amplifica y transmite al nodo de comunicación y de ahí a la central de datos indicando al momento que la planta presente alguna alteración.

Así como los materiales de los componentes para que resistan las inclemencias del clima y el tiempo en exteriores y campos de producción.

## Limitaciones

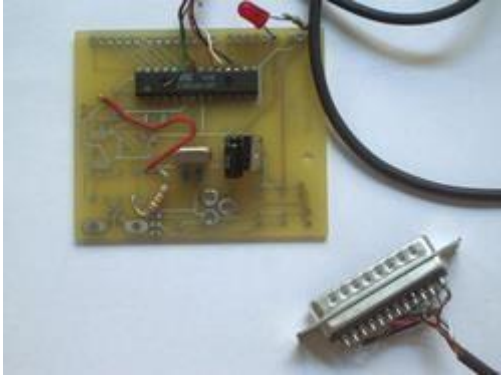
Una de las principales limitaciones es el presupuesto ya que se hará una lista de materiales y componentes en este trabajo que no se realizará su construcción por falta de tiempo, pero se presentará la simulación de los circuitos para demostrar su viabilidad, así como los datos que se pueden obtener de la planta.

Ya que algunos estudios indican que se puede ver la reacción de la planta en una traducción en diferencial de potencial que se puede detectar, pero no hay muchos datos en que se dé puntualmente todas las reacciones que existen de las plantas, así que las variables que se puedan recoger no está limitado por la maquinaria sino por la falta de información de qué voltaje o reacción tiene cada interacción que tenga la planta por falta de más experimentos.

## Capítulo II

### Marco teórico

#### Historia



**Figura 1:** primer tipo de Arduino

Fuente: Bertines, R (2012)

Arduino fue inventado en el año 2005 por el entonces estudiante del instituto IVRAE Massimo Banzi, quien, en un principio, pensaba en hacer Arduino por una necesidad de aprendizaje para los estudiantes de computación y electrónica del mismo instituto, ya que en ese entonces, adquirir una placa de micro controladores eran bastante caro y no ofrecían el soporte adecuado; no obstante, nunca se imaginó que esta herramienta se llegaría a convertir en años más adelante en el líder mundial de tecnologías DIY (Do It Yourself). Inicialmente fue un proyecto creado no solo para economizar la creación de proyectos escolares dentro del instituto, sino que además, Banzi tenía la intención de ayudar a su escuela a evitar la quiebra de la misma con las ganancias que produciría vendiendo sus placas dentro del campus a un precio accesible (1 euro por unidad).

El primer prototipo de Arduino fue fabricado en el instituto IVRAE. Inicialmente estaba basado en una simple placa de circuitos eléctricos, donde estaban conectados un microcontrolador simple junto con resistencias de voltaje, además de que únicamente podían conectarse sensores simples como leds u otras resistencias y es más, aún no contaba con el soporte de algún lenguaje de programación para manipularla.

Años más tarde, se integró al equipo de Arduino Hernando Barragán, un estudiante de la Universidad de Colombia que se encontraba haciendo su tesis, y tras enterarse de este proyecto, contribuyó al desarrollo de un entorno para la programación del procesador de esta placa: Wiring, en colaboración con David Mellis, otro integrante del mismo instituto que Banzi, quien más adelante, mejoraría la interfaz de software.

Tiempo después, se integró al "Team Arduino" el estudiante español David Cuartielles, experto en circuitos y computadoras, quien ayudó Banzi a mejorar la interfaz de hardware de esta placa, agregando los microcontroladores necesarios para brindar soporte y memoria al lenguaje de programación para manipular esta plataforma.

Más tarde, Tom Igoe, un estudiante de Estados Unidos que se encontraba haciendo su tesis, escuchó que se estaba trabajando en una plataforma de open-source basada en una placa de microcontrolador preensamblada. Después se interesó en el proyecto y fue a visitar las instalaciones del Instituto IVRAE para averiguar en qué estaban trabajando. Tras regresar a su país natal, recibió un e-mail donde el mismo Massimo Banzi invitó a Igoe a participar con su equipo para ayudar a mejorar Arduino. Aceptó la invitación y ayudó a mejorar la placa haciéndola más potente, agregando puertos USB para poder conectarla a un ordenador. Además, él le sugirió a Banzi la distribución de este proyecto a nivel mundial.

Cuando creyeron que la placa estaba al fin lista, comenzaron su distribución de manera gratuita dentro de las facultades de electrónica, computación y diseño del mismo instituto. Para poder promocionar el proyecto Arduino dentro del campus, tuvieron que consultar con un publicista que más parte pasaría a formar parte del equipo Arduino: Gianluca Martino, quien la distribuyó dentro del instituto y promocionándola a algunos conocidos y amigos suyos. Al ver su gran aceptación por parte de los alumnos y maestros y tomando en cuenta el consejo de Igoe, pensaron en su distribución a nivel mundial, para lo cual contactaron a un amigo y socio de Banzi, Natan Sadle, quien se ofreció a producir en masa las placas tras interesarse en el proyecto. Un tiempo más tarde, al ver los grandes resultados que tuvo Arduino y las grandes aceptaciones

que tuvo por parte del público, comenzó a distribuirse en Italia, después en España, hasta colocarse en el número uno de herramientas de aprendizaje para el desarrollo de sistemas autómatas, siendo además muy económica (300-500 pesos) en comparación con otras placas de microcontroladores (800 pesos en adelante).

Bertines, R (2012)

¿Quién inventó el Wifi?

**¿Cómo lo hizo? ¿A qué destinó su primer uso?**

Son preguntas que seguramente han rondado por tu cabeza en alguna que otra ocasión o que incluso los pequeños de la casa plantean y nos parecen algo muy interesante para investigar en internet. Pues bien, estamos aquí para resolver todas tus dudas. La inventora del Wifi fue Hedy Lamarr.

Hedy Lamarr presentó en 1941 “Sistema de comunicación secreta” la solicitud de patente de lo que hoy conocemos como wifi. Este sistema de comunicaciones estaba basado en las 88 teclas de un piano y era capaz de evitar las escuchas del enemigo. Sin duda, Hedy Lamarr además de una gran actriz puede decirse que fue una gran inventora. ¿Quieres conocer cómo fue su vida y cómo se convirtió en la creadora del wifi?

La vida de Hedy Lamarr, inventora del Wifi: primeros años

Hedy Lamarr nació en Viena en 1914 y ha pasado de ser reconocida como la “mujer más bella de la historia del cine” a la precursora de la tecnología que se usa hoy en día en las comunicaciones inalámbricas de los móviles, GPS y Wifi.

La vida de Hedy Lamarr estuvo siempre muy ligada al cine desde que abandonó sus estudios de ingeniería. Como actriz hizo historia en 1932 con la película *Éxtasis*, convirtiéndose en la primera vez que aparecía una mujer completamente desnuda durante un orgasmo.

Hedy Lamarr: la preocupación de la II Guerra Mundial

Preocupada por la guerra que se estaba viviendo y por la posible invasión a Gran Bretaña, Lamarr ofreció su trabajo al National Inventos Council. A pesar de su rechazo, no cesó en su intento de aportar sus conocimientos al área de las comunicaciones.

Así, ideó un sistema que transmitía mensajes fraccionados en pequeñas partes, cada una de las cuales se transmitiría secuencialmente cambiando de frecuencia cada vez, siguiendo un patrón pseudoaleatorio. De esta forma, los tiempos de transmisión en cada frecuencia eran tan cortos y estaban espaciados de forma tan irregular que era prácticamente imposible recomponer el mensaje si no se conocía el código de cambio de canales.

Hedy podía diseñar y construir los aparatos, pero necesitaba ayuda en el tema de la sincronización. El destino le llevó a conocer al pianista y compositor norteamericano, George Antheil, con quien trabajó intensamente.

Emplearon dos pianolas y codificaron los saltos de frecuencia de acuerdo con los taladros longitudinales efectuados en la banda de papel, como en una pianola común. La secuencia de los saltos solo la conocía quien tenía la clave, lo que aseguraba el secreto de la comunicación.

#### Registro de la patente del Wifi

En junio de 1941 Hedy Lamarr, inventora del wifi, presentó al registro la solicitud de patente de este “Sistema de comunicación secreta”, que le fue concedida en agosto de 1942. Por aquel entonces, Hedy Lamarr estaba casada y firmó dicho registro con el apellido de su marido, Markey.

Por esta patente, Hedy Lamarr no ingresó ni un solo centavo y los reconocimientos como inventora tardaron en llegar. En 1997 le concedieron el Pioner Award y el Bulbie Gnass Spirit of Achievement Award y en 1998 la Asociación Austriaca de Inventores y Titulares de Patentes le concedió la medalla Viktor Kaplan. Desde 2005 su cumpleaños, el 9 de noviembre, está señalado como el Día del Inventor en los países de habla germana.

Hedy Lamarr, una mujer que vivió en una época en la que se le reconocía por hacer campañas publicitarias utilizando su imagen o mejor dicho sus besos, pero no por haber desarrollado la teoría del precursor del Wifi.

Tokio (2021)

### ¿Qué es wifi y qué significa Wifi?

Pues bien, vamos al grano, el término wifi hace referencia a la conexión inalámbrica que permite que nuestros dispositivos electrónicos tengan conexión a internet. Tablet, móviles e incluso televisores, cada día son menos los dispositivos libres de Wifi, y estamos seguros de que cada día el número aumentará, incluso el horno tendrá una red inalámbrica Wifi. Otro ejemplo claro son los drones, como los modelos de la marca DJI, que usan Wifi para conectar el mando con el dron.

Para que el Wifi pueda transmitir la conexión inalámbrica necesaria para esa comunicación necesita un vehículo de transmisión, en su caso serán las ondas electromagnéticas las encargadas de esta tarea.

Y si quieres saber qué significa Wifi pues procede de Wireless Fidelity, o lo que es lo mismo, fidelidad inalámbrica. Y no le busques una explicación, porque simplemente se trata de un nombre sencillo para que todo el mundo pueda recordarlo con facilidad. El término Wifi es el que se emplea de forma estandarizada para establecer una conexión de red inalámbrica, es algo así como un sello de garantía, la denominación de origen de una red inalámbrica.

### **Cómo funciona el Wifi**

Como ya hemos comentado anteriormente, el funcionamiento del Wifi se basa en la transmisión y recepción de ondas de radio, un tipo de onda electromagnética. Algo que también ocurre con la radio, la televisión y la telefonía móvil. Sin embargo, la diferencia está en las frecuencias utilizadas por cada uno de ellos.

La red inalámbrica Wifi se transmite en las frecuencias de 2,4 GHz o 5 GHz. Estas frecuencias son más altas que las usadas por los propios móviles o las TV. Y al ser elevada, posibilita que la señal transfiera más información. Además, utiliza los estándares de la red 802.11 ac.

En cualquier caso, para que el Wifi funcione, se requiere de un Router, el cual está conectado a internet a través de un cable, que es el que distribuye la conexión a los distintos dispositivos de forma inalámbrica.

Entonces, ¿cuál es el proceso de funcionamiento de un Router Wifi?:

1. El Router obtiene los datos de una línea de teléfono o cable que esté enganchada a ella.

2. Transforma la información digital en ondas de radio y estas serán transmitidas dentro un alcance determinado.
3. Estas señales son localizadas por todos aquellos dispositivos que se encuentren cerca y que contengan un adaptador inalámbrico.
4. Este adaptador inalámbrico traduce los datos en forma de señales digitales y las transfiere utilizando una antena.
5. El microprocesador del dispositivo receptor interpreta estas señales digitales para permitir la conexión a internet.

La conexión Wifi es bidireccional, por lo que este proceso también funciona a la inversa. Y aunque parezca mentira, todos estos pasos suceden en tan sólo una fracción de segundo. Todo ello gracias a la velocidad de las ondas de radio que viajan a la velocidad de la luz.

### **Tipos de Wifi**

Aunque todas las redes inalámbricas Wifi nos puedan parecer iguales, la realidad es algo distinta, aquí también podemos dividir el funcionamiento del Wifi en varios tipos. Los tipos de Wifi que nos podemos encontrar llevarán aparejado uno de los siguientes términos: alcance, velocidad y compatibilidad.

Dependiendo de la versión estándar Wifi que se utilice en la red es cuando hablaremos de verdad de los distintos tipos de Wifi disponibles, la diferencia principal radica en la velocidad y en la frecuencia. La frecuencia nos muestra el radio que tiene la red (2.4GHz o 5GHz) y la velocidad los datos que puede transmitir nuestro Wifi.

Una vez que ya has conocido de qué elementos depende tu red wifi te dejamos con los tipos de Wifi que hay:

Hogares con acceso a Internet por región del mundo en 2021. (s. f.).

Tipos de redes inalámbricas wifi	
<b>802.11a</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frecuencia: banda 5GHz</li><li>• Velocidad: hasta 54Mbps</li></ul>
<b>802.11b</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frecuencia: banda 2.4GHz</li><li>• Velocidad: hasta 11Mbps</li></ul>
<b>802.11g</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frecuencia: banda 2.4GHz</li><li>• Velocidad: hasta 54Mbps</li></ul>
<b>802.11n</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frecuencia: banda 2.4GHz y 5GHz</li><li>• Velocidad: hasta 600Mbps</li></ul>
<b>802.11ac</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Frecuencia: banda 5GHz</li><li>• Velocidad: hasta 1300Mbps</li></ul>

**Figura 2:** estándares del Wifi

Fuente: Hogares con acceso a Internet por región del mundo en 2021. (s. f.)

### 802.11: explicación de las normas y velocidades de Wifi

Los estándares Wifi mejoran en prestaciones, lo que hace que sus redes sean cada vez más rápidas.

En el mundo de la tecnología inalámbrica, el término Wifi es sinónimo de acceso inalámbrico en general a pesar de ser una marca específica propiedad de la Wifi Alliance, un grupo dedicado a certificar que los productos basados en dicho término cumplen con el conjunto de normas inalámbricas 802.11 del IEEE.

Estas normas, con nombres como 802.11b y 802.11ac, constituyen una familia de especificaciones que comenzó en la década de 1990 y que sigue creciendo en la actualidad. Las normas 802.11 codifican las mejoras que potencian el rendimiento y el alcance inalámbrico, así como el uso de nuevas frecuencias a medida que están disponibles. También se ocupan de las nuevas tecnologías que reducen el consumo de energía.

¿Qué es Wifi 6, Wifi 5 o Wifi 4?

El esquema de nombres del IEEE para el estándar hace que sea un poco difícil acostumbrarse a él. Por lo tanto, y en un esfuerzo por hacerlo más fácil de entender, la Wifi Alliance ha creado algunos nombres más simples.

Bajo su convención de nombres, la alianza llama a 802.11ax Wifi 6 y 802.11ac es ahora Wifi 5, y mientras que 802.11n es Wifi 4. La idea, según la mencionada alianza, es hacer que la coincidencia de las capacidades del punto final y del enrutador sea más sencilla para el usuario de la tecnología.

No obstante, existe una subcategoría de Wifi 6 llamada Wifi 6E que fue escrita en la especificación 802.11ax para dar cabida a un espectro adicional que podría añadirse en el futuro. Eso ocurrió en abril de 2020, expandiendo enormemente la capacidad potencial de los puntos de acceso de Wifi 6E frente a los AP de Wifi 6 originales.

Mientras tanto, es importante saber que la Alianza Wifi no ha creado nombres más simples para todos los estándares 802.11, por lo que es importante estar familiarizado con las designaciones tradicionales. Además, el IEEE, que sigue trabajando en nuevas versiones de 802.11, no ha adoptado estos nuevos nombres, por lo que tratar de rastrear los detalles sobre ellos utilizando los nuevos nombres hará la tarea más complicada.

Los nombres tradicionales de estas normas crean toda una sopa de letras, que se hace más confusa porque no están ordenados alfabéticamente. Para ayudar a aclarar la situación, aquí ponemos a su disposición una actualización de estas normas de la capa física dentro de 802.11, ordenadas en orden cronológico inverso, con las normas más nuevas en la parte superior y las más antiguas hacia la parte inferior, acompañadas de una descripción de los estándares que aún están en proceso.

#### 802.11ah

También conocido como Wifi HaLow, 802.11ah, define la operación de redes exentas de licencia en las bandas de frecuencia por debajo de 1GHz (la banda de 900 MHz), excluyendo las bandas del espacio blanco de la TV. En los EE. UU., esto incluye 908-928MHz, con frecuencias variables en otros países. El propósito de 802.11ah es crear redes Wifi de rango extendido que vayan más allá de las redes típicas en el espacio de 2,4GHz y 5GHz (recuerde: una frecuencia más baja significa un rango más largo), con velocidades de datos de hasta 347 Mbps. Además, la norma tiene como objetivo tener un menor consumo de energía, lo que es útil para que los dispositivos de Internet de las Cosas se comuniquen a través de largos alcances sin utilizar mucha energía. Pero también podría competir con las tecnologías Bluetooth en el hogar debido a sus menores necesidades de energía. El protocolo fue aprobado en septiembre de 2016 y publicado en mayo del 2017.

#### 802.11ad

Aprobado en diciembre de 2012, 802.11ad es muy rápido, dado que puede proporcionar hasta 6,7 Gbps de velocidad de datos a través de la frecuencia de 60 GHz, pero eso tiene un coste de distancia que sólo se logra si su dispositivo cliente está situado a menos de 3,3 metros del punto de acceso.

#### 802.11ac (Wifi 5)

Los actuales enrutadores inalámbricos para el hogar son probablemente compatibles con 802.11ac y funcionan en el espacio de frecuencia de 5 GHz. Con entrada múltiple, salida múltiple (MIMO) -múltiples antenas en los dispositivos de envío y recepción para reducir los errores y aumentar la velocidad-, este estándar admite velocidades de datos de hasta 3,46 Gbps. Algunos proveedores de enrutadores incluyen tecnologías que admiten la frecuencia de 2,4 GHz a través de 802.11n, lo que proporciona soporte para los dispositivos cliente más antiguo que pueden tener radios 802.11b/g/n, pero también proporciona un ancho de banda adicional para mejorar las velocidades de datos.

### 802.11n (Wifi 4)

La primera norma que especifica MIMO, 802.11n fue aprobada en octubre de 2009 y permite el uso en dos frecuencias: 2,4 GHz y 5 GHz, con velocidades de hasta 600 Mbps. Cuando los proveedores de redes LAN inalámbricas utilizan el término "banda dual", se refieren a la capacidad de entregar datos a través de estas dos frecuencias.

### 802.11g

Aprobado en junio de 2003, el 802.11g fue el sucesor del 802.11b, capaz de alcanzar velocidades de hasta 54 Mbps en la banda de 2,4GHz, igualando así la velocidad del 802.11<sup>a</sup>, pero dentro de la gama de frecuencias más baja.

### 802.11a

La primera "carta" después de la aprobación en junio de 1997 de la norma 802.11 preveía su funcionamiento en la frecuencia de 5GHz, con velocidades de datos de hasta 54 Mbps. En contra de la intuición, 802.11a salió más tarde que 802.11b, lo que causó cierta confusión en el mercado porque la gente esperaba que la norma con la "b" al final fuera compatible con la que tenía la "a".

### 802.11b

Lanzado en septiembre de 1999, lo más probable es que su primer Router doméstico fuera el 802.11b, que opera en la frecuencia de 2,4 GHz y proporciona una velocidad de datos de hasta 11 Mbps. Curiosamente, los productos 802.11a salieron al mercado antes que los de 802.11a, que fue aprobado al mismo tiempo, pero no salió al mercado hasta más tarde.

### 802.11-1997

El primer estándar, que proporciona una velocidad de datos de hasta 2 Mbps en la frecuencia de 2,4GHz., proporcionaba un rango de unos impresionantes 66 pies de interior (330 pies de exterior), así que, si usted tenía uno de estos enrutadores, probablemente sólo lo usaba en una habitación.

Pendiente de los estándares de Wifi

### 802.11aj

También conocido como Onda Milimétrica China, define modificaciones a la capa física 802.11ad y a la capa MAC para permitir el funcionamiento en la banda de frecuencia de China 59-64GHz. El objetivo es mantener la compatibilidad con 802.11ad (60GHz) cuando opera en ese rango de 59-64GHz y operar en la banda China de 45GHz, manteniendo la experiencia del usuario de 802.11. La aprobación final se esperaba para noviembre de 2017.

#### 802.11ak

Hay algunos productos en los espacios de entretenimiento doméstico y control industrial que tienen capacidad inalámbrica 802.11 y función de Ethernet 802.3. El objetivo de esta norma es ayudar a los medios de comunicación 802.11 a proporcionar conexiones internas como enlaces de tránsito dentro de las redes puente 802.1q, especialmente en las áreas de velocidad de datos, seguridad estandarizada y mejoras en la calidad del servicio. Alcanzó la condición de proyecto en noviembre de 2017.

#### 802.11ax (Wi-Fi 6)

Conocida como WLAN de alta eficiencia, 802.11ax tiene como objetivo mejorar el rendimiento en despliegues de WLAN en escenarios tales como estadios deportivos y aeropuertos, entre otros, mientras sigue funcionando en el espectro de 2,4 GHz y 5 GHz. El grupo tiene como objetivo mejorar al menos cuatro veces el rendimiento en comparación con 802.11n y 802.11ac., mediante una utilización más eficiente del espectro.

#### 802.11ay

También conocida como Próxima Generación de 60GHz, el objetivo de esta norma es soportar un rendimiento máximo de al menos 20 Gbps dentro de la frecuencia de 60GHz (802.11ad actualmente alcanza hasta 7Gbps), así como aumentar el alcance y la fiabilidad.

#### 802.11az

Llamado Posicionamiento de Próxima Generación (NGP), se formó un grupo de estudio en enero de 2015 para abordar las necesidades de una "estación para identificar su posición absoluta y relativa a otra u otras estaciones con las que está asociada o no asociada". Los objetivos del grupo serían definir modificaciones en las capas **MAC y PHY** (capas físicas y de enlace) que permitan "la determinación de la posición absoluta y relativa con mayor precisión con respecto al protocolo de Medición de Tiempo

Fino (MTM) que se ejecuta en el mismo tipo de PHY, al tiempo que se reduce el uso del medio inalámbrico existente y el consumo de energía, y es escalable a despliegues densos". La estimación actual de la aprobación de esta norma es de marzo de 2021.

802.11ba

También conocido como "Radio Despertador" (WUR), se trata de una nueva tecnología destinada a extender la vida de la batería de los dispositivos y sensores dentro de una red de Internet de las Cosas. El objetivo del WUR es "reducir en gran medida la necesidad de recargar y reemplazar frecuentemente las baterías, manteniendo al mismo tiempo un rendimiento óptimo del dispositivo". Actualmente se espera que se apruebe en julio de 2020.

Foundry, in (2020)

### ¿Qué es el Internet de las cosas?

El Internet de las cosas (IOT) es el proceso que permite conectar los elementos físicos cotidianos al Internet: desde los objetos domésticos comunes, como las bombillas de luz, hasta los recursos para la atención de la salud, como los dispositivos médicos; las prendas y los accesorios personales inteligentes; e incluso los sistemas de las ciudades inteligentes.

Los dispositivos del IOT que se encuentran dentro de esos objetos físicos suelen pertenecer a una de estas dos categorías: son interruptores (es decir, envían las instrucciones a un objeto) o son sensores (recopilan los datos y los envían a otro lugar).

### ¿Cómo funciona el internet de las cosas?

El término IOT hace referencia a los sistemas de dispositivos físicos que reciben y transfieren datos a través de las redes inalámbricas, con poca intervención humana. Es posible gracias a la integración de dispositivos informáticos en todo tipo de objetos.

Por ejemplo, un termostato inteligente (es decir, que utiliza el IOT) recibe los datos de la ubicación de su automóvil inteligente, y ambos dispositivos conectados le permiten ajustar la temperatura de su casa a pesar de que no se encuentre allí.

El funcionamiento de los sistemas de IOT tradicionales consiste en enviar, recibir y analizar los datos de forma permanente en un ciclo de retroalimentación. Según el tipo de tecnología de IOT,

las personas o los sistemas de inteligencia artificial y aprendizaje automático (IA/ML) pueden analizar estos datos casi de inmediato o durante cierto tiempo.

Por ejemplo, para saber cuándo es ideal controlar el termostato antes de volver a casa, el sistema de IOT puede conectarse a la API de Google Maps y, de este modo, obtener información actual sobre el tráfico en el área. Además, puede utilizar los datos a largo plazo del automóvil para conocer sus hábitos de conducción. Por otra parte, las empresas de servicios públicos tienen la posibilidad de analizar los datos de IOT de los clientes con termostatos inteligentes para optimizar el sistema en general.

### IOT en la agricultura

El IOT ha revolucionado el sector agrícola de varias formas, como es el caso de la instalación de sensores de humedad en los campos, que permiten que los agricultores obtengan datos más precisos para programar los períodos de riego. También se pueden conectar a las aplicaciones de IOT que controlan la maquinaria de riego, la cual se activa automáticamente en función de los datos de los sensores.

Foundry in (2023)

### ¿Qué es ESP8266?

El ESP8266 es un chip Wi-Fi de bajo coste con pila TCP/IP completa y capacidad de MCU (Micro Controller Unit) producida por el fabricante chino Espressif Systems, con sede en Shanghai.

El chip primero llegó a la atención de los fabricantes occidentales en agosto de 2014 con el módulo ESP-01. Este pequeño módulo permite al microcontrolador conectarse a una red Wi-Fi y realizar conexiones TCP/IP sencillas utilizando comandos de tipo Hayes. Sin embargo, en ese momento casi no había documentación en inglés sobre el chip y los comandos que aceptaba. El precio muy bajo y el hecho de que había muy pocos componentes externos en el módulo que sugiere que podría ser muy barato en el volumen, atrajo a muchos hackers para explorar el módulo, el chip y el software en él, así como para traducir La documentación china

El ESP8285 es un ESP8266 con 1 MB de flash incorporado, lo que permite dispositivos de un solo chip capaces de conectarse a Wi-Fi. Muchos encapsulados del ESP8266 vienen con 1 MB de flash.

## SDK ESP8266

A finales de octubre de 2014, Espressif lanzó un kit de desarrollo de software (SDK) que permite programar el chip, eliminando la necesidad de un microcontrolador por separado. Desde entonces, ha habido muchos lanzamientos oficiales de SDK; Espressif mantiene dos versiones del SDK – una basada en RTOS y la otra basada en callbacks mediante comandos AT.

Una alternativa al SDK oficial de Espressif es el open source esp-open-sdk que se basa en la cadena de herramientas (toolchain) GCC. ESP8266 utiliza el microcontrolador Cadence Tensilica LX106 y la cadena de herramientas GCC que es de código abierto y mantenida por Max Filippov. Otra alternativa es «Unofficial Development Kit» de Mikhail Grigorev.

### Características

El ESP8266 es un módulo muy de moda que **va alimentado a 3.3V** y que hay mucha documentación en internet. EL ESP8266 no tiene ROM y usa una ROM externa SPI y soporta hasta 16MB.

Características:

- CPU RISC de 32 bits: Tensilica Xtensa LX106 a 80 MHz\*
- Flash QSPI externo: de 512 KiB a 4 MiB\* (se admiten hasta 16 MiB)
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi
  - Interruptor TR integrado, balun, LNA, amplificador de potencia y red correspondiente
  - Autenticación WEP o WPA/WPA2, o redes abiertas
- 16 GPIO pins
- SPI, I<sup>2</sup>C,
- Interfaces I<sup>2</sup>S con DMA (compartiendo pines con GPIO)
- UART en pines dedicados, además de un UART de solo transmisión que se puede habilitar en GPIO2
- 1 port 10-bit ADC

\* Tanto la velocidad de la CPU como la velocidad del reloj flash se pueden duplicar mediante el overclocking en algunos dispositivos. La CPU se puede ejecutar a 160 MHz y el flash se puede acelerar de 40 MHz a 80 MHz.

## Consumo ESP8266

Tabla de consumo del módulo ESP8266:

Parameters	Min	Typical	Max	Unit
Tx 802.11b, CCK 11Mbps, P OUT = +17dBm		170		mA
Tx 802.11g, OFDM 54Mbps, P OUT = +15dBm		140		mA
Tx 802.11n, MCS7, P OUT = +13dBm		120		mA
Rx 802.11b, 1024 bytes packet length, -80dBm		50		mA
Rx 802.11g, 1024 bytes packet length, -70dBm		56		mA
Rx 802.11n, 1024 bytes packet length, -65dBm		56		mA
Modem-Sleep①		15		mA
Light-Sleep②		0.9		mA
Deep-Sleep③		10		uA
Power Off		0.5		uA

**Tabla 1: consumo**

Fuente: Del Valle Hernández L. (2017),

Si queremos alimentar el módulo ESP8266 con Arduino debemos ver las limitaciones de Arduino: a 5V la limitación es de 1A del regulador de tensión. Como va alimentado a 3.3V la limitación es de 150mA limitado por el regulador de tensión.

Regulador por lo tanto alimentar el ESP8266 desde el pin de 3.3V puede dar problemas y es recomendable usar otra fuente de alimentación.

Los módulos ESP8266 los podemos encontrar en diferentes encapsulados y placas:



**Figura 3:** tipo de chips de comunicación

Fuente: Del Valle Hernández L. (2017)

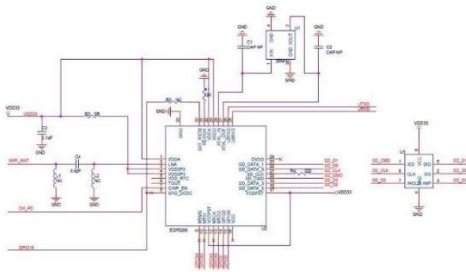
## ESP-01

En nuestro caso vamos a usar el módulo ESP-01:



**Figura 4:** chip Arduino con chip de comunicación

Fuente: Del Valle Hernández L. (2017),



**Figura 5:** esquemático del chip modelo esp-01

Fuente: Del Valle Hernández L. (2017),

### Guía para configurar un ESP-01, el módulo WiFi basado en ESP8266

Con el tiempo ha ido evolucionando y en la actualidad se puede utilizar como un módulo autónomo sin necesidad de utilizarlo con Arduino, es decir, como si fuera un Arduino. Hay que recordar que el ESP8266 es un microcontrolador y como tal, puede hacer las mismas funciones que un Arduino UNO. Eso sí, tiene sus limitaciones.

#### Firmware para el ESP-01

Empiezo explicando un tema que debemos tener muy claro ya que hay mucha confusión al respecto en Internet. El firmware es el software de bajo nivel que nos va a permitir controlar los circuitos eléctricos.

Por defecto, en el ESP-01 viene instalado la versión con la que podemos comunicar con el ESP8266 mediante comandos AT a través del puerto serie. No voy a entrar muy en detalle qué son estos

comandos, lo único es decir que fue creado por la compañía Hayes y se convirtió en un estándar para la configuración y parametrización de módems.

Este tipo de comunicación nos permitirá hacer un puente entre Arduino y el ESP8266. De esta manera conseguimos que un Arduino UNO se conecte a una red WiFi.

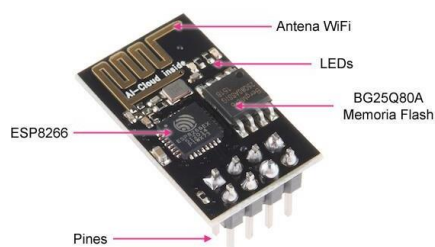
Pero si lo que queremos es cargar nuestro propio programa como si de un Arduino se tratara, solo tenemos que crear el sketch y cargarlo. Esto sobrescribirá el firmware de comandos AT que viene por defecto en el ESP-01. Todo esto lo veremos más adelante.

Existen también otros firmwares que funcionan como intérpretes. Hacen precisamente esa función, interpretar un lenguaje de alto nivel y lo traducen para poder controlar el microcontrolador ESP8266. Hay intérpretes para Python (microPython), Javascript (Espruino) o Basic (ESPBasic).

Una vez que tenemos claro qué es un firmware, ya podemos empezar a programar nuestro ESP-01. Primero debemos alimentarlo y saber cómo podemos programar nuestro ESP-01 basado en el ESP8266.

### ESP-01 la placa microcontroladora

Antes de nada, vamos a conocer el ESP-01. En la siguiente imagen puedes ver las **partes más importantes**.



**Figura 6:** chip esp-01

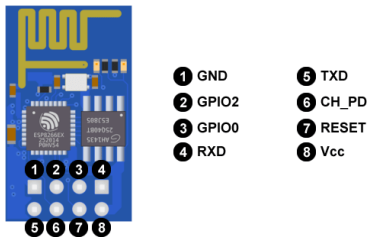
Fuente: Del Valle Hernández L. (2017),

- ESP8266 es el microcontrolador del módulo ESP-01.
- Pines donde conectaremos la alimentación, sensores y transmisión de programa.
- BG25Q80A es la memoria flash donde residen los programas o sketches. El ESP8266 no dispone de este tipo de memoria y por eso es un chip a parte.

- LEDs que nos informan de si está encendido o no y de la transmisión de datos (Tx y Rx).
- La antena WiFi para conectarse a una red/Internet.

### Pines del ESP-01, una de sus limitaciones

El ESP-01 tiene 8 pines, cada uno de ellos está pensado para una tarea concreta.



**Figura 7:** chip esp-01

Fuente: Del Valle Hernández L. (2017)

1. GND es la toma de tierra.
2. GPIO2 es una entrada salida de propósito general. Es el pin digital número 2.
3. GPIO0 es una entrada salida de propósito general. Es el pin digital número 0.
4. RXD es el pin por donde se van a recibir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3 V. También se puede utilizar como pin digital GPIO: sería el número 3.
5. TXD es el pin por donde se van a transmitir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3 V. También se puede utilizar como pin digital GPIO: sería el número 1.
6. CH\_PD pin para apagar y encender el ESP-01: si lo ponemos a 0 V (LOW) se apaga, y a 3,3 V (HIGH) se enciende.
7. RESET pin para resetear el ESP-01: si lo ponemos a 0 V (LOW) se resetea.
8. Vcc es por donde alimentamos el ESP-01. Funciona a 3,3 V y admite un máximo de 3,6 V. La corriente suministrada debe ser mayor que 200 mA.

Como puedes comprobar, no tenemos ningún pin analógico y solo 4 pines digitales GPIO0, GPIO2, RXD (GPIO3) y TXD (GPIO1). Estos dos últimos funcionan como pines I/O siempre y cuando el

programa que carguemos a la placa no los utilice, por ejemplo, para mostrar información a través del monitor serie.

El ESP-01 soporta la comunicación I2C: si nuestros sensores se comunican mediante este protocolo no tendremos problema y, con tan solo dos pines de nuestro ESP-01, podremos comunicarnos con decenas de sensores.

Por último, con respecto a los pines digitales o GPIO, es importante recalcar que funcionan a 3,3 V, es decir, el estado alto (HIGH) serán 3,3 V. Los pines RXD y TXD cuando funcionan para comunicar mediante puerto serie también utilizan este voltaje. Luego veremos cómo sortear esto si lo conectamos a un Arduino UNO para programarlo.

### **Opción 3: fuente de alimentación de 3,3 V y 5 V**

Quizás **la mejor opción que tengamos para alimentar un ESP8266** sea una fuente de alimentación de este estilo: suministra 3,3 V y/o 5 V lo que supone una ventaja ya que muchos de los sensores y componentes que vamos a utilizar necesitan 5 V, como por ejemplo el sensor de temperatura LM35 o el sensor de ultrasonidos.

Del Valle Hernández L. (2017)

### **NODEMCU V2 ESP8266 WIFI**

Tarjeta de desarrollo para Internet de las cosas (IOT) basada en el SoC ESP8266.

Permite desarrollar rápidamente proyectos con conexión a internet por WiFi.



**Figura 8:** modelo nodeMCU

Fuente: Naylamp, (2018)

**NodeMCU ESP8266** es una plataforma de desarrollo similar a **Arduino** especialmente orientada al Internet de las cosas (IOT). La placa NodeMcu v2 ESP8266 tiene como núcleo al **SoM ESP-12E** que a su vez está basado en el **SoC Wi-Fi ESP8266**, integra además el conversor USB-Serial TTL CP2102 y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación a PC. NodeMcu v2 ESP8266 está diseñado especialmente para trabajar montado en protoboard o soldado sobre una placa. Posee un regulador de voltaje de 3.3V en placa, esto permite alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines 5V y GND. Los pines de entradas/salidas (GPIO) trabajan a 3.3V por lo que para conexión a sistemas de 5V es necesario utilizar conversores de nivel como: Conversor de nivel 3.3-5V 4CH o Conversor de nivel bidireccional 8CH - TXS0108E.

NodeMCU viene con un firmware preinstalado el cual nos permite trabajar con el lenguaje interpretado LUA, enviándole comandos mediante el puerto serial (CP2102). Las tarjetas NodeMCU y Wemos D1 mini son las plataformas más usadas en proyectos de Internet de las cosas (IOT). No compite con Arduino, pues cubren objetivos distintos.

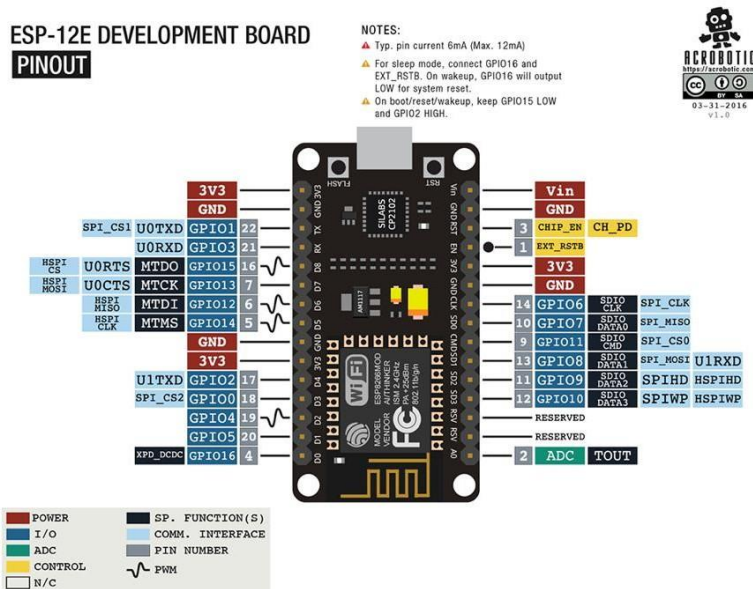
El SoC (System On a Chip) ESP8266 de Espressif Systems es un chip especialmente diseñado para las necesidades de un mundo conectado, integra un potente microcontrolador con arquitectura de 32 bits (más potente que el Arduino Due) y conectividad Wi-Fi. El SoM (System on Module) ESP-12E fabricado por Ai-Thinker integra en un módulo el SoC ESP8266, memoria FLASH, cristal oscilador y antena WiFi en PCB.

La plataforma ESP8266 permite el desarrollo de aplicaciones en diferentes lenguajes como: Arduino, Lua, MicroPython, C/C++, Scratch. Al trabajar dentro del entorno Arduino podremos utilizar un lenguaje de programación conocido y hacer uso de un IDE sencillo de utilizar, además de hacer uso de toda la información sobre proyectos y librerías disponibles en internet. La comunidad de usuarios de Arduino es muy activa y da soporte a plataformas como el ESP8266. Dentro de las principales placas de desarrollo o módulos basados en el ESP8266 tenemos: ESP-01, ESP-12E, Wemos D1 mini y NodeMCU v2.

- Voltaje de Alimentación: 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC (**No usar 5V**)
- Placa: NodeMCU v2 (Amica)

- Chip conversor USB-serial: CP2102
- SoM: ESP-12E (Ai-Thinker)
- SoC: ESP8266 (Espressif)
- CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
- Instruction RAM: 32KB
- Data RAM: 96KB
- Memoria Flash Externa: 4MB
- Pines Digitales GPIO: 17 (4 pueden configurarse como PWM a 3.3V)
- Pin Analógico ADC: 1 (0-1V)
- Puerto Serial UART: 2
- Certificación FCC
- Antena en PCB
- 802.11 b/g/n
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Stack de Protocolo TCP/IP integrado
- PLLs, reguladores, DCXO y manejo de poder integrados
- Potencia de salida de +19.5dBm en modo 802.11b
- Corriente de fuga menor a 10uA
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4ms guard interval
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Consumo de potencia Standby < 1.0mW (DTIM3)
- Pulsador RESET y FLASH

- Leds indicadores: 2
- Dimensiones: 49\*26\*12 mm
- Peso: 9 gramos
- SDIO 2.0, SPI, UART
- Integra RF switch, balun, 24dBm PA, DCXO y PMU
- Posee un procesador RISC, memoria en chip e interfaz para memoria externa
- Procesador MAC/Baseband integrado
- Interfaz I2S para aplicaciones de audio de alta calidad
- Reguladores de voltaje lineales "low-dropout" en chip
- Arquitectura propietaria de generación de clock "spurious free"
- Módulos WEP, TKIP, AES y WAPI integrados



**Figura 9:** funciones de los pines

Fuente: Naylamp, (2018)

Naylamp, (2018)

## WEMOS D1 MINI ESP8266 WIFI



**Figura 10:** modelo wemo d1

Fuente: Naylamp, (2018)

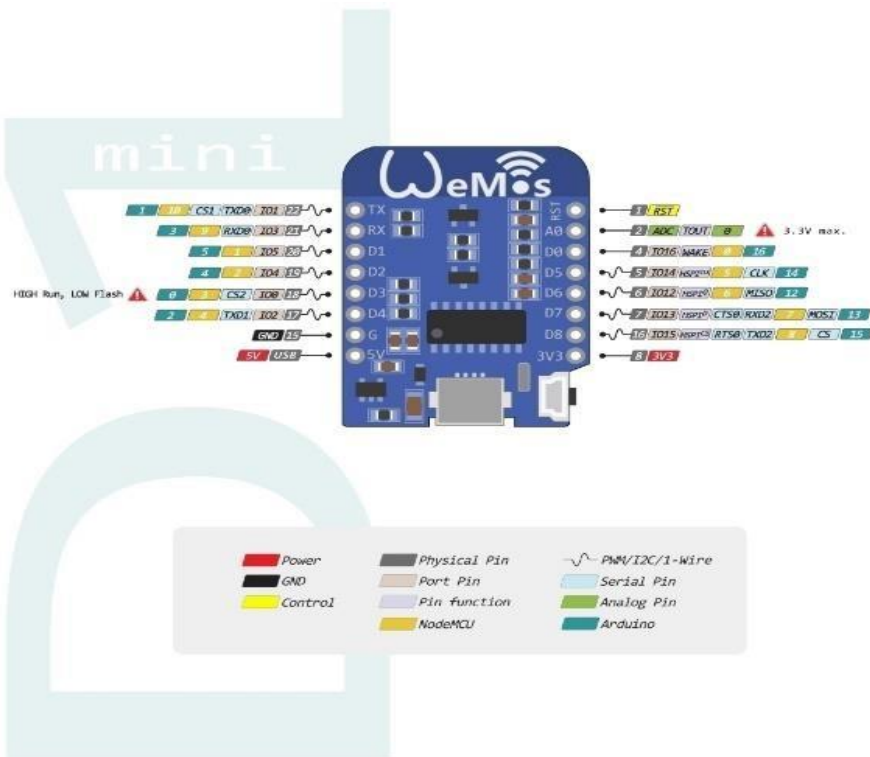
Tarjeta de desarrollo para Internet de las cosas (IOT) basada en el SoC ESP8266. Permite desarrollar rápidamente proyectos con conexión a internet por WiFi.

**Wemos D1 mini ESP8266** es una plataforma de desarrollo similar a **Arduino** especialmente orientada al Internet de las cosas (IOT). La placa Wemos D1 Mini ESP8266 tiene como núcleo al **SoM ESP-12E** que a su vez está basado en el **SoC Wi-Fi ESP8266**, integra además el convertor USB-Serial TTL CH340G y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación a PC. Wemos D1 mini está diseñado especialmente para trabajar montado en protoboard o soldado sobre una placa. Posee un regulador de voltaje de 3.3V en placa, esto permite alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines 5V y GND. Los pines de entradas/salidas (GPIO) trabajan a 3.3V por lo que para conexión a sistemas de 5V es necesario utilizar convertidores de nivel como: Convertor de nivel 3.3-5V 4CH o Convertor de nivel bidireccional 8CH - TXS0108E.

El SoC (System On a Chip) ESP8266 de Espressif Systems es un chip especialmente diseñado para las necesidades de un mundo conectado, integra un potente microcontrolador con arquitectura de 32 bits (más potente que el Arduino Due) y conectividad Wi-Fi. El SoM (System on Module) ESP-12E fabricado por Ai-Thinker integra en un módulo el SoC ESP8266, memoria FLASH, cristal oscilador y antena WiFi en PCB.

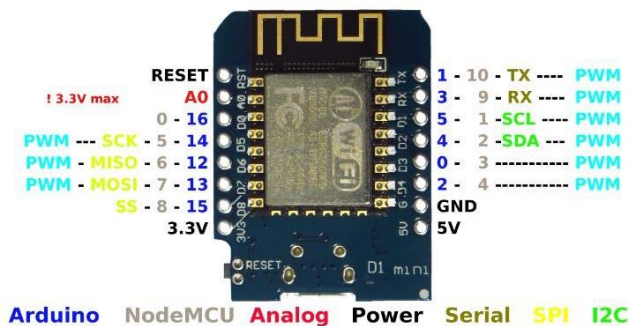
La plataforma ESP8266 permite el desarrollo de aplicaciones en diferentes lenguajes como: Arduino, Lua, MicroPython, C/C++, Scratch. Al trabajar dentro del entorno Arduino podremos utilizar un lenguaje de programación conocido y hacer uso de un IDE sencillo de utilizar, además

de hacer uso de toda la información sobre proyectos y librerías disponibles en internet. La comunidad de usuarios de Arduino es muy activa y da soporte a plataformas como el ESP8266. Dentro de las principales placas de desarrollo o módulos basados en el ESP8266 tenemos: ESP-01, ESP-12E, Wemos D1 mini y NodeMCU v2.



**Figura 11:** función de pines en chip wemos (vista frontal)

Fuente: Naylamp, (2018),



**Figura 12:** vista posterior

Fuente: Naylamp, (2018),

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Alimentación: 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC (**No usar 5V**)
- Placa: WeMos D1 mini
- Chip conversor USB-serial: CH340G
- SoM: ESP-12E (Ai-Thinker)
- SoC: ESP8266 (Espressif)
- CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
- Instruction RAM: 32KB
- Data RAM: 96KB
- Memoria Flash Externa: 4MB
- Pines Digitales GPIO: 11 (3.3V)
- Pin Analógico ADC: 1 (0-1V)
- Puerto serial UART: 1 (3.3V)
- Certificación FCC
- Antena en PCB
- Corriente Standby: 40uA
- Corriente Pico: 400mA
- Consumo corriente promedio: 70mA
- Consumo de potencia Standby < 1.0mW (DTIM3)
- Dimensiones: 35\*26\*12 mm
- Peso: 6 gramos

## CONECTIVIDAD

- 802.11 b/g/n
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Stack de Protocolo TCP/IP integrado
- Procesador MAC/Baseband integrado
- Módulos WEP, TKIP, AES y WAPI integrados
- PLLs, reguladores, DCXO y manejo de poder integrados
- Potencia de salida de +19.5dBm en modo 802.11b
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- SDIO 2.0, SPI, UART

Naylamp, (2018)

### ESP8266 Deep Sleep, cuánto consumen NodeMCU y Wemos D1 Mini

El modo del **ESP8266 Deep sleep** (sueño profundo) consigue que este SoC o microcontrolador, consiga un **consumo de unos 20  $\mu$ A**. Y wow, esto te puede parecer una pasada y un **bajo consumo**.

Sin embargo, que un **dispositivo** se considere de **bajo consumo** o no, **depende exclusivamente de la aplicación** y no tanto del propio consumo.

Me explico.

Imagínate un proyecto con un **Arduino** o un **ESP8266** con un consumo medio del orden de 100  $\mu$ A (0,1 mA). Si utilizas una batería de 2.000 mAh y haciendo un cálculo rápido supone una duración de 833 días más o menos.

Esto viene a ser unos 2,3 años de funcionando sin tener que cambiar la batería. Ojo, que esto es un caso ideal. Una batería de 2.000 mAh jamás entregará esa energía ni en el mejor de los casos.

Lo que vengo a decir es que un consumo de 100  $\mu$ A está bien para una batería de 2.000 mAh, pero si la batería es de 100 mAh, la duración será entorno a unos 46 días que es bastante menos que 833.

Esto puede ser un inconveniente o no. Si por ejemplo se puede acceder fácilmente al dispositivo y puedes cambiar las pilas o baterías con comodidad, no será mucho problema hacerlo una vez cada mes y medio.

Ahora, **¿qué pasa si ese dispositivo no es tan accesible?** Imagínate una aplicación que controla los movimientos de un ave. Un águila, por ejemplo.

En esta situación, tener que cambiar la batería cada 46 días o cada 833 días puede ser un gran inconveniente. Lo ideal sería que durara toda la vida del águila ¿no crees?

Lo que quiero decir con todo esto es que el **concepto de bajo consumo** no está atado a un valor concreto de intensidad o de potencia. El bajo consumo **está ligado al tipo de aplicación** que quieras desarrollar.

Dicho esto, en este artículo hablaré de cómo calcular el consumo de un microcontrolador, cómo saber la vida útil de una batería, los modos de ahorro de energía de un ESP8266 y la importancia del modo ESP8266 Deep sleep.

### **¿Cómo medir el consumo de un microcontrolador como el ESP8266?**

La energía total que consume un microcontrolador como el ESP8266 puede dividirse en dos: **energía dinámica y energía estática.**

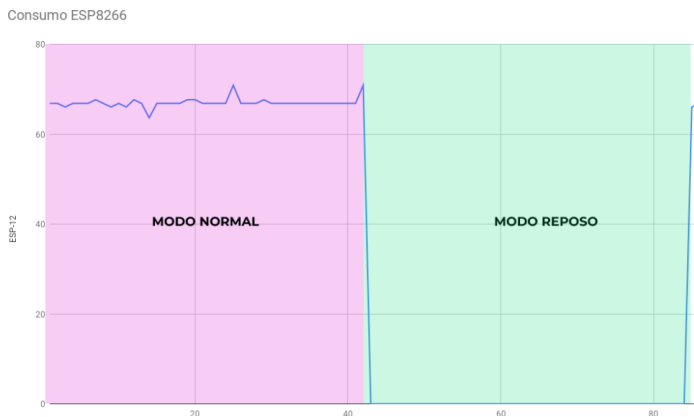
Todo esto tiene que ver con cómo funcionan los circuitos integrados basados en **CMOS**. Pero esto se sale fuera de este artículo.

Lo importante, y con lo que quiero que te quedes, es que hay dos tipos de energía.

La **energía dinámica** es aquella energía que consume un microcontrolador cuando está **activo** y cuando mediante la programación, accedemos a componentes analógicos como ADC, osciladores, módulo WiFi, etc.

El mero hecho de llamar a la función *analogRead (...)* o *WiFi.begin (...)* en un ESP8266 **produce un consumo energético** que en ocasiones, es bastante elevado.

Por el contrario, la **energía estática** es aquella energía que consume el microcontrolador cuando está en **estado de reposo** (o en *standby*). En este estado, aunque esté conectado a la fuente de energía, tiene un **bajo consumo**.



**Figura 13:** intensidad consumo

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

Por lo tanto, para saber **cuánto consume un microcontrolador** como el ESP8266, se **suman dos intensidades** obteniendo lo que se conoce como **intensidad promedio**.

$$I_{promedio} = I_{estática} + I_{dinámica}$$

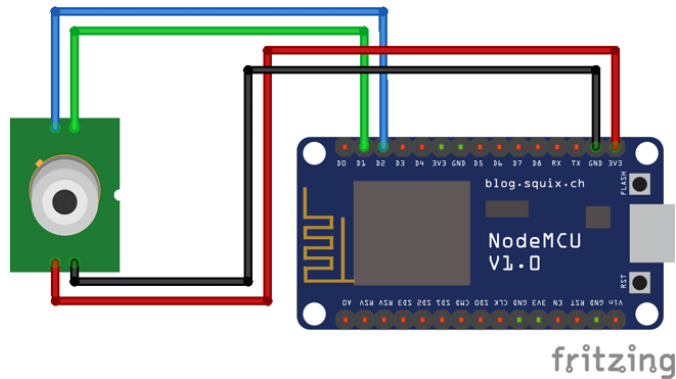
En realidad, lo que representa esta ecuación es la **suma entre la media de la intensidad en reposo y la media de intensidad en activo durante un periodo de tiempo**.

**La intensidad promedio es una estimación del consumo** del ESP8266, o cualquier microcontrolador, durante un periodo de tiempo. Pero no deja de ser eso, una estimación.

Si el dispositivo se encuentra mucho más tiempo en reposo que activo, la intensidad promedio baja. En caso contrario, cuando está más activo que en reposo, la intensidad promedio aumenta.

Por lo tanto, si quieres tener un **bajo consumo** con tus dispositivos, debes hacer que esté el **mayor tiempo posible en estado de reposo** y que solo esté activo lo estrictamente necesario.

Lo típico es que un ESP8266 mida algún tipo de magnitud como la **temperatura con un DS18B20** o un **sensor infrarrojo MLX90614**, envíe la información a través de la red WiFi y luego entre en modo de reposo durante un periodo largo de tiempo, dependiendo de cada aplicación.



**Figura 14:** conexión de alimentación y datos

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

Así es como se consigue que el ESP8266 tenga un **bajo consumo**.

Y con esto más o menos ha quedado claro en qué consume la energía un ESP8266 pero **¿cuánto consume realmente un ESP8266?**

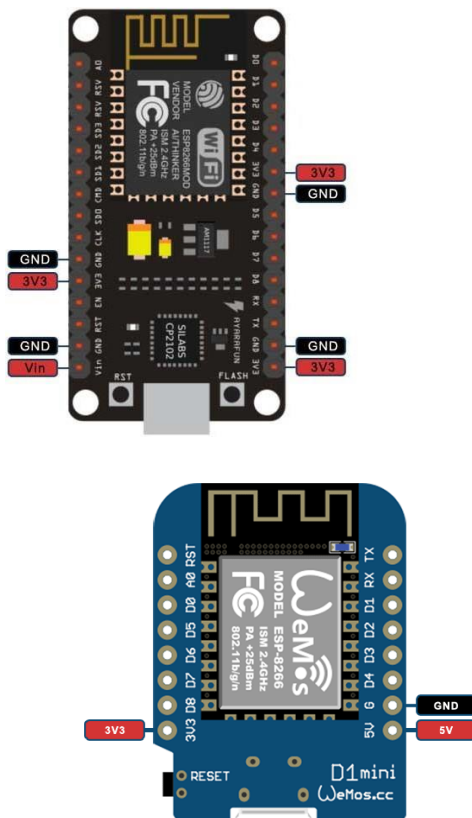
Antes de responder a esta pregunta hay que tener claro **cómo alimentar una placa de prototipo como NodeMCU o Wemos basadas en el ESP8266**.

### **Cómo alimentar una placa NodeMCU o Wemos D1 Mini basada en un ESP8266**

Por fin has terminado de montar y programar tu proyecto basado en las placas **NodeMCU** o **Wemos** las cuales incorporan un módulo ESP8266.

Y llega la hora de la verdad. Necesitas alimentar tu proyecto y donde tienes pensado dejarlo no hay una toma de corriente así que te aventuras a utilizar una pila o batería.

Lo primero que te debes plantear es **¿dónde se conecta la batería en un ESP8266?**



**Figura 15:** posición de alimentación en los chips

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

En las placas típicas como NodeMCU y Wemos hay **tres formas de alimentar un ESP8266:**

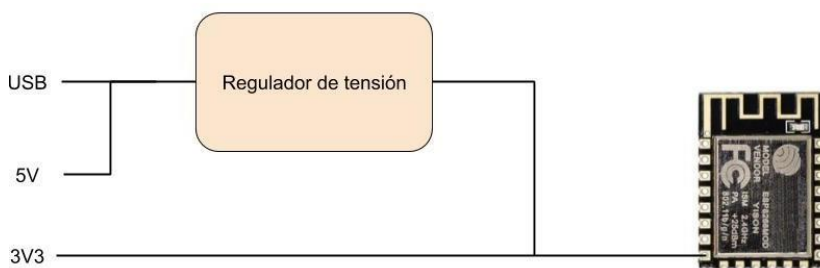
- **A través del USB:** sin duda alguna es la mejor opción de alimentar una placa si estás programando un ESP8266. Sin embargo, si vas a utilizar una batería o pila no es una buena opción por dos razones. La primera es que no es sencillo hacer las conexiones por el USB. La segunda razón es que si alimentas por el USB un ESP8266 estarás desperdiciando energía a través del regulador de tensión. Eso sí, gracias al regulador podrás alimentar la placa con más de 3,6V (máximo de voltaje que admite un ESP8266 como veremos luego).
- **A través del pin Vin o 5V:** esta opción es más sencilla a la hora de conectar un cable ya que se puede hacer a través de los pines de la placa. Sin embargo, ocurre lo mismo que a través del puerto USB ya que también pasa por el regulador produciendo un consumo extra.

- **A través del pin 3V3:** en principio este pin debería estar conectado directamente al pin de alimentación del ESP8266 pero la realidad es que no es así. Me he encontrado con muchas placas que pasan por el regulador de tensión si alimentas por el pin de 3V3. Luego lo veremos.

No he encontrado grandes diferencias de consumo cuando se alimenta por el pin de 5V o de 3,3V sin embargo, todo hace pensar que de alguna manera el pin de 5V está conectado al regulador de tensión.

Para que el ESP8266 funcione si se alimenta por el **pin de 5V** necesita un **voltaje de más de 4,5V** y eso es debido al **regulador de tensión**. Sin embargo, por el pin de 3V3 esto no sucede.

Por lo tanto, un posible esquema de conexión con el pin de alimentación podría ser este.



**Figura 16:** tipo de alimentación

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

Ojo, que este esquema puede no ser cierto ya que dependerá de cada fabricante.

Antes de conectar tu batería o pila a la placa es importante conocer el **rango de voltaje que admite un ESP8266**. Porque aunque veas muchos componentes dispersos por la placa, no hay que perder el foco de lo que estamos haciendo.

Todos esos componentes de las placas de prototipo están puestos ahí por un motivo: **programar un microcontrolador**. En concreto en este caso es el ESP8266. **Esto determina cómo se debe alimentar cualquier placa basada en el ESP8266**.

En la hoja de características técnicas puedes ver el **voltaje de operación** e incluso el **consumo medio** del **ESP8266**.

## 1.2. Specifications

Table 1-1. Specifications

Categories	Items	Parameters	
Wi-Fi	Certification	Wi-Fi Alliance	
	Protocols	802.11 b/g/n (HT20)	
	Frequency Range	2.4 GHz ~ 2.5 GHz (2400 MHz ~ 2483.5 MHz)	
	TX Power		802.11 b: +20 dBm
			802.11 g: +17 dBm
			802.11 n: +14 dBm
	Rx Sensitivity		802.11 b: -91 dbm (11 Mbps)
		802.11 g: -75 dbm (54 Mbps)	
		802.11 n: -72 dbm (MCS7)	
Antenna	PCB Trace, External, IPEX Connector, Ceramic Chip		
Hardware	CPU	Tensilica L106 32-bit processor	
	Peripheral Interface	UART/SDIO/SPI/I2C/I2S/IR Remote Control	
		GPIO/ADC/PWM/LED Light & Button	
	Operating Voltage	2.5 V ~ 3.6 V	
	Operating Current	Average value: 80 mA	
	Operating Temperature Range	-40 °C ~ 125 °C	
	Package Size	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)	
External Interface	-		
Software	Wi-Fi Mode	Station/SoftAP/SoftAP+Station	
	Security	WPA/WPA2	
	Encryption	WEP/TKIP/AES	
	Firmware Upgrade	UART Download / OTA (via network)	
	Software Development	Supports Cloud Server Development / Firmware and SDK for fast on-chip programming	
	Network Protocols	IPv4, TCP/UDP/HTTP	
	User Configuration	AT Instruction Set, Cloud Server, Android/iOS App	

**Figura 17:** especificación del chip

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

El **voltaje de operación** está entre **2,5V y 3,6V**. Cualquier voltaje por debajo de este rango hará que el ESP8266 no funcione correctamente y cualquier voltaje por encima, podrá dañarlo.

También nos informa que el **consumo medio es de 80 mA**. Esto incluye la corriente estática y dinámica que hemos visto antes.

Por lo tanto, necesitas una **fuentes de alimentación** (pila o batería) que proporcione un **voltaje entre 2,5V y 3,6V**. Deberá ir **conectado al pin 3V3** y no te olvides de conectar el polo negativo de la pila o batería al **pin GND** de la placa.

Bien, vamos avanzando. Ya tenemos todo conectado y ahora te surge otra duda **¿cuánto puede durar una batería?**

Esto depende de muchos factores pero los dos más importantes, son la **capacidad de la batería y el consumo de tu proyecto.**

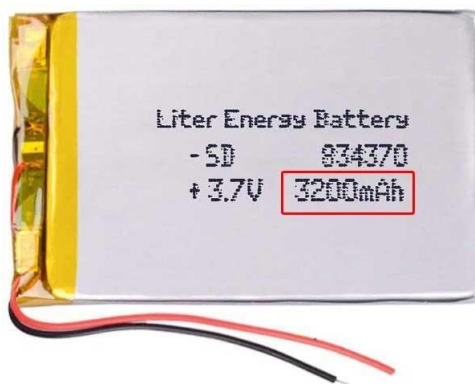
### ¿Cómo determinar la duración de una batería recargable?

Con esta sección no pretendo crear cátedra. Lo único que quiero hacer es dar una visión aproximada de **cómo calcular la vida útil de una batería recargable.**

Esto se puede saber utilizando una **fórmula muy simple** donde se tiene en cuenta la **capacidad de la batería y el consumo medio del ESP8266.** Ojo, que es una **aproximación.**

Lo primero que tenemos que saber es la **capacidad de la batería.** Normalmente viene escrito en alguna parte o en las especificaciones técnicas.

Por ejemplo, las baterías LiPo lo traen impreso en un lado.



**Figura 18:** ejemplo de batería

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

Estas baterías suministran 3,7V y se salen del rango de voltaje del ESP8266 (de 2,5V a 3,6V). No se deben conectar al pin de 3V3 a no ser que utilices un regulador de tensión. Si utilizas un voltaje mayor del rango recomendado, seguramente no dañes el ESP8266 pero el consumo, por alguna extraña razón, se dispara si te pasas un poco por arriba del voltaje máximo.

Las baterías **Li-FePo4** también suelen traer escrito la capacidad en algún lado.



**Figura 19:** ejemplo de baterías

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

Elegir una batería u otra depende del tipo de aplicación. Las que mejor funcionan y mejor resultado dan son las **Li-FePo4** aunque también son las más caras. Puedes encontrar todas estas baterías en Amazon.

El tema de las baterías y pilas da para otro artículo y se sale de este tutorial así que continuemos.

Creo que lo mejor es ver un caso práctico de **cómo calcular la duración de una batería recargable**.

Imagínate que tienes una batería con una **capacidad de 3.200 mAh**. Esta medida indica que la batería puede **proporcionar 3.200 mA en una hora** (3,2 A) antes de quedarse agotada. Vamos, antes de quedarse seca como la mojava.

Por lo tanto, si **consumes menos intensidad** significa que **la batería dura más** porque tarda más en descargarse. Más o menos es así como funcionan las baterías y las pilas.

Bien, pues si sabes la intensidad promedio, puedes calcular la vida útil de la batería usando la siguiente fórmula:

$$\text{Duración (horas)} = (\text{Capacidad batería (mAh)} / I_{\text{promedio}}) \times 0,7$$

### **Ecuación 1: duración de la batería**

Repito que esto es una aproximación e incluso se podría calcular el peor de los casos si en vez de utilizar la intensidad promedio se utiliza la intensidad dinámica.

El factor de 0,7 que se aplica a la capacidad de la batería es debido a que hay factores externos que afectan a la vida útil de la propia batería y por lo tanto, es difícil que una batería entregue el 100% de su capacidad.

Entonces, si tomamos el **consumo medio de 80 mA** de un ESP8266 como indica la hoja de características técnicas, la duración de una batería con una capacidad de **3.200 mAh** sería

$$\text{Duración (horas)} = (3.200 / 80) \times 0,7 = 28 \text{ horas}$$

Esto viene a ser un día y cuatro horas, un tiempo realmente insuficiente comparado con otros dispositivos que pueden durar meses e incluso años.

Pero eso es debido a que un consumo de 80 mA, aunque parezca poco, es mucho para un dispositivo de bajo consumo. Si por ejemplo pretendes que tu batería dure un mes con este consumo, debería tener una capacidad de

$$\text{Capacidad batería (mAh)} = (\text{Duración (horas)} \times I_{\text{promedio}}) / 0,7 = 720 \times 80 / 0,7 = 82.285 \text{ mAh}$$

Vamos, una batería bien hermosa.

Por lo tanto, si quieres **aumentar la duración de la batería**, es complicado (y caro) ampliar la capacidad de la batería. En estas situaciones lo más práctico para conseguir un bajo consumo con un ESP8266 es **reducir el consumo dinámico y aumentar el consumo estático o en reposo**.

En la siguiente sección vamos a ver cómo se puede hacer esto con un ESP8266 gracias a los **modos de bajo consumo como el ESP8266 Deep sleep**.

### ¿Cuánto consume un ESP8266?

El **ESP8266** fue **diseñado con un sistema de gestión de energía avanzado** que opera en diferentes modos de consumo. En concreto puede funcionar en **4 modos**. 1 modo activo y 4 modos de bajo consumo:

- **Modo activo:** el módulo WiFi está encendido y puede recibir, transmitir y escuchar. Obviamente, es el modo en el que más energía se consume.
- **Modo modem suspendido o modem sleep:** es el modo predeterminado del ESP8266 aunque solo se habilita cuando está conectado a un punto de acceso. Cuando entra en este modo la

CPU está en funcionamiento, pero el módulo WiFi se desactiva. Es posible activarlo y desactivarlo de forma automática.

- **Modo sueño ligero o light sleep:** en este modo se realizan las mismas funciones que en el modo modem suspendido, pero también apaga el reloj del sistema y suspende la CPU. Ojo, que no apaga la CPU, la deja suspendida.
- **Modo sueño profundo o Deep sleep:** en este modo solo el RTC está activo y esto permite al ESP8266 mantener la hora y contar el tiempo. El resto de los componentes están apagados. Es el modo en el que **menos energía se consume**.

El consumo en cada modo depende del uso que se haga. Por ejemplo, en el modo activo el consumo es menor si no se utiliza WiFi que si se utiliza.

Lo mismo para el resto de modos salvo para el modo **ESP8266 Deep sleep** donde **el consumo semantiene constante** hasta que se despierta.

En la siguiente Tabla puedes ver los consumos medios en cada uno de los modos del ESP8266.

MODO	CONSUMO
Activo	Entre 56 mA y 170 mA
Modem sleep	15 mA
Light sleep	0,9 mA
Deep sleep	20 $\mu$ A

**Tabla 2**

Fuente: Datos obtenidos del **datasheet** del ESP8266

### **Modos bajo consumo del ESP8266**

Los modos **modem sleep** (modem suspendido) y **light sleep** (sueño ligero) son útiles cuando necesitas que el ESP8266 siga funcionando pero con solo algunas opciones activas.

Se pueden configurar fácilmente gracias a la función *setSleepMode* ().

```
1 WiFi.setSleepMode(modos);
```

Donde:

- **modo**: es el modo de ahorro de operación que quieres utilizar. Puede tomar 3 valores posibles.
  - **WIFI\_NONE\_SLEEP**: para poner modo activo, sin ahorro de energía.
  - **WIFI\_LIGHT\_SLEEP**: para poner modo sueño ligero.
  - **WIFI\_MODEM\_SLEEP**: para poner modo modem suspendido.

Sin embargo, si realmente quieres hacer un **dispositivo de bajo consumo** debes utilizar el modo del **ESP8266 Deep sleep o sueño profundo**.

Utilizando el modo ESP8266 Deep sleep, la ejecución del código de un proyecto que funcione con pilas o baterías podría seguir estos pasos:

1. Realiza una acción como leer un sensor y enviar los datos a una plataforma del IOT como ThingSpeak.
2. Activar el modo de bajo consumo del ESP8266 Deep sleep durante un tiempo configurado.
3. Despertar el ESP8266.

Para poder utilizar el modo del **ESP8266 Deep sleep** hay que utilizar la función *deepSleep* ().

```
1 ESP.deepSleep(tiempo);
```

Donde:

- **tiempo**: es el tiempo en microsegundos ( $\mu$ s) que se mantendrá el modo ESP8266 Deep sleep. Algo curioso es que según la documentación oficial, el modo ESP8266 Deep sleep solo

puede durar unos 4.300 millones de  $\mu\text{s}$  lo que viene a ser unos 71 minutos. Este es el máximo de tiempo que puede estar en sueño profundo.

Bien, ahora vamos a ver cómo **implementar el modo ESP8266 Deep sleep** en la práctica con el caso más básico.

### **Conclusiones ESP8266 Deep sleep**

He vivido obsesionado con los consumos del ESP8266 durante mucho tiempo. Siempre he sido un fiel defensor de poder **utilizar los módulos ESP-01 y ESP-12 y las placas Wemos D1 Mini y NodeMCU con baterías o pilas.**

Pero nunca había tenido la posibilidad de saber el **consumo** real aproximado de cada placa basada en el **ESP8266** hasta que he adquirido un **Current Ranger**.

Una cosa es lo que aparece en la hoja de características técnicas y otro bien diferente la realidad.

El **módulo** con el que **más bajo consumo** se ha conseguido ha sido el módulo **ESP-12** consiguiendo una media de **18  $\mu\text{A}$**  en modo **ESP8266 Deep sleep** y de **66,93 mA** en **modo activo**.

Esto nos permite utilizar el módulo **ESP-12 con baterías** y conseguir una **duración de meses** e incluso, si haces un uso extensivo del modo Deep sleep, se podría **alargar hasta un año**.

Todo está en cómo lo programes y los requerimientos de tu proyecto.

Por otro lado, si tu opción es utilizar una **placa** porque te resulta más sencillo, te recomiendo utilizar una **Wemos D1 Mini de la marca Lolin**. Con diferencia son las que menos consumen.

En modo **ESP8266 Deep sleep** consume **78  $\mu\text{A}$**  y en **modo activo 65,04**

**mA**. Del Valle Hernández L

### Protocolo MQTT

MQTT son las siglas de Message Queue Telemetry Transport y tras ellas se encuentra un protocolo ideado por IBM y liberado para que cualquiera podamos usarlo enfocado a la conectividad Machine-to-Machine (M2M).



**Figura 20:** imagen del protocolo

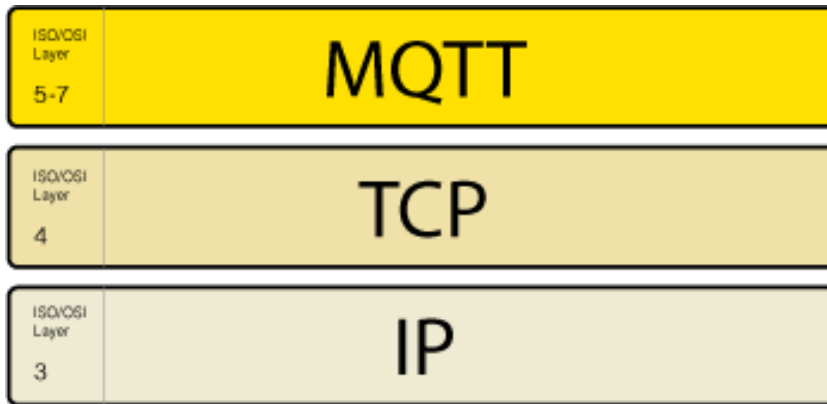
Fuente: @jecrespom, (2022)

MQTT fue creado por el Dr. Andy Stanford-Clark de IBM y Arlen Nipper de Arcom — ahora Eurotech — en 1999 como una forma rentable y confiable de conectar los dispositivos de monitoreo utilizados en las industrias del petróleo y el gas a servidores empresariales remotos. Cuando se les planteó el reto de encontrar la manera de enviar los datos de los sensores de los oleoductos en el desierto a sistemas SCADA externos (control de supervisión y adquisición de datos), decidieron utilizar una topología de publicación/suscripción basada en TCP/IP que se basaría en los eventos para mantener bajos los costos de transmisión de los enlaces satelitales.

Aunque MQTTT todavía está estrechamente asociado con IBM, ahora es un protocolo abierto que es supervisado por la Organización para el Avance de los Estándares de Información Estructurada (OASIS).

Está enfocado al envío de datos en aplicaciones donde se requiere muy poco ancho de banda. Además, sus características le permiten presumir de tener un consumo realmente bajo, así como precisar de muy pocos recursos para su funcionamiento.

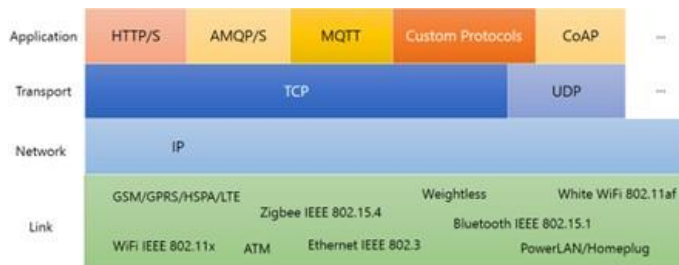
Estas características han hecho que rápidamente se convierta en un protocolo muy empleado en la comunicación de sensores y, consecuentemente, dentro del Internet de las Cosas.



**Figura 21:** posición del protocolo en las capas ISO

Fuente: @jecrespom, (2022)

MQTT es un protocolo pensado para IOT que está al mismo nivel que HTTP o CoAP:



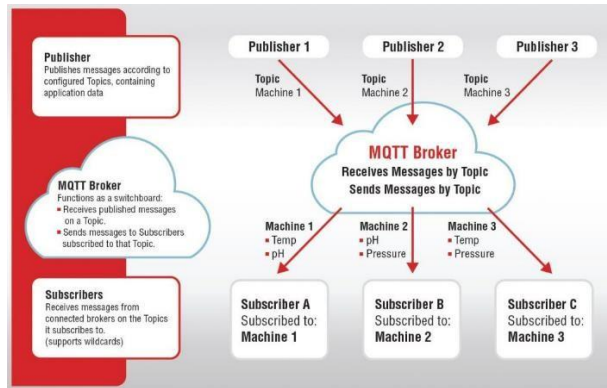
**Figura 22:** posición del MQTT en la capa de aplicación

Fuente: @jecrespom, (2022)

Un aspecto importante a tener en cuenta de los dispositivos IOT no es solamente el poder enviar datos al Cloud/Servidor, sino también el poder comunicarse con el dispositivo, en definitiva la bidireccionalidad. Este es uno de los beneficios de MQTT: es un **modelo brokered (con formato apa)**, el cliente abre una conexión de salida al bróker, aunque el dispositivo esté actuando como Publisher o subscriber. **Esto normalmente evita los problemas con los firewalls porque funciona detrás de ellos o vía NAT.**

### Cómo funciona MQTT

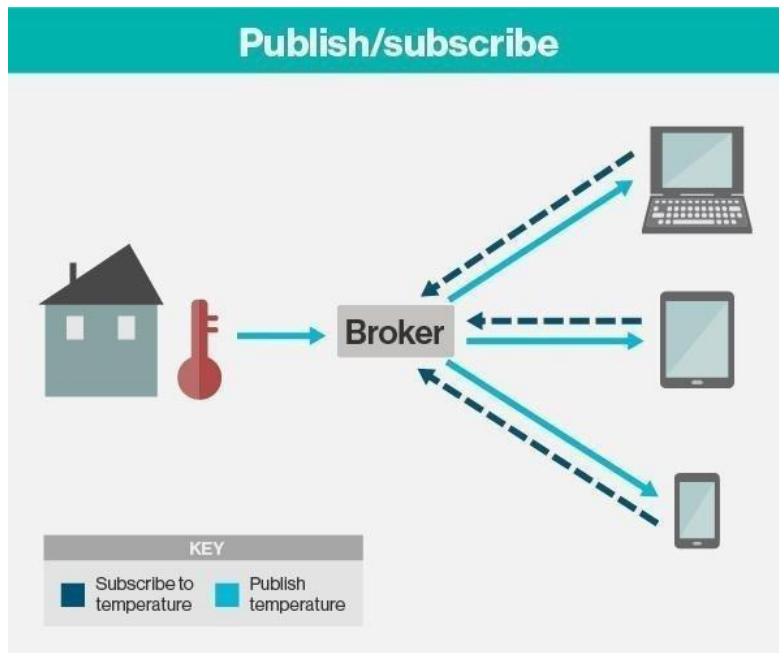
En el caso de que la comunicación principal se base en HTTP, **la solución tradicional para enviar información al dispositivo sería HTTP Polling. Esto es ineficiente y tiene un coste elevado en aspectos de tráfico y/o energía.** Una manera más novedosa de hacerlo sería con el protocolo WebSocket, que permite crear una conexión HTTP completa bidireccional. Esto actúa de canal socket (parecido al canal típico TCP) entre el servidor y el cliente. Una vez establecido, ya es trabajo del sistema escoger un protocolo para hacer un túnel sobre la conexión.



**Figura 23:** resumen de función del MQTT

Fuente: @jecrespom, (2022)

**El Transporte de telemetría de cola de mensajes (MQTT) es un protocolo de código abierto que se desarrolló y optimizó para dispositivos restringidos y redes de bajo ancho de banda, alta latencia o poco confiables.** Es un transporte de mensajería de publicación/suscripción que es extremadamente ligero e ideal para conectar dispositivos pequeños a redes con ancho de banda mínimo. El MQTT es eficiente en términos de ancho de banda, independiente de los datos y tiene reconocimiento de sesión continua, porque usa TCP. Tiene la finalidad de minimizar los requerimientos de recursos del dispositivo y, a la vez, tratar de asegurar la confiabilidad y cierto grado de seguridad de entrega con calidad del servicio.

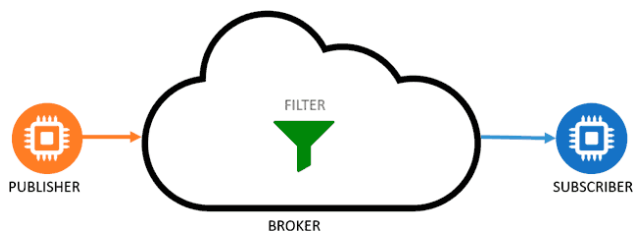


**Figura 24:** modelo de bróker/suscripción

Fuente: @jecrespom, (2022)

El MQTT se orienta a grandes redes de dispositivos pequeños que necesitan la supervisión o el control de un servidor de back-end en Internet. **No está diseñado para la transferencia de dispositivo a dispositivo. Tampoco está diseñado para realizar «multidifusión» de datos a muchos receptores.** El MQTT es simple y ofrece pocas opciones de control. Las aplicaciones que usan MQTT, por lo general, son lentas en el sentido de que la definición de «tiempo real» en este caso se mide habitualmente en segundos.

**Para filtrar los mensajes que son enviados a cada cliente los mensajes se disponen en topics organizados jerárquicamente.** Un cliente puede publicar un mensaje en un determinado topic. Otros clientes pueden suscribirse a este topic, y el broker le hará llegar los mensajes suscritos.

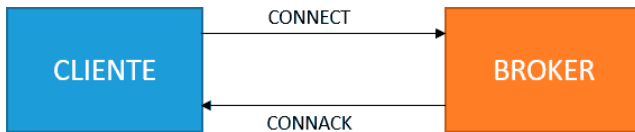


**Figura 25:** funcionamiento de publicador/suscriptor

Fuente: @jecrespom, (2022)

Los clientes inician una conexión TCP/IP con el broker, el cual mantiene un registro de los clientes conectados. Esta conexión se mantiene abierta hasta que el cliente la finaliza. Por defecto, MQTT emplea el puerto 1883 y el 8883 cuando funciona sobre TLS.

Para ello el cliente envía un mensaje CONNECT que contiene información necesaria (nombre de usuario, contraseña, client-id...). El broker responde con un mensaje CONNACK, que contiene el resultado de la conexión (aceptada, rechazada, etc).

**Figura 26:** comunicación cliente/broker

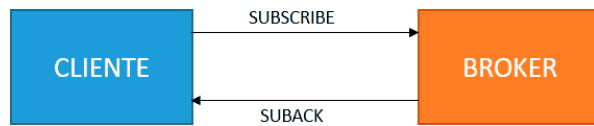
Fuente: @jecrespom, (2022)

Para enviar los mensajes el cliente emplea mensajes PUBLISH, que contienen el topic y el payload.

**Figura 27:** publicación de cliente/broker

Fuente: @jecrespom, (2022)

Para suscribirse o desuscribirse se emplean mensajes SUBSCRIBE y UNSUBSCRIBE, que el servidor responde con SUBACK y UNSUBACK.



**Figura 28:** comunicación cliente/broker

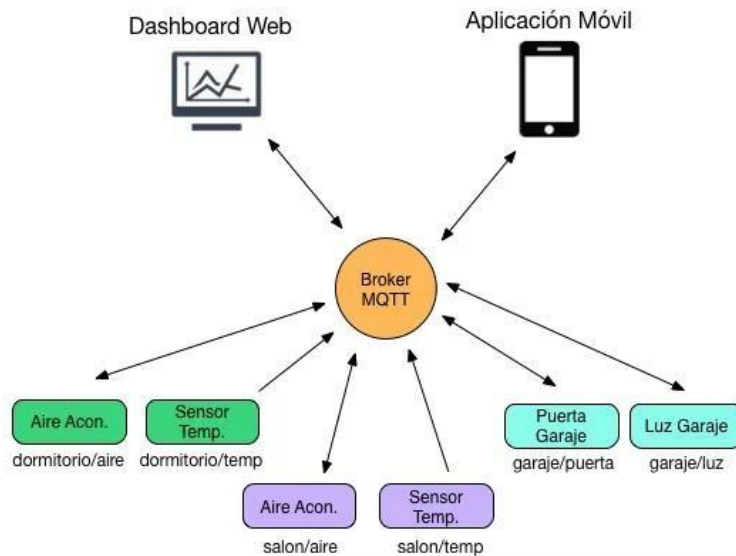
Fuente: @jecrespom, (2022)

Por otro lado, para asegurar que la conexión está activa los clientes mandan periódicamente un mensaje PINGREQ que es respondido por el servidor con un PINGRESP. Finalmente, el cliente se desconecta enviando un mensaje de DISCONNECT.

### **MQTT Protocolo para IOT**

MQTT es un protocolo que está cobrando mucha importancia en la industria (IOT). MQTT (Message Queuing Telemetry Transport, ‘Cola de mensajes telemetría y transporte’) es un protocolo publicar/suscribir diseñado para SCADA. Se centra en un mínimo encabezado (dos bytes) y comunicaciones confiables. También es muy simple. Tal como HTTP, la carga MQTT es específica para la aplicación, y la mayoría de las implementaciones usan un formato JSON personalizado o binario.

MQTT es interesante usarlo cuando el ancho de banda bajo y no conozca su infraestructura. Asegúrese de que su proveedor tenga un bróker MQTT a quien le pueda publicar información, y siempre asegure la comunicación con TLS (Transport Layer Security, ‘seguridad en la capa de transporte’).



**Figura 29:** ejemplo de uso para MQTT

Fuente: @jecrespom, (2022)

Por ejemplo, MQTT sería una buena opción para monitorizar y controlar los paneles solares. MQTT es un protocolo de publicación/suscripción con brokers de mensajes centrales. Cada panel solar puede contener un nodo IOT que publique mensajes de tensión, corriente y temperatura.

MQTT está diseñado para minimizar el ancho de banda, lo que lo convierte en una buena opción para el monitoreo satelital de la línea de transmisión, pero hay una trampa. **La ausencia de metadatos en las cabeceras de los mensajes significa que la interpretación de los mensajes depende completamente del diseñador del sistema.**

**Para compensar las redes poco fiables, MQTT soporta tres niveles de Calidad de Servicio (QoS):**

- Disparar y olvidar (0) – Fire and Forget – At most once
- Al menos una vez (1) – At least once
- Exactamente una vez (2) – Exactly once

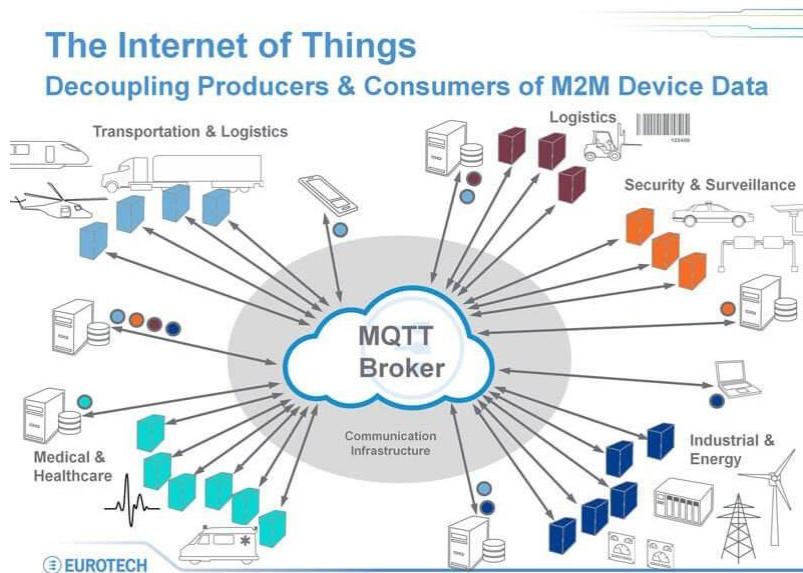
Si se solicita el nivel de calidad de servicio 1 o 2, el protocolo gestiona la retransmisión de mensajes para garantizar la entrega. **La calidad de servicio puede ser especificada por los clientes de**

**publicación (cubre la transmisión del publicador al bróker) y por los clientes suscriptores (cubre la transmisión de un bróker a un suscriptor).**

En un patrón de publicación/suscripción es difícil saber la diferencia entre «Ha pasado mucho tiempo desde que supe de mi publicador» y «Mi publicador murió». Ahí es donde entra en juego la Última Voluntad y el Testamento (LWT) de MQTT. Los clientes pueden publicar mensajes sobre temas específicos (por ejemplo, aisle15/rack20/panel5/Fallo Sensor) para que se entreguen si se desconectan sin enviar un mensaje de «desconexión». Los mensajes se almacenan en el bróker y se envían a cualquier persona que se haya suscrito al tema.

### Arquitectura MQTT

MQTT (Message Queue Telemetry Transport), un protocolo usado para la comunicación machine-to-machine (M2M) en el «Internet of Things». Este protocolo está orientado a la comunicación de sensores, debido a que consume muy poco ancho de banda y puede ser utilizado en la mayoría de los dispositivos empotrados con pocos recursos (CPU, RAM,...).



**Figura 30:** aplicaciones para MQTT

Fuente: @jecrespom, (2022)

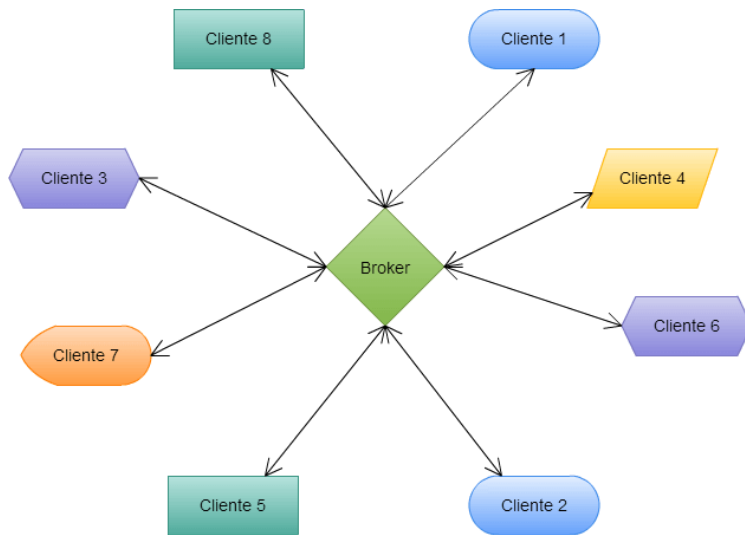
Un ejemplo de uso de este protocolo es la aplicación de Facebook Messenger tanto para Android y iPhone. La arquitectura de MQTT sigue una topología de estrella, con un nodo central que hace de servidor o «bróker». **El bróker es el encargado de gestionar la red y de transmitir los mensajes, para mantener activo el canal, los clientes mandan periódicamente un paquete (PINGREQ) y esperan la respuesta del bróker (PINGRESP).** La comunicación puede ser cifrada entre otras muchas opciones.

En esta forma de comunicación se desacoplan los clientes que publican (**Publisher**) de los que consumen los datos (**Suscribers**). Eso significa que los clientes no se conocen entre ellos unos publican la información y otros simplemente la consumen, simplemente todos tienen que conocer al message bróker.

El desacoplamiento se produce en tres dimensiones:

- **En el espacio:** El publicador y el suscriptor no tienen por qué conocerse. No hace falta saber la dirección IP del contrario, ubicación, ni nada, el publicador manda el dato y lo entrega el bróker. Muy interesante si cambio el equipo suscriptor de IP o de ubicación.
- **En el tiempo:** El publicador y el suscriptor no tienen por qué estar conectados en el mismo momento. Como el email, que lee el dato publicado cuando el suscriptor está disponible, pero necesita el retained u otro método con persistencia de los admitidos por MQTT.
- **En la sincronización:** las operaciones en cualquiera de los dos componentes no quedan interrumpidas mientras se publican o se reciben mensajes.

Es precisamente el bróker el elemento encargado de gestionar la red y transmitir los mensajes.



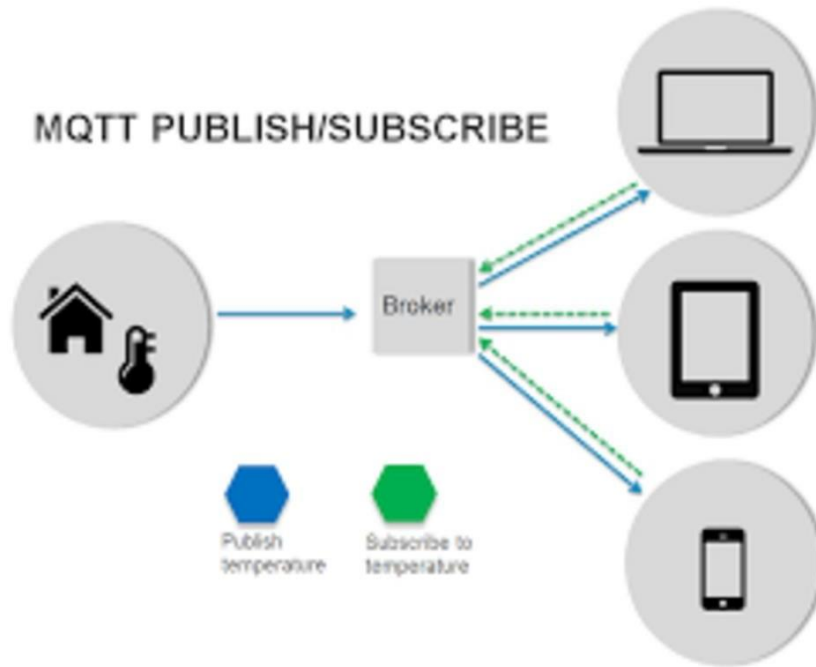
**Figura 31:** interacción cliente/broker

Fuente: @jecrespom, (2022)

Una característica interesante es la capacidad de MQTT para establecer comunicaciones cifradas lo que aporta a nuestra red una capa extra de seguridad.

### Topics MQTT

La comunicación se basa en unos «topics» (temas), que el cliente que publica el mensaje crea y los nodos que deseen recibirlo deben suscribirse a él. La comunicación puede ser de uno a uno, o de uno a muchos.



**Figura 32:** ejemplo de publicador/suscriptor

Fuente: @jecrespom, (2022)

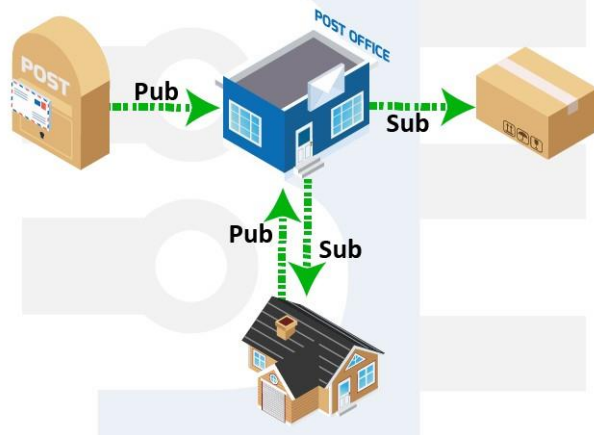
**Dentro de la arquitectura de MQTT, es muy importante el concepto «topic»** o «tema» en español ya que a través de estos «topics» se articula la comunicación puesto que emisores y receptores deben estar suscritos a un «topic» común para poder entablar la comunicación. Este concepto es prácticamente el mismo que se emplea en colas, donde existen un publicador (que publican o emiten información) y unos suscriptores (que reciben dicha información) siempre que ambas partes estén suscritas a la misma cola.

Los Bróker MQTT aplican un filtrado a los mensajes que son recibidos desde los publicadores, para discriminar a qué clientes suscritos es entregado. En MQTT este filtro se denomina Topic, y simplemente **consiste en una cadena de texto UTF-8, y una longitud máxima de 65536 caracteres** (aunque lo normal es que sea mucho menor). **Se distingue entre mayúsculas y minúsculas.**

Este tipo de arquitecturas, lleva asociada otra interesante característica: la comunicación puede ser de uno a uno o de uno a muchos.

Un «topic» se representa mediante una cadena y tiene una estructura jerárquica. Cada jerarquía se separa con '/».

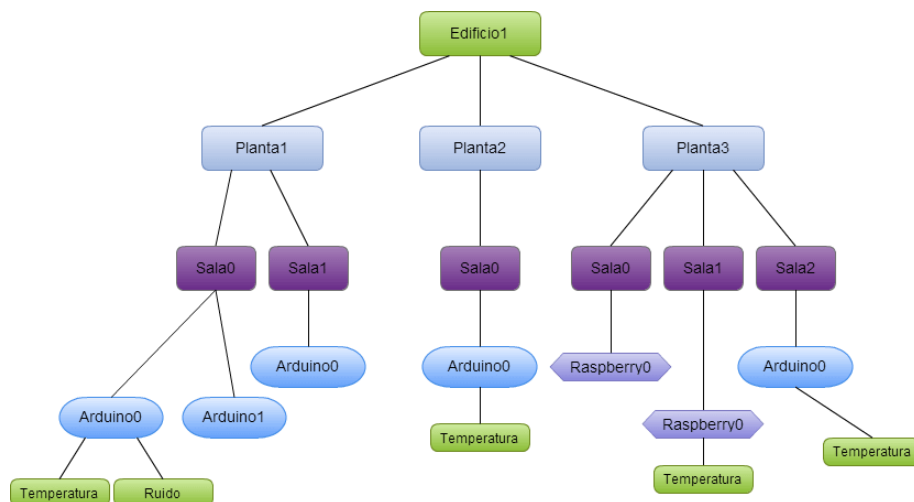
`mqtt://broker/topic/message`



**Figura 33:** ejemplo de uso en el nombramiento de topics

Fuente: @jecrespom, (2022)

Por ejemplo, «edificio1/planta5/sala1/raspberry2/temperatura» o «edificio3/planta0/sala3/arduino4/ruido». De esta forma se pueden crear jerarquías de clientes que publican y reciben datos, como podemos ver en la imagen:



**Figura 34:** proposición de nombramiento y uso de topics

Fuente: @jecrespom, (2022)

De esta forma un nodo puede suscribirse a un «topic» concreto («edificio1/planta2/sala0/arduino0/temperatura») o a varios («edificio1/planta2/#»).

El funcionamiento de los Topics en MQTT es sencillo y transparente. Por un lado el Bróker acepta todos los Topics. **No es necesario crearlo explícitamente antes de publicar o suscribirse al Bróker.** Los clientes pueden suscribirse a uno o varios Topic. Para ello, el cliente puede establecer varias suscripciones y/o emplear Wildcards.

Finalmente, **los clientes publican mensajes indicando un único Topic.** El Bróker recibe el mensaje y, si encuentra alguna suscripción que cumpla con el filtro del Topic, transmite el mensaje a los clientes suscritos.

Un bróker no necesita mantener una lista de los temas a los que se han publicado los mensajes, sólo comprueba la lista de temas a los que está suscrito cada cliente cuando llega un mensaje.

Un topics especiales son los topics de sistema, que son aquello que publica el propio bróker para mandar información de su estado.

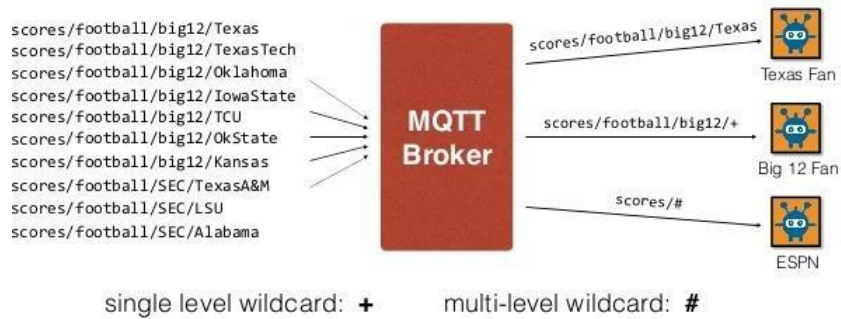
Existen dos comodines en MQTT para suscribirse a varios topics (no se pueden usar para publicar):

- Multi-level Wildcard: # (se suscribe a todos los hijos bajo esa cola)
- Single Level Wildcard: + (se suscribe solo a ese nivel)

Un carácter de tema especial, el carácter dólar (\$), excluye un tema de cualquier suscripción de root wild card. Normalmente, el \$ se utiliza para transportar mensajes específicos del servidor o del sistema.

# MQTT

allows **wildcard** subscriptions



**Figura 35:** diferenciación y mayor nivel de seguridad para el topic

Fuente: @jecrespom, (2022)

Ejemplos de Topics MQTT Válidos:

- casa/prueba/topic
- casa+/topic
- casa/#
- casa/+/+
- +/#
- #

Explicación del comodín de single level:

**Sample Topics:**

- Home/LivingRoom/DHT22/Humidity
- Home/BedRoom/DHT22/Temperature
- Home/BedRoom/DHT22/Humidity
- Home/Balcony/LDR/DayLight
- Home/Kitchen/SmokeSensor/Smoke

**Single Level Wildcard (+) :**

Topic with Wild Card:  
**Home+/DHT22/Humidity**

Matches from Sample Topics:  
 Home/LivingRoom/DHT22/Humidity  
 Home/BedRoom/DHT22/Humidity

**Figura 36:** uso de wildcard en topics

Fuente: @jecrespom, (2022)

### Diseño de Estructura de Topics

El éxito de un sistema de IOT depende enormemente de la arquitectura que diseñemos para la mensajería. En el caso de MQTT es esencial planear y organizar los Topic que vamos a emplear en el proyecto.

Es importante **diseñar el sistema de Topics para que sea ampliable y mantenible**. Queremos poder añadir más dispositivos a nuestra red o nuevas funcionalidades, y evitar darnos cuenta en el futuro de que el sistema que elegimos es insuficiente.

**Mantener los Topic lo más pequeños y claros posible**. Un topic debe dar la información clara del dato que publica. Es recomendable usar Topics lo más específicos posibles, evitando enviar mensajes a varios dispositivos y discriminar por el contenido del mensaje.

Emplear únicamente caracteres ASCII estándar en los topics, evitando caracteres especiales e incluso espacios. Esto hará más sencillo la interpretación de Topics desde los dispositivos, y la interoperabilidad entre lenguajes de programación y dispositivos.

En el caso de grandes estructuras de dispositivos o conectividad entre aplicaciones, el siguiente esquema de división de Topics funciona muy bien en múltiples aplicaciones:

**Protocol\_prefix/src\_id/dest\_id/message\_id/extra\_properties**

- **protocol\_prefix** se usa para diferenciar entre diferentes protocolos/aplicaciones que se pueden usar al mismo tiempo
- **src\_id** es el ID del cliente mqtt que publica el mensaje. Se espera que sea el mismo que el «ID de cliente» que se usa para conectarse al bróker MQTT. Permite un control rápido de ACL para verificar si el cliente puede publicar un tema específico.
- **dest\_id** es el ID de cliente de la unidad de «destino», es decir, a quién está destinado el mensaje. También permite un control rápido de ACL en el bróker para determinar si el cliente puede suscribirse a un tema en particular. Puede haber topics de «destino» reservados para especificar que el mensaje se transmite a cualquier interesado. Por ejemplo el topic “todos”.
- **message\_id** es el ID real del mensaje dentro del protocolo utilizado. Por lo general, usa un valor numérico (como una cadena, por supuesto), porque el dispositivo IOT u otro sistema embebido que está conectado al bróker MQTT puede tener otros enlaces de E/S y usar el mismo protocolo (pero con un marco de transporte diferente) para controlar el dispositivo utilizando estos otros enlaces de E/S. Usualmente usar ID de mensajes numéricos en tales enlaces de comunicación.
- **extra\_properties** es un subtema opcional que se puede utilizar para comunicar otra información adicional específica de MQTT (por ejemplo, pares clave=valor separados por comas). Un buen ejemplo sería informar la marca de tiempo del mensaje cuando realmente fue enviado por el cliente. En el caso de mensajes «retenidos», puede ayudar a identificar la relevancia del mensaje recibido. Con el protocolo MQTTv5, la necesidad de este subtema puede desaparecer porque habrá otra forma de comunicar propiedades adicionales.

En otros casos para dispositivos IOT que queramos controlar, el dispositivo (dev) podría suscribirse(sub) al tema de control y publicar (pub) al tema de estado:

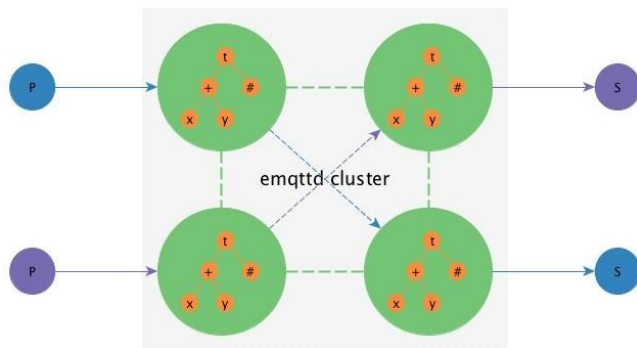
- pub: clients/dev/dev\_id/status
- sub: clients/dev/dev\_id/control

De esta manera, la lógica sub, pub es muy simple tanto para clientes como para dispositivos.

## Escalado MQTT

MQTT me permite gran escalabilidad. Añadir un nuevo Arduino o un suscriptor es muy sencillo dentro de la jerarquía vista

Con escalable me refiero a la capacidad que tiene un sistema para ser ampliado. Los sistemas de sensores en general, particularmente en nuestro caso hablamos del mundillo del Internet de las Cosas, se caracterizan por enviar muchos datos de pequeño tamaño en tiempo real ya que hay muchos sensores transmitiendo simultáneamente y cada breve periodo de tiempo, cuya información necesita ser consumida por otros elementos en tiempo real.



**Figura 37:** escalabilidad del protocolo MQTT

Fuente: @jecrespom, (2022)

En una Arquitectura basada en Bróker es fundamental evitar el SPOF (punto único de fallo).

En el contexto MQTT hay 2 estrategias principales:

- Bridging: hace forward de mensajes a otro bróker MQTT. Es la solución de HiveMQ, Mosquitto, IBM MQ
- Clustering: soportando el añadido dinámico de nodos al cluster. Lo usa ActiveMQ, HiveMQ o RabbitMQ.

Cuando un sistema de estas características se empieza a saturar se bloquean las comunicaciones y se pierde la característica de «tiempo real».

Hasta ahora, todos los sistemas que habíamos visto se basaban en un cliente que se comunicaba con un servidor. Si cualquier cliente se intenta comunicar con un servidor que está procesando tanta información que, en ese momento, no es capaz de trabajar con más contenido, el sistema entero fallará, o bien porque se satura y bloquea a nivel global o porque empieza a descartar aquella

información que no puede procesar (lo que es inadmisibile en muchos casos, imagina una alarma deRiesgo de Explosión en tu cocina porque se ha detectado una fuga de gas...).

Existen varias formas de abordar esta problemática pero, a día de hoy, una de las más empleadas es usar sistemas de colas donde se deja toda la información y el encargado de procesarla va «sacando» de esta cola la información. De esta manera, si ponemos más «encargados de procesamiento» son capaces de vaciar más rápido la cola si viésemos que está se está empezando a llenar y, de cara a los sensores, no sería necesario hacer ningún cambio, ya que ellos siempre envían al mismo sitio.

MQTT no hace exactamente lo mismo ya que, para empezar, no hay colas sino «topics» pero la filosofía es muy parecida, permitiendo a grandes sistemas operar con total fluidez y, junto con sus optimizaciones que buscan entre otras cosas reducir consumos y tamaños de trama para poder operar en elementos embebidos, es el motivo por el que es un protocolo tan empleado en comunicaciones M2M.

Además, nos permite una gestión de la seguridad razonablemente sencilla que facilita que nuestros sistemas se comporten de una forma más robusta.

MQTT será el nexo entre hardware (sensor) y todos los elementos típicos del mundo software (servidores, bases de datos, Big Data). En esta capa nos preocupamos de que la información llegue a un sistema que posteriormente se ocupa de distribuirlo entre las demás partes y nos da igual lo que haya a partir de ese momento y su tamaño. Puede que no tengamos nada más que una web de visualización o puede que tengamos un complejo sistema de Machine Learning y Big Data. Puede que seamos un particular enviando un dato de temperatura a un panel de visualización en su Raspberry o puede que seamos una multinacional que controla en tiempo real su producción de amoniaco a nivel global bajando y subiendo la carga de producción en sus diferentes fábricas según los costes de transporte y el consumo de sus diferentes centros de distribución. Nos es lo mismo a este nivel porque nosotros hacemos sólo una cosa y la hacemos bien: enviar datos de un dispositivo hardware a un sistema mucho mayor. Es lo que se llama microservicios que ha popularizado Netflix

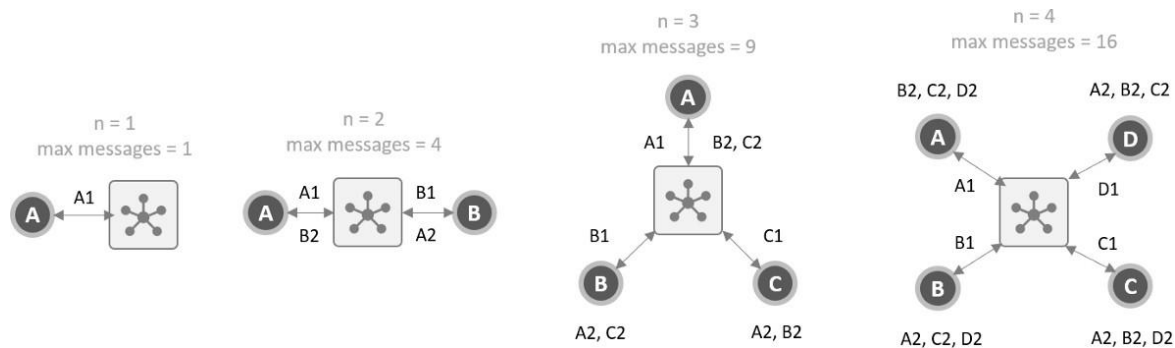
Las cargas de la plataforma basada en MQTT aumentan en  $n$  al cuadrado. Por ejemplo, supongamos un escenario extremo en el que hay dos clientes en los que cada uno se suscribe a todos los temas

posibles. Cuando un cliente publica un mensaje, el bróker necesita recibir un mensaje y otro cliente también necesita recibir el mensaje. Esto significa que un mensaje enviado podría resultar en dos transmisiones. Lo mismo ocurre con el otro cliente, por lo que son cuatro mensajes en total para un sistema de dos clientes.

Para un sistema de tres clientes, este número se convierte en nueve mensajes en total (es decir, tres mensajes por cliente). El simple hecho de tener 10 dispositivos conectados significa que el intermediario de mensajes debe ser capaz de manejar  $10 \times 10$  (es decir, 100 mensajes, etc.).

Cuando la cantidad de clientes MQTT comience a crecer, la carga en el bróker de mensajes, el sistema general y la plataforma crecerán casi exponencialmente.

Siempre tener esto en cuenta cuando escale cualquier plataforma IOT que se base en MQTT en las etapas posteriores o agregue más dispositivos.



**Figura 38:** carga de mensajes dependiendo de los clientes

Fuente: @jecrespom, (2022)

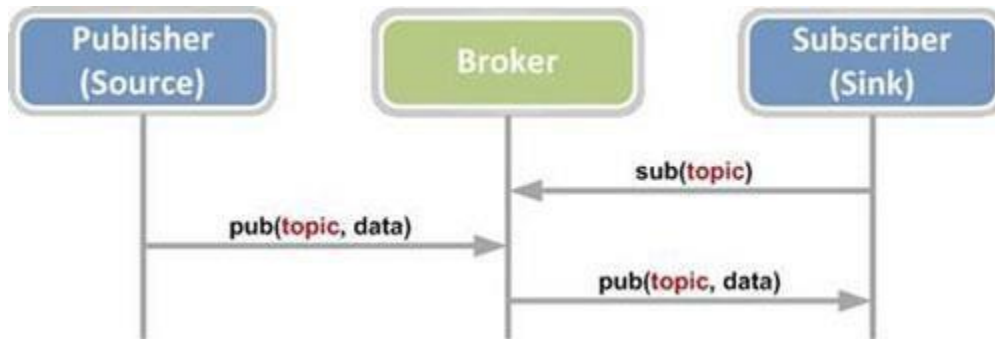
## Funcionamiento de Protocolo MQTT

MQTT está diseñado para requerir una sobrecarga mínima del protocolo para cada paquete con el fin de preservar el ancho de banda para los dispositivos embebidos con recursos limitados. Es un marco de trabajo realmente sencillo para la gestión de redes mesh de dispositivos habilitados para TCP.

Los mensajes MQTT se entregan asincrónicamente («push») a través de la arquitectura publish subscribe. El protocolo MQTT funciona intercambiando una serie de paquetes de control MQTT

de una manera definida. Cada paquete de control tiene un propósito específico y cada bit del paquete se crea cuidadosamente para reducir los datos transmitidos a través de la red.

Publish and subscribe:



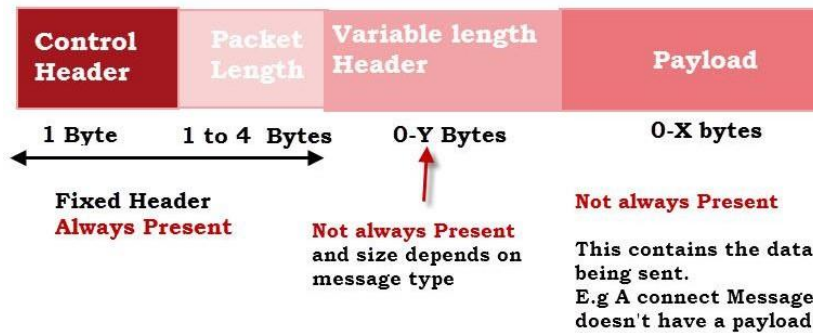
**Figura 39:** como se comunica publicador/bróker/suscriptor

Fuente: @jecrespom, (2022)

**Una sesión MQTT se divide en cuatro etapas: conexión, autenticación, comunicación y terminación.** Un cliente comienza creando una conexión TCP/IP con el bróker utilizando un puerto estándar o un puerto personalizado definido por los operadores del bróker. Al crear la conexión, es importante reconocer que el servidor puede continuar una sesión antigua si se le proporciona una identidad de cliente reutilizada.

**Los puertos estándar son el 1883 para la comunicación no cifrada y el 8883 para la comunicación cifrada mediante SSL/TLS. Durante el handshake SSL/TLS, el cliente valida el certificado del servidor para autenticar el servidor.**

MQTT es llamado un protocolo ligero porque todos sus mensajes tienen una pequeña huella de código. Cada mensaje consta de una cabecera fija, una cabecera variable opcional, una carga útil de mensaje limitada a 256 MB de información y un nivel de calidad de servicio (QoS).



### MQTT Standard Packet Structure

**Figura 40:** tamaño de los paquetes de información

Fuente: @jecrespom, (2022)

MQTT soporta BLOBS (Binary Large Object) de mensajes de hasta 256 MB de tamaño. El formato del contenido es específico de la aplicación. Las suscripciones de temas se realizan utilizando un par de paquetes SUBSCRIBE/SUBACK. La anulación de la suscripción se realiza de forma similar utilizando un par de paquetes UNSUBSCRIBE/UNSUBACK.

Durante la fase de comunicación, el cliente puede realizar operaciones de **publicación, suscripción, cancelación (unsubscribe) y ping**. La operación de publicación envía un bloque binario de datos, el contenido, a un topic definido por el Publisher.

La operación de ping al servidor del bróker usando una secuencia de paquetes PINGREQ/PINGRESP, que se usa para saber si está viva la conexión. Esta operación no tiene otra función que la de mantener una conexión en vivo y asegurar que la conexión TCP no ha sido apagada por una pasarela o un Router.

Cuando un publicador o suscriptor desea finalizar una sesión MQTT, envía un mensaje DISCONNECT al bróker y, a continuación, cierra la conexión. Esto se denomina “graceful shutdown” porque le da al cliente la posibilidad de volver a conectarse fácilmente al proporcionarle su identidad de cliente y reanudar el proceso donde lo dejó.

**Si la desconexión ocurre repentinamente sin tiempo para que un Publisher envíe un mensaje DISCONNECT, el bróker puede enviar a los suscriptores un mensaje del Publisher que el bróker ha almacenado previamente en caché. El mensaje, que se llama testamento,**

proporciona a los suscriptores instrucciones sobre qué hacer si el editor muere inesperadamente.

MQTT tiene 14 tipos de mensajes, normalmente un usuario sólo usa los mensajes de **CONNECT**, **PUBLISH**, **SUBSCRIBE Y UNSUBSCRIBE**.

Control packet	Direction of flow	Description
CONNECT	Client to Server	Client request to connect to Server
CONNACK	Server to Client	Connect acknowledgment
PUBLISH	Client to Server or Server to Client	Publish message
PUBACK	Client to Server or Server to Client	Publish acknowledgment
PUBREC	Client to Server or Server to Client	Publish received (assured delivery part 1)
PUBREL	Client to Server or Server to Client	Publish release (assured delivery part 2)
PUBCOMP	Client to Server or Server to Client	Publish complete (assured delivery part 3)
SUBSCRIBE	Client to Server	Client subscribe request
SUBACK	Server to Client	Subscribe acknowledgment
UNSUBSCRIBE	Client to Server	Unsubscribe request
UNSUBACK	Server to Client	Unsubscribe acknowledgment
PINGREQ	Client to Server	PING request
PINGRESP	Server to Client	PING response
DISCONNECT	Client to Server	Client is disconnecting

**Figura 41:** tipo de mensajes que se pueden presentar entre la comunicación de cliente/servidor

Fuente: @jecrespom, (2022)

**El identificador de cliente (ClientId) identifica a cada cliente MQTT que se conecta a un bróker MQTT.** El bróker usa el ClientID para identificar al cliente y el estado actual del cliente. Por lo tanto, este ID debe ser único por cliente y bróker. En MQTT 3.1.1, puede enviar un ClientId

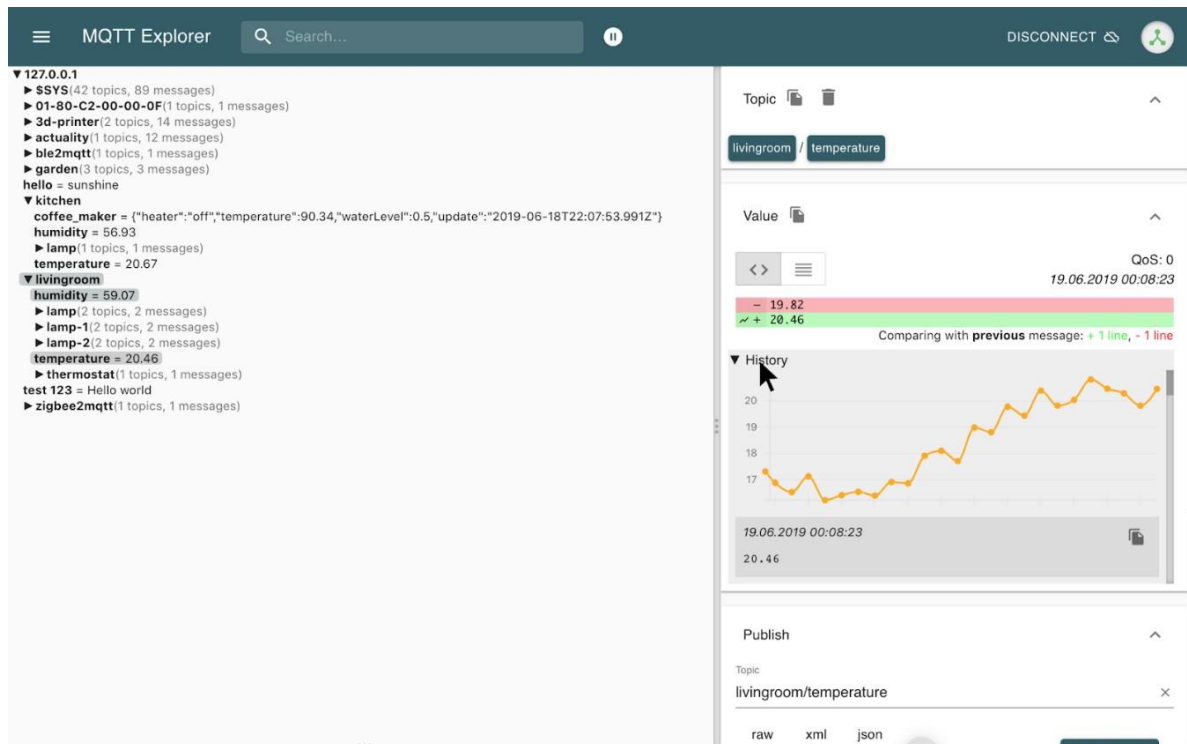
vacío, si no necesita que el bróker mantenga un estado. El ClientId vacío da como resultado una conexión sin ningún estado. En este caso, el indicador “clean session” debe establecerse en verdadero o el bróker rechazará la conexión.

El parámetro de ClientId es muy importante cuando queremos tener persistencia en datos y que el cliente pueda recuperar datos no obtenidos mientras estaba desconectado, usado junto la QoS2.

Hay que recordar que cada cliente que se conecte a un bróker debe tener un ClientId diferente.

### MQTT Explorer (Recomendado)

MQTT Explorer es un cliente MQTT integral que proporciona una descripción general estructurada de sus topics MQTT y hace que trabajar con dispositivos/servicios en su bróker sea muy simple.



**Figura 42:** presentador de capa 7 del protocolo MQTT

Fuente: @jecrespom, (2022)

Características:

- Visualizar los topics y la actividad del topic.
- Eliminar topics retenidos

- Buscar / filtrar topics
- Eliminar topics de forma recursiva
- Vista diferente de los mensajes recibidos actuales y anteriores
- Publicar topics
- Graficar topics numéricos
- Conservar un historial de cada topic
- Temas oscuros/claros

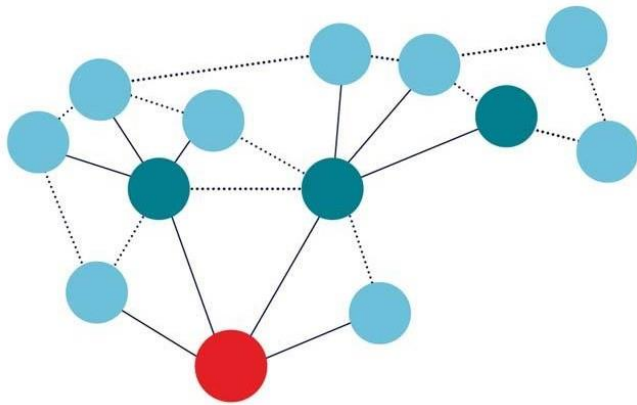
@jecrespom, (2022)

### ¿Qué es una red mesh o de malla?

Una red de malla se define como un tipo de topología de red de área local (LAN), en la que varios dispositivos o nodos están conectados de forma no jerárquica para proporcionar una cobertura de red integral en un área más amplia que la que es posible con un solo equipo.

Básicamente, una red Wi-Fi de tipo mesh es una red compuesta por un Router/estación base y sus nodos o puntos de acceso que se comunican entre ellos para crearle al usuario una única red Wi-Fi con el mismo SSID (Service Set Identifier o identificador de conjunto de servicios) y contraseña, pero con un área geográfica de cobertura muy extensa en tamaño.

En principio, puede parecer que hacen lo mismo que un Router actual con varios repetidores, pero no es así. Para empezar, los repetidores no se comunican todos ellos entre sí, sino que lo hacen solo con el Router principal o concentrador. En el caso de las redes Wi-Fi mesh, su punto fuerte está precisamente en la gestión avanzada de los elementos de la red de forma centralizada y remota.



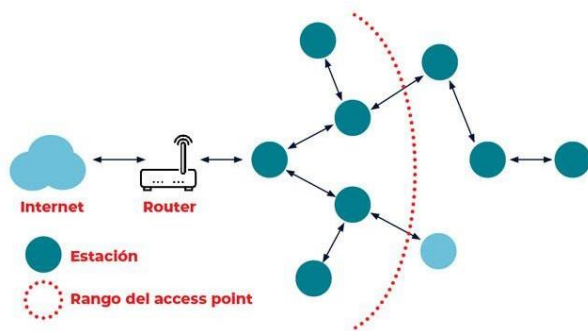
**Figura 43:** esquema de red mesh

Fuente: Bottini C, (2023)

Una red mesh es capaz de redirigir el tráfico por la red de forma óptima para disponer siempre de la mejor señal posible en tu dispositivo.

Las redes Wi-Fi mesh calculan a qué nodo conviene conectarse en cada momento según el estado de otros nodos, los dispositivos vinculados, la distancia a cada uno de los nodos, la potencia de la señal y otros muchos factores, de forma completamente transparente para el usuario, quien no tiene que preocuparse de a qué nodo está conectado.

Esa gestión inteligente del tráfico y la situación de la red es la otra gran diferencia con los repetidores, a los cuales los dispositivos se suelen conectar según su proximidad y no la situación real de la red Wi-Fi. Así, aunque un nodo o un Access point cayera, en una red mesh no se perdería la señal porque el sistema automáticamente derivaría el tráfico hasta tu dispositivo por otros nodos de la red, que se pueden conectar a cualquier otro nodo de la red mallada.



**Figura 44:** alcance de la red mesh

Fuente: Bottini C, (2023)

Una red de malla es un sistema que consiste en múltiples computadoras conectadas por una red. Cada computadora en la red envía sus propias señales y retransmite información de otras computadoras. Cada nodo de la red en malla está conectado a otro nodo a través de un enlace dedicado (cableado o inalámbrico). Esta conexión permite que la información viaje de nodo a nodo sin demoras ni fallas. Las redes de malla también se denominan “redes de autoconfiguración” porque un nuevo nodo se convierte automáticamente en parte de la estructura existente de la red.

Una red de malla permite una cobertura adicional en un hogar mediante el uso de varios enrutadores más pequeños. El nodo central se conecta al proveedor de internet, y otros dispositivos pueden conectarse a él.

Bottini C, (2023),

## Introducción

Hoy en día con el Internet de las Cosas (IOT) que es la conexión con objetos cotidianos (automóviles, refrigeradores, televisores, luces, portones, etc.) permite una comunicación persistente sin fallas, pero algunos dispositivos no pueden llegar a la señal Wi-Fi proporcionada por los Routers, dejando estos equipos desconectados o con una inestabilidad muy grande.

Una solución para solucionar este problema, pero no tan barata, es la instalación de más Routers, gastando más dinero en equipos y mano de obra para gestionar toda la red.

Pero con la tecnología Mesh podemos aprovechar el equipo ya instalado y convertirlo en un repetidor de señal wifi gratuito, consiguiendo que la señal llegue a todos los equipos

A la hora de crear una red Mesh, podemos aprovechar los módulos ESP8266, Esp32 o esp -01 que ya están controlando equipos y asignarles una función más que es el puente para proporcionar señales Wi-Fi a aquellos dispositivos que están fuera del alcance de la red. Enrutador central.

¿Qué son las redes de malla y cómo funcionan?

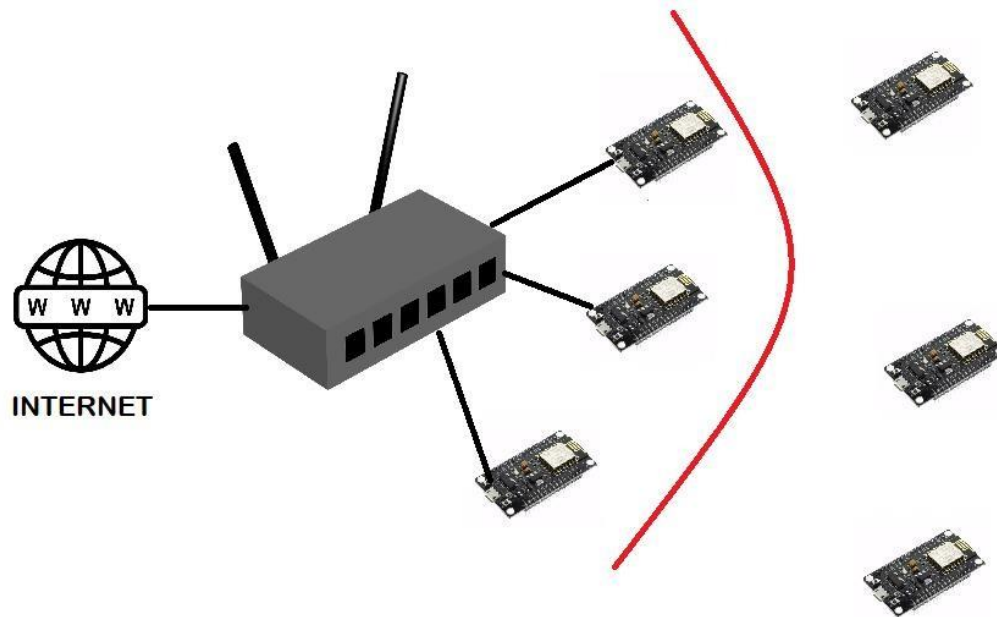
### **Redes tradicionales**

En las redes Wi-Fi tradicionales existe un Router denominado Access Point (AP) donde los distintos puntos (estaciones) se comunican exclusivamente con él.

El Punto de Acceso (AP) es el encargado de gestionar toda la red y dar prioridades, proporcionar IP's, conectar o desconectar estaciones.

Esta concentración crea una desventaja ya que toda la red depende exclusivamente de un dispositivo central para funcionar y la distancia de su rango de señal Wi-Fi es la distancia de la red máxima.

Por lo tanto, si una estación está lejos del AP, puede estar fuera del alcance de la señal de Wi-Fi transmitida y no poder comunicarse con la red.



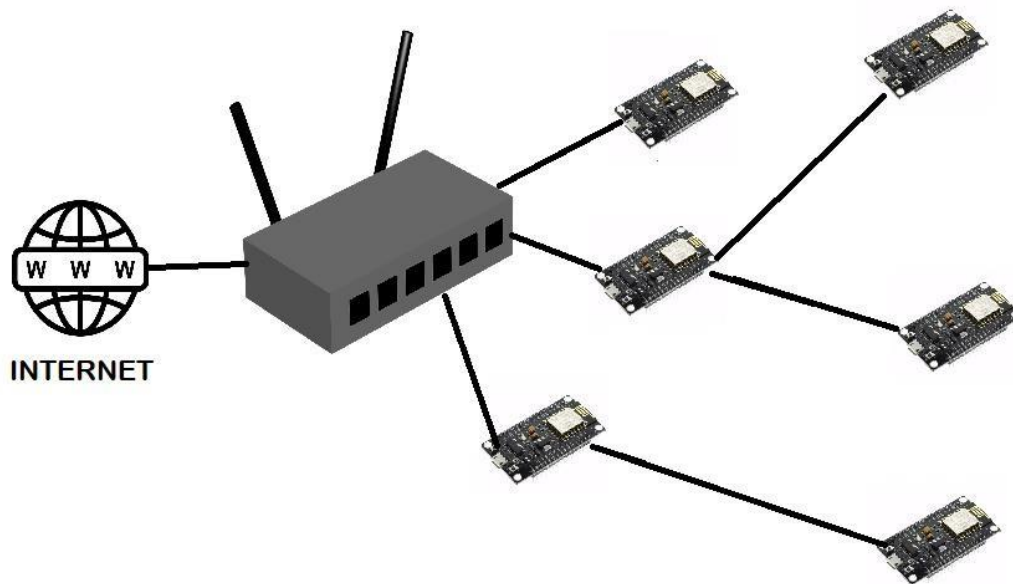
**Figura 45:** alcance de red mesh

Fuente: Calazans A, (2021)

Red Tradicional donde es posible ver que tres dispositivos no llegan a la señal Wi-Fi del Router

### **Redes de malla**

Es una solución barata y creativa para ampliar la conexión de dispositivos donde además de recibir la señal también se convierten en proveedor de datos, sirviendo de puente a otros dispositivos, creando una malla muy parecida a una tela de araña en la que todos los puntos son conectados al menos a dos puntos y que la interrupción de un nodo no haga que se caiga la comunicación, ya que hay otro punto de conexión preconfigurado y haciendo que la red se autoorganice casi al instante.



**Figura 46:** conexión de mesh

Fuente: Calazans A, (2021),

Red de malla. ESP-8266 trabajando en red.

La red Mesh es una solución innovadora ya que ese punto que no puede recibir la señal Wi-Fi directa del AP puede conectarse en un puente con otro dispositivo cercano funcionando y aprovechando una estructura existente, sin tener que comprar nuevos equipos y trabajando con redundancia. Ya que la ruptura de una conexión no afecta el sistema donde la red funciona en malla y el punto roto se conectará rápidamente a otro punto al instante y es auto gestionable

Según la documentación oficial de Espressif, la red mesh puede conectar hasta 100 nodos sin romper el sistema ni generar inestabilidad.

#### **En resumen:**

La red Wi-Fi tradicional, toda la infraestructura se basa en un árbol de conexión donde las estaciones se conectan directamente al enrutador.

Y en la red Mesh, las estaciones tienen una doble función, obteniendo y proporcionando datos simultáneamente, dando como resultado una topología de red muy similar a una telaraña (en la

práctica, no es lo mismo que una telaraña, pero a efectos didácticos, esta definición adopta la idea de una red Mesh).

Calazans A, (2021)

### ¿Qué es Transport Layer Security (TLS)?

Transport Layer Security, o TLS, es un protocolo de seguridad ampliamente adoptado, diseñado para facilitar la privacidad y la seguridad de los datos en las comunicaciones por Internet. Un caso de uso primario de TLS es la encriptación de las comunicaciones entre aplicaciones web y servidores, como los navegadores que cargan un sitio web. TLS también puede usarse para encriptar otras comunicaciones como el correo electrónico, los mensajes y la voz sobre IP (VoIP). En este artículo nos centraremos en el papel de TLS en la seguridad de las aplicaciones web.

TLS fue propuesto por el Grupo de trabajo de ingeniería de Internet (IETF, por sus siglas en inglés), una organización de estandarización internacional. La primera versión del protocolo se publicó en 1999. La versión más reciente es TLS 1.3, que se publicó en 2018.

### ¿Cuál es la diferencia entre TLS y SSL?

TLS evolucionó a partir de un protocolo de encriptación anterior llamado Secure Sockets Layer (SSL), que fue desarrollado por Netscape. La versión 1.0 de TLS comenzó en realidad a desarrollarse como la versión 3.1 de SSL, pero el nombre del protocolo se cambió antes de su publicación para indicar que ya no estaba asociado con Netscape. Debido a su historia, a veces los términos TLS y SSL se usan indistintamente.

### ¿En qué se diferencian TLS y HTTPS?

HTTPS es una implementación de la encriptación TLS en el protocolo HTTP, usado por todos los sitios web así como otros servicios web. Todos los sitios web que usan HTTPS emplean por tanto la encriptación TLS.

### ¿Qué hace el protocolo TLS?

Hay tres componentes principales en las funciones del protocolo TLS: encriptación, autenticación e integridad.

- **Encriptación:** oculta los datos que se transfieren a terceras partes.

- **Autenticación:** garantiza que las partes que intercambian información sean quienes afirman ser.
- **Integridad:** verifica que los datos no han sido falsificados o alterados.

¿Cómo funciona el protocolo TLS?

Para que un sitio web o aplicación use TLS, debe tener un certificado TLS instalado en su servidor de origen (el certificado también se conoce como "certificado SSL" debido a la confusión en los nombres mencionada anteriormente). Los certificados TLS son emitidos por una autoridad de certificación para la persona o empresa propietaria de un dominio. El certificado contiene información importante acerca de la propiedad del dominio, así como la clave pública del servidor. Ambas son necesarias para validar la identidad del servidor.

La conexión TLS se inicia usando una secuencia conocida como protocolo de enlace TLS. Cuando un usuario navega a un sitio web que usa TLS, se inicia el protocolo de enlace TLS entre el dispositivo del usuario (también conocido como dispositivo *cliente*) y el servidor web.

Durante el protocolo de enlace TLS, el dispositivo del usuario y el servidor web:

- Especifica qué versión de TLS (TLS 1.0, 1.2, 1.3, etc.) van a utilizar
- Decidir qué suites de cifrado (ver más abajo) van a utilizar
- Autentican la identidad del servidor utilizando el certificado TLS de este
- Generan claves de sesión para encriptar los mensajes entre ellos después de completar el protocolo de enlace

El protocolo de enlace TLS establece un conjunto de cifrado para cada sesión de comunicación. El conjunto de cifrado es una serie de algoritmos que especifica detalles tales como qué claves de encriptación o claves de sesión se usarán para una sesión en concreto. TLS puede asignar las claves de sesión a través de un canal no encriptado gracias a la tecnología conocida como criptografía de clave pública.

El protocolo de enlace también se encarga de la autenticación, que normalmente consiste en que el servidor demuestre su identidad al cliente. Se lleva a cabo usando claves públicas. Estas son claves de encriptación unidireccionales, con las cuales cualquiera puede descodificar los datos

previamente encriptados con la clave privada del servidor para comprobar su autenticidad. Sin embargo, solo el remitente original puede encriptar los datos con la clave privada. La clave pública del servidor es parte de su certificado TLS.

Una vez que los datos se han encriptado y autenticado, se firman con un código de autenticación de mensajes (MAC). El destinatario puede entonces verificar el MAC para asegurarse de la integridad de los datos. Puede compararse con el cierre de garantía de un jarabe; el consumidor sabe que nadie ha abierto la medicina porque el cierre está intacto cuando lo compra.

### **¿Cómo afecta el protocolo TLS al rendimiento de las aplicaciones web?**

La última versión de TLS apenas impacta el rendimiento de las aplicaciones web.

Dada la complejidad del proceso para establecer una conexión TLS, esta emplea tiempo de carga y potencia computacional. El cliente y el servidor deben comunicarse varias veces antes de transmitir datos, lo cual consume preciosos milisegundos de tiempo de carga de las aplicaciones web, así como algo de memoria del cliente y el servidor.

Sin embargo, hay tecnologías que ayudan a mitigar la posible latencia creada por un protocolo de enlace TLS. Una es TLS False Start, que permite que el servidor y el cliente empiecen a transmitir datos antes de que se completen el protocolo de enlace TLS. Otra tecnología para acelerar TLS es TLS Session Resumption, que permite que los clientes y los servidores que se han comunicado previamente utilicen un protocolo de enlace abreviado.

Estas mejoras han contribuido a que el protocolo TLS sea muy rápido y no afecte a los tiempos de carga de manera perceptible. En cuanto a los costes computacionales asociados al protocolo TLS, son casi insignificantes con respecto a los estándares actuales.

TLS 1.3, lanzado en 2018, es aún más rápido. Los protocolos de enlace en TLS 1.3 solo requieren un recorrido de ida y vuelta (o comunicación bidireccional) en lugar de dos, acortando el proceso unos milisegundos. Cuando el usuario se ha conectado a un sitio web con anterioridad, el protocolo de enlace TLS no hace ningún recorrido de ida y vuelta, agilizándose aún más.

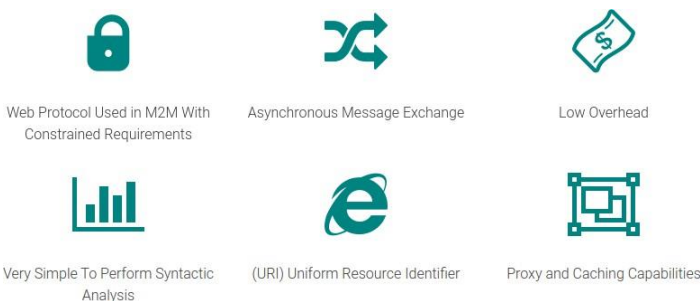
Cloudflare, (2019)

## ¿Qué es CoAP?

CoAP (Constrained Application Protocol) es un protocolo de software que se encuentra en el nivel de capa de aplicación del modelo OSI y está apuntado a correr en dispositivos simples, permitiendo que puedan comunicarse sobre internet. Fue diseñado especialmente para trasladar el modelo de requests y responses de HTTP a dispositivos y redes con recursos limitados. Las principales características son:

- Es un protocolo web utilizado para correr en dispositivos con recursos limitados.
- Permite el intercambio de mensajes asincrónicos, es decir que un mensaje puede llegar en cualquier momento.
- Posee una baja sobrecarga de datos asociados a cada paquete.
- Es simple de analizar con distintas herramientas, que permiten ver los tipos de mensajes enviados, sus valores y ejecutar análisis de datos.
- Es posible diseñar sus recursos de manera análoga a HTTP, tiene compatibilidad con la definición unificada de recursos (URI) y puede manejar distintos tipos de contenido.
- Al ser utilizado como puente con HTTP comparte capacidades de proxy y caché.

Haciendo foco en IOT, tiene la capacidad de observar si ocurrieron cambios en algún recurso en particular de manera nativa, y también es capaz de detectar si nuevos dispositivos se unieron a la red, pudiendo interactuar de manera automática. Veamos en esta Figura algunas de sus características.



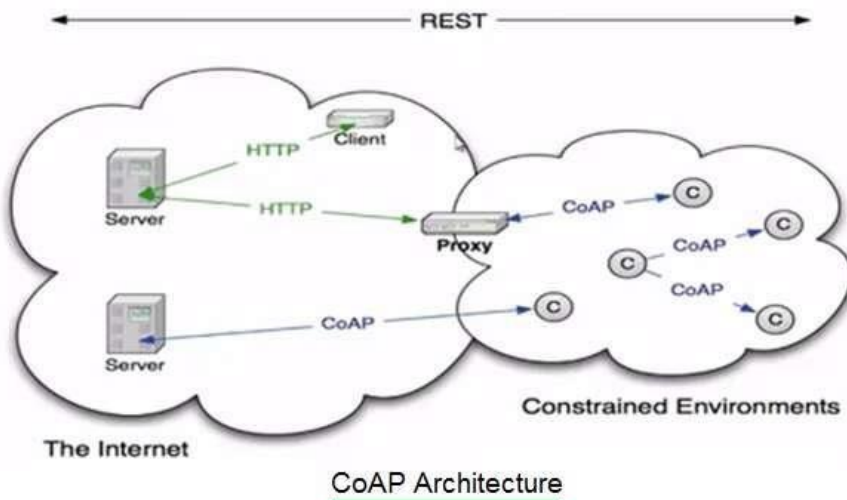
**Figura 47:** usos de protocolo coap

Fuente: Bassi A, (2021),

CoAP es un protocolo de aplicaciones restringidas que puede correr en hardware simple - como microcontroladores, sensores de baja potencia y dispositivos que no pueden ejecutar HTTP -, permitiendo que los dispositivos se comuniquen a través de internet.

Debido a que tiene amplias similitudes con HTTP, en muchos casos se suele realizar la comunicación desde un cliente HTTP hacia un servidor CoAP utilizando un agente en el medio como puede ser un proxy - que traduce literalmente solicitudes HTTP a CoAP y viceversa - como así también una interfaz HTTP-CoAP que no necesariamente aplica una traducción literal de métodos y códigos de error, pero que permite realizar una comunicación.

En esta Figura se puede ver un ejemplo de comunicación CoAP donde se muestran varios tipos de comunicaciones. Por ejemplo, es posible conectar directamente un servidor con un cliente a través de CoAP. Para comunicar un cliente HTTP con un server CoAP es necesario que primero el cliente realice un request a un server HTTP, luego este server identifique la petición e intente comunicarse con un proxy HTTP-CoAP que realiza la conversión, para posteriormente realizar un request hacia el server CoAP. Una vez que se obtiene una respuesta CoAP, el mensaje viaja en la dirección inversa hacia el cliente HTTP.



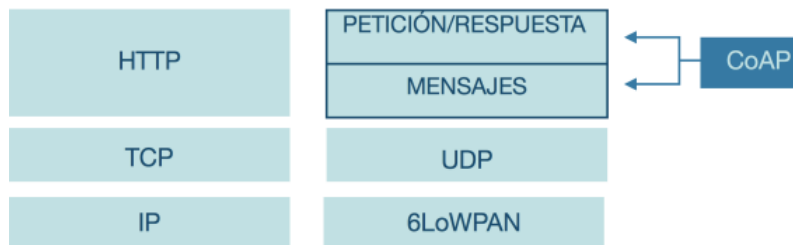
**Figura 48:** arquitectura coap

Fuente: Bassi A, (2021),

Si bien HTTP y CoAP comparten mucho en su estructura, HTTP se ejecuta sobre la capa de transporte TCP, mientras que CoAP lo hace a través de UDP adaptando el modelo de solicitudes y

respuestas. Así mismo, CoAP incluye otras características como multicast - es decir la capacidad de enviar un mensaje a múltiples destinatarios -, baja sobrecarga de datos en cada paquete y simplicidad en la ejecución, que son muy importantes para muchas aplicaciones IOT.

Para realizar el intercambio de mensajes, CoAP está dividido en dos subcapas diferentes. Por un lado podemos encontrar la capa Message, que se ocupa de realizar la interfaz con UDP y de recibir y enviar mensajes asíncronos. Por otro lado, la capa Request/Response gestiona la interacción de las peticiones y sus respuestas. En esta Figura podemos ver una comparación de las capas que utilizan CoAP y HTTP para que entiendas sus diferencias.

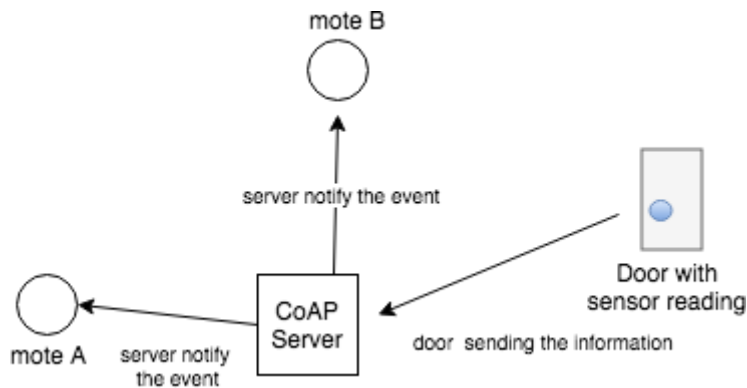


**Figura 49:** posición de coap en capas ISO

Fuente: Bassi A, (2021),

Los escenarios donde podrías implementar CoAP van desde comunicación entre dispositivos en una misma red restringida - por ejemplo en redes de baja potencia a través de 6LoWPAN -, entre dispositivos de una red conectados a internet, hasta entre dispositivos en diferentes redes restringidas, ambas unidas por internet.

El tamaño de los paquetes en CoAP es mucho menor que su contraparte en HTTP. Mantiene la misma arquitectura cliente-servidor y soporta únicamente un subset de métodos que son GET, PUT, POST y DELETE, así como también un subset de posibles códigos de respuesta. En CoAP, además, es posible realizar requests añadiendo la función de observar, que permite al cliente recibir actualizaciones sobre un determinado recurso que haya solicitado previamente. En la Figura siguiente podéis apreciar un esquema de comunicación utilizando la funcionalidad de observar.



**Figura 50:** función observación de información de cliente/servidor

Fuente: Bassi A, (2021)

Para la funcionalidad de observar propuesta por CoAP, podrías encontrar una analogía con la implementación de WebSockets en HTTP o bien la suscripción a un topic usando MQTT.

Además de lo que ya nombramos, cuando se ejecutan requests CoAP es posible negociar el tipo de contenido (Content-Type) que se quiere obtener en una respuesta. Estos pueden ser formatos de texto plano, CSV, XML, así como también formatos de imagen, audio, video y otros mensajes propios de cada aplicación como JSON por ejemplo.

Otra característica interesante es que se pueden solicitar diferentes niveles de calidad de servicio para el envío de los mensajes, que aplica tanto a los requests como a los responses. De esta manera, es posible marcar los mensajes como confirmables, donde se espera que el destinatario avise sobre la recepción de un mensaje, como así también mensajes no confirmables, donde el mensaje se envía sin garantizar que llegue correctamente a destino.

### ¿Cuándo conviene usar CoAP?

Ahora que ya entendés de manera general de qué se trata el protocolo, veamos algunos casos donde te puede convenir utilizarlo.

### No se puede implementar HTTP

En muchos proyectos IOT es posible que cuentes con hardware que no puede ejecutar HTTP, ya que la complejidad de implementación no resulta viable por cuestiones de memoria, tamaño del programa o capacidad de procesamiento.

En tales casos, ejecutar CoAP puede ser prácticamente lo mismo que HTTP pero con una demanda de recursos mucho menor. Así mismo, si ya contás con una aplicación HTTP funcionando, realizar la migración no debería resultar costosa, ya que podrías ejecutar el método GET para leer y POST, PUT y DELETE para modificaciones en los recursos.

### **Consumo de energía**

En muchas aplicaciones es necesario que los dispositivos remotos se alimenten de baterías. En estos casos, el consumo de energía se debe mantener al mínimo posible, y ejecutar CoAP puede mejorar el rendimiento en comparación con implementar HTTP sobre TCP/IP.

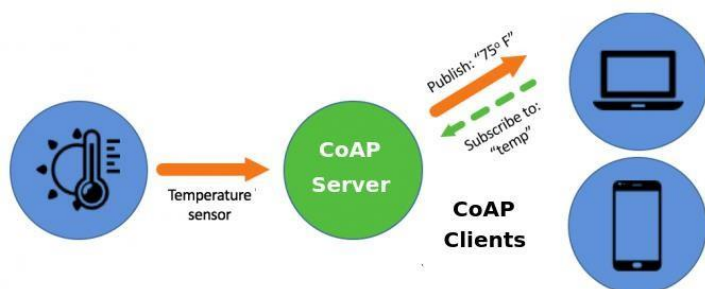
La capa de transporte UDP que usa CoAP ahorra ancho de banda y hace que el protocolo sea más eficiente. Así mismo, si se usa 6LoWPAN como capa de direccionamiento, el consumo podría verse más beneficiado aún, por lo cual, el uso de CoAP en estos casos puede resultar una opción más que viable.

### **Observación de recursos**

En algunas aplicaciones es necesario que puedas saber cuándo un recurso en particular ha cambiado de estado. Este recurso puede ser, por ejemplo, el valor de un sensor de puerta o la monitorización de un sensor de temperatura.

Tal como vimos anteriormente, la característica de observar puede ser aplicable con otros protocolos, como por ejemplo utilizar la suscripción a un topic con MQTT o el uso de WebSockets en una comunicación a través de HTTP. Más allá que sea posible con otros métodos - y encadenando con los puntos anteriores de incapacidad para correr HTTP o bien optimizar el consumo de energía sin usar TCP como capa de transporte -, CoAP permite una observación de los recursos a través de un protocolo más simple que HTTP y MQTT, y optimizando de mejor manera el consumo de energía para esos casos.

En la Figura a continuación podemos ver un diagrama de suscripción a un recurso en particular. El servidor CoAP realiza la lectura de un sensor de temperatura periódicamente, y si hay clientes que previamente hayan solicitado recibir notificaciones de esta variable, en cuanto haya un cambio de valor, se les enviarán las actualizaciones de manera automática.



**Figura 51:** comunicación servidor coap/cliente

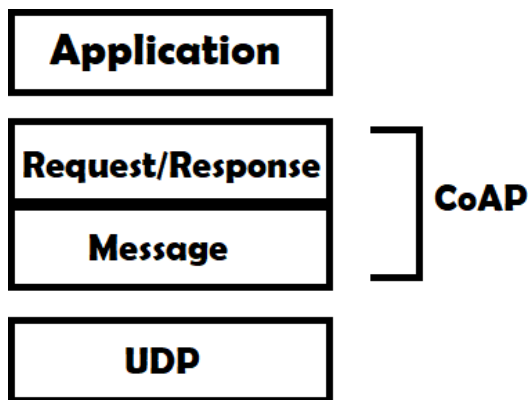
Fuente: Bassi A, (2021)

### Modelos de interacción

El modelo de interacción de CoAP es similar al modelo cliente/servidor de HTTP. Sin embargo, en muchas ocasiones en CoAP, un dispositivo puede actuar como servidor y cliente. Un intercambio CoAP es equivalente al de HTTP y es enviado por un cliente para solicitar una acción - usando un método GET, POST, PUT o DELETE - en un recurso - identificado por una URI - correspondiente a un servidor en particular. Al recibir una solicitud o request, el servidor CoAP la procesa y envía una respuesta al cliente especificando un código de respuesta y una representación del contenido si corresponde.

A diferencia de HTTP, CoAP se ocupa de estos intercambios de forma asincrónica a través de UDP. Esto se logra mediante distintos tipos de mensajes identificables con un ID y que tienen una calidad de servicio asociada. Las transacciones solicitud/respuesta son transparentes para el usuario, y es el protocolo CoAP quien se encarga de manejar el asincronismo.

Reforzando los conceptos que vimos anteriormente, CoAP utiliza un enfoque de dos capas para funcionar. Una capa transaccional llamada Message que es utilizada para tratar con UDP y la naturaleza asincrónica de las interacciones, y la capa Request/Response que se encarga de las interacciones utilizando distintos métodos. En la Figura siguiente podés ver la representación de este esquema.

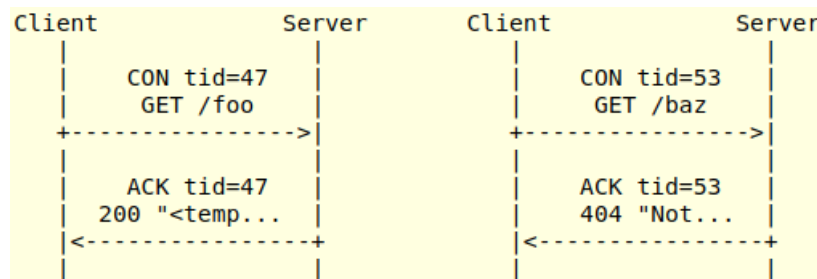


**Figura 52:** uso de capas de coap

Fuente: Bassi A, (2021),

Respuesta sincrónica

La interacción más común entre las capas Request/Response y Message funciona enviando una solicitud en un mensaje CoAP confirmable y esperando un mensaje de acuse de recibo (ACK). En esta imagen podemos ver un ejemplo de dos posibles interacciones para un método GET, donde en una existe una respuesta, y en la otra el recurso no fue encontrado.



**Figura 53:** comunicación cliente servidor

Fuente: Bassi A, (2021),

Cuando el servidor le envía al cliente una respuesta de un mensaje confirmable, éste espera que el cliente, al recibir la respuesta, le envíe un mensaje ACK avisando que recibió correctamente el mensaje. Para los casos de ejemplo anteriores, no es necesario que el servidor le responda por separado un ACK cuando recibe la respuesta, ya que el mensaje ACK puede ir incluido en la propia respuesta.

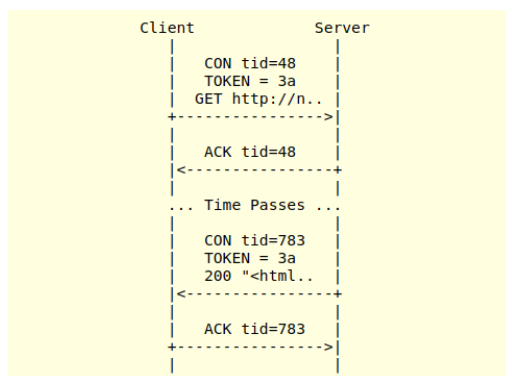
La relación entre el mensaje confirmable (CON) y el mensaje de acuse de recibo (ACK) se indica mediante el ID de transacción. Estos IDs son únicos por cada transacción y cumplen la función de vincular un mensaje confirmable con su correspondiente respuesta.

### Respuesta asincrónica

El caso de respuesta sincrónica representado es el más simple, pero en otras ocasiones es necesario implementar una respuesta asincrónica. Por ejemplo, un cliente puede solicitar a un servidor CoAP los datos de un sensor, pero éste puede no contar aún la lectura del mismo.

Si el request fue a través de un mensaje confirmable, y el cliente no recibe una respuesta en un determinado tiempo, vuelve a retransmitir la petición. Para manejar este caso, CoAP implementa un mecanismo para avisarle al cliente que recibió correctamente la solicitud enviando un ACK asociado con el ID del request, pero la respuesta la enviará en otro momento; particularmente cuando tenga los datos del sensor.

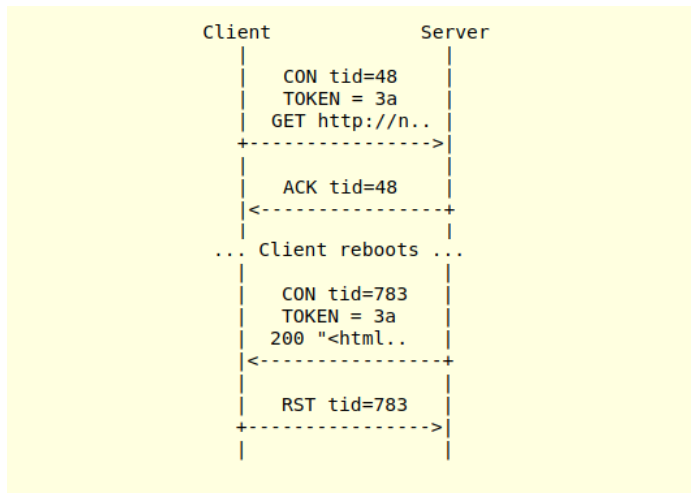
Cuando el servidor finalmente ha obtenido los datos solicitados y está listo para enviar la respuesta, inicia una transacción al cliente. Esta nueva transacción tiene su propio ID, por lo que no hay un acoplamiento automático de la respuesta a la solicitud. Para asegurar el mensaje, se vuelve a enviar como mensaje confirmable y el cliente debe responder con un ACK, asociando el nuevo ID enviado por el servidor. Opcionalmente se puede incluir un Token que vincule la solicitud y la respuesta asincrónica como vemos en esta imagen.



**Figura 54:** comunicación cliente/servidor

Fuente: Bassi A, (2021),

Adicionalmente podemos considerar una situación de falla especial. Es posible que al recibir una respuesta a un request del pasado, el cliente ya no sea consciente de que envió una solicitud, por ejemplo, si no tiene almacenamiento estable o si se reinició en ese lapso de tiempo. Para estos casos se puede devolver un mensaje del tipo Reset que anula la transacción y que está representado en esta Figura.



**Figura 55:** comunicación cliente/servidor

Fuente: Bassi A, (2021),

### Tipos de mensajes

Las transacciones CoAP utilizan cuatro tipos de mensajes diferentes que vamos a ver en esta sección.

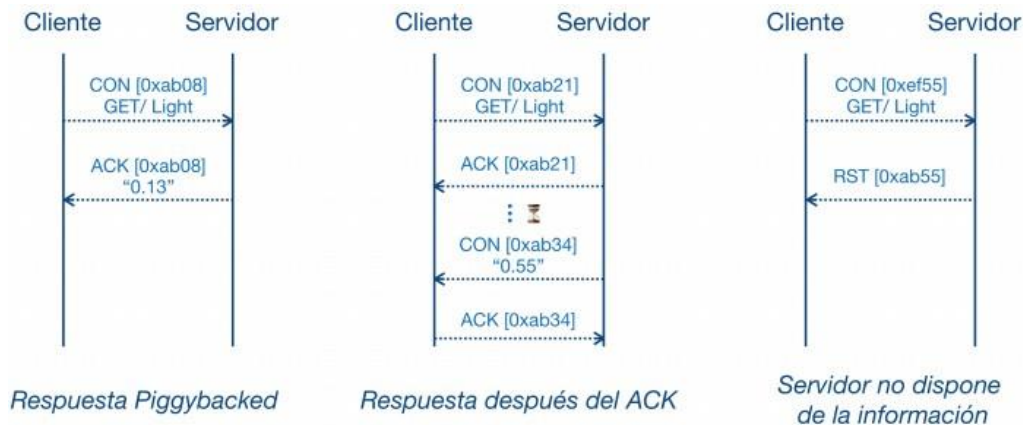
#### Mensajes confirmables (CON)

Este tipo de mensajes es cuando se necesita conseguir un mecanismo seguro, ya que garantiza que el mensaje llegue al destinatario. Los mensajes del tipo Confirmable constan de temporizador y backoff. Tras la transmisión de un mensaje CON se espera recibir un ACK, y podés encontrar tres situaciones posibles con este tipo de mensaje:

- La respuesta a la petición del mensaje CON se envía directamente en el ACK con el mismo ID que la petición. Este caso ocurre cuando el servidor dispone de la respuesta en el momento de la petición. El tipo de respuesta se denomina Piggybacked.

- La respuesta se envía más adelante en otro mensaje del tipo CON y otro ID distinto. Para evitar que se retransmita constantemente la petición del cliente, el servidor responde con un ACK vacío a la petición, hasta que disponga de la información.
- El servidor no dispone de la información, entonces responde con un mensaje de tipo RST.

Veamos en la siguiente Figura la representación de cada una de estas situaciones.



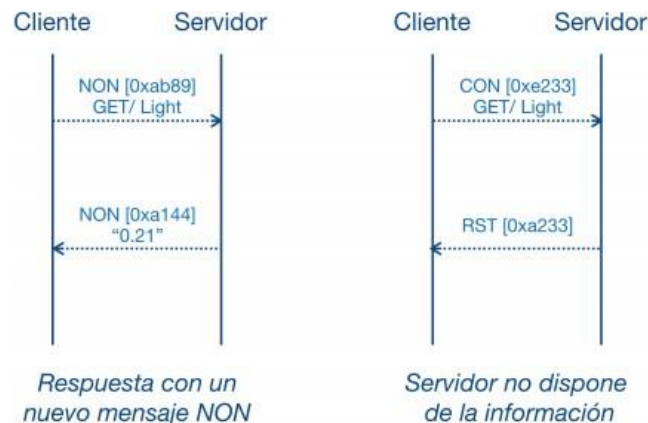
**Figura 56:** comunicación de cliente/servidor en confirmación de datos

Fuente: Bassi A, (2021),

### Mensajes non-confirmable (NON)

Los mensajes nonconfirmable (NON) no requieren una confirmación por parte del receptor, y la información solicitada será enviada en otro mensaje del tipo NON. Estos mensajes son poco fiables y se utilizan para enviar información no crítica.

Aunque este tipo de mensajes no sean confiables, igualmente tienen una identificación única. Al igual que con transmisiones de mensajes CON, existe el caso de que el servidor no pueda responder con la información solicitada; en tal caso se responderá con un mensaje RST. Podemos ver un ejemplo de comunicación utilizando este tipo de mensaje en la Figura siguiente.



**Figura 57:** comunicación de cliente/servidor en no confirmación de datos

Fuente: Bassi A, (2021),

### Mensajes de acuse de recibo (ACK)

Un mensaje de acuse de recibo reconoce que llegó un mensaje confirmable específico identificado por su ID de transacción. Al igual que con todos los tipos de mensajes en sí, puede tener una carga útil - por ejemplo para los casos de respuesta Piggybacked - y algunas opciones para proporcionar más detalles al respecto.

### Mensajes de reinicio (RST)

Un mensaje de reinicio indica que se recibió un mensaje específico, pero falta información contexto para procesarlo correctamente. Esta condición generalmente se produce cuando el nodo receptor se ha reiniciado y no ha persistido de manera adecuada la petición enviada anteriormente, o bien cuando un servidor realiza la cancelación de una transacción.

### ID de transacción

El ID de transacción es un número entero mantenido por un nodo CoAP para todos los mensajes confirmables o no confirmables que envía. Cada nodo CoAP mantiene una variable única de ID de transacción que cambia cada vez que se envía un nuevo mensaje confirmable o no confirmable, independientemente de la dirección o el puerto de destino.

El ID de transacción se utiliza para hacer coincidir un acuse de recibo ACK con una solicitud pendiente, para transmitir y también descartar mensajes duplicados. El ID de transacción debe ser aleatorio y no debe reutilizarse dentro de la ventana de transmisión potencial, calculada de la siguiente forma:  $RESPONSE\_TIMEOUT * (2 ^ MAX\_RETRANSMIT - 1)$ .

## **Métodos**

CoAP admite los métodos GET, POST, PUT y DELETE, que se pueden mapear fácilmente con HTTP, y en esta sección vamos a describir brevemente el comportamiento de cada uno.

### **GET**

El método GET obtiene la información del recurso identificado por el URI del request. En caso de éxito, el servidor devuelve un código 200 (OK) como respuesta. Opcionalmente, la respuesta a un GET se puede almacenar en caché si cumple con los requisitos adecuados.

### **POST**

El método POST se utiliza para crear un nuevo recurso en el servidor. Si el recurso se ha creado correctamente, el código de respuesta debería ser 201 (Creado), incluyendo el URI del nuevo recurso. Si el POST se ejecuta correctamente, pero no se crea ningún nuevo recurso en el servidor, debería devolverse un código de respuesta 200 (OK). Las respuestas a este método no se pueden almacenar en caché ya que van a ser distintas cada vez que se haga un llamado.

### **PUT**

El método PUT se utiliza para actualizar el recurso identificado por el URI del request. Si existe un recurso en ese URI, el cuerpo del mensaje debe contener las modificaciones del recurso, y debería devolverse una respuesta 200 (OK).

Si no existe ningún recurso en la URI del request, el servidor puede crear uno nuevo con ese URI devolviendo un código 201 (Creado) como respuesta. Si el servidor no pudo crear el recurso, entonces debería enviar un código de error apropiado. Del mismo modo que con el método POST, las respuestas a este método no se pueden almacenar en caché.

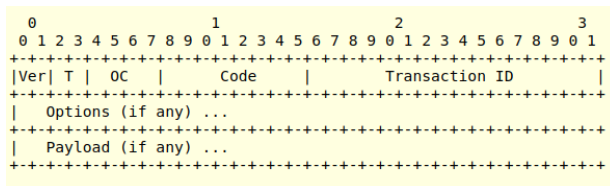
### **DELETE**

El método DELETE solicita que se elimine el recurso identificado por el URI del request. En caso de que se pueda eliminar correctamente el recurso, el servidor debería devolver un código 200 como respuesta. Así mismo, con este método las respuestas no se pueden almacenar en caché.

### Formato de mensajes

Las transacciones en CoAP usan un formato de encabezado base que puede ir seguido de distintas opciones de manera optativa. Los bytes posteriores al encabezado del paquete se consideran el payload del mensaje, si corresponde. La longitud del payload del mensaje está regida por la longitud de un datagrama UDP.

El header se utiliza en todas las transacciones de CoAP, ya sea para requests o responses con cualquiera de los tipos de mensajes y con cualquier método CoAP. En la imagen siguiente podrás ver la descripción de un header CoAP.



**Figura 58:** tamaño de la información de coap

Fuente: Bassi A, (2021),

- **Ver (versión):** este campo contiene 2 bits que indican la versión CoAP utilizada.
- **T (type):** este campo contiene 2 bits que indican el tipo de mensaje. Puede tomar cuatro valores, que son Confirmable, Non-confirmable, Acknowledgement y Reset.
- **OC (option count):** este campo sirve para hacer recuento de opciones. Son 4 bits que indican si hay opciones después del header base. Si se establece en 0, el payload del mensaje sigue inmediatamente al header base. Si es mayor que cero, el campo indica el número de opciones que seguirán inmediatamente al encabezado base.
- **Code:** 8 bits que indican el método o el código de respuesta de un mensaje. El valor 0 indica que no hay código. Los valores del 1-10 se utilizan para los códigos de método CoAP, los

valores 11-39 se reservan para uso futuro y los valores 40-255 se utilizan para los códigos de respuesta.

- **Transaction ID:** 16 bits que indican el ID del mensaje. Permite evitar duplicidad y facilitar mensajes del tipo Acknowledgement y Reset.

A continuación del header, pueden definirse las opciones y a continuación el payload del mensaje. El payload del mensaje estará atado a la aplicación en particular. Veamos algunas opciones que se pueden incluir en un mensaje.

- **Content-Type:** La opción de tipo de contenido indica el tipo de medio de internet del cuerpo del mensaje, que está definido por una Tabla. Se debe incluir una opción de identificador de tipo de contenido si hay payload en un mensaje CoAP. Si no existe esta opción, se asume el formato text/plain.
- **Max Age:** La opción Max-age indica la antigüedad en segundos del recurso para su uso en el control de caché. El valor de la opción es un entero\_variable entre 8 y 32 bits. Se asume un valor predeterminado de 60 segundos en ausencia de esta opción.
- **Token:** La opción Token es una secuencia de 1-2 bytes que se usa para hacer coincidir request y un response que pueden enviarse de manera asincrónica. El token es inicialmente generado por un cliente cuando ejecuta un request. Este valor es conservado por el servidor, que al momento de devolver la respuesta aplica el token en el header de respuesta.

## Proxy

Un proxy es una entidad CoAP que atiende requests almacenadas en caché en nombre de otras entidades CoAP. Cualquier nodo en una red CoAP puede actuar como un proxy, aunque en general suele ser el nodo entre la red restringida e internet quien implementa la funcionalidad. El uso de un proxy es necesario en los siguientes escenarios:

- Cuando hay clientes externos a la red restringida que desean acceder a la información de los nodos. En estos casos, los clientes externos deben acceder al proxy en vez de a los servidores CoAP directamente.
- Cuando se desee acceder a los recursos de los servers CoAP dentro de la misma red restringida, pero se debe ajustar el rendimiento de la red de manera más óptima.

- Cuando los clientes de los dispositivos desean acceder a la información de los recursos, pero los dispositivos se encuentran en modo bajo consumo.

### Otros aspectos

Hasta el momento vimos de manera general las características más importantes del protocolo, pero aún quedan muchos otros aspectos de interés. En esta sección vamos a describir algunos.

#### Retransmisión de mensajes

Una entidad CoAP realiza un seguimiento de los mensajes confirmables abiertos que envió y que están esperando una respuesta. Cada mensaje incluye al menos una dirección IP y un puerto de destino, el payload del mensaje, un contador de retransmisión y un tiempo de espera.

El seguimiento de los mensajes se realiza a través de un registro con un tiempo de espera inicial predeterminado - identificado como `RESPONSE_TIMEOUT` - y estableciendo el contador de retransmisión en 0. Cuando se recibe un ACK coincidente con el mensaje el registro se elimina, ya que la operación se encuentra confirmada.

Cuando se alcanza el valor de `RESPONSE_TIMEOUT` sin haber llegado al máximo de retransmisiones - identificadas por el valor `MAX_RETRANSMIT` -, el mensaje original se retransmite al destino sin modificación, el contador de retransmisión se incrementa y el tiempo de espera se duplica.

Si el contador de retransmisiones llega a `MAX_RETRANSMIT`, el registro abierto para ese mensaje se elimina y se informa que ha ocurrido un error.

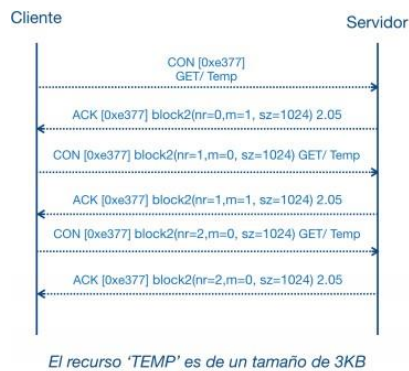
#### Envío de bloques

Debido a la naturaleza restringida de las redes y dispositivos que ejecutan CoAP, para los casos donde es necesario enviar una elevada cantidad de datos se debe hacer uso de la funcionalidad Block-Wise Transfers. Básicamente se divide un bloque de información en bloques más pequeños, y entre las principales características de la funcionalidad están:

- Bloques de un tamaño definido entre 16 bytes y 1 kilobyte.
- Todos los bloques utilizan el mismo tipo de mensaje (CON o NON).
- El tamaño de los bloques será negociado entre las entidades CoAP.

- Las capas superiores no pueden modificar estos parámetros, la aplicación recibe la información directamente ensamblada.

Al igual que con los tipos de mensaje, existen diferentes diagramas dependiendo de la negociación entre los dispositivos, y en la siguiente Figura podemos ver el caso más simple.

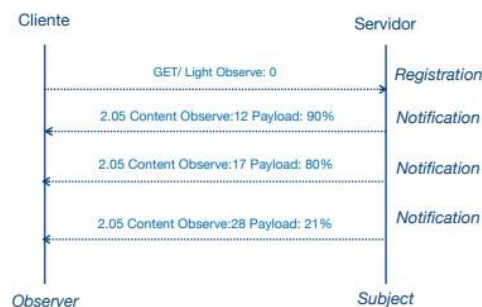


**Figura 59:** comunicación de cliente/servidor

Fuente: Bassi A, (2021),

#### Observación de recursos

Un cliente CoAP puede acceder a los recursos que el servidor ofrezca ejecutando los requests que vimos anteriormente. Sin embargo, si una entidad desea recibir el valor de un recurso cuando éste sufra una modificación, es necesario el uso de la observación de recursos. En esta funcionalidad se define un sujeto, un observador, el mensaje de registro y los mensajes de notificación. Veamos un ejemplo en este diagrama.



**Figura 60:** comunicación de cliente/servidor

Fuente: Bassi A, (2021),

## Descubrimiento de recursos

El descubrimiento de los recursos que puede ofrecer un servidor CoAP es una funcionalidad muy importante en entornos M2M, ya que permite la detección automática de las posibilidades que ofrece cada entidad. Para estos casos, existe una petición especial conocida como well-known que el cliente debe realizar. En el diagrama siguiente hay una descripción de esta funcionalidad.

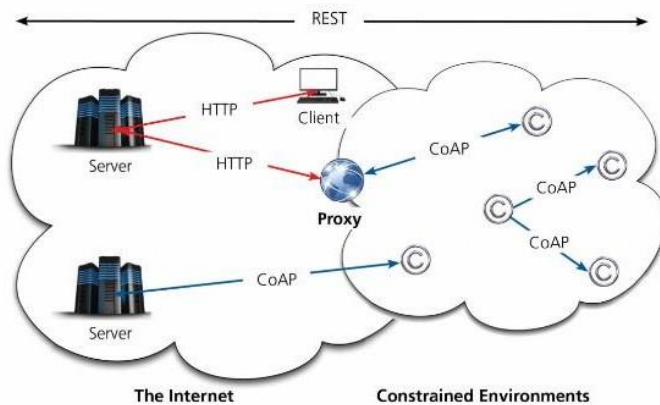


**Figura 61:** comunicación de cliente/servidor

Fuente: Bassi A, (2021),

## Mapeo CoAP-HTTP

El mapeo entre CoAP y HTTP es utilizado en varios escenarios, donde dos posibles resultan característicos. Por un lado, cuando se necesita implementar una interfaz web HTTP para utilizarla sobre CoAP, y por otro, implementar un proxy HTTP-CoAP. En la siguiente Figura podemos ver un caso utilizando un proxy para llegar desde un cliente web HTTP a una red CoAP.



**Figura 62:** mapeo coap

Fuente: Bassi A, (2021),

Tal como vimos, los métodos que implementa CoAP son GET, POST, PUT & DELETE. Esto permite hacer un mapeo directo entre los dos protocolos en la mayoría de los casos. El mapeo de CoAP a HTTP es sencillo, se realiza una conversión directa de los métodos y las opciones a los correspondientes de HTTP. No obstante, la conversión de HTTP a CoAP puede resultar más tediosa ya que existen métodos, opciones y content-type que no implementa CoAP.

BassiA, (2021)

[El 802.15.4](#)

### **Es un protocolo de comunicaciones definido por el IEEE**

Está destinado a las redes inalámbricas de la familia LR WPAN (Low Rate Wireless Personal Area Network) debido a su bajo consumo, bajo alcance y baja velocidad de los dispositivos que utilizan este protocolo.

802.15.4 es utilizado por muchas implementaciones basadas en protocolos propietarios o Protocolo de Internet (IP), como ZigBee y 6LoWPAN.

Las características de LR WPAN son:

- la formación de una red de tipo estrella o malla
- asignación de una dirección de 16 o 64 bits
- el uso de CSMA / CA para comunicarse
- bajo consumo de energía
- detección de energía (ED)
- la indicación de calidad del enlace (LQI)
- el uso de:
  - 16 canales en la banda de frecuencia 2,4 a 2,483 5 GHz,
  - 10 canales en la banda de frecuencia de 902 a 928 MHz,
  - 1 canal en la banda de frecuencia 868 a 868,6 MHz.

El IEEE ha definido dos tipos de dispositivos que pueden participar en una red

- el dispositivo tiene todas las funciones posibles (FFD: dispositivo de función completa)
- el dispositivo con funciones limitadas (RFD: Dispositivo de función reducida)

### **ZigBee**

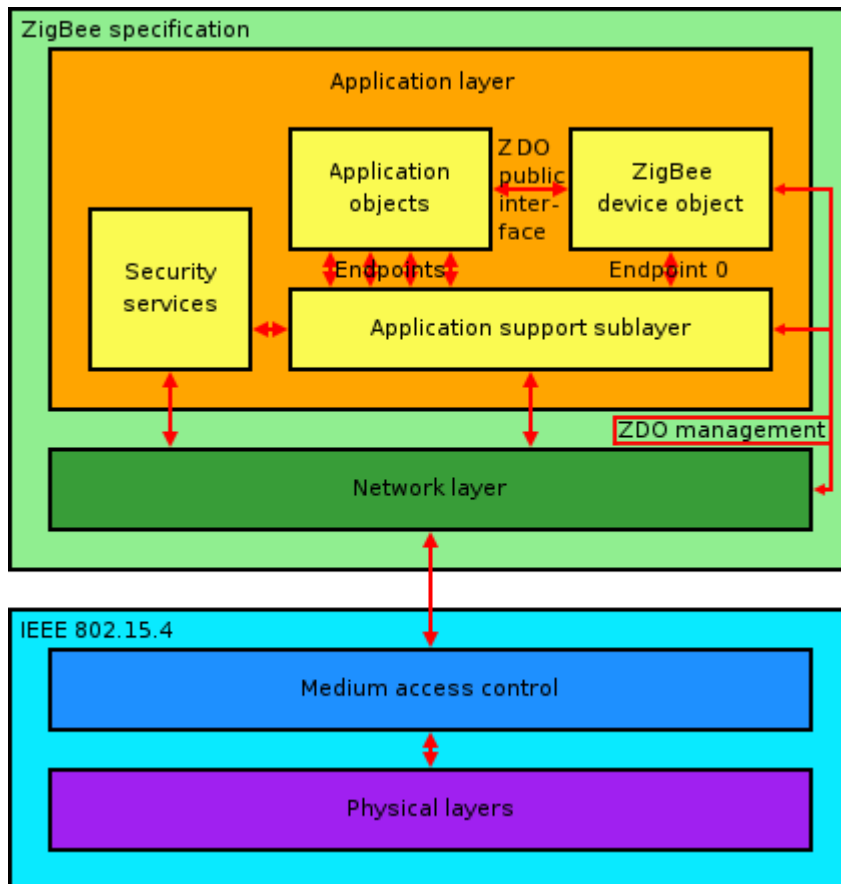
**IEEE 802.15.4** es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN). El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo. También es la base sobre la que se define la especificación de ZigBee, cuyo propósito es ofrecer una solución completa para este tipo de redes construyendo los niveles superiores de la pila de protocolos que el estándar no cubre.

Bluetooth y RFID se encuentran en el grupo de trabajo 802.15.

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.

En principio, el ámbito donde se prevé que esta tecnología cobre más fuerza es en domótica, como puede verse en los documentos de la ZigBee Alliance. La razón de ello son diversas características que lo diferencian de otras tecnologías:

- Su bajo consumo.
- Su topología de red en malla.
- Su fácil integración (se pueden fabricar nodos con muy poca electrónica).



**Figura 63:** posición de IEEE.802.15.4

Fuente: @jecrespom, (2016)

ZigBee utiliza la banda ISM para usos industriales, científicos y médicos; en concreto, 868 MHz en Europa, 915 en Estados Unidos y 2,4 GHz en todo el mundo. Sin embargo, a la hora de diseñar dispositivos, las empresas optarán prácticamente siempre por la banda de 2,4 GHz, por ser libre en todo el mundo. El desarrollo de la tecnología se centra en la sencillez y el bajo costo más que otras redes inalámbricas semejantes de la familia WPAN, como por ejemplo Bluetooth.

El estándar Zigbee se utiliza primordialmente para aplicaciones domóticas donde es mínima la capacidad de transferencia de información y el costo y consumo tienen un papel fundamental. ZigBee se utiliza para controlar la calefacción, iluminación, sistema de seguridad, etc. de cualquier edificio inteligente. Se espera que ZigBee se aplique para industrias, juguetes, periféricos de PC,

componentes electrónicos, sistemas de control automático, medicina, etc. pero en este momento su principal aplicación es en los sistemas de domótica y de automatización.

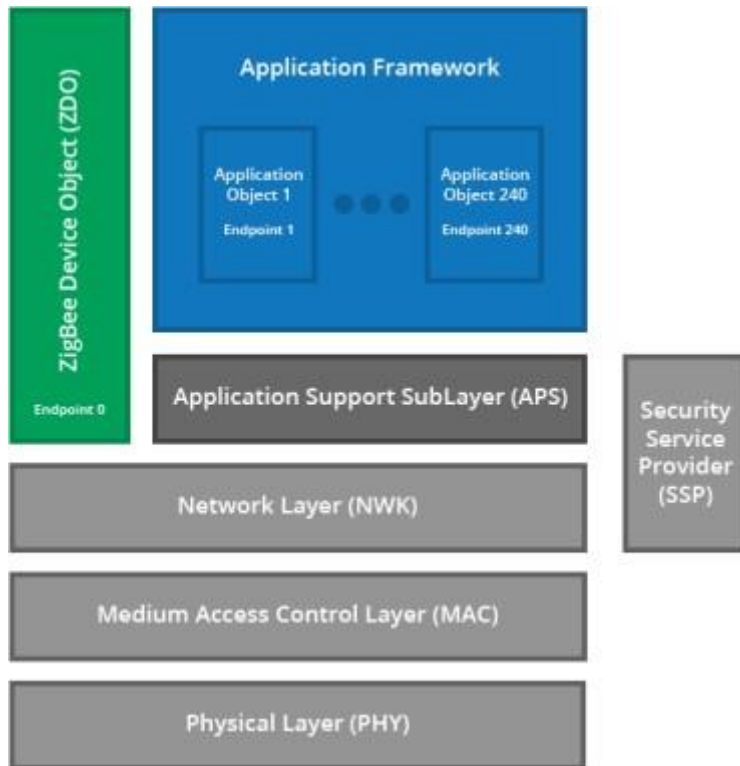
Zigbee Soporta tres tipos de topologías de red:

- Star o Estrella: presenta larga vida útil como consecuencia del bajo consumo que requiere.
- Mesh o Malla: en la cual existen múltiples rutas para alcanzar un destino, obteniéndose alta confiabilidad.
- Cluster Tree o Racimo de Árbol: es una topología del tipo Mesh-Star que encierra los beneficios de ambas.

Las comunicaciones Zigbee se realizan en la banda libre de 2.4GHz. A diferencia de bluetooth no utiliza FHSS (Frequency hopping), sino que realiza las comunicaciones a través de una única frecuencia, es decir, de un canal. Normalmente puede escogerse un canal de entre 16 posibles. El alcance depende de la potencia de emisión del dispositivo, así como el tipo de antenas utilizadas (cerámicas, dipolos, ...) El alcance normal con antena dipolo en visión directa suele ser aproximadamente (tomando como ejemplo el caso de MaxStream, en la versión de 1mW de potencia) de 100m y en interiores de unos 30m. La velocidad de transmisión de datos de una red Zigbee es de hasta 256kbps. Por último decir que una red Zigbee la pueden formar, teóricamente, hasta 65535 equipos, es decir, el protocolo está preparado para poder controlar en la misma red esta cantidad enorme de dispositivos. La realidad es menor, siendo, de todas formas, de miles de equipos.

El estándar Zigbee permite la interoperabilidad entre diferentes dispositivos de diferentes fabricantes. Por ejemplo, nos permitiría controlar luces, sistemas de climatización, riego automático, etc... De diferentes marcas usando un mismo protocolo con productos certificados Zigbee.

Para lograr esta interoperabilidad entre dispositivos, el protocolo Zigbee está organizado en capas que separan los componentes y las funciones en módulos independientes.



**Figura 64:** posición de IEEE.802.15.4 en ISO

Fuente: @jecrespom, (2016)

Las capas PHY y MAC son las especificadas por el estándar IEEE 802.15.4 y la capa NWK está especificada por el estándar Zigbee que maneja la estructura de red, enrutamiento y seguridad.

La capa de aplicación es la que habilita la interoperabilidad y está compuesta por:

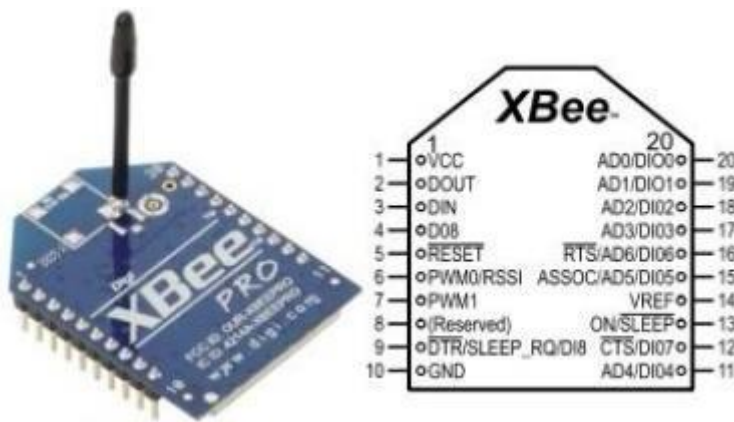
- **APS:** ofrece un interfaz entre la red y la capa de aplicación, define los mensajes estandarizados que permite la comunicación entre dispositivos de diferentes fabricantes.
- **Application Framework:** es el entorno donde se almacenan las aplicaciones en los dispositivos ZigBee.
- **ZDO (ZigBee Device Object):** ofrece funcionalidades de descubrimiento de dispositivos y gestión avanzada de red.

## **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

Los módulos Xbee han sido diseñados para aplicaciones que requieren de un alto tráfico de datos, baja latencia y una sincronización de comunicación predecible. Por lo que básicamente XBee es propiedad de Digi basado en el protocolo Zigbee. En términos simples, los XBee son módulos inalámbricos fáciles de usar.

Xbee es el nombre comercial de la familia de módulos de radio con un factor de forma compatible de Digi International



**Figura 65:** chip de comunicación xbee

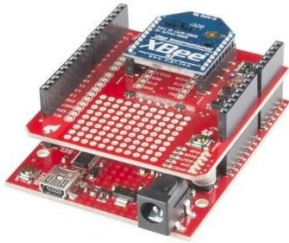
Fuente: @jecrespom, (2016)

Los módulos de radio XBee pueden ser usados con un número mínimo de conexiones: Power (3.3V), GND y TX/RX de la UART, junto con otras conexiones recomendables como reset y sleep. La mayoría de los módulos XBee tienen otras conexiones como flow control, input/output (I/O), analog-to-digital converter (A/D) and indicator

Los módulos XBee funcionan a 3.3V y los pines no son tolerantes a 5V. Desde Arduino podemos alimentar un módulo XBee, pero la comunicación serie en Arduino es a 5V y en el módulo XBee es a 3.3V.

Los módulos más sencillos de Xbee son la serie 1 (también llamada 802.15.4) que no soportan mesh e implementan el estándar 802.15.4. Son los más fáciles de usar y los más recomendados.

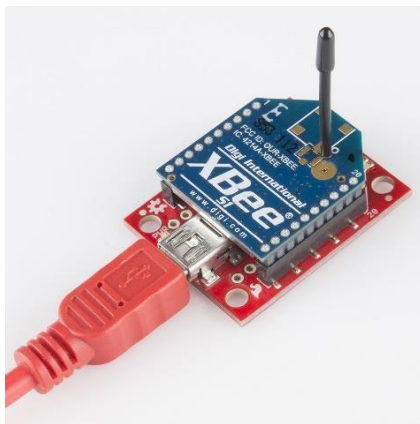
Para usar un módulo XBee con Arduino es necesario un Shield o un adaptador para conectar el puerto serie de XBee con el de Arduino.



**Figura 66:** chip de comunicación xbee con Arduino

Fuente: @jecrespom, (2016)

Para usar o configurar un módulo XBee con Ordenador es necesario un adaptador que generalmente tiene un chip FTDI que hace de pasarela entre el puerto serie y el USB.



**Figura 67:** chip de comunicación xbee con Arduino

Fuente: @jecrespom, (2016)

Los parámetros que afectan a la hora de elegir un módulo en función de la aplicación son:

- El país de uso, las frecuencias están reguladas en cada país y debe tenerse en cuenta.
- Alcance de la señal. Para un mayor rango será necesario seleccionar una antena o usar un módulo XBee-PRO
- Consumo del módulo
- Topología de la red de nuestra aplicación.

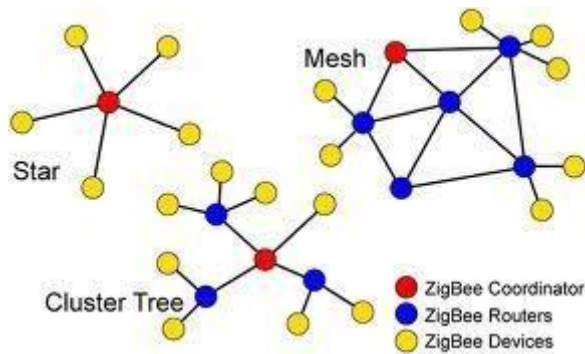
### **Arquitectura Básica de una Red XBee**

Una red XBee la forman básicamente 3 tipos de elementos. Un único dispositivo Coordinador, dispositivos Routers y dispositivos finales (end points). Los módulos XBee son versátiles a la hora de establecer diversas topologías de red, dependiendo la serie de XBee que escojamos pueden crearse redes.

**El Coordinador:** Es el nodo de la red que tiene la única función de formar una red. Es el responsable de establecer el canal de comunicaciones (como hablábamos antes) y del PAN ID (identificador de red) para toda la red. Una vez establecidos estos parámetros, el Coordinador puede formar una red, permitiendo unirse a él a dispositivos Routers y End Points. Una vez formada la red, el Coordinador hace las funciones de Router, esto es, participar en el enrutador de paquetes y ser origen y/o destinatario de información.

**Los Routers:** Es un nodo que crea y mantiene información sobre la red para determinar la mejor ruta para enrutar un paquete de información. Lógicamente un Router debe unirse a una red Zigbee antes de poder actuar como Router retransmitiendo paquetes de otros Routers o de End points.

**End Device:** Los dispositivos finales no tienen capacidad de enrutar paquetes. Deben interactuar siempre a través de su nodo padre, ya sea este un Coordinador o un Router, es decir, no puede enviar información directamente a otro end device. Normalmente estos equipos van alimentados a baterías. El consumo es menor al no tener que realizar funciones de enrutamiento.



**Figura 68:** tipos de red que soporta xbee

Fuente: @jecrespom, (2016)

Los módulos XBee son versátiles a la hora de establecer diversas topologías de red, dependiendo la serie de XBee que escojas puedes crear redes:

- Punto a punto
- Estrella
- Malla
- Árbol
- Mixtas

### Módulos XBee

Los módulos XBee de digi son pequeños módulos RF (radio frecuencia) que transmiten y reciben datos sobre el aire usando señales de radio. La capacidad inalámbrica es esencial cuando se quieren instalar sensores en lugares donde no hay cables.

Los módulos XBee son altamente configurables y soportan múltiples protocolos para permitir usarlo tanto en un enlace punto a punto como en un diseño complejo con muchos dispositivos en una red mesh.

Algunos ejemplos de uso de los módulos XBee:

- Controlar un robot remotamente
- Añadir inteligencia a una casa edificio sin tener que realizar cableados

- Para aplicaciones industriales, por ejemplo para monitorizar temperatura, presión o máquinas complejas.

**XBee Series 1** (también llamados XBee 802.15.4) – Son la serie más fácil para trabajar, no necesitan ser configurados, pero incluso así se pueden obtener beneficios de estos módulos. Debido a que son fáciles para trabajar, son los más recomendables especialmente si se está empezando. Para comunicaciones Punto-a-Punto, estos módulos trabajan tan bien como los de la Serie 2, pero sin todo el trabajo de preconfiguración previa. El hardware de las Series 1 y las Series 2/2.5/ZB NO SON COMPATIBLES. No trates de mezclarlos, no funcionará.

@jecrespom, (2016)

## Repetidores wifi

### DynaDish 5 RBDynaDishG-5HacD MikroTik



**Figura 69:** repetidor wifi

Fuente: Net-wifi, (2020),

El DynaDish 5 es un nuevo dispositivo para exteriores 802.11ac con una antena integrada. De diseño compacto, es un producto simple y completamente integrado, con todo lo necesario para instalar rápidamente un enlace punto a punto confiable.

El DynaDish 5 funciona con una nueva CPU Qualcomm de 720 MHz.

- Ideal para conexiones punto a punto
- Tarjeta integrada de doble cadena de 5 GHz en una antena de 25 dBi con un ancho de haz de 8 grados
- CPU DDR2 de 300 MHz y 720 MHz
- Un puerto Gigabit Ethernet

El paquete incluye una fuente de alimentación de 24 V 0,8 A, un inyector PoE, un soporte de montaje ajustable y hardware.

Ideal para enlaces inalámbricos punto a punto de largo alcance.

#### Actuación

Rendimiento máximo:	Hasta 1,5 Gbps IP agregado UL/DL
Tasa máxima de PHY:	PHY de 1,7 Gbps
Baja latencia:	<1 ms
Mac compatibles:	TDMA, TDMA-FD

#### Radio

MIMO y Modulación:	4x4:4 MIMO OFDM hasta 256 QAM
--------------------	-------------------------------

## Actuación

Banda ancha:	Canal simple o doble; Ancho de canal de 20/40/80 MHz
Espaciado de canales:	Un solo canal permite un espacio entre canales de 5 MHz; El canal doble permite incrementos de espaciado de 5 MHz separados y sin superposición
Rango de frecuencia:	24.00 - 24.25 GHz soporte mundial; El rango de operación es 24.07 - 24.23 GHz
PIRE:	~20 dBm (CE) ~33 dBm (FCC/IC) ~37 dBm (otras regiones)
Potencia de salida mínima:	-20dBm
Nivel de incremento de potencia:	1dB

## Actuación

---

Sensibilidad (MCS0):	-84 dBm a 80 MHz -87 dBm a 40 MHz -90 dBm a 20 MHz
----------------------	--

---

## Antena

---

Ganar:	33 dBi
--------	--------

---

Ancho de haz (3dB):	3.0°
---------------------	------

---

Ajuste de elevación:	Ajuste mecánico de +- 2,5° de azimut Ajuste mecánico de elevación de +-15°
----------------------	---

---

Relación de adelante hacia atrás:	>30dB
-----------------------------------	-------

---

Aislamiento polar cruzado:	>20dB
----------------------------	-------

---

Polarización:	Dual-lineal (inclinación 45°)
---------------	----------------------------------

---

## Fuerza

---

Consumo máximo de energía:	19,5 vatios
----------------------------	-------------

---

Método de alimentación del sistema:	Cumple con 48 V CC 802.3at
-------------------------------------	-------------------------------

## Actuación

---

Sistema de protección contra rayos y ESD:	6 kV
Fuente de alimentación PoE:	Compatible con POE pasivo, alimentación a través de Ethernet de 50 V 1,2 A (incluido)

---

## Físico

---

Dimensiones:	Altura: 260 mm (10,24")
	Ancho: 260 mm (10,24")
	Profundidad: 134 mm (5,3") sin soporte; 252 mm (9,9") con soporte
Peso:	2,76 kg (6 libras) incluido el montaje
Características del recinto:	Plástico resistente a los rayos UV para exteriores; Panel de montaje de aluminio con recubrimiento en polvo
Supervivencia al viento:	200 km/h (125 mph)

## Actuación

---

Carga de viento: 12,52 kg a 160 km/h  
(27,61 libras a 100 mph)

---

Montaje: Montaje de poste de puntería ligero de precisión con  $\pm 15^\circ$  de elevación y tornillos de ajuste horizontal de  $\pm 2,5^\circ$

---

Interfaces de red: Ethernet Gigabit (RJ45) y fibra Gigabit (jaula SFP); Modos de funcionamiento: espera en caliente

---

## Ambiental

---

Clasificación de protección de entrada al aire libre: IP67

---

Temperatura de funcionamiento:  $-40^\circ\text{C}$  a  $+55^\circ\text{C}$  ( $-40^\circ\text{F}$  a  $131^\circ\text{F}$ )

---

Humedad de funcionamiento: 5 a 100% de condensación

---

Altitud de funcionamiento: 4.420 m (14.500') máx.

## Actuación

---

Choque y vibración:	ETS 300-019-2-4 clase 4M5
---------------------	------------------------------

---

## Normativa y Cumplimiento

---

Aprobaciones:	FCC	15.249
	IC	RSS210
	ETSI EN	300-440
	V2.1.1	
	CE	

---

Conformidad con la RoHS:	Sí; RAEE
--------------------------	----------

---

Seguridad:	CE/ES/ 60950-1
------------	----------------

---

## Características

---

Gigabit Ethernet:	10/100/1000-BASE-T
-------------------	--------------------

---

Capacidad de fibra:	Admite interfaz SFP para operación de fibra
---------------------	--

---

Redundancia Ethernet:	conmutación por error de doble enlace; No es compatible con el funcionamiento simultáneo de ethernet + fibra
-----------------------	---

## Actuación

---

Operación de protocolo dual:	2 radios de flujo dual que funcionan en frecuencias no contiguas permiten un rendimiento similar al FDD tradicional o el equilibrio de carga automático TDMA del tráfico en 4 flujos MIMO totales con codificación de flujo individual de hasta 256 QAM
Servicios de administración:	Supervisión y gestión de la nube de Mimosa Supervisión de SNMPv2 y Syslog Interfaz de usuario web basada en HTTPS HTML5 Radio 802.11b/g/n de 2,4 GHz para acceso de gestión local
Alineación de antena inteligente:	Radio de gestión Wi-Fi de 2,4 GHz dedicada y manos libres

## Actuación

Gestión inteligente del espectro:	El escaneo activo monitorea/registra la interferencia de RF en curso a través de los canales sin impacto en el servicio; Optimización automática dinámica de ancho de banda, potencia y modulación
Seguridad:	AES PSK de 128 bits con aceleración de hardware
calidad del servicio:	Admite 4 niveles de QoS preconfigurados
Ubicación GPS:	GNSS-1 (GPS + GLONASS)
Sincronización de colocación:	Sincronización GPS TX/RX de 1PPS para radios de canal coubicado; Relación de ancho de banda ascendente/descendente ajustable

**Tabla 3 características de repetidor wifi**

Fuente: Net-wifi, (2020),

Net-Wifi, (2020)

Antena wifi exterior Tp Link CPE210



**Figura 70:** repetidor wifi

Fuente: Tecnopeda, (2021),

Instalar y Configurar una Antena Wifi Exterior de Largo Alcance

Así puedes **instalar y configurar una antena wifi exterior** de largo alcance en tu propia casa. Instalar una antena wifi de largo alcance es la mejor forma para **conectarse a una red wifi lejana**. Gracias a este tipo de antenas, podrás acceder a redes wifi lejanas y conectarte a ellas. Configurar una **antena wifi de largo alcance** es un proceso bastante sencillo y automatizado en muchos modelos. Además, podemos **configurar una antena wifi exterior** para ser utilizada de distintas formas y manera. Por ejemplo, para conectar directamente a ella un Pc o bien para crear una nueva wifi con un Router.

## ¿Cuál es la mejor antena wifi exterior de largo alcance del mercado?

Hablar sobre cuál es **la mejor antena wifi de largo alcance** es un tema algo complicado. Primero tenemos que tener en cuenta la potencia que necesitamos en una **antena wifi exterior**. Rápidamente pensamos que a mayor potencia mayor alcance tendrá la **antena wifi de largo alcance**, pero no es así. Muchas veces se destaca la potencia y el alcance de una antena wifi exterior por encima de otras características. Son simplemente reclamos, ya que rara vez el alcance de una antena wifi publicitado corresponde al alcance real. Para **comprar una antena wifi exterior de largo alcance** nos debemos fijar en su ganancia. Además, también es importante conocer qué tipo de chip monta su procesador. A mayor ganancia y sensibilidad de su chipset, mayor será el alcance y estabilidad que podremos conseguir.

## ¿CÓMO INSTALAR UNA ANTENA WIFI EXTERIOR?

**Instalar una antena wifi exterior** no tiene ningún secreto, tan solo deberemos tener en cuenta algunos aspectos. Por ejemplo, deberemos instalar la antena en un lugar elevado de nuestra casa. Y debe estar dirigida hacia el lugar de donde proviene la señal wifi a la que deseamos conectarnos. También, deberemos evitar en la medida de lo posible cualquier obstáculo entre la antena y la señal wifi. Nosotros vamos a **instalar una antena wifi exterior Tp Link CPE210** de 2,4 GHz y una ganancia de 9 dBi. Probablemente estemos ante una de las mejores antenas wifi de largo alcance del mercado con la que podremos navegar de velocidades de hasta 300Mb. La antena wifi exterior Tp Link CPE210 es válida para conectarnos a redes wifi de hasta 5 Km de distancia. La conexión de la antena es a través de cable de red LAN por lo que debe ser alimentada por un PoE pasivo. Dispositivo de alimentación para la antena wifi exterior que está incluido en el paquete.

Para este ejemplo, vamos a colocar la antena wifi exterior en una ventana. Pero antes deslizamos la trampilla inferior para conectar el cable de red que irá hasta el PoE interior. Un PoE Pasivo es un dispositivo utilizado para dar corriente a la antena wifi exterior. Este dispositivo de alimentación va conectado a la electricidad y a él se conecta el cable que llega de la antena. En la conexión LAN del PoE debemos conectar el equipo que vamos a utilizar, ya sea un Pc o un Router.

## CONFIGURAR UNA ANTENA WIFI EXTERIOR

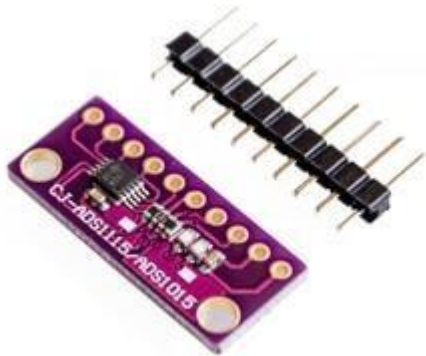
La configuración de una antena wifi exterior se realiza de forma muy similar a la de un Router. Deberemos conectarla a un equipo y acceder a su configuración desde la puerta de enlace. Por

defecto, **la antena wifi exterior Tp Link CPE210** tiene establecida una IP en 192.168.0.254. Esta será su puerta de enlace desde la que accederemos a la configuración de la antena wifi exterior. Para configurar la antena wifi exterior debemos cambiar las propiedades del adaptador de red del equipo. Debemos configurar una IP en el adaptador dentro del mismo rango del utilizado por la antena. Por ejemplo, podemos configurar el adaptador de red con la IP: 192.168.0.253.

Tecnopeda, (2021)

#### Convertidor de analógico a digital ADS1115 y ESP8266

El dispositivo ADS1115 es un convertidor de analógico al digital (ADC) de precisión, baja potencia, 16 bits, compatible con I2C, que se ofrece en un paquete X2QFN-10 ultra pequeño y sin cables, y un paquete VSSOP-10. El dispositivo ADS1115 incorpora una referencia de tensión de baja deriva y un oscilador. El ADS1115 también incorpora un amplificador de ganancia programable y un comparador digital. Estas características, junto con un amplio rango de suministro operativo, hacen que el ADS1115 sea ideal para aplicaciones de medición de sensores con limitaciones de energía y espacio.



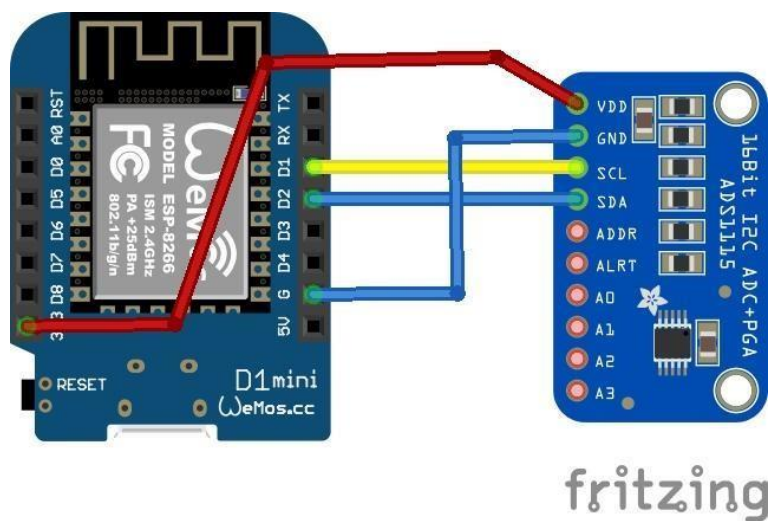
**Figura 71:** convertidor de analógico al digital

Fuente: Desconocido, (2022),

El ADS1115 funciona en modo de conversión continua o en modo de disparo único. Los dispositivos se apagan automáticamente después de una conversión en modo de disparo único; por lo tanto, el consumo de energía se reduce significativamente durante los períodos de inactividad.

### Esquemas/Diseño

En el diseño a continuación, solo mostramos la conexión básica entre Wemos Mini y ADS1115: puede agregar un potenciómetro, conectar un LDR a una de las entradas A0 - A3 del ADS1115



**Figura 72:** conexión de convertidor de analógico al digital

Fuente: Desconocido, (2022),

### Código

Nuevamente usamos una biblioteca y nuevamente es una de adafruit

```
[codesintaxis lang="cpp"]
```

```
#include <Cable.h>
```

```
#incluye <Adafruit_ADS1015.h>
```

```
Adafruit_ADS1115 anuncios (0x48);
```

configuración vacía (vacío)

```
{  
Serial. Begin (9600);  
Serial.println ("¡Hola!");
```

```
Serial.println ("Obteniendo lecturas de terminación única de AIN0...3");
```

```
Serial.println ("Rango ADC: +/- 6.144V (1 bit = 3mV/ADS1015, 0.1875mV/ADS1115)");
```

```
Anuncios. Begin ();
```

```
}
```

Bucle vacío (vacío)

```
{
```

```
int16_t adc0, adc1, adc2, adc3;
```

```
adc0 = anuncios.readADC_SingleEnded(0);
```

```
adc1 = anuncios.readADC_SingleEnded(1);
```

```
adc2 = anuncios.readADC_SingleEnded(2);
```

```
adc3 = anuncios.readADC_SingleEnded(3);
```

```
Serial.print("AIN0: ");
```

```
Serial.println(adc0);
```

```
Serial.print("AIN1: ");
```

```
Serial.println(adc1);
```

```
Serial.print("AIN2: ");
```

```
Serial.println(adc2);
Serial.print("AIN3: ");
Serial.println(adc3);
Serial.println(" ");
```

```
retraso (1000);
```

```
}
```

```
[/codigosintaxis]
```

Desconocido,(2022),

¿Cómo calculo el valor analógico si uso un ADC externo?

Para realizar el cálculo del que hemos hablado primero debemos conocer dos valores que dependen de cómo hayamos diseñado nuestro circuito. Estos valores son: el voltaje de alimentación del sistema, normalmente 3.3V o 5V y la cantidad de niveles discretos que puede entregar nuestro conversor. Esta última cantidad es algo simple de calcular si comprendemos la naturaleza de un número binario. Si se tiene por ejemplo un número binario de 4 bits, se ve que puede tener por cada dígito dos posibles valores (0 o 1), luego como son 4 dígitos el número total de valores que se pueden representar será:

$$2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 = 2^4$$

Esto es una regla general para cualquier número binario, por lo que si se tienen un conversor de, por ejemplo 8 bits, se podrán representar 256 valores distintos (2 elevado a 8).

Ahora que conocemos ambos valores, podremos calcular de manera simple el voltaje medido usando la ecuación que describe el funcionamiento de un conversor análogo digital.

$$N_{binario} = \frac{V_{análogo} \cdot T_{valores}}{V_{sistema}}$$

**Ecuación 2: cálculo de conversión**

En esta ecuación  $N_{binario}$  es el número binario que puede ser leído del conversor,  $V_{analogo}$  es el voltaje análogo existente en el pin de entrada al conversor,  $T_{valores}$  el total rango de valores que se puede representar con el conversor y  $V_{sistema}$  es el voltaje de funcionamiento del circuito. Si por ejemplo, queremos saber la relación para un sistema que se alimenta con 5V y con un conversor digital-análogo de 8 bits, tendremos:

$$N_{binario} = \frac{V_{analogo} \cdot 256}{5000}$$

### Ecuación 3: conversión a binario

¿Por qué utilizamos 5000 en lugar de 5 en el voltaje de operación? Porque es mejor expresar el voltaje en milivolts, de esta manera los voltajes leídos serán números enteros con una buena precisión.

Veamos finalmente como obtener el voltaje análogo leído si se tiene la lectura del número binario entregado por el conversor, para ello primero recordamos que un número binario puede ser visto también como un número decimal, entonces lo ocuparemos de esta manera para evitarnos enredos innecesarios. Además debemos despejar nuestra ecuación para expresar el voltaje análogo en función del número binario leído. Con ello la ecuación queda:

$$V_{analogo} = \frac{V_{sistema} \cdot N_{binario}}{T_{valores}}$$

### Ecuación 4: a voltaje analógico

Supongamos entonces que nuestro conversor anterior nos entrega un valor binario **1001 0100**, su equivalente en decimal será **148**, se tendrá entonces que el voltaje análogo en mV existente en ese momento en el pin de entrada es:

$$V_{analogo} = \frac{V_{sistema} \cdot N_{binario}}{T_{valores}} = \frac{5000 \cdot 148}{256} = 2890.625 \approx 2890$$

Como nota final notemos que el voltaje resultó fraccionario y de hecho es más cercano a 2891, pero nosotros lo truncamos a 2890. Esto se ha hecho deliberadamente para recordar que la aritmética entera de los computadores siempre trunca un número, no lo redondea.

Paguayo, (2019)

### ¿Qué es y cómo funciona un regulador de carga?

Los reguladores de carga solar son dispositivos electrónicos utilizados para regular la energía procedente de los paneles solares fotovoltaicos, concretamente de aquellos que cuentan con instalaciones solares fotovoltaicas aisladas o aquellos que emplean baterías para almacenar la electricidad, pero ¿qué es y cómo funciona exactamente un regulador de carga de placa solar? Para poder responder a la pregunta, es aconsejable tener en cuenta cómo funcionan los paneles solares y la relación que tienen con los reguladores de carga solar.

Los paneles solares pueden ser usados para el autoconsumo, así como para grandes instalaciones fotovoltaicas. Estos aprovechan la energía solar en forma de radiación para producir electricidad. Concretamente lo hacen a través de las células o celdas fotovoltaicas que están polarizadas con cargas opuestas para que, **mediante la radiación, se consiga generar un campo eléctrico**. De manera resumida, lo que ocurre en este campo eléctrico es que los fotones de la luz empujan a los electrones y generan un flujo de corriente. Si la electricidad se transmite directamente a la red eléctrica no utilizará batería y, por tanto, tampoco necesitarán un regulador de carga de placa solar. Ahora bien, si la instalación es aislada y utiliza una batería para almacenar la electricidad generada durante las horas de luz del día, entonces la instalación precisará de un regulador de carga solar para cuidar del estado de la batería y evitar las sobrecargas.

A continuación, te explicamos con más detenimiento qué es y cómo funciona un regulador de carga solar y qué aspectos debes tener en cuenta en el momento de su elección.

### ¿Qué es un regulador de carga?

Un regulador de carga de placa solar es un dispositivo electrónico que se coloca **entre el campo fotovoltaico del panel solar y el campo de baterías**, con el fin de controlar el flujo de energía que circula entre ambos sistemas. El regulador de carga solar actúa controlando la corriente que se genera en el panel solar mediante el **control de la intensidad y voltaje** que se transmiten a la batería. Los reguladores de carga de placa solar velan, asimismo, por el estado de carga de la batería

para que el **llenado sea óptimo** —aunque en este último proceso se puede desperdiciar electricidad si no se elige el regulador adecuado, como veremos más adelante.

Los reguladores de carga solar regulan el flujo de la energía generada en el panel solar de acuerdo a la capacidad de carga que tiene la batería y al total de energía que se han generado en ellos. Lo vemos mejor ahora.

### ¿Cómo funciona un regulador de carga solar?

Un regulador de carga funciona controlando la cantidad de energía que entra en una batería y la capacidad de carga que tiene ésta. Básicamente se adapta al funcionamiento de la batería, pero evita que ésta se sobrecargue. Las etapas de carga de la batería funcionan de la siguiente forma:

**Etapas Bulk:** En esta etapa, la corriente que se suministra a la batería pasa con una intensidad máxima. De esta forma, el voltaje —o tensión— aumenta rápidamente y llega hasta una potencia de 12,6 V —en las baterías generales— hasta que alcanza el primer límite de voltaje que tiene la batería. Hasta llegar a ese punto, la batería se carga en un 90% aproximadamente. Llegado este momento, el voltaje que alcanza la batería se sitúa en torno a los 14,4 V —según la batería que se utilice— y, aunque la absorción de la corriente se reduce drásticamente, la intensidad a la cual se suministra sigue siendo máxima.

**Etapas de absorción:** En este caso lo que ocurre es que la velocidad de carga disminuye hasta que la batería se carga por completo. El voltaje que se alcanza en esta etapa se corresponde con el del final de la fase Bulk y con la capacidad máxima que permite la batería —también conocida como **límite de absorción**.

**Etapas de flotación:** Lo que ocurre en este momento es que la tensión —o voltaje— disminuye, normalmente hasta los 13,5 V. Ocurre lo mismo con la corriente inyectada, la cual se reduce hasta que la batería se completa. Es el último periodo de llenado de la batería.

Si el panel solar genera demasiada energía y ésta es mayor que la cantidad de carga que tiene la batería, entonces el regulador de carga solar se encarga de que la energía no se inyecte en la batería evitando una sobrecarga. Esta energía se pierde por un proceso que se conoce como “**Efecto Joule**”, el cual genera calor. Normalmente, los generadores deben ajustarse a los parámetros de la

batería. Es decir, a la capacidad de carga, a los voltajes con los que funcionan, etc., para que no se desperdicie demasiada energía.

### ¿Cómo elegir un regulador de carga solar?

La elección del regulador de carga de placa solar depende de la cantidad de energía que se vaya a generar mediante el autoconsumo con placas solares. Actualmente podemos encontrar dos tipos de reguladores de carga solar en el mercado. Estos son:

**Reguladores de carga solar PWM** (Modulación por anchura de pulsos): Estos reguladores pueden o no aprovechar la energía que se genera en los paneles solares dependiendo del estado de carga de la batería y la potencia que ofrezcan estos, ya que trabajan con la misma tensión que tiene la batería. Los mismos son capaces de llenar por completo la batería mediante pulsos de tensión en el periodo de flotación de la batería. Es decir, la corriente se introduce poco a poco hasta que se llena la batería. Estos dispositivos están pensados, sobre todo, cuando se trabaja con un campo fotovoltaico de baja potencia —por ejemplo, la instalación de luces con paneles solares en un jardín—. La ventaja de estos reguladores es que resultan más económicos y ligeros.

**Reguladores de carga solar MPPT** (Seguidor del Punto de Máxima Potencia): Estos reguladores consiguen un rendimiento máximo del panel solar ya que aprovechan la potencia máxima de estos. Esto es así gracias a que cuentan con un convertidor de tensión CC-CC que transforma la corriente continua de alta tensión del panel solar en corriente continua de baja tensión según la carga de la batería. Es decir, permite trabajar con tensiones diferentes. Por otro lado, este regulador cuenta con un seguidor del punto de máxima potencia que adapta la tensión de funcionamiento en el campo fotovoltaico a la mayor potencia que se genere en el proceso. Se consigue, pues, trabajar con tensiones más elevadas en el campo fotovoltaico y reducir las pérdidas energéticas por las bajas tensiones.

Solarplank, (2023)

[Cargador de energía Solar](#)

**Controlador solar para móvil, placa de descargador de 3,7 V, 4,2 V, 5V, 6V, 9V, 12V, convertidor de CC, módulo de refuerzo, batería de litio DD05CVSA**

Voltaje de carga: DC 4,5 V-8V (recomendado DC 5V)

Corriente de carga: 0-1A

Voltaje de carga completa: 4,2 V  $\pm$ 2%.

Indicador LED: El LED "OK" está completamente cargado o indicador de estado de falla de la batería;

El LED "CR" es indicador de estado de carga

(Boost in) Corriente de descarga: 0-2A;

(Boost in) Descarga corriente de reposo: 450uA

(Boost in) Eficiencia de conversión de descarga: 78%-90%

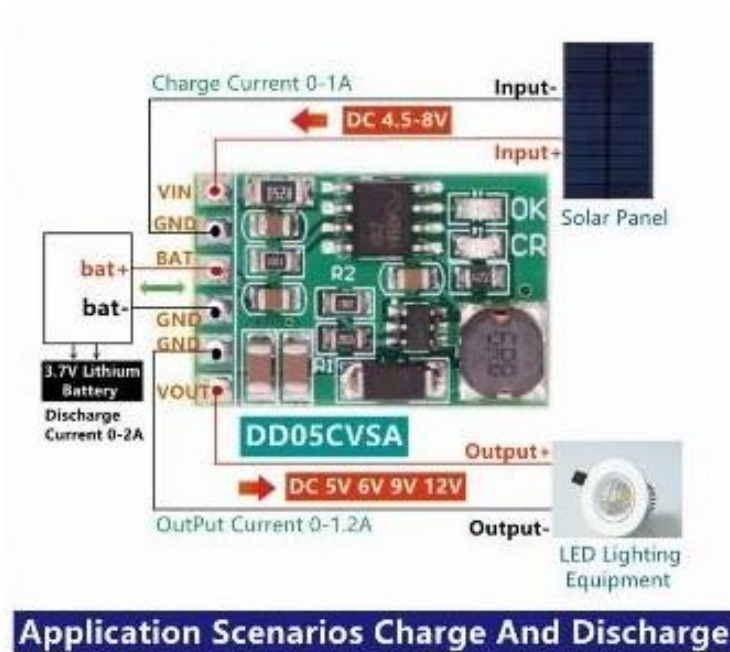
(Boost out) Corriente de salida: 0-1.2A(5V),0-1A(6V),0-0.66A(9V),0-0.5A(12V);

Temperatura ambiente de funcionamiento: -40 ° a + 85 °

Temperatura de almacenamiento: -65 ° a + 125 °

No incluye el tamaño del PIN: 23x15,4x5,7mm

Peso: 2,2G (con pasador), 1,8G (sin pasador)



**Figura 73:** controlador solar

Fuente: XHFA LIGHT, (2023),

XHFA LIGHT, (2023)

Panel de carga Solar

**USB, 5W, 2V, portátil, para acampar al aire libre, sistema solar para cargadores de batería de teléfono móvil**



**Figura 74:** panel solar

Fuente: ALLOYSEED, (2018),

Panel Solar USB al aire libre 5W 5V portátil poli silicio + epoxi viaje DIY cargador Solar generador 88x142mm

Parabateríade3-5V/teléfono móvil

Característica:

Alta tasa de conversión, alta eficiencia de salida.Excelente efecto brillante.

Vidrio templado de alta calidad brillante.

La artesanía única hace que los componentes sean hermosos, resistentes a la nieve y fáciles de usar.

Uso de batería de polisilicio de alta eficiencia, alta tasa de conversión.

Pequeña atenuación, buena fiabilidad y larga vida útil.

Puede adaptarse a una variedad de complejas y condiciones climáticas severas.

Especificación:

Nombre: panel de carga solar de 5V

Material: polisilicio + tablero epoxi

Potencia: 5W

Voltaje de funcionamiento: 5V

Corriente de trabajo: 0-500mA

Interfaz: USB2.0

Características: portátil, tamaño pequeño, peso ligero, resistente y duradero, buena calidad

Aplicación: viajes al aire libre, teléfono móvil, tableta, interfaz electrónica USB

Tamaño: alrededor de 14,2\*8,8 cm/5,59\*3,46 pulgadas

Peso:90gramos

Adaptación a la escena:

Iluminación solar de jardín

Pequeño sistema de iluminación para el hogar

Alumbrado público solar

Publicidad solar exterior

ALLOYSEED, (2018)

### Hora solar pico.

La hora solar pico (HSP) es una unidad que mide la irradiación solar y se define como el tiempo en horas de una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m<sup>2</sup>.

Una hora solar pico equivale a 3,6 MJ/m<sup>2</sup> o, lo que es lo mismo, 1 kWh/m<sup>2</sup>, tal como se muestra en la siguiente conversión:

Ecuación 2: Conversión de hora solar pico

$$1HSP = \frac{1000W * 1h}{m^2} * \frac{3600s}{1h} * \frac{1J}{1W} = 3,6MJ/m^2$$

### Ecuación 5: hora solar pico

Se utiliza en el dimensionamiento de paneles fotovoltaicos.

Las placas solares deben tener una inclinación con un grado de ángulo óptimo para captar los rayos del sol de manera perpendicular. Una inclinación equivocada podría causar una pérdida significativa en la eficiencia de todo el sistema solar.

Sin embargo, encontrar el ángulo correcto de los paneles no es fácil, ya que la luz solar no es constante en el planeta, varía en función de la latitud del lugar y de la época del año de observación. En el hemisferio norte del planeta, el sol está bajo en el horizonte a medida que se avanza hacia el norte. Además, en los meses de invierno, el sol es particularmente menor que en los meses de verano. Lo contrario sucede en el hemisferio sur.

Para determinar el ángulo de inclinación adecuado de los paneles solares, que maximice la radiación sobre ellos, se utiliza la siguiente ecuación:

Ecuación 6: Ángulo de inclinación máxima en grados

$$I_m = \Phi + 10^\circ$$

Donde:

I<sub>m</sub>: es la inclinación máxima en grados.

$\Phi$ : es la latitud del lugar de la instalación.

(ReFeel Costa Rica S.A., 2016)

### ARDUINO con alimentación SOLAR estación meteorológica

Este cálculo sirve para panel solar

¿Por qué energía solar?

La atracción principal la parte posterior del dispositivo funcionado es que ha agotado después de cierto tiempo la batería. Este sorteo nuevo puede eliminarse mediante el uso de unos recursos naturales como la energía solar, eólica o hidroeléctrica. La más obvia fuente gratuita de energía para recargar la batería es la energía solar. Es un relativamente simple, barato y requiere muy menos habilidad.

Entre la batería recargable de níquel metal hidruro (NiMH) y la batería de ión de litio son ampliamente utilizados para dispositivos con pilas.

Información sobre la carga de la batería:

La regla del pulgar para pilas Ni Mh es 1/10mo (comúnmente conocido como C/10). Para cargar la batería en 1/10 de su corriente nominal requiere 16 horas de tiempo de carga (se puede ver la imagen). El panel solar recibe luz solar óptima durante sólo cuatro horas por día, de 10:00 a 14:00. Así, un sistema totalmente ideal requeriría cuatro días para cargar completamente la batería.

¿Qué es C/10?

Por ejemplo tenemos una batería de 1300mAh tamaño 2xAA que tiene una potencia de 1,2 voltios por la célula. Con células en serie, nuestro paquete de salidas de 2,4 voltios y 1300mAh.

Aquí capacidad  $C = 1300\text{mAh}$

C/10 significa  $1300/10 = 130\text{mAh}$

Así que para cargar la batería anterior tenemos un voltaje más alto (2.4 a 3 V) con una corriente máxima de 130mAh.

Según la regla C/10 requiere 16 horas para cargar completamente la batería.

Usted debe preguntar, ¿qué pasará si aumentamos la corriente (> 130mAh)? Sin duda la batería se cargará más rápido. Pero la vida de la batería se reduce. Así que mi consejo es mantener la corriente abajo el valor de C/10.

La principal fuente para alimentar el módulo sensor es el panel solar. Por lo tanto debe ser capaz de proporcionar corriente para alimentar el Arduino como corriente para cargar la batería durante el día. Según mi experiencia es la parte más difícil para un usuario novicio.

No te preocupes estos son los siguientes trucos que te pueden ayudar a comprar un panel solar adecuado.

1. Voltaje: elegir 1,5 veces el paquete de batería voltaje
2. Corriente: Corriente por el Arduino + corriente para

cargarEjemplo:

Se hace una batería de 2 pilas AA Ni Mh.

Voltaje de la batería =  $1.2 \times 2 = 2.4V$

Así se requiere voltaje para panel solar =  $2.4 \times 1.5 = 3.6V$

Tomando un margen podemos elegir un panel solar de 4V para él.

El módulo del sensor junto con Arduino tomando 100mAh actual.

Capacidad de la batería es de 1300mAh

$$C/10 = 130\text{mAh}$$

El panel solar tiene que proporcionar actual 100mAh de Arduino junto con una corriente no más de 130mAh.

Permite tomar 100 mAh de carga de la batería

$$\text{Corriente total necesaria} = 100 + 100 = 200\text{mAh}$$

Del cálculo anterior es evidente que necesitamos un panel solar de 4V y 200mAh

La siguiente tabla muestra la relación de configuración de sistema solar entre las baterías de almacenaje y mini paneles solares.

---> Batería Panel solar

1.2V---> 2V ~ 2.5V

2.4V---> 3.5V ~ 4V

3.6V---> 5V ~ 6V

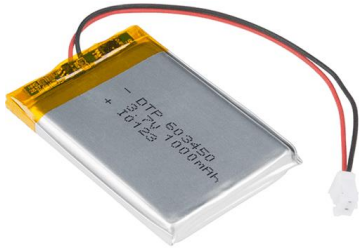
6V---> 7.5V ~ 9V

12V---> 15V ~ 18V

Nota: No es la estricta regla para elegir la calificación exacta el panel solar, sino que es clasificación aproximada. Escribo según mi experiencia.

Desconocido, (2018)

## Baterías de polímetro de litio



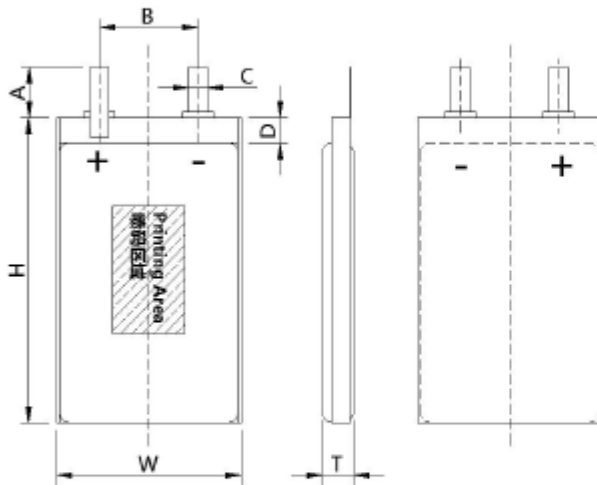
**Figura 75:** batería li-po

Fuente: Shenzhen Resky Electronics Co.Ltd (2023)

### 1. Scope:

This specification just suitable for the lithium polymer battery from RESKY. All the test methods will be accordance with the specification stated.

### 2. Drawing of cells:




Item	Description	Dimension (mm)
A	Cell Tab Length	$7 \pm 2$ mm
B	Cell Tab Pitch	$17 \pm 1.5$ mm
C	Cell Tab Width	$3 \pm 0.2$ mm
D	Cell Top sealent Length	$4 \pm 0.3$ mm
T	Initial Thickness	10mm
T1	After 300 cycle life	10.5mm
W	Cell Width max.	34.5mm
T	Cell Height max.	50.5 mm

### 3. Specification

**Figura 76:** batería li-po

Fuente: Shenzhen Resky Electronics Co. Ltd (2023)

 Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd


No.	Item	Specification	Note
1	Rated Capacity	1800mAh	0.2C discharge
2	Nominal Capacity	1850mAh	0.2C discharge
3	Min. Capacity	1800mAh	0.2C discharge
4	Cell Weight	≈ 32g	
5	Cell Initial Impedance	≤50mΩ	3.7V AC 1KHz measured
6	Normal Voltage	3.7 V	
7	Initial Voltage	≥3.8V	
8	Limited Charge Voltage	4.2 V	Voltage of CC charge to CV charge
9	Standard Charging Method	0.2C CC current charge to 4.2V, then CV charge till current declines to 0.01C	
10	Cut-off Voltage	2.75 V (PCB cut-off voltage-3.0V)	Load Voltage when discharge ended
11	Standard Charging Current	360mA (0.2C)	CC charge to 4.2 V, then CV charge till current declines to less than 0.01C
12	Standard Charging Time	6~7 hours	
13	Rapid Charging Current	900mA	
14	Rapid Charging Time	About 3 hours	
15	Standard Discharging Current	360mA (0.2C)	CC discharge to 2.75 V
16	Max. Discharging Current	900mA(0.5C)	
17	Operating Temperature Range	Charging: 10 ~ 45℃ Discharging: -20 ~ 60℃	
18	Operating humidity Range	≤ 90%RH	

**Figura 77:** batería li-po

Fuente: Shenzhen Resky Electronics Co. Ltd (2023)

<b>4. Electrical Characteristics of the Cell</b>			
4.1 Normal Test Conditions			
Temperature	Relative Humidity	Atmospheric Pressure	
15 ~ 35 °C	45 ~ 85 % RH	86 ~ 106 KPa	
4.2 Electrochemical Characteristics			
No.	Item	Criterion	Test Method
1	0.2C discharging capacity	Discharging capacity is not less than normal capacity	After Standard Charging, rest 5 minutes, then 0.2C discharge to cut-off voltage

3/9



**Shenzhen Resky Electronics Co., Ltd**

2	1.0C discharging capacity	Discharging capacity is not less than 90% of normal capacity	After Standard Charging, rest 5 minutes, then 1.0C discharge to cut-off voltage
3	Cycle life	The cycle times is not less than 300	Charge: 0.2C CC-CV charge to 4.2 V, then current declines to 0.02C Discharge: 0.2C CC discharge to 2.75 V When the discharge capacity reduced to 80% of rated capacity, stop testing, and record the cycle times.
4	Self-discharge	Discharging capacity is not less than 85% of initial capacity	After Standard Charging, rest the cell for 28 days in the condition of 20±5°C, then 0.2C discharge to cut-off voltage, and record the capacity.

**Figura 78:** batería li-po

Fuente: Shenzhen Resky Electronics Co. Ltd (2023)

Según ALICE vendedora Shenzhen Resky Electronics Co. Ltd "hoja de especificaciones de la batería de polímero de litio" (comunicación personal del 20 de setiembre hasta 17 de octubre de 2023 )

Ez8



**Figura 79:** imagen del nombre de batería para proyectos IOT

Fuente: Cegasa, (2023)

Pilas industriales para bajo consumo y muy larga duración

**ZINC AIR ALKALINE, una innovación de Cegasa,** es la tecnología ideal para aquellas aplicaciones de baja potencia en las que se requiere una energía continuada y que trabaje durante períodos muy largos de tiempo sin ningún mantenimiento ni supervisión.

La única que te asegura una durabilidad de la pila durante al menos dos años sin mantenimiento de ningún tipo.



**Figura 80:** comparación de baterías

Fuente: Cegasa, (2023),

### **Ideales para trabajar en condiciones climáticas severas**

Rango de temperatura: -20°C – 50°C.

Rango de humedad: 25-85% RH.

### **Aptas para trabajar en atmósferas explosivas**

Todos sus componentes son no inflamables.

Sin emisiones de gas.

**La mejor relación eficiencia-precio**

1 pila ZINC AIR ALKALINE Cegasa da más energía que 8 pilas de otras marcas.

Menos pilas a las que aplicar coste de reciclaje.

Menos pilas que transportar y almacenar.

**Sin mantenimiento y seguras de manipular**

Listas para usar.

Funciona en cualquier posición.

Se pueden apilar.

Sin riesgo de derrame de líquidos corrosivos.

**Respetuoso con el medio ambiente**

Sin metales pesados. Fabricadas bajo certificación ISO 14001:2015.

**100% Fiables**

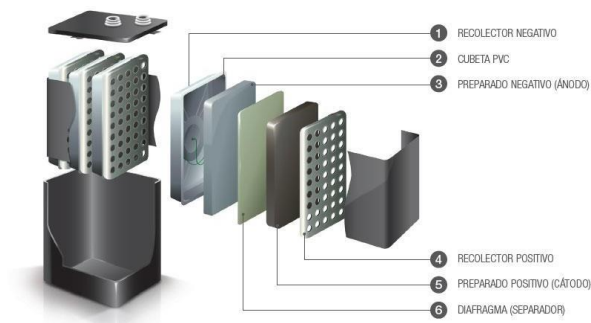
Cumple con numerosas normas que garantizan su uso en aplicaciones críticas en cuanto a seguridad.

Fabricadas en España bajo certificación ISO 9001:2015

**IOT Y TELECOMUNICACIONES**

Actualmente el mundo está evolucionando hacia el siguiente gran paso de la industria tecnológica haciendo posible la interconectividad de cualquier aparato, lo que abre un mundo de infinitas posibilidades.

Los productos ZINC AIR ALKALINE de Cegasa están diseñados para suministrar a cada aplicación de IOT la cantidad de energía adecuada para un funcionamiento óptimo.



**Figura 81:** composición constructiva

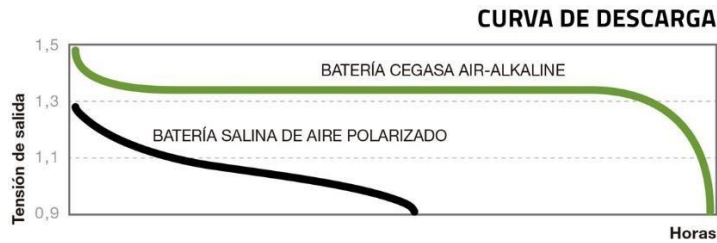
Fuente: Cegasa, (2023)

Las pilas se elaboran con un cátodo de dióxido de manganeso especialmente formulado por Cegasa que se regenera continuamente por el oxígeno del aire. Esto hace que las celdas utilicen una cantidad mínima de material activo catódico en comparación con otras pilas alcalinas de otros fabricantes. La gran ventaja es que, al almacenar una mayor cantidad de material del ánodo, disponen de más energía.

El resultado es que las pilas ZINC AIR ALKALINE de Cegasa son las pilas con mayor capacidad del mercado

TENSIÓN DE SALIDA CONSTANTE = RENDIMIENTO CONSTANTE

La tecnología de Cegasa asegura que la variación de la tensión de salida sea inferior al 2% independientemente del estado de carga SOC de la pila. Esto significa que en aplicaciones como por ejemplo, señalización, la intensidad lumínica es constante durante toda la vida útil de la pila, y no reduce su intensidad a medida que la pila se va descargando como ocurre en otras tecnologías. Tensión de salida constante significa rendimiento constante durante la totalidad de la vida de la pila, lo cual incrementa su eficiencia, reduce el número de pilas necesarias y minimiza el impacto al entorno.

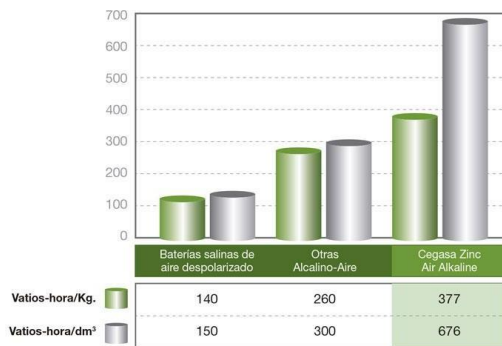


**Figura 82:** descarga de batería

Fuente: Cegasa, (2023),

**DENSIDAD DE ENERGÍA EXCEPCIONAL EN COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS.**

La exclusiva formulación de Cegasa permite ofrecer una pila de excepcional densidad energética. Hasta 5 veces mayor energía en el mismo espacio y 8 veces mayor duración ya que, gracias a la gran estabilidad de la tensión de salida independientemente del estado de descarga de la pila, nos permite utilizar al máximo la energía de nuestra pila. Otras pilas dejan de aportar una tensión válida aun cuando conservan energía, llegando otras soluciones hasta un desaprovechamiento del 30% de la energía de la pila



**Figura 83:** densidad energética vatios/kg

Fuente: Cegasa, (2023)

**DURAS CONDICIONES DE TRABAJO**

La exclusiva formulación de Cegasa permite ofrecer una pila de excepcional densidad energética. Hasta 5 veces mayor energía en el mismo espacio y 8 veces mayor duración ya que, gracias a la

gran estabilidad de la tensión de salida independientemente del estado de descarga de la pila, nos permite utilizar al máximo la energía de nuestra pila. Otras pilas dejan de aportar una tensión válida aun cuando conservan energía, llegando otras soluciones hasta un desaprovechamiento del 30% de la energía de la pila.

#### SIN INSTALACIÓN NI MANTENIMIENTO

La tecnología de Cegasa no requiere ningún tipo de mantenimiento. Ha sido desarrollada para que esté lista para ser usada y sin requerir ningún tipo de cuidado adicional. La pila se suministra con los agujeros de ventilación precintados, de tal manera que no comienza a trabajar hasta que se quita el precinto. Se puede almacenar durante dos años con una pérdida de capacidad mínima. Tras la descarga de la pila, el cambio por una nueva es muy sencillo y no requiere personal calificado.

#### RESPECTO AL MEDIO AMBIENTE

Cegasa ha desarrollado una formulación que permite fabricar la pila en ausencia de elementos contaminantes para la naturaleza. No incorpora ningún tipo de metal pesado altamente contaminante, como es el caso de otras tecnologías, que utilizan metales pesados tales como, el Cadmio, el Mercurio o el Plomo. Nuestra tecnología es totalmente respetuosa con la naturaleza. Fabricadas bajo certificación ISO 14001:2015. Fabricadas bajo certificación ISO 9001:2015.

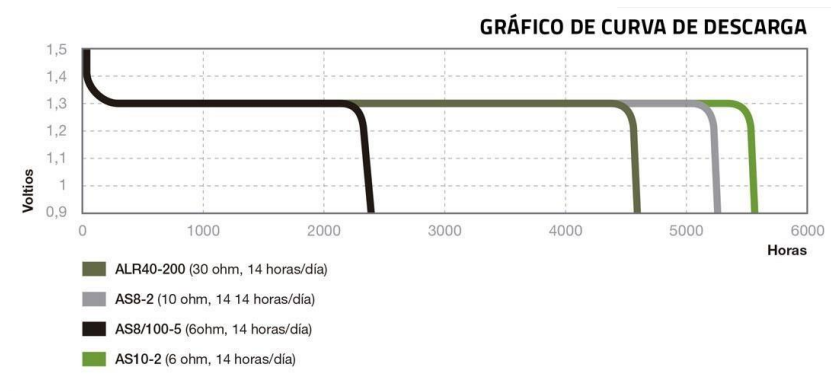
#### TECNOLOGÍA SEGURA

La tecnología exclusiva de Cegasa es totalmente segura. Está construida mediante formulación de elementos en estado sólido lo cual elimina el riesgo de fuga de líquidos. La naturaleza de su composición asegura una seguridad intrínseca sin riesgo de explosión o emisión de gases. Es por ello que nuestra tecnología no está sujeta a ninguna condición especial de transporte tales como (ADR, IMDG; DGR; RID, AND, etc.).

#### PILAS A MEDIDA

Si los modelos estándar no se ajustan a las necesidades concretas de la aplicación para la que quieres utilizar nuestras **eZ8**, nuestro departamento de I+D está a tu disposición para estudiar su caso y diseñar una pila para ti.

#### OEM Y PACKAGING PERSONALIZADO



**Figura 84:** diferenciación de modelos descargando energía

Fuente: Cegasa, (2023),

Cegasa, (2023)

¿Para qué sirven los sensores de humedad del suelo?

Los sensores de humedad miden una señal eléctrica que calcula la cantidad de agua en el suelo, lo cual permite determinar el volumen de agua almacenado en éste después de un riego o una lluvia, calcular el consumo de agua por el cultivo en un día o una semana y determinar la eficiencia del riego.

Por ejemplo, un valor promedio de humedad de 28.5 % medido entre 0 y 20 cm de profundidad indica que en esa capa de 20 cm de suelo hay una lámina de 57 mm ( $28.5 \times 20/10$ ), pero no indica si están disponibles o no para las plantas.

Los sensores de humedad son diferentes a los de potencial mátrico, porque éstos últimos lo que determinan es el agua en el suelo disponible para la planta.

¿Cómo operan los sensores de humedad?

Generalmente los sensores de humedad se componen de una sonda con electrodos en un extremo y un sistema de excitación y captura de información. Los electrodos van insertos en el suelo y su longitud oscila entre 5 y 30 cm.

Los sensores de humedad no miden directamente esta variable, sino que se basan en técnicas como la reflectometría de dominio en tiempo (TDR), la capacitancia (FDR) y la conductividad eléctrica

aparente (CE), que son mediciones que se deben convertir a valores de humedad volumétrica mediante una calibración. Comúnmente se conocen como sensores de humedad TDR o FDR.

¿Cómo se instalan?

Igual que con los sensores de potencial mátrico, el número de sensores de humedad a instalar depende de la forma de realizar las mediciones (manualmente o automatizado).

La profundidad de instalación de los sensores depende de la longitud de los electrodos y de la dirección de colocación. Por ejemplo, un sensor con electrodos de 20 cm de longitud instalados verticalmente desde la superficie mide la humedad media entre 0 y 20 cm de profundidad. De igual manera, cuando se instala un sensor verticalmente a 20 cm de profundidad se mide la humedad media entre 20 y 40 cm.

Si los sensores se instalan horizontalmente se mide la humedad media a la profundidad que se instalen: un sensor de 20 cm de longitud instalado horizontalmente a 30 cm, mide la humedad media a esa profundidad del suelo.

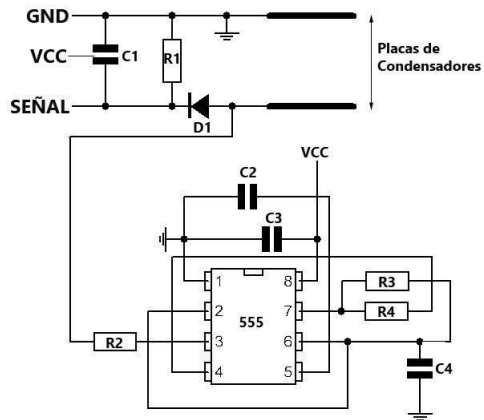
La instalación es sencilla y rápida: cavar un orificio con barreno o palín a la profundidad requerida, insertar el sensor vertical u horizontalmente, tapar de nuevo el orificio y compactarlo ligeramente para evitar el flujo preferencial de agua en el sitio.

¿Es necesaria la calibración?

Sí, porque no miden directamente la variable de humedad, sino que miden otras variables que se correlacionan con la humedad del suelo. Los equipos de medición traen una curva de calibración genérica, pero si se desean mediciones más precisas, como las requeridas para el control del riego, es necesario construir curvas de calibración para cada suelo. La calibración generalmente se realiza en un laboratorio de física de suelos.

Cenicaña, (2023)

**Esquemático del Sensor de Humedad de Suelo  
Capacitivo Anticorrosivo**



**Figura 85:** esquemático eléctrico del sensor de humedad del suelo

Fuente: Naylamp, (2023)

## PINOUT Sensor de Humedad Suelo Capacitivo Anticorrosivo



**Figura 86:** forma física del sensor de humedad del suelo

Fuente: Naylamp, (2023),

## INFORMACIÓN

### ¿Qué es el Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo Anticorrosivo?

Este es un sensor de humedad de suelo contiene dos placas de condensadores y el suelo a donde se introduce actúa como el dieléctrico, por lo cual requiere calibración ya que las propiedades dieléctricas difieren. También debe recalibrar su sistema de vez en cuando al alterar las propiedades dieléctricas del suelo agregando fertilizante, corrector de pH, etc.

El funcionamiento del sensor se basa en medir la capacitancia entre 2 electrodos insertados dentro del suelo, la capacitancia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para

un suelo muy húmedo tendremos una capacitancia muy baja y para un suelo muy seco la capacitancia será muy alta. El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento que entrega una salida analógica. La salida analógica (AO) entrega un voltaje analógico desde 0V para un suelo muy húmedo hasta 5V para un suelo muy seco. Para la conexión a Arduino debemos conectar la salida analógica del módulo a una entrada analógica del Arduino

Naylamp, (2023),

### **¿Para qué sirve el Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo Anticorrosivo?**

El sensor de humedad puede usarse para proyectos como jardinería o cultivos inteligentes. Incluye un regulador de voltaje con rango 3.3-5V lo que le permite usarse con microcontroladores con niveles lógicos de 3.3V y 5V. Es compatible con Arduino, PIC, ESP8266/ NodeMCU / NodeMCU-32m (este sensor tiene salida analógica para usarlo con algún microcontrolador es necesario un conversor ADC (**Analog to Digital Converter**)).

### **ESPECIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS**

- Modelo: SEN-HS-CAP
- Voltaje de operación: 3.3 V – 5V DC
- Corriente de operación: 5 mA
- Vida útil: 3 años mín.
- Dimensiones: 98 mm x 23 mm
- Peso: 15 g
- Interfaz: PH2.0-3P
- Baudios de operación: 9600
- Pines:
  - Voltaje de operación: 3.3 V – 5V DC
  - AOUT: Salida analógica
  - GND

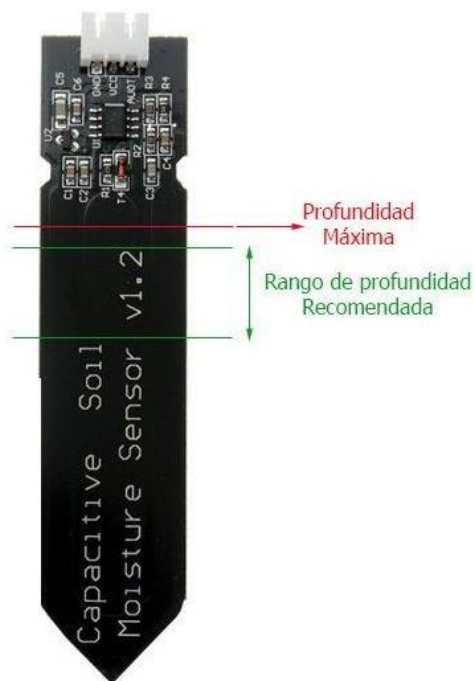
### **Calibración del sensor de humedad de suelo**

1. Abrir el monitor serial y colocar los baudios a 9600
2. Revisar el valor que tiene el sensor cuando aún no es colocado en la superficie a medir la humedad, para que registremos una Humedad = 0%(Valor1)
3. Insertar el sensor dentro de un vaso con agua, sin pasar de la línea roja como se ilustra en el diagrama.
4. Revisar en el monitor serial el valor que registro para tener el valor de la Humedad = 100% (Valor2)

Por ejemplo, Valor1=520 y Valor2=260, por lo cual tendremos un rango de valor de:

- 520-430 = 0% humedad
- 430-350 =50% humedad
- 350-260=100% humedad

Nota: Introducir a la superficie a medir solo parte de electrodos, los circuitos deben ser protegidos de la humedad, estos se pueden proteger con una capa de barniz epóxido o laca. Si la capacitancia es cero, tiene un cortocircuito entre los dos. En ese sentido, tenga cuidado de no desgastar físicamente la máscara de soldadura al empujar el sensor hacia el suelo.

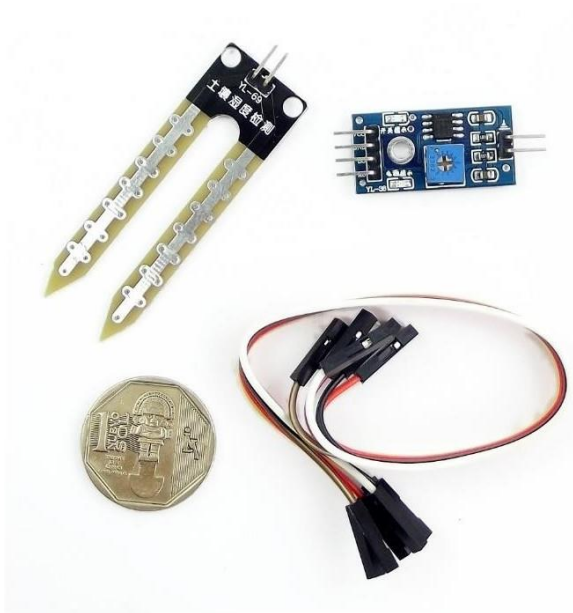


**Figura 87:** método de colocación del sensor

Fuente: Uelectronics, (2020),

Uelectronics, (2020)

### SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC-28



**Figura 88:** sensor resistivo de humedad

Fuente: Naylamp, (2016),

El Sensor de humedad de Suelo FC-28 permite medir de forma sencilla la humedad del suelo por medio de 2 electrodos resistivos. Compatible con Arduino, PIC, ESP8266/NodeMCU/NodeMCU-32. El sensor es ideal para monitorear el nivel de humedad de tus plantas y así recordar cuando necesitan ser regadas o incluso para realizar un sistema totalmente automatizado de riego añadiendo una válvula o una bomba de agua. Si el sistema se conecta a internet podríamos controlar/monitorear nuestro jardín desde cualquier lugar del mundo.

El funcionamiento del sensor se basa en medir la resistencia entre 2 electrodos insertados dentro del suelo, la resistencia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para un

suelo muy húmedo tendremos una resistencia muy baja (corto circuito) y para un suelo muy seco la resistencia será muy alta (circuito abierto). El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento (YL-38) que entrega una salida digital y otra analógica. La salida digital (DO) es la salida de un opamp en modo comparador, la salida digital se activa cuando el nivel de humedad es menor al nivel deseado, este nivel (umbral o threshold) se puede regular con el potenciómetro de la tarjeta. La salida analógica (AO) es la salida de un divisor de tensión entre una resistencia fija y la resistencia entre los electrodos, entrega un voltaje analógico desde 0V para un suelo muy húmedo hasta 5V para un suelo muy seco. Para la conexión a Arduino podemos optar por utilizar la salida analógica del módulo conectada a una entrada analógica del Arduino o por utilizar la salida digital (DO) conectada a una entrada digital del Arduino.

Recomendaciones: Introducir en la tierra solo la parte de los electrodos, los circuitos deben ser protegidos de la humedad. Para extender la vida útil del sensor se puede alimentar el sensor solo cuando va a ser leído y no permanentemente. Una alternativa de mayor vida útil es el Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo.

- Voltaje de alimentación: 3.3V - 5V DC (VCC)
- Corriente de operación: 35mA
- Voltaje de señal de salida analógico (AO): 0 a VCC
- Voltaje de señal de salida digital (DO): 3.3V/5V TTL
- Opamp LM393 en modo comparador, umbral (threshold) regulable por potenciómetro
- Superficie de electrodo: Estaño
- Incluye: Electrodo, Placa y cable de conexión
- Vida útil electrodo sumergido: 3 a 6 meses
- Dimensiones YL-38: 30\*16 mm
- Dimensiones YL-69: 60\*20\*5 mm
- **VCC:** Voltaje de alimentación (3.3V - 5V DC)

- **GND:** Tierra (GND 0V)
- **DO:** Salida digital
- **AO:** Salida analógica

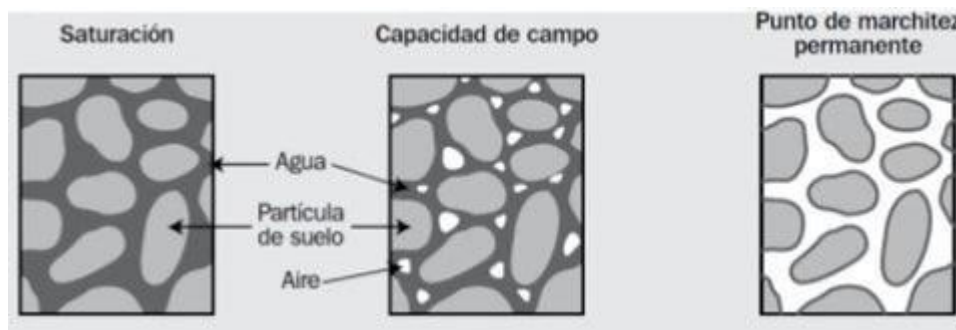
Naylamp, (2016)

### SENSORES DE HUMEDAD DEL SUELO

Cada vez que llueve o se riega, el agua y los solutos se mueven en el perfil de suelo debido a la fuerza de la gravedad y capilaridad. La humedad inicial del suelo y la duración del evento de lluvia o riego, condicionan la profundidad del frente de humectación.

Un método que se usa comúnmente para determinar cuándo regar es monitorear la disminución de agua en el suelo. Cuando una planta crece, utiliza el agua del suelo alrededor de su zona de raíces. A medida que las plantas utilizan el agua, la humedad en el suelo baja hasta un nivel en el cual se requiere aplicar un riego o el cultivo comienza a estresarse por falta de agua. Si no se aplica agua, la planta continuará haciendo uso de la poca humedad que queda hasta que finalmente utilice toda el agua disponible en el suelo y muera de sed.

Cuando el perfil del suelo está lleno de agua y alcanza lo que se llama capacidad de campo (CC), se dice que el perfil está al 100% de su contenido de humedad disponible. En el punto de capacidad de campo, el agua no es retenida fuertemente por las partículas del suelo y es fácil para las plantas extraerla. Una vez que el suelo se seca hasta llegar al punto de marchitez permanente, las plantas ya no pueden seguir extrayendo agua del suelo.



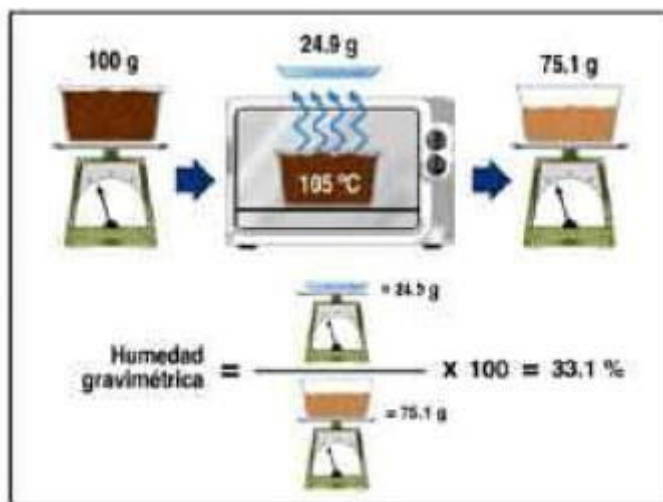
**Figura 89:** Distintos estados del suelo en función de la humedad. Saturación: Todos los poros del suelo están rellenos de agua. Capacidad de campo: Máxima capacidad de agua que el suelo es

capaz de retener. Punto de marchitez permanente: Es el límite de humedad en el suelo a partir del cual la planta ya no es capaz de absorber pues el suelo la retiene con mucha fuerza.

Fuente: Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022),

El único método directo que existe para la medición del contenido de agua en el suelo es el método gravimétrico. Dicho método se realiza de la siguiente forma:

Se extrae una muestra de suelo de volumen conocido, se toma nota de su masa inicial, se seca en estufa a 105°C por 24 a 48 horas, hasta que la masa de suelo permanezca constante. El contenido gravimétrico de agua de la muestra corresponde a la pérdida de masa registrada después del secado, ya que se atribuye al agua presente inicialmente en la muestra (Topp, et al., 2002). Este método se utiliza normalmente para calibrar equipos que usan otros métodos de medición de humedad de suelo (métodos indirectos). Sin embargo, es un método destructivo no apto para efectuar un registro continuo de la humedad de suelo.



**Figura 90:** Esquema básico del método gravimétrico de medición de humedad del suelo

Fuente: Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022),

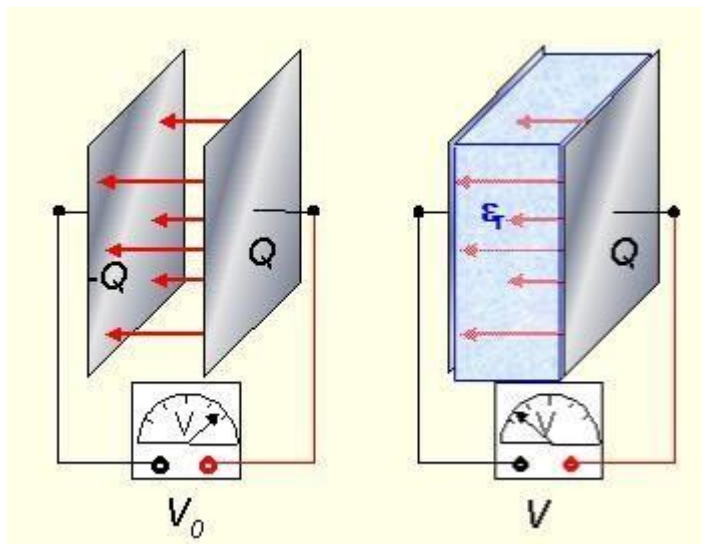
Los métodos indirectos para medir el contenido de agua en el suelo están basados en la medida del contenido volumétrico de agua. La humedad volumétrica representa el porcentaje de volumen de suelo ocupado por agua. La medida del contenido del agua en el suelo debe disponer de métodos de alta precisión y fiabilidad, cuyo coste permita ser utilizado para aplicaciones agrícolas y que permita su automatización.

### **Sensores capacitivos, TDR y FDR**

La capacitancia de un par de electrodos (capacitor), se estima de la constante dieléctrica del suelo, la cual tiene relación con la cantidad de agua que hay en este.

La constante dieléctrica o permitividad relativa de un medio continuo, hace referencia una propiedad de tipo macroscópica, de un medio que es dieléctrico, es decir, que no posee conductividad eléctrica, por lo cual se tratan como aislantes de la electricidad, relacionándolo con la permitividad que tiene un medio a la electricidad. La permitividad, es una constante utilizada en física, para determinar el campo eléctrico que se ve afectado o afecta a un medio concreto.

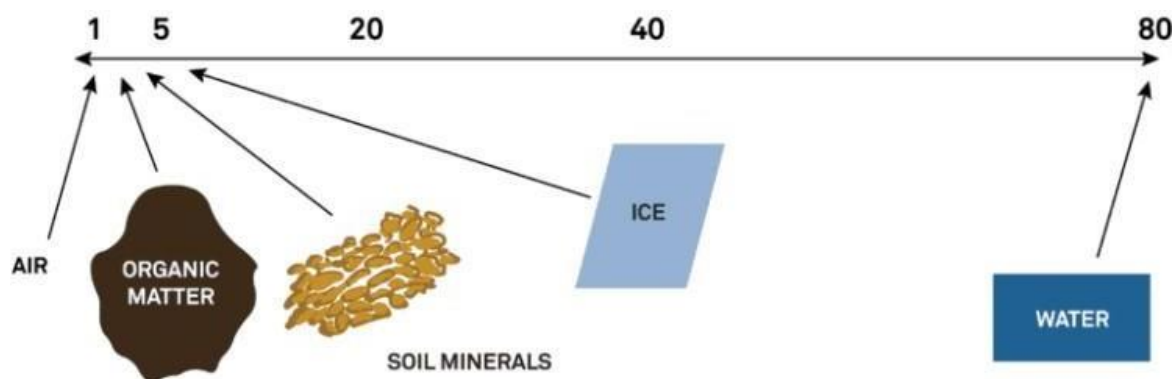
Si entre las placas de un condensador plano introducimos un dieléctrico, el campo eléctrico, y por tanto la diferencia de potencial, disminuye como consecuencia de la polarización en su interior. Al factor de disminución se le llama constante dieléctrica, y es un número adimensional característico de cada material.



**Figura 91:** Placas condensador con un dieléctrico

Fuente: Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022),

El suelo es una mezcla de sólido, líquido y gases, por lo que, la constante dieléctrica está formada por la combinación de las constantes de los distintos materiales que componen al mismo. La escala de valores dieléctricos varía desde el valor 1 asignado al aire al valor 80 asignado al agua.

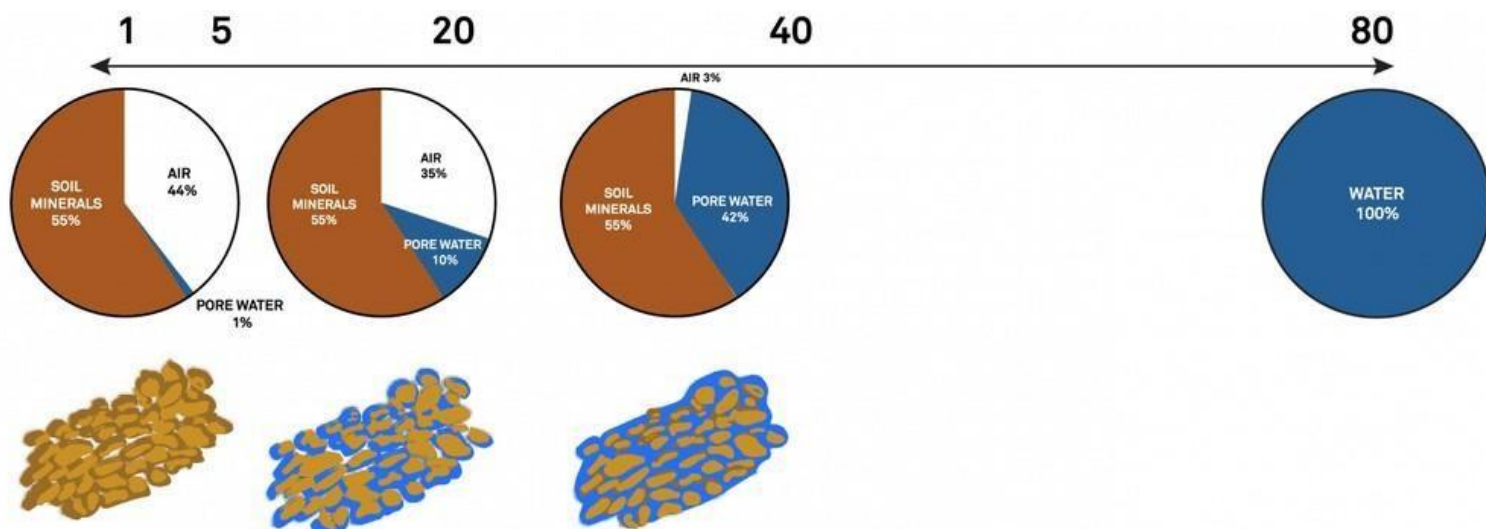


**Figura 92:** Valores de la constante dieléctrica de distintos materiales

Fuente: Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022),

El valor dieléctrico cambia en el suelo al variar el porcentaje de aire y agua. Por tanto, cuando la capacidad de almacenamiento de carga del suelo es medida por un sensor dieléctrico, el agua y el aire son los dos componentes que cambian significativamente en volumen, y la sonda dieléctrica

puede relacionarlo con el contenido volumétrico de agua. La constante del agua se muestra como referencia, pero en un sensor en suelo es imposible alcanzar ese valor, ya que siempre hay una fracción de sólidos. Considerando que el porcentaje de sólidos en el suelo es del 50% aproximadamente, el intervalo de valores dieléctricos está comprendido normalmente entre 2 y 30. Estos valores son muy generales y pueden variar dependiendo de las condiciones específicas que puede tener el suelo.



**Figura 93:** Valores de la constante dieléctrica en distintos tipos de suelo con diferentes porcentajes de humedad

Fuente: Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022),

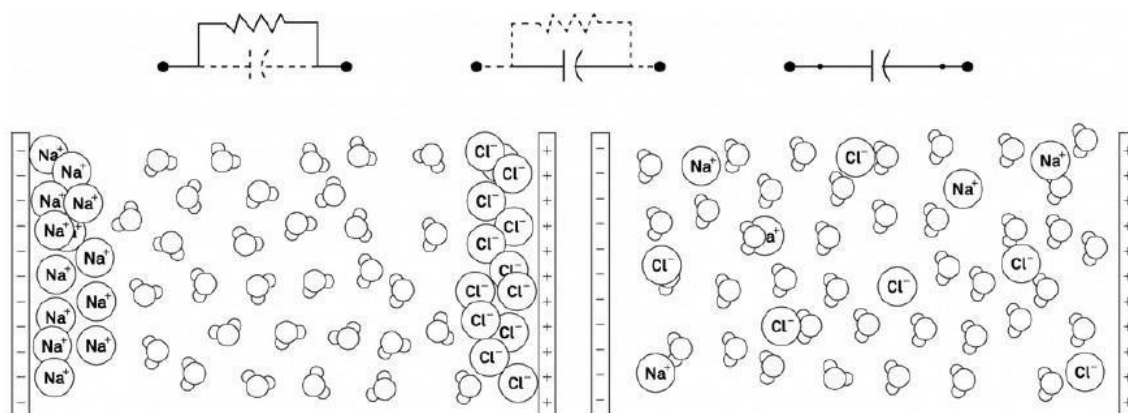
Las sondas dieléctricas (TDR, FDR y capacitivas) no han sido diseñadas de la misma forma, de hecho, algunas de ellas pueden funcionar de forma parecida a una sonda resistiva dependiendo de la frecuencia de medida y del diseño del circuito. El hecho de poder polarizar las moléculas de agua sin polarizar los iones disueltos depende de cómo de rápido se hace esta polarización o de la frecuencia de medida.

A bajas frecuencias, las sondas dieléctricas polarizan el agua y las sales y por tanto la medida es altamente sensible a la salinidad del suelo. Sin embargo, cuando la frecuencia se incrementa (alrededor de 50 MHz y superior) esta influencia se reduce. Por este motivo, si un sensor trabaja

con frecuencias a escala de kHz (como podría ser un sensor de 5\$ de Amazon) significa que la precisión de la medida estará muy afectada por los factores descritos. Por otro lado, el hecho de trabajar a altas frecuencias tampoco garantiza que se puedan evitar estos factores, ya que el diseño del sistema eléctrico juega un papel importante.

Las sondas dieléctricas (TDR, FDR y capacitivas) no han sido diseñadas de la misma forma, de hecho, algunas de ellas pueden funcionar de forma parecida a una sonda resistiva dependiendo de la frecuencia de medida y del diseño del circuito. El hecho de poder polarizar las moléculas de agua sin polarizar los iones disueltos depende de cómo de rápido se hace esta polarización o de la frecuencia de medida.

A bajas frecuencias, las sondas dieléctricas polarizan el agua y las sales y por tanto la medida es altamente sensible a la salinidad del suelo. Sin embargo, cuando la frecuencia se incrementa (alrededor de 50 MHz y superior) esta influencia se reduce. Por este motivo, si un sensor trabaja con frecuencias a escala de kHz (como podría ser un sensor de 5\$ de Amazon) significa que la precisión de la medida estará muy afectada por los factores descritos. Por otro lado, el hecho de trabajar a altas frecuencias tampoco garantiza que se puedan evitar estos factores, ya que el diseño del sistema eléctrico juega un papel importante.



**Figura 94:** Polarización de sensores dieléctricos y frecuencia de medida

Fuente: Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022),

Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022), sensores de humedad del suelo, *interreg*,

<https://learningdata.hubiberiaagrotech.eu/sensores-de-humedad-del-suelo/>

La constante dieléctrica es 1 para el aire, 3 a 5 para tierras minerales y 80 para el agua; por lo tanto, cualquier cambio en cualquiera de los tres parámetros cambiaría la constante dieléctrica del sustrato.

Chen López j, (2023)

### MEDIR CANTIDAD DE LUXES CON ARDUINO Y EL LUXÓMETRO BH1750

El BH1750 es un sensor digital del nivel de luz que puede ser conectado con facilidad a un autómata o procesador como Arduino para formar un luxómetro.

A diferencia a otros sistemas de medición del nivel de luz, como por ejemplo las resistencias LDR, la respuesta espectral del BH1750 está diseñada para ser similar a la del ojo humano por lo que son capaces de proporcionar la medición de lux.

Recordamos que los luxes son la unidad del sistema internacional para la iluminancia. La iluminancia es la relación entre el flujo luminoso (la cantidad de luz emitida por una fuente de luz, y la superficie en la que se mide.

A modo de referencia, para que tengáis un orden de magnitud de luxes, algunos ejemplos típicos de iluminancia.

Situación	Luxes
Noche	0.001-0.02
Luna llena	0.2-0.6
Día nublado, en interior	5-50

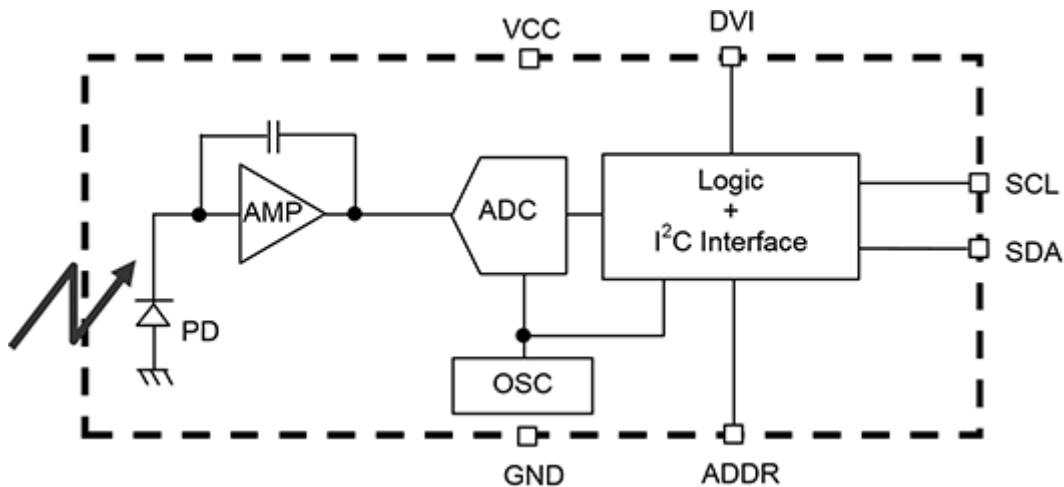
Día nublado, en exterior	50-500
Día soleado, en interior	100-1000
Bajo luz directa del sol	100.000
Habitación, salón	150-300
Mesa oficina/lectura	500-700
Supermercados/exposiciones	750-1000
Mesas dibujo/trabajo	1000-1500

**Tabla 4: luxes en diferentes situaciones**

Fuente: Llamas L, (2016),

El BH1750 tiene un amplio rango de medición ajustable desde los 0.11 a 100000 lux, por lo que es capaz de medir en casi cualquier situación de iluminación. Incorpora un ADC de 16bits que proporciona una resolución de 65535 niveles.

El sensor BH1750 tiene una baja influencia al espectro infrarrojo, rechazo al ruido de 50/60 Hz (luz artificial) y alta independencia del origen de la fuente de luz (luz natural, halógenos, LED, incandescencia).



**Figura 95:** esquemático eléctrico de luxómetro

Fuente: Llamas L, (2016),

La comunicación se realiza a través del bus I2C, por lo que es sencillo obtener los datos medidos.

La tensión de alimentación es de bajo voltaje entre 2.4 a 3.6V.

Frecuentemente se encuentran integrados en módulos que **incorporan la electrónica necesaria para conectarla de forma sencilla a un Arduino**. En la mayoría de los módulos, esto incluye un regulador de voltaje que permite alimentar directamente a 5V.

El BH1750 se emplea, principalmente, para regular la retroiluminación de LCDs y Keypads en dispositivos móviles, así como para regular la iluminación en cámaras digitales.

Nosotros podemos usarlo en nuestros proyectos, por ejemplo, para crear un luxómetro de bajo coste, controlar el funcionamiento de persianas o toldos en domótica o para regular un sistema de iluminación.

## ESQUEMA DE MONTAJE

La conexión es sencilla, simplemente alimentamos el módulo desde Arduino mediante GND y 5V y conectamos el pin SDA y SCL de Arduino con los pines correspondientes del sensor.



**Figura 96:** conexión a Arduino de luxómetro

Fuente: Llamas L, (2016),

### EJEMPLOS DE CÓDIGO

Para realizar la lectura del BH1750 usaremos la librería desarrollada por Christopher Laws, La librería proporciona ejemplos de código, que resulta aconsejable revisar. Los siguientes ejemplos son modificaciones a partir de los disponibles en la librería

El sensor dispone de 3 modos de resolución, siendo el predeterminado el modo “High Resolution Mode”.

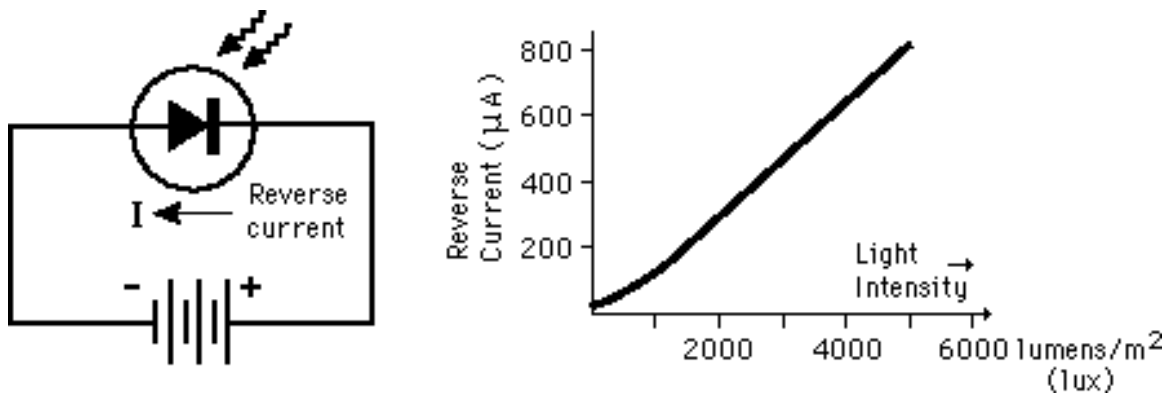
Modo	Resolución	Tiempo de medición
High resolution Mode2	0.5 lx	120 ms
High Resolution Mode	1 lx	120 ms
Llow Resolution Mode	4 lux	16 ms

**Tabla 5:** resolución del dispositivo

Fuente: Llamas L, (2016),

Adicionalmente existen 2 modos de disparo, “Continuo” y “One Time”. En el modo continuo el BH1750 realiza constantemente mediciones mientras que en el modo disparo único realiza la medición bajo demanda, pasando a modo baja energía entre solicitudes.

El sensor de luz es el componente clave del luxómetro. Hay diferentes tipos de sensores, pero todos funcionan de la misma manera: convierten la energía luminosa en una señal eléctrica. El sensor está compuesto por un fotodiodo, que es un dispositivo que se encarga de convertir la energía luminosa en electricidad. El fotodiodo está conectado a un circuito amplificador, que aumenta la señal eléctrica.



**Figura 97:** conversión de lux a corriente eléctrica

Fuente: Llamas L, (2016),

## MOSTRAR NIVEL DE LUX

En este ejemplo empleamos el BH1750 para obtener el nivel de iluminancia y, a continuación, mostramos la cantidad de lux por puerto serie.

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <BH1750.h>
```

BH1750 luxómetro.

```
Const byte lux Mode = BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE.
```

```
// BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE
```

```
// BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE_2
```

```
// BH1750_CONTINUOUS_LOW_RES_MODE
```

```
// BH1750_ONE_TIME_HIGH_RES_MODE
```

```
// BH1750_ONE_TIME_HIGH_RES_MODE_2
```

```
// BH1750_ONE_TIME_LOW_RES_MODE
```

```
void setup () {
```

```
  Serial. Begin (9600);
```

```
  Serial.println (F ("Iniciando sensor..."));
```

```
  luxómetro. begin(luxMode); // Inicializar
```

```
  BH1750
```

```
}
```

```
void loop () {
```

```
  uint16_t lux = luxómetro. readLightLevel (); // Lectura del BH1750
```

```
  Serial.print(F("Iluminancia: "));
```

```
  Serial.print(lux);
```

```
  Serial.println(" lx");
```

```
  delay (500);
```

```
}
```

**ENCENDER UN DISPOSITIVO CON EL LUXÓMETRO**

En este ejemplo empleamos la lectura del nivel de iluminación junto con dos umbrales superior e inferior para encender y apagar un dispositivo.

En el ejemplo empleamos el LED integrado en la placa para verificar el funcionamiento, por ejemplo, tapando el BH1750 con la mano y comprobando que el LED se apaga y enciende correctamente.

No obstante, en un ejemplo real emplearíamos la salida digital para realizar una acción como desplegar un toldo o cerrar una persiana, para lo que podemos emplear transistores BJT, transistores MOSFET o salidas por rele.

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <BH1750.h>
```

```
BH1750 luxometro;
```

```
Const byte luxMode = BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE;
```

```
Const uint16_t lowThreshold = 20;
```

```
const uint16_t highThreshold = 50;
```

```
const int pinOut = LED_BUILTIN;
```

```
void setup () {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  Serial.println(F("Iniciando sensor..."));
```

```
  luxometro.begin(luxMode); // Iniciar BH1750
```

```
}
```

```
void setup () {  
  Serial.begin(9600);  
  Serial.println(F("Inicializando sensor..."));  
  luxometro.begin(BH1750_CONTINUOUS_HIGH_RES_MODE); // Iniciar sens el sensor  
  pinMode(pinOut, OUTPUT);  
  digitalWrite(pinOut, LOW);  
}
```

```
void loop() {  
  uint16_t lux = luxometro.readLightLevel(); // Lectura iluminancia  
  
  if (lux < lowThreshold)  
  {  
    digitalWrite(pinOut, HIGH);  
  }  
  else if (lux > highThreshold)  
  {  
    digitalWrite(pinOut, LOW);  
  }  
  delay(500);  
}
```

Llamas L, (2016)

<b>Modelo</b>	<b>BH1750FVI</b>
<b>Voltaje de entrada</b>	<b>4.5V</b>
<b>Voltaje de operación</b>	<b>2.4V~3.6V</b>
<b>Corriente de operación</b>	<b>120uA~190uA</b>
<b>Potencia</b>	<b>260mW</b>
<b>Convertidor</b>	<b>Digital a Iluminancia</b>
<b>Resolución</b>	<b>1-65535lx (16bits)</b>
<b>Dependencia a fuentes de iluminación</b>	<b>Baja</b>
<b>Interfaz</b>	<b>IC/ I2C</b>
<b>Variación de medida</b>	<b>20%</b>
<b>Influencia Infrarrojos</b>	<b>Baja</b>
<b>Temperatura de operación</b>	<b>-40°C~85°C</b>

**Tabla 6: características del luxómetro**

Fuente: Electronilab, (2014),

Electronilab, (2014)

## SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT11

El DHT11 es un sensor de humedad relativa y temperatura de bajo costo y de media precisión a un bajo precio. La salida suministrada es de tipo digital utilizando solamente 1 pin de datos.



**Figura 98:** sensor temperatura y humedad relativa

Fuente: Descubrearduino, (2023),

El DHT11 es un sensor digital de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso. 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 (no posee salida analógica). Utilizado en aplicaciones académicas relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura y más.

Utilizar el sensor DHT11 con las plataformas Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu es muy sencillo tanto a nivel de software como hardware. A nivel de software se dispone de librerías para Arduino con soporte para el protocolo "Single bus". En cuanto al hardware, solo es necesario conectar el pin VCC de alimentación a 3-5V, el pin GND a Tierra (0V) y el pin de datos a un pin digital en nuestro Arduino. Si se desea conectar varios sensores DHT11 a un mismo Arduino, cada sensor debe tener su propio pin de datos. Quizá la única desventaja del sensor es que sólo se puede obtener nuevos datos cada 2 segundos. Cada sensor es calibrado en fábrica para obtener unos coeficientes de calibración grabados en su memoria OTP, asegurando alta estabilidad y fiabilidad a lo largo del tiempo. El protocolo de comunicación entre el sensor y el microcontrolador emplea un único hilo o cable, la distancia máxima recomendable de longitud de cable es de 20m., de preferencia utilizar cable apantallado. Proteger el sensor de la luz directa del sol (radiación UV).

### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Operación: 3V - 5V DC

- Rango de medición de temperatura: 0 a 50 °C
- Precisión de medición de temperatura:  $\pm 2.0$  °C
- Resolución Temperatura: 0.1°C
- Rango de medición de humedad: 20% a 90% RH.
- Precisión de medición de humedad: 5% RH.
- Resolución Humedad: 1% RH
- Tiempo de sensado: 1 seg.
- Interface digital: Single-bus (bidireccional)
- Modelo: DHT11
- Dimensiones: 16\*12\*5 mm
- Peso: 1 gr.
- Carcasa de plástico celeste
- Amperaje 2.5 mA

## PINES

- 1- Alimentación: +5V (VCC)
- 2- Datos (DATA)
- 3- No Usado (NC)
- 4- Tierra (GND)

\*Recomendamos utilizar una resistencia de 4.7K Ohm en modo Pull-up, entre el pin de Datos y VCC

¿Cómo el DHT11 mide la temperatura y la humedad?

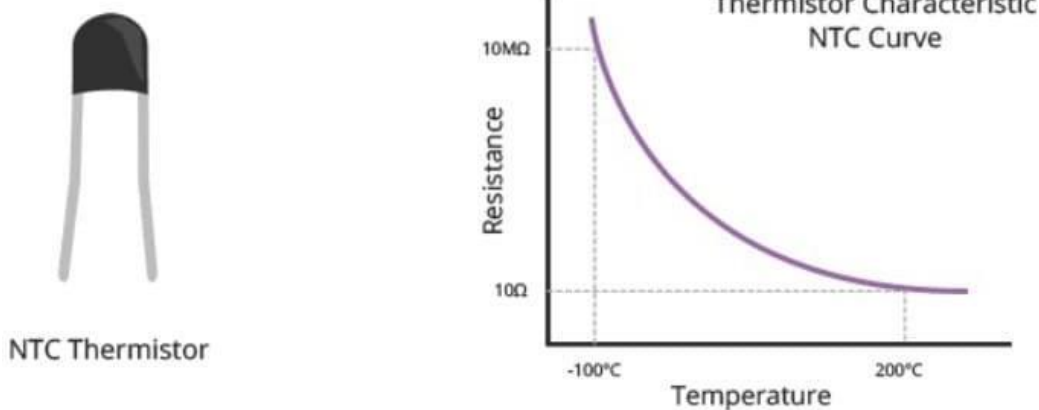
Dentro del DHT11, hay un **componente sensor de humedad junto con un termistor**. El componente de detección de humedad tiene dos electrodos con un sustrato que retiene la humedad

entre ellos. Los iones son liberados por el sustrato a medida que éste absorbe el vapor de agua, lo que a su vez aumenta la conductividad entre los electrodos.

El cambio de resistencia entre los dos electrodos es proporcional a la humedad relativa. Una mayor humedad relativa disminuye la resistencia entre los electrodos, mientras que una menor humedad relativa aumenta la resistencia entre los electrodos.

Estructura interna del sensor de humedad en el DHT11 DHT22

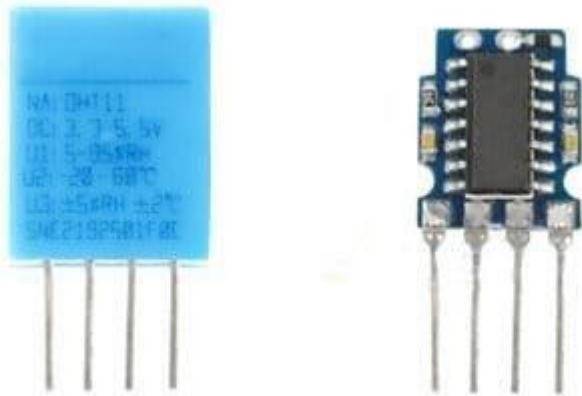
El DHT11 también **contiene un NTC/Termistor para medir la temperatura**. Un termistor es una resistencia térmica cuya resistencia cambia drásticamente con la temperatura. El término «NTC» significa «Coeficiente Negativo de Temperatura», lo que significa que la resistencia disminuye con el aumento de la temperatura.



**Figura 99:** elemento medidor de temperatura

Fuente: Descubrearduino, (2023),

En el otro lado, hay un **pequeño PCB** con un paquete de 8-bit SOIC-14 IC. Este IC mide y procesa la señal analógica con los coeficientes de calibración almacenados, hace la conversión analógica a digital y escupe una señal digital con la temperatura y la humedad.



**Figura 100:** circuitos internos de sensor

Fuente: Descubrearduino, (2023),

¿Qué es la humedad relativa?

**El DHT11 mide la humedad relativa.** La humedad relativa es la cantidad de vapor de agua en el aire vs. el punto de saturación del vapor de agua en el aire. En el punto de saturación, el vapor de agua comienza a condensarse y a acumularse en las superficies formando rocío.

El punto de saturación cambia con la temperatura del aire. El aire frío puede retener menos vapor de agua antes de saturarse y el aire caliente puede retener más vapor de agua antes de saturarse.

La fórmula para calcular la humedad relativa es:

$$RH = \left( \frac{\rho_w}{\rho_s} \right) \times 100\%$$

*RH : Relative Humidity*

*$\rho_w$  : Density of water vapor*

*$\rho_s$  : Density of water vapor at saturation*

### **Ecuación 6: humedad relativa**

La humedad relativa se expresa como un porcentaje. Al 100% de HR, se produce condensación, y al 0% de HR, el aire está completamente seco.

Descubrearduino, (2023)

Celda Peltier SP1848 27145 SA para Generación

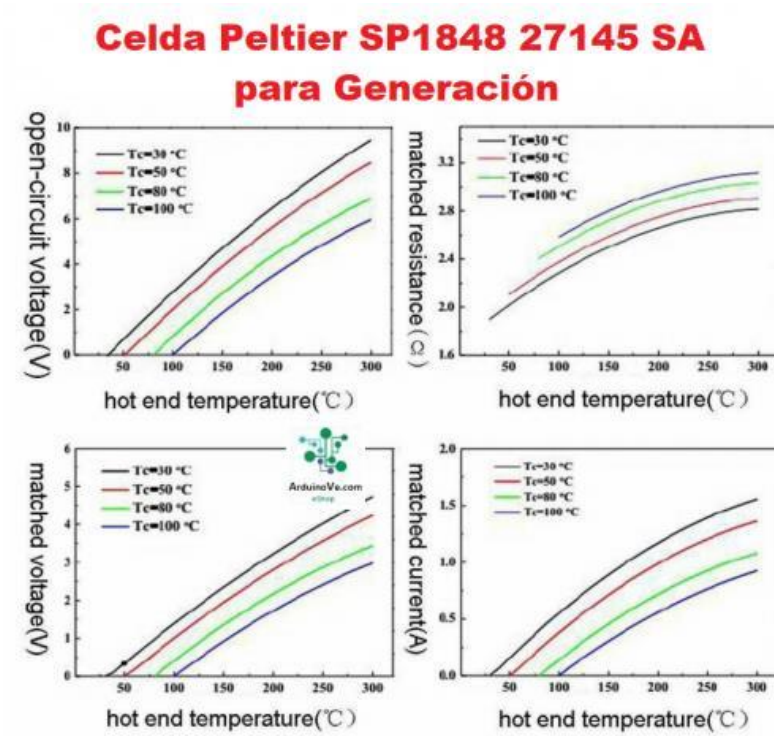


**Figura 101:** celda peltier

Fuente: arduinove.com, (2023),

Es un Generador Termoeléctrico por medio de diferencia de temperatura en sus 2 caras

Este producto también sirve para generar frío y calor a partir de la diferencia de voltaje de sus terminales.



**Figura 102:** parámetros eléctricos / temperatura de celda peltier

Fuente: arduinove.com, (2023),

Con 20 grados de diferencia de temperatura se genera 0,97 voltios y 225 miliamperios

Con 40 grados de diferencia de temperatura se genera 1,8 voltios y 368 miliamperios

Con 60 grados de diferencia de temperatura se genera 2.4 voltios y 469 miliamperios

Con 80 grados de diferencia de temperatura se genera 3.6 Voltios y 558 miliamperios

Con 100 grados de diferencia de temperatura se genera 4.8 voltios y 669 miliamperios

Con 120 grados de diferencia de temperatura se genera 5.9 voltios y 700 miliamperios

**ESPECIFICACIONES:**

- Temperatura fuerza electromotriz (a):  $190 \times 10^{-6} \text{ uV / C}$
- Valor óptimo (Z):  $2.5 \sim 3 \times 10^{-3} \text{ W / OC}$
- Modelo: SP1848-27145
- Ambiente de trabajo:  $-60^{\circ}\text{C}$  a  $+125^{\circ}\text{C}$
- Longitud del cable:  $\pm 30 \text{ cm}$
- Conductividad térmica (K):  $15 \sim 16 \times 10^{-3} \text{ W/Cm}$
- Conductividad:  $850 \sim 1250 \text{ } \Omega^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$
- Parámetro termoeléctrico:
- Lado caliente vacío.
- Conexión: cable rojo a positivo, cable negro a negativo, genera electricidad cuando ocurre la diferencia de temperatura
- Pequeño y ligero
- Diseñado específicamente para la generación de energía/electricidad
- Sellado para protección contra la humedad y contiene elementos térmicos formulados para una óptima generación de energía Seebeck.
- Alta temperatura  $150^{\circ} \text{ C}$ , con protección estática NM
- Tamaño del módulo:  $40 * 40 * 3,7 \text{ mm}$

arduinove.com, (2023)

Conductividad térmica de placa peltier

$k=0.571 \text{ W/m K}$

Julián castro y Ezequiel manzotti, (2017)

## Almohadilla térmica

Innovation Cooling Almohadilla térmica de grafito, repuesto permanente para pasta térmica/grasa (1.181 x 1.181 in)



**Figura 103:** almohadilla térmica para la venta

Fuente: Innovation Cooling, (2018),

La almohadilla térmica de grafito IC es una alternativa de interfaz térmica permanente a la pasta térmica para CPU, GPU y estaciones de juego. Este producto cuenta con un rendimiento térmico de nivel superior que es único y estable en un amplio rango de temperatura de -328.0 °F a +752.0

°F y, cuando se utiliza a largo plazo, debe durar la vida útil de la mayoría de los componentes electrónicos.

El grafito IC es 100% grafito puro y no tóxico. Esta almohadilla es una solución modular de estado sólido, sin aplicaciones desordenadas para limpiar, sin adivinar si has utilizado la cantidad adecuada, simplemente coloca la almohadilla y monta el fregadero.

Consejo de solución de problemas: la clave para un gran rendimiento es que es fundamental para todos los materiales de interfaz térmica, ya sea un compuesto o almohadilla térmicos, todos requieren un buen contacto y presión para lograr un rendimiento completo. El rendimiento térmico en este sentido puede verse afectado por varios grados, por lo que como lo harías con la pasta térmica, ten en cuenta el buen contacto y la presión para un rendimiento óptimo.

Innovation Cooling, (2018)

[Conductividad térmica del poliestireno de alto impacto](#)

Conductividad térmica 0,17 W/Km del poliestireno de alto impacto

Polimertecnic, (2019)

[Regulador de voltaje](#)

### **Diodo Zener**

El diodo Zener, es un dispositivo semiconductor compuesto por la unión de dos materiales con diferente dopado. Básicamente, se estructura igual que un diodo semiconductor o diodo de pequeña señal. La gran diferencia, es que el diodo Zener trabaja en la región de ruptura o Zener. Esta región se da cuando el diodo se polariza en inversa. Por lo tanto, el diodo Zener, se utilizará como un diodo polarizado en inversa. Una de las aplicaciones más comunes de estos diodos es la de

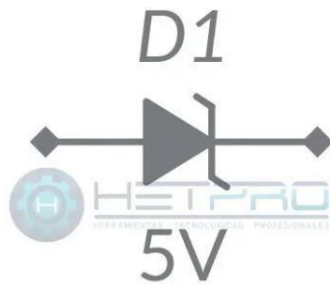


regular voltaje.

### Figura 104: diodos Zeners

Fuente: hetpro-store, (2018),

Debido a que tiene características de regulador, en el mercado existen una gran cantidad de valores de diodos Zener. Puedes encontrar de 3V, 3.3V, 4.7V, 5.1V, 6.2V, 7.5V, 8.2V, 12V, 15V, y muchos más. El símbolo electrónico del diodo Zener es el mismo que el del diodo convencional pero en la línea del cátodo se forma una letra «Z» como se puede observar en la siguiente figura. Además, debido a que se polariza en inversa siempre tendremos en mente que la corriente va de cátodo a ánodo.

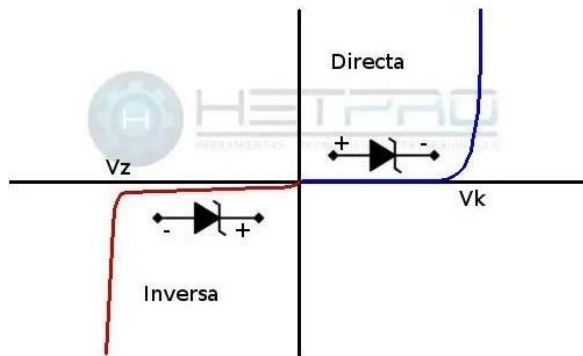


### Figura 105: simbología de diodos Zeners

Fuente: hetpro-store, (2018),

### Comportamiento del diodo Zener

Como se puede observar en la siguiente figura, el comportamiento de un diodo Zener no dista del diodo convencional. Desde el punto de vista de su comportamiento son iguales. La aplicación es que en este caso el voltaje de Zener o  $V_z$  es seleccionado de manera cuidadosa. Usualmente desde las unidades hasta las decenas de volts. Lo que lo hace ideal para trabajar su comportamiento «on-off» para esta región.



**Figura 106:** grafica de funcionamiento de diodos Zeners

Fuente: hetpro-store, (2018),

### Ejemplo de diodo Zener

En primer lugar, considere el siguiente circuito. Se tiene un divisor de voltaje o tensión con un par de resistencias. En este caso se tiene que tomar en cuenta que la resistencia  $R_2$  es la carga de un sistema.  $R_1$ , por lo tanto, es la resistencia en serie o de salida de algún otro módulo. A continuación, suponga que queremos limitar o regular el voltaje de entrada de dicho sistema con un voltaje máximo (de 5V, pero puede variar dependiendo el diodo Zener). Esto aplicable a casos donde el incremento de potencial pueda dañar algún circuito o sistema. Buscamos un diodo Zener con el voltaje máximo deseado.

Hetpro-store, (2018)

### Regulador de voltaje con diodo Zener

Características de los reguladores de voltaje con diodo Zener

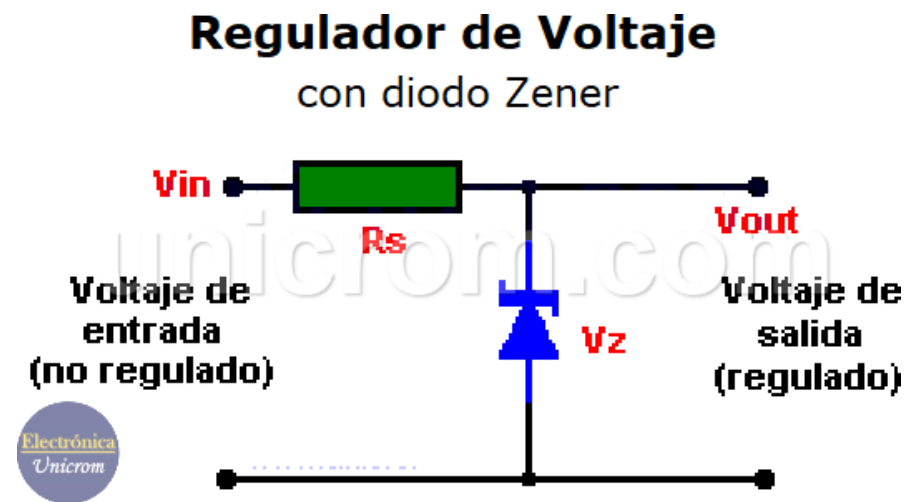
El diodo Zener se puede utilizar para regular una fuente de voltaje no regulada. Este semiconductor se fabrica en una amplia variedad de voltajes y potencias.

Estos van desde menos de 2 voltios hasta varios cientos de voltios, y la potencia que pueden disipar va desde 0.25 watts hasta 50 watts o más.

La potencia que disipa un diodo Zener es simplemente la multiplicación del voltaje para el que fue fabricado por la corriente que circula por él.  $P_z = V_z \times I_z$ . Esto significa que la máxima corriente que puede atravesar un diodo Zener es:  $I_z = P_z/V_z$ . (en amperios). Donde:

- $I_z$  = Corriente que pasa por el diodo Zener
- $P_z$  = Potencia del diodo Zener (dato del fabricante)
- $V_z$  = Voltaje del diodo Zener (dato del fabricante)

Ejemplo: La corriente máxima que un diodo Zener de 10 Voltios y 50 Watts puede aguantar, será:  $I_z = P_z/V_z = 50/10 = 5$  amperios.



**Figura 107:** circuito de diodos Zeners

Fuente: Administrador, (2023),

Estos van desde menos de 2 voltios hasta varios cientos de voltios, y la potencia que pueden disipar va desde 0.25 watts hasta 50 watts o más.

La potencia que disipa un diodo Zener es simplemente la multiplicación del voltaje para el que fue fabricado por la corriente que circula por él.  $P_z = V_z \times I_z$ . Esto significa que la máxima corriente que puede atravesar un diodo Zener es:  $I_z = P_z/V_z$ . (en amperios). Donde:

- $I_z$  = Corriente que pasa por el diodo Zener

- $P_z$  = Potencia del diodo Zener (dato del fabricante)
- $V_z$  = Voltaje del diodo Zener (dato del fabricante)

Ejemplo: La corriente máxima que un diodo Zener de 10 Voltios y 50 Watts puede aguantar, será:  $I_z = P_z/V_z = 50/10 = 5$  amperios.

Cálculo de resistor limitador de corriente  $R_s$

El cálculo del resistor  $R_s$  está determinado por la corriente que pedirá la carga (lo que vamos a conectar a esta **fente de voltaje**). Ver esquema del **regulador de voltaje** con diodo Zener, con el resistor  $R_s$  conectado entre  $V_{in}$  y el cátodo del Zener.

Este resistor se puede calcular con la siguiente fórmula:  $R_s = [V_{en_{min}} - V_z]/1.1 \times I_{L_{máx}}$ , donde:

- $V_{en}$  (min): es el valor mínimo del voltaje de entrada. (acordarse que es un voltaje no regulado y puede variar)
- $I_L$  (max): es el valor de la máxima corriente que pedirá la carga.
- El factor “1.1” se deduce de:  $1 + 0.1$ .
  - 1 es el 100% de la corriente que pasa por la carga y
  - 0.1 es el 10% de la corriente de la carga, y que se asume que pasa por el diodo Zener.

### **Ecuación 7: resistencia Zener**

Una vez conocido  $R_s$ , se obtiene la potencia máxima del **diodo Zener**, con ayuda de la siguiente fórmula:

$$PD = [(V_{en_{min}} - V_z) / R_s] \times V_z$$

### **Ecuación 8: potencia Zener**

Ejemplo de un diseño de regulador de voltaje con diodo Zener

Una fuente de voltaje de 15 voltios debe alimentar una carga con 9 voltios, que consume una corriente que varía entre 200 y 350 mA. (miliamperios). Se escoge un diodo Zener de 9.1 voltios (muy cercano a 9 voltios)

$$\text{Cálculo de } R_s: R_s = (15 - 9.1) / (1.1 \times 0.35) = 15 \text{ ohms}$$

Cálculo de la potencia del diodo Zener:  $P_D = [(15 - 9.1) / 15] \times 9.1 = 3.58$  watts.

Como no hay un diodo Zener de 3.58 Vatios, se escoge uno de 5 vatios que es el más cercano

Potencia de  $R_s$ : Un cálculo adicional es la potencia del resistor  $R_s$ . Este se hace con la fórmula:  $P = I^2 \times R$ . Ver Potencia en una resistencia (ley de Joule)

Los datos actuales son:  $I(\text{max}) = 350$  miliamperios = 0.35 amperios y  $R_s = 15$  Ohmios. Aplicando la fórmula,  $P_{R_s} = 0.1225 \times 15 = 1.84$  Watts. Esto significa que a la hora de comprar este resistor deberá ser de 2 Watts o más.

Administrador, (2023)

[¿Cómo funcionan las celdas solares?](#)

Las celdas solares se mezclan con **otros componentes como el fósforo y el boro** para formar dos partes: una cargada con electrones negativos y otra con positivos.

Cuando la celda solar se expone al sol, los fotones consiguen mover los electrones de la parte donde sobra carga negativa hacia la parte en la que falta. Este movimiento de electrones es la que crea la energía de Autoconsumo Solar.

A medida que los fotones **van liberando electrones** se va generando más y más electricidad. Los electrones que no se utilizan o que provienen del viento regresan al panel negativo haciendo que todo empiece de nuevo en **un proceso sin fin**.

Con ello se produce **corriente continua**, la cual se almacena en baterías hasta ser convertida en **corriente alterna** (la que llega a tu hogar) a través de los inversores de voltaje.

### Tipos de paneles solares

- **Mono cristalino:** están compuestos por células monocristalinas. Son muy reconocibles por su intenso **color negro** y sus esquinas recortadas. Son un 15-25% más eficiente que el resto de los modelos. Además su vida útil es más larga, ya que pueden **durar hasta 25 años**.

- **Policristalinos:** se conforman a raíz de células policristalinas. Estos tienen un **color azulado oscuro**. Son **más baratos pero también menos eficaces**, aunque actualmente se ha logrado disminuir sus pérdidas por reflexión y mejorar su captación de la luz.
- **Capa fina:** este modelo es diferente a los anteriores. No se trata de la unión de varias células individuales sino de **una lámina cortada a medida**. Su fabricación es más sencilla, lo que explica su **bajo precio**. Son muy flexibles y pueden adaptarse a todo tipo de superficies, por lo que cada vez se usan más en las casas.

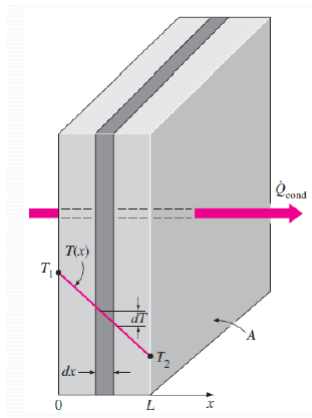
Endesa, (2020)

Transferencia de calor

Conducción de calor

$$Q_{\text{conduccion pared}} = KA * \frac{T_1 - T_2}{L}$$

**Ecuación 7: conducción por la pared**



**Figura 108:** calor traspasando una pared

Fuente: Cengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J (2011).

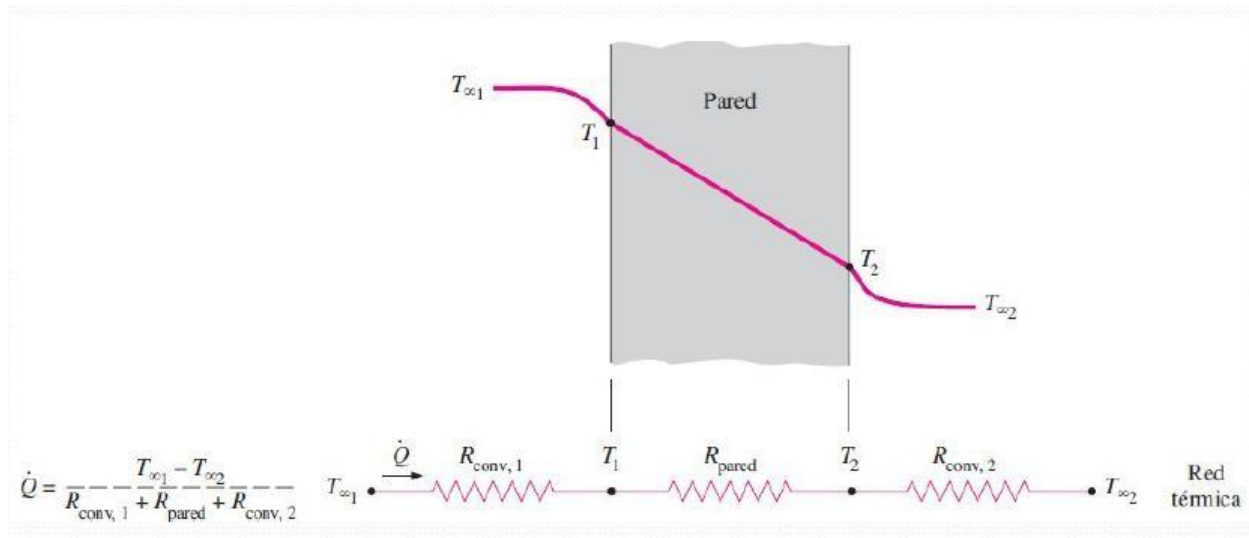
**Resistencia térmica**

$$Q_{\text{pared}} = \frac{T_1 - T_2}{R_{\text{pared}}} \quad R_{\text{pared}} = \frac{L}{KA}$$

$$Q_{conveccion} = \frac{T_s - T}{R_{conv}} \quad R_{conv} = \frac{1}{hA_s}$$

### Ecuación 8: de calor y resistencia térmica

#### Red de resistencias térmicas



**Figura 109:** formulación de las resistencias térmicas

Fuente: Cengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J (2011).

$$\begin{aligned} \left( \begin{array}{l} \text{Razón de la convección} \\ \text{de calor hacia la pared} \end{array} \right) &= \left( \begin{array}{l} \text{Razón de la conducción} \\ \text{de calor através de la pared} \end{array} \right) \\ &= \left( \begin{array}{l} \text{Razón de la convección} \\ \text{de calor desde la pared} \end{array} \right) \end{aligned}$$

$$\dot{Q} = h_1 A(T_{\infty 1} - T_1) = kA \frac{T_1 - T_2}{L} = h_2 A(T_2 - T_{\infty 2})$$

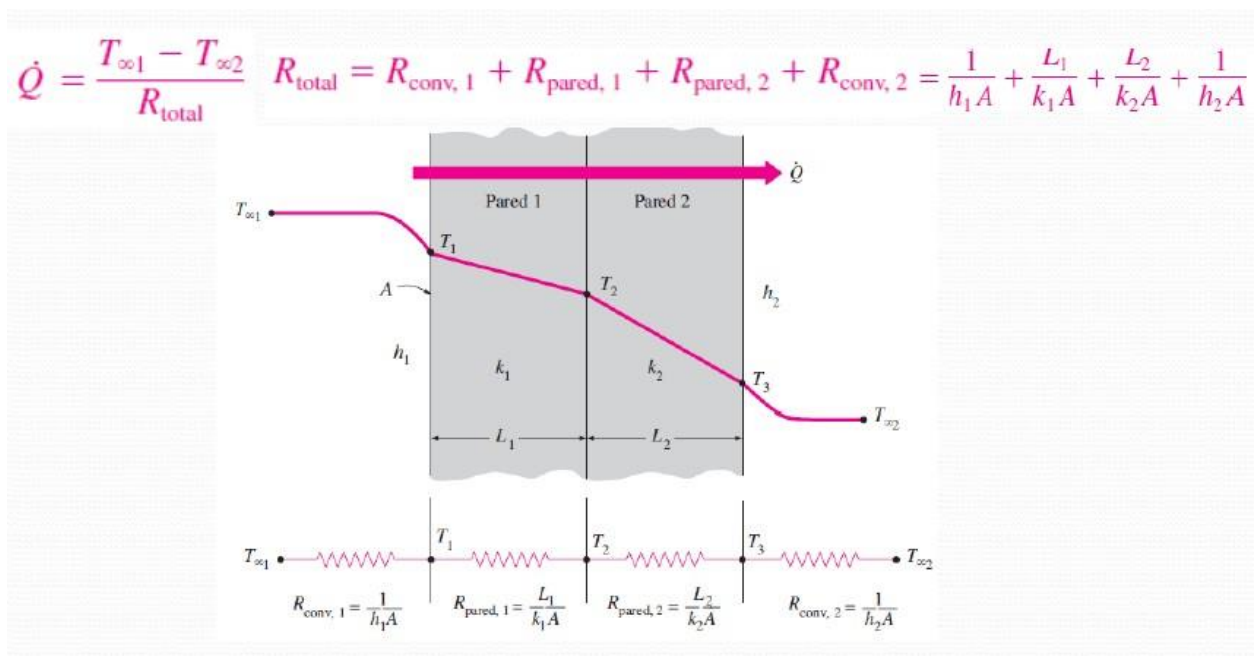
$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{1/h_1 A} = \frac{T_1 - T_2}{L/kA} = \frac{T_2 - T_{\infty 2}}{1/h_2 A}$$

$$\dot{Q} = \frac{T_{\infty 1} - T_{\infty 2}}{R_{\text{total}}} \quad R_{\text{total}} = R_{\text{conv}, 1} + R_{\text{pared}} + R_{\text{conv}, 2} = \frac{1}{h_1 A} + \frac{L}{kA} + \frac{1}{h_2 A}$$

### Ecuación 9: calor total

La rapidez de la transferencia de calor estacionaria entre 2 superficies es igual a la diferencia de temperatura dividida entre las resistencias térmicas total entre esas 2 superficies.

### Paredes planas de capas múltiples



**Figura 110:** calor traspasando una pared de diferentes materiales

Fuente: Cengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J (2011).

Cengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J (2011). Transferencia de calor y masa (IV ed.).

México:McGrall Hill.

## APLICACIONES DE LOS PLÁSTICOS EN AGRICULTURA.

Los plásticos han permitido convertir tierras aparentemente improductivas en modernísimas explotaciones agrícolas. Ejemplo de ello es la provincia de Almería, que de una agricultura de subsistencia ha pasado a contar con una gran concentración de invernaderos que la hacen modelo del desarrollo agrícola en muchas partes del mundo.

En Almería se encuentra la mayor concentración de invernaderos del mundo, unas 30.000 ha cubiertas por plástico y que han permitido la producción de hortalizas en territorios prácticamente desérticos; así el valor de la producción hortofrutícola en Almería ha pasado de 9.500 millones de pesetas en 1975 a los casi 189.000 millones de pesetas en 1997 (más de 1,2 billones americanos de dólares) (Fuente: CEPLA, 2000).

El plástico en agricultura se utiliza en invernaderos, macro túneles, micro túneles, acolchados, mallas, en el control de plagas (plásticos foto selectivos), en el control de enfermedades (solarización), en el riego, etc.

## 2. PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS UTILIZADOS COMO CUBIERTA DE INVERNADEROS.

### 2.1. Propiedades físicas.

La elección de un determinado material de cubierta influirá en el tipo de estructura del invernadero, es decir, determinará el peso que debe soportar la estructura por tanto el espacio que debe haber entre pilares, barras de soporte, correas, distancia entre canal y cumbrera y forma del techo.

- **Peso.** Los filmes de plástico tienen poco peso lo que reduce su exigencia en estructuras y por tanto aumenta la uniformidad de la luz en el interior al reducir el sombreo. Los materiales rígidos además de un peso mayor acostumbran a tener un tamaño más reducido con lo cual requieren un mayor número de soportes, e influirá también en una menor estanqueidad.

- **Densidad.** Informa sobre la cristalinidad de los polímeros. Ésta modifica la flexibilidad,

permeabilidad y propiedades térmicas del polímero. Una densidad baja facilita la manipulación y el transporte unido o un menor precio.

- **Espesor.** Las unidades de medida serán milímetros generalmente utilizados para vidrio y plásticos rígidos y micras o galgas para los filmes, 100 m equivalen a 400 galgas. (1 mm = 1000 m). En filmes el espesor recomendado para proteger el cultivo en las bajas temperaturas es de 200 - 800 galgas.

- **Resistencia** a la rotura (especialmente en zonas de granizo, nieve o viento), resistencia a la deformación por altas temperaturas, resistencia a la rotura por bajas temperaturas.

- **Envejecimiento.** El envejecimiento de los materiales utilizados como cubierta en invernadero viene determinado por la degradación de sus propiedades físicas, radiométricas y mecánicas.

- a) Envejecimiento Físico. El seguimiento de la degradación física de los materiales se puede realizar regularmente por una simple observación que revele la aparición de desgarraduras en láminas plásticas y mallas de sombreo, desprendimiento de la capa de aluminio en pantallas térmicas, fractura de la muestra en materiales rígidos, etc.
- b) El Envejecimiento Radiométrico. Un procedimiento sencillo para determinar los cambios en la transmisión de luz de un material, debidos a la acción de los rayos solares, es medir periódicamente la radiación fotosintética activa (PAR) comprendida entre 400 y 700 nm, que es primordial para las plantas, ya que condiciona su rendimiento. Esta medida hecha tanto al aire libre como bajo el material de cubierta nos informa de las variaciones en la capacidad de éste para transmitir el máximo de luz.

Duración de plásticos normalizados para invernaderos (Fuente: SERRANO, 1994)			
Tipo de plástico	Espesor	Duración (en Almería)	Radiación solar recibida
Polietileno "normal" (sin aditivos)	150 micras (600 galgas)	6-8 meses	< 148 kcal/cm <sup>2</sup>
Polietileno "larga duración"	180 micras (720 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Polietileno "Térmico larga duración"	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Copolímero EVA (12 % AV)	200 micras (800 galgas)	2 años	296 kcal/cm <sup>2</sup>
Copolímero EVA (6 % AV)	100 micras (400 galgas)	1 año	148 kcal/cm <sup>2</sup>

**Tabla 7****2.2. Propiedades ópticas. Transmisión de la radiación solar.**

- **Transmitancia.** Es la propiedad de los materiales de dejar pasar la radiación solar, se expresaría como la relación entre la radiación en el interior del invernadero y la medida simultáneamente en el exterior. La transmisión depende del ángulo de incidencia de la cubierta.

**2.3. Propiedades y comportamiento térmicos.**

La capacidad de protección contra el frío de un material depende por un lado de su transmitancia para la radiación IR larga, y por otro de las pérdidas por conducción y convección a su través. En condiciones estables en laboratorio se mide un coeficiente K global de pérdidas caloríficas, que expresa el conjunto de pérdidas radiantes, convectivas y conductivas, que permite comparar unos materiales con otros.

**Características comparadas de los principales materiales plásticos utilizados en cubierta de invernadero (Fuente: SERRANO, 1994)**

	FLEXIBLES		RÍGIDOS			
	Polietileno	PVC	PVC ondulado	Polimetacrilato metilo	de Poliéster estratificado	Cristal
Características	(0,08 mm)	(0,1 mm)	(1-2 mm)	(4 mm)	(1-2 mm)	(2,7 mm)
Densidad	0,92	1,3	1,4	1,18	1,5	2,40
Índice de refracción	1,512	1,538	-	1,489	1,549	1,516
% de dilatación antes de que se rompa	400-500	200-250	50-100	escasa	escasa	nula
Resistencia al frío y calor	-40+50° C	-10+50° C	-20+70° C	-70+80° C	-70+100° C	muy elev.
Duración	2 años	2-3 años	elevada	elevada	elevada	elevada
Transparencia % (0,38-0,76 micrones)	70-75	80-87	77	85-93	70-80	87-90
Transmisión % (-0,24-2,1 micrones)	80	82	82	73	60-70	85
Transmisión % (7-35 micrones)	80	30	0	0	0	0

**Tabla 8****3. TIPOS DE MATERIALES DE CUBIERTA PARA INVERNADEROS.**

La importancia del material de cobertura en un cultivo bajo invernadero estriba en que constituye el agente modificador del clima natural de la zona en donde se vaya a construir el invernadero. La elección del material de cobertura dependerá de una serie de criterios o indicadores, que interaccionados entre sí, ayudarán al agricultor en la elección del material apropiado. Estos indicadores se pueden resumir en (Fuente: MATAALLANA; MONTERO, 1995).

- Respuesta agronómica debida al material empleado (precocidad, producción y calidad).
- Propiedades ópticas, térmicas y mecánicas del material de cubierta.
- Estructura del invernadero, anclaje o sujeción del plástico

El material ideal sería el que cumpliera los requisitos siguientes: buen efecto de abrigo, gran retención de calor, gran rendimiento térmico, gran transparencia a las radiaciones solares, gran opacidad a las radiaciones infrarrojas largas emitidas por suelo y planta durante la noche. Los materiales que pueden cumplir todas estas exigencias son caros y exigen estructuras costosas. El material ideal sería el que tuviese el espesor y flexibilidad de los plásticos y las propiedades ópticas del vidrio. Es decir, el que sea muy permeable, durante el día, a las radiaciones de longitud de onda inferiores a 2.500 nm y por la noche fuera lo más opaco posible a las radiaciones de longitud de onda larga, emitida por suelo y plantas, que son las que mantienen calientes a los invernaderos.

Los materiales de cubierta se dividen en tres grupos (Fuente: MATAALLANA; MONTERO, 1995):

- Vidrio impreso o catedral.
- Plásticos rígidos: polimetacrilato de metilo (PMM), policarbonato (PC), poliéster con fibra de vidrio, policloruro de vinilo (PVC).
- Plásticos flexibles: policloruro de vinilo (PVC), polietileno de baja densidad (PE), etileno vinilo de acetato (EVA), policloruro de vinilo (PVC) y materiales coextruidos.

### **3.1. Vidrio.**

Este material fue el primero en utilizarse hasta la aparición de los materiales plásticos. Se emplea principalmente en zonas de clima extremadamente frío o en cultivos especializados que requieren una temperatura estable y elevada.

El cristal que se utiliza como cubierta de invernadero es siempre el vidrio impreso. El vidrio impreso, está pulido por una parte y por la otra está rugoso. En la colocación del cristal sobre la cubierta de la instalación, la cara rugosa quedará hacia el interior y la cara lisa hacia el exterior. Así recibirá por la parte exterior casi todas las radiaciones luminosas que al pasar a su través se difundirán en todas las direcciones al salir por la cara rugosa.

El vidrio es el que presenta una transmisión óptica y térmica óptima. Es un material no combustible, resistente a la radiación UV y a la polución manteniendo sus propiedades iniciales a lo largo de su vida.

El principal problema del vidrio es su vulnerabilidad a los impactos, especialmente zonas con altas posibilidades de granizo desaconsejan su uso. Otro inconveniente es su peso y que se trata de unidades pequeñas necesitando por tanto estructuras sólidas y estables que soporten su peso y eviten la rotura del material por desplazamientos de la misma. Esto provoca que los elementos estructurales produzcan importantes sombras dentro del invernadero. Requiere un mantenimiento regular de limpieza y sellado.

El cristal tiene la propiedad de ser casi totalmente opaco a las radiaciones de longitud de onda larga, es decir, a las que emiten las plantas y el suelo por la noche; esta cualidad del vidrio es muy interesante, ya que las pérdidas de calor durante la noche son mucho menores que las que ocurren con los demás materiales plásticos utilizados como cubierta.

El utilizado para invernadero tiene un espesor de 2 a 4 mm con una densidad de 2.400 Kg/m<sup>3</sup>.

### **3.2. Plásticos rígidos.**

#### **3.2.1. Polimetacrilato de metilo (PMM).**

Es un material acrílico, que procede del acetileno mediante formación de acrilato de metilo y polimerización de este último. Se conoce comercialmente como vidrio acrílico o plexiglass. Es un material ligero con una densidad de 1.180 kg/m<sup>3</sup>. Presenta buena resistencia mecánica y estabilidad.

Existen dos tipos de polimetacrilato de metilo: incoloro y blanco translúcido; al mismo tiempo se fabrica en forma de placa celular.

La transparencia de este plástico está comprendida entre el 85 y el 92%, por lo que deja pasar casi todos los rayos UV y su poder de difusión es casi nulo. Tiene una gran opacidad a las radiaciones nocturnas del suelo.

La resistencia a la rotura es siete veces superior a la del cristal a igualdad de espesores, por lo que resulta más resistente a los golpes. En horticultura esto significa reducción de gastos por rotura y menores costes de mantenimiento del invernadero.

A pesar de su ligereza el vidrio acrílico puede soportar una sobrecarga de 70 kg por metro cuadrado, lo cual es importante para aquellas zonas con riesgo de nevadas; el coeficiente de conductividad térmica de polimetacrilato de metilo es de 0,16 kilocalorías/metro-hora °C a 0,64 del vidrio lo que impide el enfriamiento nocturno del invernadero.

Entre las ventajas que ofrece el vidrio acrílico están:

- Resistencia a los agentes atmosféricos
- Deja pasar los rayos UV
- Gran resistencia al impacto, por lo que apenas existen roturas
- Facilita el deslizamiento de la nieve
- Gran transparencia a las radiaciones solares

- Uso de estructuras más ligeras que las que precisa el vidrio.

En cuanto a sus inconvenientes el principal de ellos es su elevado coste, que junto al tipo de estructura requerida hacen que los invernaderos construidos con este material sean de costes elevados. El metacrilato es fácil de rallar con cualquier instrumento, con lo que habrá que considerar este aspecto como factor negativo.

Su duración es mayor que la del poliéster.

Se fabrican en placas de hasta 2 metros de ancho y más de 3 metros de largo. Las placas extrusionadas tienen 4 mm de espesor y la longitud que se precise.

### **3.2.2. Policarbonato (PC).**

El policarbonato es un polímero termoplástico con buena resistencia al impacto y más ligero que el PMM.

La presentación de este material es en planchas alveolares, que consta de 2 o 3 paredes paralelas transversalmente por paredes del mismo material. El grosor de las placas, que se puede encontrar en el mercado es de 4 a 16 mm.

Esta placa está protegida, por la parte que se expone al exterior, por una película que protege de los rayos UV al resto del material para evitar su degradación. También se fabrica sin esta protección a las radiaciones UV, pero no es conveniente utilizarla en la cubierta de invernadero.

La transformación a la luz de la gama de radiaciones visibles e infrarrojos cortos es del 76-83%, según el grosor de la placa y paredes (2 o 3), en las placas que no llevan protector a las radiaciones UV.

En los productos que lleven la protección en la parte exterior, para no dejar pasar a las radiaciones UV, éstas no pasan al exterior; esta propiedad, que presenta una ventaja para los cultivos que se hacen en invernaderos, resulta inconveniente cuando el invernadero está dedicado a producción de

plantas hortícolas, que luego van a plantarse al aire libre, por efecto de choque que se produce, al recibir la luz directa del sol con todas las radiaciones UV.

El policarbonato celular tiene una opacidad total a las radiaciones de longitud de onda larga.

Las múltiples paredes de que consta la placa, forman una cámara de aire dentro de los canales internos que hacen aumentar el poder aislante en un porcentaje muy elevado, respecto al mismo material en placa sencilla.

Es un material muy ligero, comparado con el grosor de la placa; aproximadamente es 10 a 12 veces menos que el vidrio, a igualdad de espesor

El policarbonato tiene una gran resistencia al impacto (granizo, piedras, etc...). Estas placas pueden adaptarse en frío a estructuras con perfiles curvos de radio suave.

En los fabricados actuales en la pared, que queda en el interior, puede llevar un tratamiento anti condensación y antigoteo, que permiten el deslizamiento de las gotas de agua, sin que llueva sobre el cultivo.

La duración de las placas de policarbonato celular está garantizada por los fabricantes en 10 años. Se ralla con los objetos punzantes.

Agroinfo.com, (2017),

**Poliestireno de alto impacto. HIPS**

*Descripción*

El poliestireno de alto impacto (HIPS) está compuesto de PS cristal y caucho lo que hace que sea opaco y de color blanco. Es un plástico versátil, económico y resistente a los impactos que es fácil de mecanizar y fabricar. Se utiliza con frecuencia en el mecanizado de prototipos de preproducción, ya que tiene una excelente estabilidad dimensional y es fácil de fabricar, pintar y pegar.

#### *Ventajas*

- Buena resistencia al impacto
- Excelente procesabilidad
- Buena estabilidad dimensional
- Excelente calidad estética
- Fácil de pintar y pegar
- Fácil de soldar por ultrasonidos

#### *Propiedades*

- Duro
- Rígido
- Translúcido
- Buena resistencia al impacto

#### *Aplicaciones*

- Productos de consumo tales como: componentes de aparatos, juguetes, equipos de TV y audiovisuales
- Industria automotriz: paneles de instrumentos y accesorios, tanques de gasolina
- Láminas de Termo conformado

Chemieuro, (2018)

Esta parte de la Norma ISO 2897 especifica los métodos de preparación de las probetas y los métodos de ensayo que se deben emplear para determinar las propiedades de los materiales de poliestireno resistente al impacto (PS-I) para moldeo y extrusión. Aquí se dan los requisitos

para la manipulación del material de ensayo y para el acondicionamiento, tanto del material de ensayo antes del moldeo, como de las probetas antes del ensayo.

## EL CULTIVO DE CACAO

### 1. **BREVE HISTORIA DEL CACAO.**

Etimológicamente la palabra cacao viene de una transformación fonética de las palabras mayas “kaj” (amargo) y “kab” (jugo), al pasar estas al castellano terminaron “cacaotal” y luego “cacao”. Este cultivo es de origen americano y se le atribuye al Alto Amazonas que comprende países como Colombia, Ecuador, Perú y Brasil, el punto de origen, por la gran variabilidad de la especie que presenta este lugar. Otro punto de dispersión fue Mesoamérica principalmente la región donde se estableció la cultura maya. Los conquistadores vieron el cacao por primera vez en 1502 al confiscarles un cargamento a unos indígenas cerca de las costas hondureñas. En 1522, los europeos descubrieron almacenes llenos de cacao en el imperio Azteca, quienes sitúan el origen del cacao en el Paraíso, en el jardín del dios Quetzalcóatl de donde fue traído a la tierra para deleite de los hombres. Se cree que Linneo debe haber conocido esta leyenda cuando nombro al árbol “Theobroma” que significa “alimento de los dioses”.

El cacao fue llevado a España, luego se diseminó por Inglaterra, Francia, Portugal Alemania, y todos ellos responsables de la diseminación del cacao por Asia, África y Oceanía. Actualmente el continente Africano el mayor productor del mundo.

### 2. **BOTÁNICA.**

#### **2.1- Clasificación:**

El cacao pertenece al orden MALVALES, a la familia ESTERCULIACEA, al género teobroma y la especie CACO.

Dentro de esta especie se clasifican los diferentes tipos en tres grupos: Criollo, Forastero y Trinitario.

El cacao criollo tiene granos gruesos, de sección casi redonda, con cotiledones blancos. Sus mazorcas son de color rojo de forma alargada, puntiaguda con una superficie rugosa y surcos profundos. Su cáscara es delgada, fácil de cortar y de color amarilla o anaranjado en la madurez. El criollo es de alta calidad, pero muy susceptible a enfermedades.

Se distinguen los tipos Cundeamore y Angoleta.

El forastero tiene granos redondeados, con cotiledones de color púrpura intenso. Sus mazorcas son de color amarillo o anaranjado de forma variable. Su cáscara es gruesa, lisa, dura y difícil de cortar. El forastero incluye casi la totalidad de los cacaos corrientes cultivados en los países de América tropical y el oeste de África. Es rústico y más resistente a plagas y enfermedades. Los tipos representantes son Amelonado y Calabacillo.

El cacao Trinitario, es el resultado del cruzamiento entre el Criollo y el Forastero. Comprende formas híbridas heterogéneas. Su calidad es intermedia entre los Criollos y los Forasteros. Se cultiva en toda América y el oeste Africano.

## **2.2- Morfología:**

A los 10 años, el árbol del cacao alcanza una altura de 5 a 7 metros. Sus partes y las características de estas son:

### 2.2.1- Sistema radical:

Está formado por la raíz principal y raíces laterales. La raíz pivotante tiene ramificaciones que se profundizan hasta 2 m. esta sirve de anclaje. En los primeros 20 cm del suelo se encuentran las raíces secundarias, y estas se ramifican en terciarias y cuaternarias.

### 2.2.2- tronco:

Es leñoso, con un diámetro de 15 a 30 cm. A los 18 meses su crecimiento se interrumpe. Desaparece la yema terminal, la cual es reemplazada por 3 a 5 yemas auxiliares.

### 2.2.3- hojas:

Las hojas son pigmentadas y de un color variable: puede ser verdes o de diversas tonalidades de rojo. Son suaves y cuelgan de sus peciolos. Estos son largos en las hojas del tronco y más cortos en las hojas de las ramas. Las hojas poseen un pulvino en cada uno de sus extremos, lo que facilita el movimiento de las hojas en respuesta a estímulos fototrópicos. La vida de las hojas es limitada. Posee un periodo de funcionalidad de unos 4 a 5 meses, momento a partir del cual la hoja entra a una etapa de senescencia.

#### 2.2.4- flores:

Las flores del cacao nacen directamente de la madera vieja del tallo principal y de las ramas laterales, fenómeno denominado Caulifloria.

La flor es pequeña, de 1 a 2 cm de largo, es hermafrodita, pentámera, de ovario supero, el androceo está formado por 10 filamentos, 5 de los cuales son fértiles y toman el nombre de estambres y los otros 5 no lo son y se llaman estaminoides. Los estambres son dobles, provienen de la fusión de los estambres sencillos, terminando cada uno en una antera con 4 sacos polínicos. Los pétalos están formados por 3 partes: concha, ribete, lígula (limbo). El gineceo está formado por un ovario supero constituido por la fusión de 5 lóculos y cada uno puede contener de 5 a 15 óvulos fecundados dependiendo del fenotipo. El estilo formado por: filamento y estigma. Ambos son receptivos.

#### 2.2.5- inflorescencia:

Se localiza en la base de las hojas, alrededor de la cicatriz y de la yema axilar que deja una hoja, a partir de ahí se forma una cima dicasica comprimida que posteriormente se engruesa dando lugar a un cojín floral.

En híbridos interclonales, la floración empieza los 14 y 18 meses y el número de flores varía mucho dependiendo del genotipo.

#### 2.2.6-fruto:

El fruto del cacao es clasificado botánicamente como una baya indehisciente. Este es el resultado de la maduración del ovario una vez fecundado y formado por 5 lóculos que desaparecen al madurar los granos, los cuales están cubiertos de una pulpa mucilaginosa azucarada cuando el fruto está maduro.

La cáscara o pericarpio está formada por 3 partes: el exocarpo, el cual es carnoso y espeso, cuyo estrato epidérmico exterior puede estar pigmentado; el mesocarpo, delgado y duro formado por células semi-leñosas, y el endocarpo, carnoso, suave y su espesor varía mucho dependiendo del genotipo.

#### 2.2.7- semilla:

Se encuentran dentro de la cavidad única del fruto o mazorca y está rodeada de una pulpa mucilaginosa espesa, la cual tiene sustancias inhibidoras de la germinación. Posee 2 cotiledones exalbuminosos y epigeos, colocándose sobre la superficie del terreno en el proceso de germinación. La forma varía mucho, las hay triangulares, ovoides, alargadas, redondeadas, gruesas y aplanadas. Normalmente germinan entre 3 y 7 días después de la separación de la mazorca. La radícula, blancuzca se alarga bastante rápido, mientras que los cotiledones son levantados de 5 a 7 cm por el desarrollo del hipocotilo.

### **2-3. Fisiología de la reproducción:**

#### 2.3.1- biología floral:

El botón floral se abre con movimientos lentos desde las 2 pm y la gran mayoría lo hacen desde las 5 pm en adelante; este proceso es influenciado por condiciones ambientales como lo es la luminosidad y la humedad. La apertura durante la noche y en la mañana del día siguiente, las anteras están abiertas y el grano de polen es pegajoso y en general sale del saco en forma de gránulos y transportados por los insectos polinizadores: *Forcipomyia sp* y *Frankliniella sp*, como también se puede dar la polinización artificial (efectuado por el hombre) y de vez en cuando se da la polinización eólica cuando las condiciones ecológicas se dan.

El gineceo está receptivo casi inmediatamente después que la flor ha terminado de abrirse. Cuando el ovario es fecundado, las partes florales se tornan amarillas y se caen, por otro lado el ovario empieza a ensancharse. Una vez producida la fecundación, el huevo o cigoto inicia su actividad de división entre 40 o 50 días, época en la cual la mazorquita ha crecido entre 8-10 cm.

A partir de ahí sigue el proceso de maduración de las semillas, engrosamiento y alargamiento del fruto hasta 150 o 170 días, en que se cosecha el fruto maduro.

#### 2.3.2- Sistemas de incompatibilidad:

Dentro de las poblaciones vegetales funcionan sistemas genéticos que aseguran la polinización cruzada. Uno de estos sistemas es las series alélicas de incompatibilidad entre polen y gineceo. Tales series suelen estar formadas por numerosos genes a los que acostumbra a designar con la letra “s” y un subíndice numérico.

La importancia de estos sistemas es que impiden la autogamia y facilitan la alogamia entre individuos no emparentados, con la finalidad de que las plantas hermafroditas se defiendan de la pérdida de vigor y disminución de la capacidad de adaptabilidad que se manifiesta en la descendencia como consecuencia de la consanguinidad.

Este mecanismo se da ampliamente en el reino vegetal en familias de plantas como: Leguminosae, Rosacea, Esterculiaceae, Compositae, Cruciferae y Graminae.

Dentro de los sistemas más conocidos se encuentran:

Homomórfico y el Heteromórfico. El Heteromórfico presenta diferencias en la morfología de las flores; tamaño relativo del polen y células del estigma. Es un proceso gobernado por un solo gene, en locus simple, con 2 alelos y la incompatibilidad está dada por la planta madre.

En el sistema Homomórfico, no hay diferencias morfológicas entre flores y depende de dos mecanismos de reacción: GAMETOFÍTICO Y ESPOROFÍTICO.

El gametofítico es de acción independiente, tanto del estilo como del polen, los alelos de la incompatibilidad se pueden presentar en cualquier individuo. El grano de polen que lleva genes de incompatibilidad no puede funcionar sobre el estilo que posee el mismo alelo. Este sistema es controlado por un simple gene con una amplia serie de formas alélicas.

El mecanismo esporofítico, reacciona en un solo locus con alelos múltiples. Se encuentra determinado por un núcleo diploide del esporofito, o sea el comportamiento de cada grano de polen o tubo polínico está dirigido y determinado por el genotipo diploide.

### **3. FACTORES ECOLÓGICOS QUE AFECTAN EL CACAO:**

Varios son los factores que afectan al cacao, pero los más importantes y que pueden limitar el área del cultivo son la temperatura y la precipitación.

### **3.1- Latitud:**

Normalmente el cacao se ha desarrollado en los trópicos de todo de todo el mundo. Principalmente entre los 20° latitud norte y 20° latitud sur. Dentro de estas coordenadas, conforme se aleje de la línea equinoccial la altitud a que se pueda sembrar el cultivo variará notablemente.

### **3.2- Temperatura:**

El cacao es rentable donde la temperatura no baja de 15 °C, debido a que este cultivo no soporta temperaturas extremas. La temperatura media para una buena producción de cacao debe de fluctuar entre los 25 y 26 °C.

La temperatura debe influir en la formación de flores y madurez del fruto, afecta la calidad de la manteca de cacao, la apertura de las yemas y brotes foliares se afecta con cambios bruscos entre la temperatura máxima y mínima mensual. Por otro lado algunas enfermedades criptogámicas del cacao se ven favorecidas cuando las temperaturas son muy bajas.

Varios factores afectan la temperatura, tales como latitud, topografía, nubosidad y precipitación.

### **3.3- Precipitación:**

El cacao es muy sensible a una deficiencia hídrica. Una precipitación promedio de 1500-2500 mm en zonas cálidas es suficiente para un buen desarrollo y fructificación del cacao.

En zonas frescas se necesita entre 1000-1500 mm bien distribuidos en el año.

La falta de agua afecta seriamente el poder fotosintético de las hojas, debido a que las estomas se cierran, no hay intercambio de gases, la temperatura de la hoja aumenta, quemándose algunos tejidos, y sobreviene rápidamente la muerte y caída de las hojas.

### **3.4- Viento:**

Afecta las hojas cuando es intenso, inclusive estas caen prematuramente. Una velocidad de 1 m/s no es dañino para el cacao, pero velocidades arriba de los 4 m/s los daños son cuantiosos. Se aconseja en estos casos el uso de rompevientos.

### **3.5- Acción fisiológica de la luz:**

Por su acción térmica, más que luminosa, la luz es el principal factor ambiental que afecta fenómenos fisiológicos de la planta como transpiración o pérdida de agua, crecimiento, actividad metabólica y también las características químicas.

La Intensidad de la luz por otro lado afecta el número de estomas por área, el tamaño y grueso de las hojas, el contenido de clorofila, apertura de los estomas, características físicas y químicas de la grasa del cacao, intensidad de la floración, etc.

### **3.6- Sombra:**

El cacao es un árbol Humbrófilo, “amigo de la sombra”, debido a que se le ha encontrado crecimiento normalmente bajo la sombra de otros árboles. En áreas cacaoteras, sin embargo, es muy difícil instalar un cacaotal a plena exposición, debido a los graves problemas con la hierba y el control de insectos. La sombra sirve como un buffer para controlar todos los pormenores antes citados. Una buena sombra es indispensable para un buen desarrollo de las plantas. El cacao necesita una sombra temporal de 0 a 2 años y luego una sombra perenne de 2 hasta 25 o más años. Muchos son los sistemas que se pueden emplear, pero actualmente se recomiendan árboles que produzcan madera o frutas para obtener un ingreso extra por área.

## **4. FACTORES EDÁFICOS:**

El suelo es el resultado o producto de los distintos cambios q ocurren cuando se mezclan la materia orgánica (hojas en descomposición, etc.) con la inorgánica (materias minerales) bajo la influencia de la humedad, la temperatura, la topografía y el tiempo. Es decir, se trata de un proceso sumamente lento.

El suelo es un material tridimensional que cuando está maduro, muestra una estratificación precisa en horizontes, según revela el perfil. Por perfil del suelo se entiende la sección de suelo expuesta al cavar un foso o al limpiar la orilla de un camino o de un río.

Las propiedades físicas del suelo dependen de la composición mineral, de la proporción de materia orgánica y del contenido de agua y aire. Las características físicas más importantes son: la textura, la estructura, el color, la permeabilidad, la profundidad efectiva y el drenaje.

### **4.1- Textura:**

Este término se refiere al tamaño de las partículas que forman el suelo, las cuales se han clasificado en tres categorías: arenas, limos y arcillas. Mas claramente, la textura indica la proporción en que se encuentran las diferentes partículas en el suelo y de acuerdo con la proporción recibe un nombre especial. Por ejemplo, si la proporción de arena es mayor, el suelo se denomina arenoso, si la arcilla es más abundante se dice que el suelo es arcilloso o pesado; si predomina el limo el suelo será limoso; pero si hay una mezcla adecuada de las tres fracciones el suelo se denomina franco o mediana. La textura ideal para el cultivo del cacao es la mediana o franca y por consiguiente los suelos muy arcillosos y los arenosos deben ser descartados.

#### **4.2- Estructura:**

Se denomina estructura a la forma en que se unen y ordenan las partículas de arenas, limo y arcilla presentes en el suelo. De acuerdo con esto los suelos pueden formar terrones más o menos duros o pueden ser completamente sueltos. Las que presentan aspecto granular o migajoso son las mejores.

#### **4.3- Permeabilidad:**

Se dice que un suelo es permeable cuando el aire y el agua circulan a través de él con facilidad.

Si estos factores circulan con cierta dificultad se dice que el suelo es poco permeable y si el agua se estanca y el suelo permanece húmedo y con muy poco aire se dice que el suelo es impermeable. El cacao requiere suelos con buena permeabilidad.

#### **4.4- Profundidad efectiva:**

Se llama profundidad efectiva o fisiológica aquella donde pueden penetrar las raíces del cacaotero sin recibir perjuicio o daño alguno. Según esto, la profundidad efectiva puede variar con la textura, la permeabilidad y la altura a que se encuentra el agua en las capas profundas del suelo. La profundidad efectiva ideal de un suelo para cacao es de 1.5 metros.

#### **4.5- Color del suelo:**

Aunque el color del suelo no influye en el drenaje y la aireación, se debe tomar en cuenta porque refleja estas características, que son muy importantes para la planta de cacao. Los colores rojo y pardo muestran oxigenación completa de los compuestos de hierro y por lo tanto reflejan buen drenaje y buena aireación. Los colores amarillentos están asociados con condiciones de humedad permanente y por lo tanto pueden, en algunas ocasiones, ser perjudiciales para el cacao. El color

verde oliva es consecuencia de carbonatos básicos que pueden provenir de roca madre calcárea, produciendo en algunos casos suelos bastante alcalinos. Los colores azul-gris y verde-gris generalmente se deben al óxido ferroso y denotan drenaje imperfecto o restringido.

#### **4.6- Drenaje:**

Es la facilidad que poseen los suelos para librarse del exceso de agua. El drenaje está relacionado con la permeabilidad y con la topografía. En caso de que los suelos no tengan un buen drenaje natural, es necesario recurrir a la construcción de una red de canales o zanjas de profundidad variable para evacuar el exceso de agua y bajar el nivel del agua interna del suelo hasta un mínimo de 1 metro de profundidad.

#### **4.7- Clasificación de la calidad de los suelos para cacao:**

Muy poco puede ganarse del desarrollo de una clasificación compleja para comparar la conveniencia relativa de los diversos suelos para el cacao. En algunas regiones se agrupan los suelos en clases cualitativas y estas pueden ser:

##### Clase I:

Suelos buenos: aquellos que presentan pocas o ninguna de las características que pueden limitar el desarrollo y el rendimiento del cacao. Se recomiendan para su cultivo con preferencia sobre todos los otros.

##### Clase II:

Suelos bastante buenos: terrenos aunque no sean tan apropiados como los de la clase I, no presentan grandes limitaciones. Recomendados para plantar en zonas donde no haya suelos de la clase I.

##### Clase III:

Suelos pobres: estos tienen una o más características adversas que restringen el crecimiento del cacao. En clase adsorbe suelos que sufren diversas limitaciones y en muchas zonas es conveniente reconocer subdivisiones para distinguir suelos que podría esperarse que respondieran a diferentes aspectos de mejoramiento. Las subdivisiones más apropiadas variarían de una a otra zona, pero las que se indican a continuación se consideran como ejemplos posibles:

- Subclase III (n): suelos pobres en los que la única limitación importante es el estado nutricional deficiente.
- Subclase III (d): suelos pobres en los que la limitación principal es el drenaje insuficiente.
- Subclase III (p): suelos pobres que padecen varias limitaciones y que ofrecen perspectivas de mejoramiento mediante prácticas de manejo.

#### Clase IV:

Suelos inadecuados: padecen limitaciones severas que impiden el desarrollo normal del cultivo del cacao.

#### **4.8- Suelos buenos para cacao:**

Que sean profundos, ricos en materia orgánica y nutrientes minerales. Que no tengan rocas continuas ni formen terrones muy duros. Que tengan un buen drenaje o sean fáciles de drenar con la construcción de canales. Que no sean ni muy pesados o arcillosos ni demasiado arenosos.

### **8. ENFERMEDADES DEL CACAO.**

#### **8.1- Mazorca negra (*Phytophthora sp.*):**

De las enfermedades más importantes en el mundo cacaotero, la mazorca negra causa pérdidas entre 10 y 20% de la producción total a nivel mundial.

##### 8.1.1- Etiología:

El agente causal de la mazorca negra en cacao es un hongo del género *Phytophthora*, cuya principal especie a nivel mundial es la *palmivora* (Butl). Este hongo es de la clase Domicete (Ficomicete) que, además del fruto de cacao, puede atacar cualquier otro árbol (flores, hojas, ramillas, ramas, tronco y raíces). Para el caso del daño en el tronco, la enfermedad se denomina “cáncer del tronco”.

Este hongo presenta reproducción sexual y asexual, siendo esta última forma la que predomina en el campo. La reproducción asexual se produce por medio de esporangios que contienen esporangiosporas y principalmente zoosporas, las que son diseminadas por el salpique del agua de lluvia. Los esporangios también tienen la capacidad de germinar y causar infección. Al ocurrir

ambas formas de reproducción, esto se traduce en una capacidad del hongo para generar razas fisiológicas, lo cual favorece la variabilidad patogénica.

#### 8.1.2- Desarrollo de síntomas:

El daño ocasionado por este hongo se presenta más intensamente en el fruto en cuyo caso la mazorca enferma presenta una mancha de color café oscuro, que puede llegar a cubrir todo el fruto. El borde de esta mancha o lesión es bien definido. A pesar del daño, las almendras pueden ser utilizadas.

En épocas de alta humedad, el hongo madura y produce esporas que parecen casi como un algodón fino y blanco, cubriendo las mazorcas afectadas. Para el caso del fruto el periodo de incubación transcurre en términos de 3 a 5 días.

En las hojas los síntomas se manifiestan como manchas necróticas que tienen en su borde de avance una típica clorosis. En el tronco los chancros pueden limitarse en casos de plantas adultas a la corteza, pero en las plántulas el micelio del hongo alcanza la médula. El síntoma más evidente es una mancha oscura y humedad la cual se hunde y sale un líquido pegajoso (aspecto gomoso) y dentro del tallo aparecen manchas coloradas.

Finalmente, la corteza, al pudrirse, empieza a rajarse.

En los cojines florales el hongo causa una quema o muerte total de las flores.

#### 8.1.3- Epifitiología:

Aunque la enfermedad puede aparecer en cualquier mes del año, es más frecuente en la época lluviosa, en cacaotales mal drenados y árboles mal podados.

Este hongo sobrevive en restos de frutos enfermos dejados en el árbol o en el suelo, ya sea en forma de micelio o de estructuras de resistencia (clamidiosporas). Es llevado por salpique del agua de lluvia, vientos fuertes, animales o personas hasta otros árboles. De esta manera se contagian todos los árboles del cacaotal y la vecindad.

El proceso de la enfermedad ocurre en dos formas: diseminación vertical dentro del árbol individual y diseminación horizontal, que se da entre árboles o parcelas vecinas.

#### 8.1.4.- Medios de combate:

#### 8.1.4.1- Medio químico:

Se puede proteger los frutos y el follaje con un fungicida a base de cobre al 0.5%, se puede emplear Kocide-101, Dithane-M-45 o algún otro fungicida de base cúprica.

#### 8.1.4.2- Medios culturales:

Dentro de las medidas culturales se pueden emplear: poda de árboles de sombra, eliminar malas hierbas y mejorar sistemas de drenaje. Destruir frutos enfermos que quedaron después de la cosecha, eliminar frutos enfermos cada 8 días. Los troncos con cáncer se le aplica una cirugía con machete, eliminando toda la parte enferma y colocando luego una pasta cicatrizante, por ejemplo, Agrofíxer, y por último se debe desinfectar la herramienta usada con carbolina u otro sustituto.

#### 8.1.4.3- Medio de resistencia genética:

Algunos clones presentan tolerancia al hongo, entre ellos están:

SCA-6, EET-59, UF-613, IMC-67, PA-24, PA-30.

Para aprovechar la tolerancia estos clones deben formar parte de los padres empleados para producir semilla híbrida.

### **8.2- Moniliasis: *Moniliophthora roreri*.**

La severidad del ataque de moniliasis varía de una zona a otra, de una finca a otra de la misma zona t aun dentro de sectores de la misma finca y de año a año de acuerdo con las condiciones de microclima y presión de inóculo.

En Costa Rica y en particular en la zona Atlántica, donde se informó de la enfermedad en 1978, el impacto de la moniliasis causó una reducción del 80% en la producción de los años 1979-1980, comparado con años anteriores.

#### 8.2.1- Etiología:

El agente causal de la moniliasis del cacao es el hongo *Moniliophthora roreri* (Ciff & Par.)Evans, un hongo de la clase deuteromicete (imperfectos) y del orden Moniliales. Aun no se conoce su estado perfecto (sexual), por lo que se cree que su reproducción se realiza solo asexualmente por los conidios. Los conidios son la única estructura, hasta ahora conocida, capaz de causar infección.

#### 8.2.2- Desarrollo de síntomas:

Una de las características de la moniliasis es su largo periodo de incubación (de 3 a 8 semanas), antes de aparecer los síntomas. Estos varían principalmente según la edad del fruto, la severidad del ataque, la susceptibilidad del árbol y las condiciones climatológicas.

En sus primeras etapas de desarrollo (menos de 3 meses), los frutos de cacao son más susceptibles a la infección de *M. rozeri* y progresivamente, se hacen más resistentes a medida que avanza su crecimiento. En estos frutos pequeños, la infección aparece como pequeñas jibás de la superficie de la mazorca, posteriormente emerge la mancha chocolate, y el fruto muere tiempo después.

Otro síntoma es la madurez prematura, lo que significa que las mazorcas cambian de color, dando la apariencia de madurez en frutos que todavía no tienen el tamaño ni la edad de cosecha.

#### 8.2.3- Epifitología:

El proceso de germinación y penetración de los conidios de *M. rozeri*, sobre los frutos de cacao que quizá el punto débil del hongo, pues es en esta etapa cuando el efecto de las condiciones ambientales puede ser más perjudicial al patógeno. La maduración del hongo ocurre bajo condiciones óptimas de calor y humedad (más 25°C y 85% de H.R.).

Las esporas pasan de árbol a árbol o de mazorca a mazorca dentro del mismo árbol, con la acción del viento, o transportadas por los insectos y el agua de lluvia.

#### 8.2.4- Medidas de combate:

##### 8.2.4.1- Por medios químicos:

El combate de la moniliasis del cacao por medio de fungicidas es una práctica poco efectiva y sobre todo, poco económica. Adicionalmente esta práctica no es indispensable para poder convivir con la enfermedad.

##### 8.2.4.2- Por medios culturales:

La incidencia de la moniliasis es favorecida por la omisión o por la aplicación inadecuada de prácticas de cultivo. Es necesaria la ejecución oportuna de un método de cultivo tal que favorezca un microclima cambiante a la plantación, lo que impide la proliferación de fuentes de inóculo. Se debe crear un ambiente favorable al cultivo y desfavorable a la vez al patógeno, para que la enfermedad tenga poco efecto en la cosecha.

Entre las prácticas de cultivo que conducen a una modificación del ambiente, tornándolo inapropiado para el desarrollo de la enfermedad, se destacan las siguientes:

- a- Adecuado sistema de drenaje, para evitar encharcamiento y reducir la alta humedad relativa.
- b- Deshierbas frecuentes para aumentar la aireación dentro del cacaotal.
- c- Podas suaves y frecuentes para eliminar tejido susceptible y que creen un microclima favorable a la enfermedad.
- d- Regular el sombrío, para aumentar aireación y evaporación de agua del medio.
- e- Remover frutos enfermos por moniliasis que se encuentren en la plantación. Práctica realizada por lo menos cada semana.

8.2.4.3- Por medio de resistencia genética:

Aun no se ha descubierto un material inmune a la moniliasis, pero de las pruebas de Ecuador, Colombia y Costa Rica, se conoce que hay clones que consistentemente, tienen mayor número de mazorcas infectadas, estos son: EET-233, UF-296, EET-75 y UF-273.

## Capítulo III

### Marco metodológico

Para el presente marco metodológico las fuentes de información sería la literatura en la rama de la ciencia de la biología, específicamente de electrofisiología biológica, así como en el núcleo de la física para la sustancian teórica de electrónica, electricidad y magnetismo para transmisión de datos , en el cual el efecto que será determinante en este trabajo es el voltaje, en el que el muestreo cualitativo orientado a la investigación cualitativa es una muestra teórica y medible como lo es la diferencia de potencial eléctrico, en el que el criterio de inclusión será únicamente delimitado a los árboles de cacao y los criterios de exclusión será cualquier otra planta diferente a esta especie antes mencionada. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2014).

Objetivo	Categoría	Subcategoría	Definición conceptual	Instrumento	Ítem
----------	-----------	--------------	-----------------------	-------------	------

Conectar un sensor a un árbol para parametrizar el voltaje de la planta	Voltaje	Obtención del voltaje y transmitirlo	Con el cambio de electrones que se da como respuesta a un estímulo se detecta y se envía por varias ondas electromagnéticas	Sensores	Qué voltaje significa cada respuesta de la planta
Generar planos y lista de materiales necesarios para la construcción de dispositivo sensor y transmisión IOT para la agricultura.	Planos	Tener dibujos y lista de materiales	Con los estudios de mecánica y electricidad se da los componentes necesarios para que la transmisión y sensores funcionen	Planos	Forma de dispositivo y los circuitos pertinentes
Esquematizar un dispositivo que funcione como plataforma de comunicación para transmitir información de las plantas a una centralita	Nodos de comunicación	Jerarquía de comunicación	Dependiendo del sensor se jerarquizará los métodos de transmisión	Circuitos de transmisión	Transmisión ordenada de datos
Emplear el conocimiento de la carrera para que resistan los materiales las inclemencias del clima y el trabajo agrícola	Ingeniería de materiales	Resistencia de materiales	Dependiendo del clima y condiciones ambientales del lugar de producción, así debe ser los materiales de envoltura del dispositivo	Tablas químicas de materiales	Diseño y elementos que componen la "piel" del dispositivo
Investigar los parámetros necesarios para que	Propiedades ambientales	VARIABLES ESTÁNDAR	Dependiendo de la planta a estudio así depende de las	Tablas generadas por centros	Números de propiedades a respetar para la

la planta crezca de una forma sana y obtener una cosecha abundante y de buena calidad.		ambientales agrónomos	características climáticas que llevan a buen puerto la cosecha	de investigación agrónoma	salud de la planta
Proponer un análisis financiero viable de construcción mecánica, electrónica y transmisión para el dispositivo	Proforma	Lista de componentes y precios de estos	Determinar el precio unitario de cada elemento que compone el dispositivo	Precio de mercado de los componentes	Lista de componentes

### **Instrumentos**

Cuestionarios al preguntar al investigador Rolado Cerda y a Mariela Eugenia Leandro Muñoz, necesidades básicas de la planta de cacao, así como de una enfermedad que se pueda caracterizar por los parámetros ambientales para su proliferación y crecimiento.

El instrumento para la sustentación técnica es la educación recibida a lo largo de los años de formación en la universidad.

### **Observación**

El uso de este recurso se da en la comparación y lectura de la información técnica que presenta los elementos electrónicos utilizados en el proyecto y deliberando si las prestaciones y estándares que tienen un componente satisfacen la comunicación y el entendimiento de los datos que se recolectan para obtener información certera.

### **Análisis de contenido**

El análisis de contenido se da en la lectura del funcionamiento de los programas que se utilizan para la comunicación y envío de datos, así como en las características que deben cumplir los elementos para ver si son compatibles entre ellos.

## Procedimiento de recolección y análisis de datos

### **Recolección de datos**

La recolección de datos se da en línea, utilizando el motor de búsqueda de Google introduciendo palabras clave como IOT, cultivo, monitoreo y escogiendo páginas con validez y fuentes presentes en las mismas.

### **Momento en que se recolecta datos**

Del segundo cuatrimestre del 2023 hasta el tercer cuatrimestre del 2023

### **Explicación del contexto lugar**

Enteramente en el hogar

### **Descripción de modo en que se aplican los instrumentos**

Con la información proporcionada por los investigadores como los parámetros ambientales y físicos que deben estar presente en el árbol, se procede a buscar elementos electrónicos que puedan medir esos parámetros y analizarlos.

## Análisis de datos

### **Proceso de análisis de datos**

Comparando la información obtenida de varios modelos de componentes electrónicos para determinar cuáles se ajustan más a las necesidades de los agricultores, así como los protocolos que den una mayor fidelidad en el envío de datos por medio de ondas de comunicación.

### **Programas o software**

Excel

## Capítulo IV

## Análisis de datos

### Experiencia del cultivo de café

Basándose en la lectura del trabajo de titulación "Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan el cultivo del café, en la plantación asoproccsi ubicado en Santa Isabel", los integrantes de este proyecto basaron su sistema de comunicación en las tarjetas zigbee las cuales trabajan bajo estándares de bluetooth y le integraron otra tarjeta de comunicación de tecnología gprs la que ofrece una conexión de telefonía móvil.

Entonces la estructura comprende de un módulo que está conectada a los sensores y recoge los datos y los envía , en otro módulo intermedio los convierte en datos móviles y son recibidos por un último módulo que los recoge y los almacena y son accesibles por medio de internet donde se puede ver la recolección de los datos y su visualización para la toma de decisiones para el cultivo de café , una de las particularidades de este proyecto es que los módulos de sensores son uno por finca de cultivo así que los datos que se recogen son datos generales de ese espacio en específico.

Por lo pronto lo que respes está a la viabilidad de colocar sensores alimentarlos por medio de paneles solares, utilizar una topología de comunicación de tipo mesh y ver las características de los suelos, es posible, la gran diferencia de este trabajo con respecto al presente trabajo es que los sensores van en cada planta y cada una da su correspondiente informe de salud.

Abab Buri Juan Alejandro, Fares Sigcha Juan Pablo (2018)

### Experiencia de utilización de topología mesh con protocolo MQTT en proyectos IOT

En el trabajo de Alda Martin Muñoz donde compara protocolos de transmisión de datos TCP y MQTT para el envío de información donde el TCP consta de un emisor que toma el papel de cliente y el receptor se denomina en el servidor en el cual se envía datos y recibe datos en un canal de ambos sentidos.

En el protocolo MQTT un nodo se denomina bróker donde se crea una autopista y varios clientes son conectados dando la particularidad de que el sistema es escalable de forma sencilla si es el caso, en cuanto a las topologías de las cuales es la forma en que se ordena la forma en que los diferentes nodos se conectan y envían datos desde el nodo donde se encuentran los sensores hasta la computadora donde se procesa y almacenan los datos recolectados.

La topología MESH comprende de la detección de un nodo cercano y que tenga espacio para lograr

la comunicación se conecta a ese nodo ,en comparación de la topología de ESTRELLA donde se configura un nodo central donde recoge los nodos circundantes, en la conclusión del trabajo de Alda se centra en la comparación de sistemas de comunicación y topologías de manera real donde dependiendo de factores de distancias y distribución de los nodos se puede extraer el que la topología en ESTRELLA no se detecta la pérdida de conexión de ningún nodo, pero presenta la problemática es que a más largo se mantiene un nodo de otro la potencia de la señal disminuye, se detecta que en TCP se pierden 12 mensajes y MQTT 58.

Y el rango de conexión en TCP es 134 metros y MQTT es 65 metros, por otra parte la topología MESH no se pierde conexión, pero en TCP se mantiene la conexión, pero se cambia a un nodo que tenga mayor potencia de enlace, pero por otra parte el MQTT si se pierde un nodo se conecta a otro automáticamente, dando así que en ningún momento se pierdan mensajes, en TCP el rango de enlace es de 200 mts y en MQTT entre nodos es de 195 metros y 33 metros entre nodo y Router. Martin Muñoz Alda (2020)

### Agricultura de precisión y agro costarricense

En este artículo el autor recopila información sobre el estado de la agricultura de precisión y su impacto así como también algunos proyectos llevados a cabo en el país, algunos de los beneficios que remarca es que una de sus aplicaciones es la fertilización inteligente de consta de monitorizar el consumo de nutrientes de la planta y añadir el fertilizante cuando la planta lo necesite y en las concentraciones que absorba la planta, reduciendo el desperdicio de la misma, puntualizando en el cacao ya que el artículo también menciona otros cultivos, se han dado estudios en varios países.

Los sistemas de información geográficos crean claridad en aptitud productiva en los terrenos y la producción de mapas de recomendación de fertilización, ya en Costa Rica con respecto al cacao hay producción, pero ha ido bajando a lo largo del tiempo por falta de crédito, abuso de intermediarios comerciales, y falta de registros de todo tipo, contables, producción y otros elementos, en cuanto a proyectos de agricultura de precisión en Costa Rica llamado TCU "fortalecimiento de la calidad de vida de la sociedad productiva agrícola " donde:

" Dentro de los resultados obtenidos por el TCU se tiene por ejemplo el caso de un agricultor que pasó de producir alrededor de 5 mil kg de cebolla a casi triplicar su producción. Esto, después de años de aplicar la tecnología, pero también a partir del nuevo apoyo y acompañamiento recibido durante el TCU. Además, de acuerdo con cálculos realizados por el agricultor, el costo de producción de un kilo de cebolla pasó de ser de entre 300 y 350 colones a tan solo 80 colones con la agricultura de precisión. "

Dando así un impacto certero en el uso de sensores en la agricultura. Amador Zamora Alejandro (2021)

Biología y epidemiología de *moniliophthora royeri*, agente causal de pudrición de la vaina del cacao por *moniliophthora*

En esta tesis la investigadora Mariela Eugenia Leandro Muñoz toma la información existente sobre esta enfermedad y logra dar con un "calendario" progresivo de los efectos de la enfermedad en la mazorca de cacao, algo que ninguna investigación lograba rellenar esos agujeros de la enfermedad, por ejemplo el estado del arte de esta investigación va de que:

En la presencia un 90% de humedad relativa a 49 días se asocia positivamente a la aparición de los síntomas

20-27 C 49 días antes de los síntomas

22-32 C favorece la enfermedad

Temperaturas frías (18C) reduce ataque

Entonces Mariela descubrió que en las mazorcas marcadas el paso de sana a enferma se da de 40 a 50 días después del marcado con estos parámetros

80% de humedad relativa óptimo para germinación

24 a 28C rango ideal de crecimiento

Temperatura menos de 18C limita el crecimiento al patógeno

De enferma a espatulada, día 60 a 70 días después de marcado con estos parámetros

Temperatura alta acorta el periodo de los primeros síntomas de manifestación física y visual del patógeno

Las temperaturas altas promueven el comienzo de la esporulación

El conocimiento obtenido de este texto da las vías necesarias para crear un sistema de alerta temprana donde obteniendo, procesando y dar el resultado donde se puede ver si la probabilidad de tener la enfermedad es alta o baja, dando así un plus más al dispositivo. Mariela Eugenia Leandro Muñoz, (2017)

### Chip de comunicación y selección

Se consta de un chip ESP8266 que es un chip wifi de bajo coste, que compone el cuerpo del dispositivo y tiene el módulo wemo D1 que permite a los microcontroladores permitir la comunicación a la red wifi, como la memoria y el procesador, otra característica es su bajo precio ya que cuenta con pocos componentes.

Naylamp (2018)

### Características

El wemo D1 es un módulo muy de moda que **va alimentado a 3.3V** y que hay mucha documentación en internet. usa una ROM externa SPI y soporta hasta 16MB.

Características:

- CPU RISC de 32 bits: Tensilica Xtensa LX106 a 80 MHz\*
- 64 KiB juhendi RAM, 96 KiB andmete RAM
- Väline QSPI-välklamp – 512 KiB kuni 4 MiB\* (toetatakse kuni 16 MiB)
- IEEE 802.11 b/g/n Wi-Fi

- Interruptor TR integrado, balun, LNA, amplificador de potencia y red correspondiente
- Autenticación WEP o WPA/WPA2, o redes abiertas
- 16 GPIO pins
- SPI, I<sup>2</sup>C,
- Interfaces I<sup>2</sup>S con DMA (compartiendo pines con GPIO)
- UART on dedicated pins, plus a transmit-only UART can be enabled on GPIO2

- 1 port 10-bit ADC

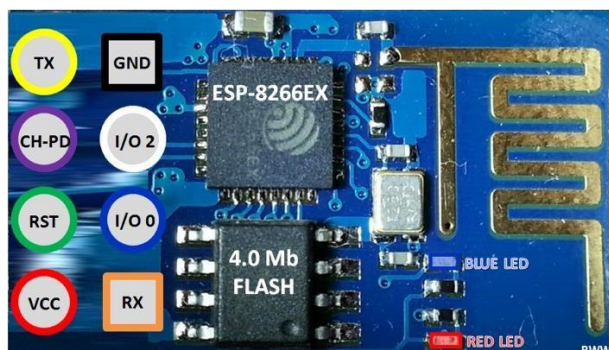
\* Tanto la velocidad de la CPU Como la velocidad del reloj flash se pueden duplicar mediante el overclocking en algunos dispositivos. La CPU se puede ejecutar a 160 MHz y el flash se puede acelerar de 40 MHz a 80 MHz.

Los módulos ESP8266 los podemos encontrar en diferentes encapsulados y placas:



Marco teórico fig. 4

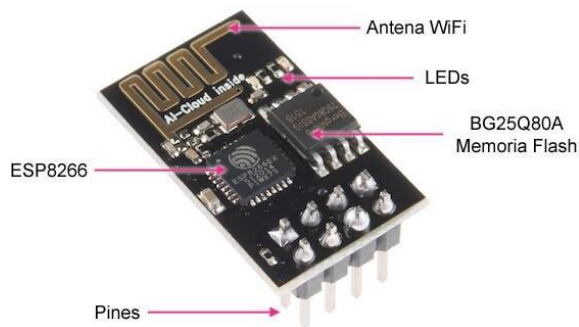
ESP-01



Marco teórico fig. 5

## ESP-01 la placa microcontroladora

Antes de nada, vamos a conocer el ESP-01. En la siguiente imagen puedes ver las **partes más importantes**.

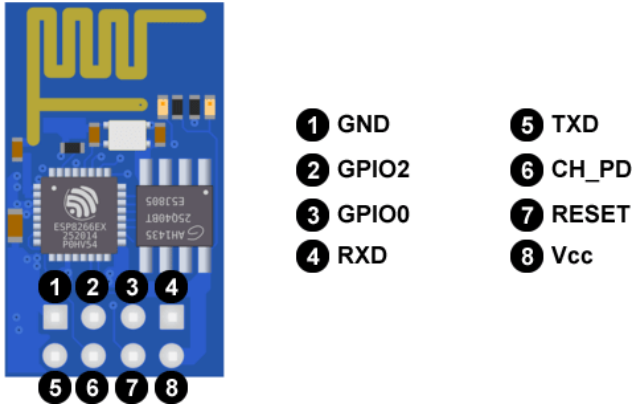


### Marco teórico fig. 6

- ESP8266 es el microcontrolador del módulo ESP-01.
- Pines donde conectaremos la alimentación, sensores y transmisión de programa.
- BG25Q80A es la memoria flash donde residen los programas o sketch. El ESP8266 no dispone de este tipo de memoria y por eso es un chip aparte.
- LEDs que nos informan de si está encendido o no y de la transmisión de datos (Tx y Rx).
- La antena WiFi para conectarse a una red/Internet.

### Pines del ESP-01, una de sus limitaciones

El ESP-01 tiene 8 pines, cada uno de ellos está pensado para una tarea concreta.



Marco teórico fig. 7

9. GND es la toma de tierra.
10. GPIO2 es una entrada salida de propósito general. Es el pin digital número 2.
11. GPIO0 es una entrada salida de propósito general. Es el pin digital número 0.
12. RXD es el pin por donde se van a recibir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3 V. También se puede utilizar como pin digital GPIO: sería el número 3.
13. TXD es el pin por donde se van a transmitir los datos del puerto serie. Trabaja a 3,3 V. También se puede utilizar como pin digital GPIO: sería el número 1.
14. CH\_PD pin para apagar y encender el ESP-01: si lo ponemos a 0 V (LOW) se apaga, y a 3,3 V (HIGH) se enciende.
15. RESET pin para resetear el ESP-01: si lo ponemos a 0 V (LOW) se resetea.
16. Vcc es por donde alimentamos el ESP-01. Funciona a 3,3 V y admite un máximo de 3,6 V. La corriente suministrada debe ser mayor que 200 mA.

Certificación	Wi-Fi Alliance
Protocolos	802.11 b / g / n (HT20)
Rango de frecuencia	2.4G ~ 2.5G (2400M ~ 2483.5M)
Poder TX	802.11 b: +20 dBm 802.11 g: +17 dBm 802.11 n: +14 dBm

Wifi	Rx Sensitivity	802.11 b: -91 dbm (11 Mbps) 802.11 g: -75 dbm (54 Mbps) 802.11 n: -72 dbm (MCS7)
	Antena	PCB Trace, externa, conector IPEX, chip de cerámica
Hardware	Procesador CPU	Tensilica L106 de 32 bits

	Interfaz Periférica	Control remoto UART / SDIO / SPI / I2C / I2S / IR GPIO/ ADC /PWM / LED Luz y botón
	Voltaje de operación	2.5V ~ 3.6V
	Valor promedio de la corriente de operación	80 mA
	Rango de temperatura de funcionamiento	-40 ° C ~ 125 ° C
	Tamaño del paquete	QFN32-pin (5 mm x 5 mm)
	Interfaz externa	-
Software	Modo Wi-Fi	Estación / SoftAP / SoftAP + estación
	Seguridad	WPA / WPA2
	Cifrado	WEP / TKIP / AES
	Actualización de firmware	UART Descarga / OTA (a través de la red)
	El desarrollo de software	Es compatible con el desarrollo de servidores en la nube / firmware y SDK para una rápida programación en chip
	Protocolos de red	IPv4, TCP / UDP / HTTP
	Configuración de usuario	AT Instruction Set, Cloud Server, aplicación Android / iOS

El ESP-01 soporta la comunicación I2C: si nuestros sensores se comunican mediante este protocolo no tendremos problema y, con tan solo dos pines de nuestro ESP-01, podremos comunicarnos con decenas de sensores.

Precio 2848 colones

Del Valle Hernández I (2017)

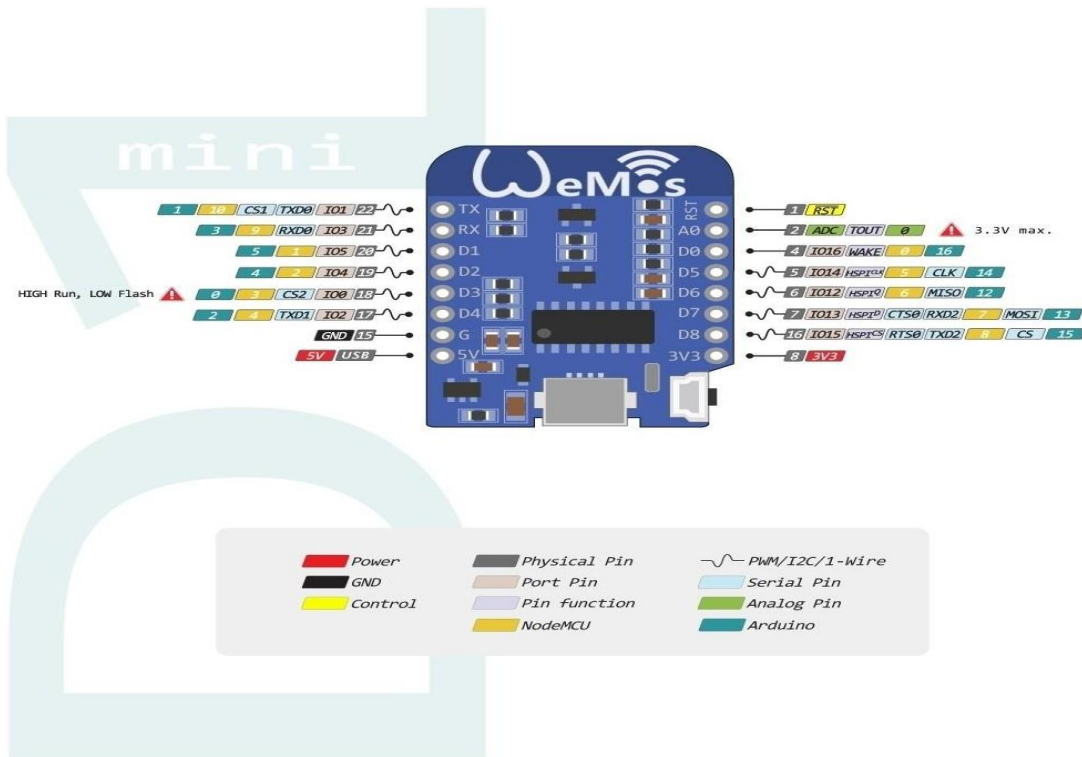
Hay que tener algo en cuenta el chip esp 8266 es el encargado solo de la parte de la comunicación y nada más, y la placa siguiente que está unida al chip es la encargada de su sostenimiento en programas y alimentación.



WEMOS D1 MINI ESP8266 WIFI

**Marco teórico fig. 10**

Este modelo es similar a las plataformas de desarrollo Arduino orientado al internet de las cosas, aparte de la placa soM ESP-12E que sostiene toda la estructura cuenta con un conector USB necesario para programación y comunicaciones para el pc.



**Marco teórico fig. 11**

## ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

- Voltaje de Alimentación: 5V DC

- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC (**No usar 5V**)
- Placa: WeMos D1 mini
- Chip conversor USB-serial: CH340G
- SoM: ESP-12E (Ai-Thinker)
- SoC: ESP8266 (Espressif)
- CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
- Instruction RAM: 32KB
- Data RAM: 96KB
- Memoria Flash Externa: 4MB
- Pines Digitales GPIO: 11 (3.3V)
- Pin Analógico ADC: 1 (0-1V)
- Puerto serial UART: 1 (3.3V)
- Certificación FCC
- Antena en PCB
- Corriente Standby: 40uA
- Corriente Pico: 400mA
- Consumo corriente promedio: 70mA
- Consumo de potencia Standby < 1.0mW (DTIM3)
- Dimensiones: 35\*26\*12 mm
- Peso: 6 gramos

#### CONECTIVIDAD

- 802.11 b/g/n
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Stack de Protocolo TCP/IP integrado
- Procesador MAC/Baseband integrado

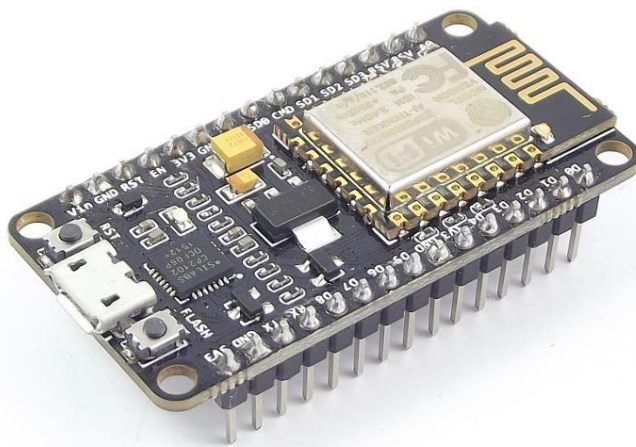
- Módulos WEP, TKIP, AES y WAPI integrados
- PLLs, reguladores, DCXO y manejo de poder integrados
- Potencia de salida de +19.5dBm en modo 802.11b
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- SDIO 2.0, SPI, UART

Precio 3500

Naylamp (2018)

### NODEMCU V2 ESP8266 WIFI

Tarjeta de desarrollo para Internet de las cosas (IOT) basada en el SoC ESP8266. Permite desarrollar rápidamente proyectos con conexión a internet por WiFi.



#### Marco teórico fig. 8

**NodeMCU ESP8266** es una plataforma de desarrollo similar a **Arduino** especialmente orientada al Internet de las cosas (IOT). La placa NodeMcu v2 ESP8266 tiene como núcleo al **SoM ESP-12E** que a su vez está basado en el **SoC Wi-Fi ESP8266**, integra además el conversor USB-Serial TTL CP2102 y conector micro-USB necesario para la programación y comunicación a PC. NodeMcu v2 ESP8266 está diseñado especialmente para trabajar montado en protoboard o soldado sobre una placa. Posee un regulador de voltaje de 3.3V en placa, esto permite alimentar la placa directamente del puerto micro-USB o por los pines 5V y GND.

- Voltaje de Alimentación: 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC (**No usar 5V**)
- Placa: NodeMCU v2 (Amica)

- Chip conversor USB-serial: CP2102
- SoM: ESP-12E (Ai-Thinker)
- SoC: ESP8266 (Espressif)
- CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
- Instruction RAM: 32KB

- Data RAM: 96KB
- Memoria Flash Externa: 4MB
- Pines Digitales GPIO: 17 (4 pueden configurarse como PWM a 3.3V)
- Pin Analógico ADC: 1 (0-1V)
- Puerto Serial UART: 2
- Certificación FCC
- Antena en PCB
- 802.11 b/g/n
- Wi-Fi Direct (P2P), soft-AP
- Stack de Protocolo TCP/IP integrado
- PLLs, reguladores, DCXO y manejo de poder integrados
- Potencia de salida de +19.5dBm en modo 802.11b
- Corriente de fuga menor a 10uA
- STBC, 1×1 MIMO, 2×1 MIMO
- A-MPDU & A-MSDU aggregation & 0.4ms guard interval
- Wake up and transmit packets in < 2ms
- Consumo de potencia Standby < 1.0mW (DTIM3)
- Pulsador RESET y FLASH
- Led indicadores: 2
- Dimensiones: 49\*26\*12 mm
- Peso: 9 gramos

Precio 4272 colones

Naylamp (2018)

[Comparaciones](#)

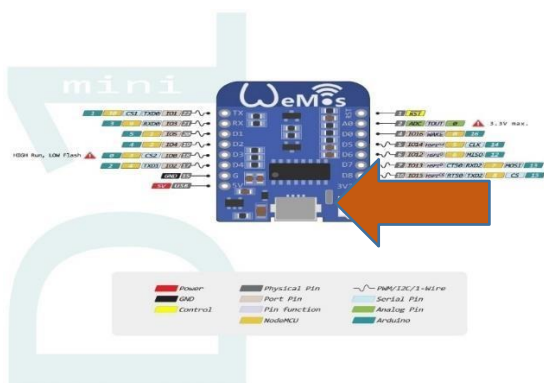
Tarjeta	Esp 01	Wemo D1	NodeMCU
Alimentación (V)	3.3	5	5
Comunicación	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n	802.11 b/g/n
Puerto analógico	0	1	1
Pines	8	11	17
Precio	2848	3500	4272
Ingreso datos	Pines RXD, TXD	USB	USB
Corriente promedio	80mA	70mA	300mA

**Tabla 9 comparación de tarjetas**

Fuente: propia

Una de las principales diferencias entre el esp 01 y el wemo es el número de pines digitales mientras el esp 01 cuenta con 2 pines, mientras el wemo 11 pines digitales y un pin analógico lo que ahorra dinero para los sensores analógicos que necesiten un convertidor analógico – digital externo en esta oportunidad se tienen 2 sensores y un sensor tienen un convertidor interno y el otro sensor se puede suplir con el convertidor que integra la placa wemo y eso es una característica a favor de la escogencia del mismo.

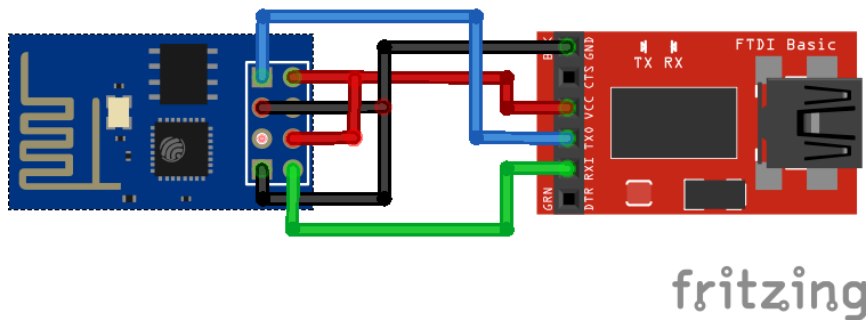
Contando con toda la información sobre los chips de comunicación el Nodemcu presenta más prestaciones como más pines, un conector USB y botones integrados de reset y otra función, así como un mayor espacio de distribución de los elementos electrónicos, pero en consecuencia se presenta el inconveniente de que su precio es mayor y resultaría sobredimensionado para el proyecto y los agricultores.



**Figura 111:** alimentación de placa y entrada de datos de wemos D1

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

Otra característica que se destaca es que el esp 01 cuenta con 8 pines en total y para acceder al chip de memoria, además se necesita una configuración de conexiones de cables lo que lo hace un poco incómodo en caso de configurar muchos dispositivos



**Figura 112:** conexión de alimentación y datos de esp-01

Fuente: Del Valle Hernández L, (2020)

Así como también en la manufactura casera de dichas conexiones lo que podría elevar fallos de conexión a lo largo del tiempo, como se indica en la imagen de la placa wemo el mismo cuenta con un conector micro USB lo cual el acceso a la placa está asegurada de fábrica.

Una acotación no menos importante es que como se mencionó anterior mente el chip esp 01 cuenta con 8 pines de los cuales solo 4 pines son para sensores lo cual solo nos permite poner 2 sensores mientras el wemo cuenta con 11 pines digitales lo que da espacio a la escalabilidad para poner más sensores.

En conclusión, con las tres tarjetas que se seleccionaron la ESP 01, WEMO D1 y NODEmcu, la que suple las necesidades de precio, prestaciones físicas y ahorro en algunos circuitos es la placa WEMO D1

### Comparación de repetidores

El DynaDish 5 es un nuevo dispositivo para exteriores 802.11ac con una antena integrada. De diseño compacto, es un producto simple y completamente integrado, con todo lo necesario para instalar rápidamente un enlace punto a punto confiable.

El DynaDish 5 funciona con una nueva CPU Qualcomm de 720 MHz.

Rango De Alcance De Más De 14km 802.11ac / 45km 802.11n.



**Marco teórico fig. 68**

Antena wifi exterior Tp Link CPE210 de 2,4 GHz y una ganancia de 9 dBi. Probablemente estemos ante una de las mejores antenas wifi de largo alcance del mercado con la que podremos navegar de velocidades de hasta 300Mb. La antena wifi exterior Tp Link CPE210 es válida para conectarnos a redes wifi de hasta 5 Km de distancia. La conexión de la antena es a través de cable de red LAN por lo que debe ser alimentada por un PoE pasivo. Dispositivo de alimentación para la antena wifi exterior que está incluido en el paquete.



**Marco teórico fig. 69**

Como lo indica la información anterior el DynaDish 5 cuenta con una ganancia de 25 decibelios lo que nos da un rango de emisión de 14 km, dando una buena cobertura, pero el modelo Tp Link CPE210 dispone de una ganancia de 9 decibelios con un rango de 5 kilómetros, con estas características el modelo que tiene mejores prestaciones parece la mejor opción, pero para el

proyecto, pero está sobredimensionado y el precio es muy elevado por lo cual el modelo tp link es el mejor para el proyecto.

Net-wifi, (2020); tecnopedia (2021)

### Comparaciones

Características	Dd5	Tp link
Estándar	802.11 ac	802.11
Rango	14 km	5 km
Precio	135000	43130
Ganancia	25	9

### Tabla 10 comparación de repetidores de wifi

Fuente: propia

### Comparación de base de transmisión de datos

Como se sabe bajo el espectro de las ondas de comunicaciones se reparte varias bandas de frecuencia que se usan para el envío de datos en esta oportunidad se compara en dos tipos de señales, el bluetooth y el wifi.

Como ya hemos comentado anteriormente, el funcionamiento del wifi se basa en la transmisión y recepción de ondas de radio, un tipo de onda electromagnética. Algo que también ocurre con la radio, la televisión y la telefonía móvil. Sin embargo, la diferencia está en las frecuencias utilizadas por cada uno de ellos.

La red inalámbrica wifi se transmite en las frecuencias de 2,4 GHz o 5 GHz. Estas frecuencias son más altas que las usadas por los propios móviles o las TV. Y al ser elevada, posibilita que la señal transfiera más información. Además, utiliza los estándares de la red 802.11 ac.

Hogares (s.f)

En el bluetooth se compone de estas características:

Existen muchos módulos Xbee basados en el estándar IEEE 802.15.4

**IEEE 802.15.4** es un estándar que define el nivel físico y el control de acceso al medio de redes inalámbricas de área personal con tasas bajas de transmisión de datos (low-rate wireless personal area network, LR-WPAN). El grupo de trabajo IEEE 802.15 es el responsable de su desarrollo.

Bluetooth y RFID se encuentran en el grupo de trabajo 802.15.

@jecrespom (2016)

Se tiene estos dos estándares de transmisión en este caso se tiene que el estándar bluetooth tiene más rango de emisión y sus componentes son más baratos, pero en este caso todas las placas necesarias del modelo Xbee (único en mercado que soporta bluetooth) y su precio es alto más de

32000 colones y en el caso de la tecnología WIFI a pesar de que su rango es un poco menor ya que cuenta con hasta 90 metros, más que suficiente para el proyecto y la tarjeta de comunicación es de tecnología wifi entonces se utiliza el WIFI.

### Comparación

Característica	bluetooth	Wifi
Estándar	802.15.4	802.11 a/c/b/g/n
Rango de emisión	10 m	90 m
Precio de soporte	32000	3500

### Tabla 11 modo de transmisión

Fuente: propia

### Comparación de protocolos de comunicación

#### ¿Qué es CoAP?

CoAP (Constrained Application Protocol) es un protocolo de software que se encuentra en el nivel de capa de aplicación del modelo OSI y está apuntado a correr en dispositivos simples, permitiendo que puedan comunicarse sobre internet. Fue diseñado especialmente para trasladar el modelo de requests y responses de HTTP a dispositivos y redes con recursos limitados.

CoAP es un protocolo de aplicaciones restringidas que puede correr en hardware simple - como microcontroladores, sensores de baja potencia y dispositivos que no pueden ejecutar HTTP -, permitiendo que los dispositivos se comuniquen a través de internet.

Debido a que tiene amplias similitudes con HTTP, en muchos casos se suele realizar la comunicación desde un cliente HTTP hacia un servidor CoAP utilizando un agente en el medio como puede ser un proxy - que traduce literalmente request HTTP a CoAP y viceversa - como así también una interfaz HTTP-CoAP que no necesariamente aplica una traducción literal de métodos y códigos de error, pero que permite realizar una comunicación.

Bassi a (2021)

#### En su contraparte se encuentra el protocolo MQTT

Está enfocado al envío de datos en aplicaciones donde se requiere muy poco ancho de banda. Además, sus características le permiten presumir de tener un consumo realmente bajo, así como

precisar de muy pocos recursos para su funcionamiento. Estas características han hecho que rápidamente se convierta en un protocolo muy empleado en la comunicación de sensores y, consecuentemente, dentro del Internet de las Cosas. Un aspecto importante para tener en cuenta de los dispositivos IOT no es solamente el poder enviar datos al Cloud/Servidor, sino también el poder comunicarse con el dispositivo, en definitiva, la bidireccionalidad. Este es uno de los beneficios de

MQTT: es un modelo brokered (con formato apa), el cliente abre una conexión de salida al bróker, aunque el dispositivo esté actuando como Publisher o subscriber.

@jecrespom, (2022)

En conclusión el protocolo CoAp tiene baja capacidad de procesamiento así como su poco uso en proyectos con Arduino y el apoyo de la comunidad productora de software lo que deja al CoAp susceptible a que si aparece un fallo no se pueda consultar la solución, como también necesita el uso de un servidor virtual lo que lleva la complicación de tener más conocimiento en computación así como que se necesita una conversión de información de CoAp a Http lo que dependiendo de la programación puede incurrir en errores ,en cuanto al protocolo MQTT su principal característica es que tiene bidireccionalidad entre servidor y dispositivo lo que hace un canal de comunicación más estable , así como su fuerte comunidad de programadores mantiene el protocolo actualizado y con el mínimo de fallos.

### Topología mesh

Los nodos de esta red se conectan entre ellos para intercambiar los paquetes de información dando los mínimos saltos posibles entre el dispositivo en cuestión y el Router, podría decirse que los nodos de la red son pequeños Routers que pueden cambiar el papel que desempeña según las necesidades de cada momento.

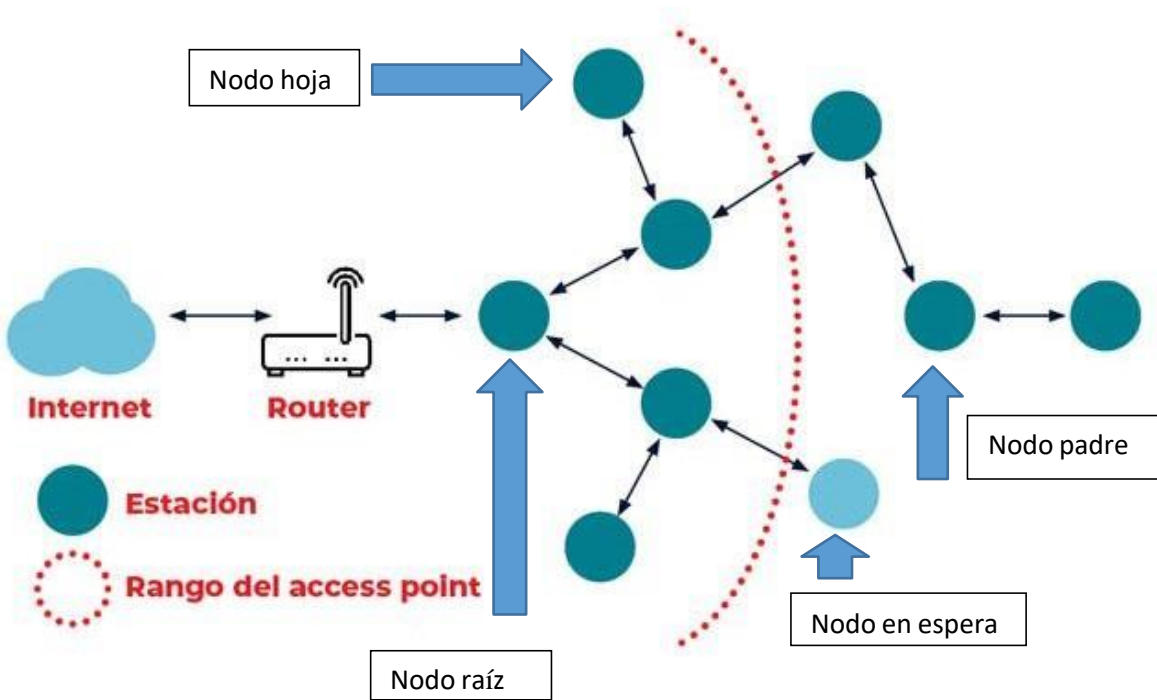
Se conforma por varios nodos:

Nodo raíz: nodo superior

Nodo hoja: nodo sin hijos

Nodo padre: nodo con al menos un hijo

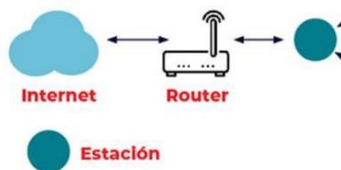
Nodo en espera: nodo que todavía no está en red



**Figura 113:** explicación de redes mesh

Fuente: propia

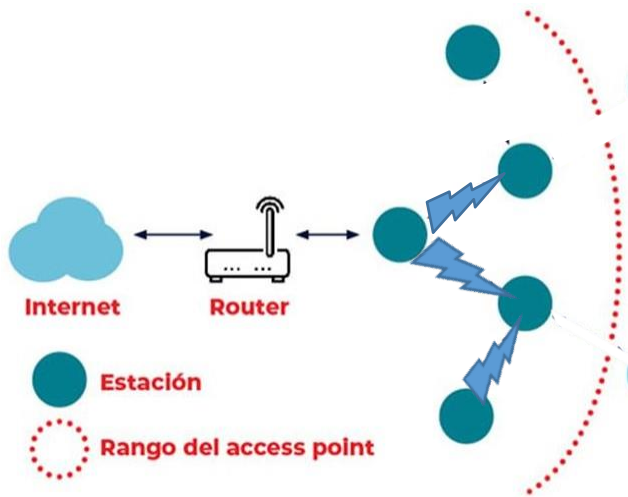
El funcionamiento consiste en cada uno de los nodos de la red es capaz de formar nuevas conexiones hacia abajo del árbol.



**Figura 114:** explicación de redes mesh

Fuente: propia

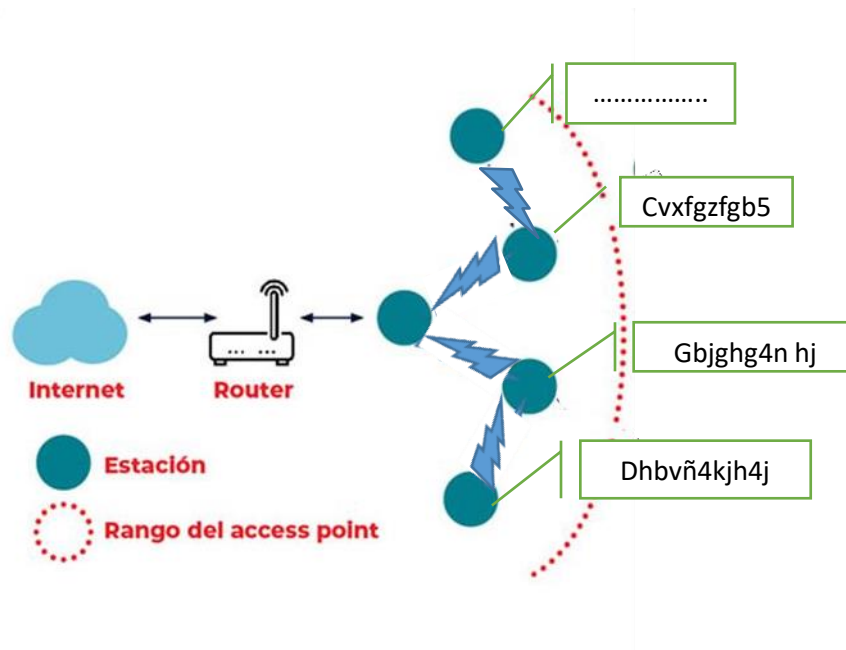
Para que los nodos que aún no se han conectado a la red lo hagan, es necesario un sistema de avisos de presencia que permita a los nodos ver y ser vistos.



**Figura 115:** explicación de redes mesh

Fuente: propia

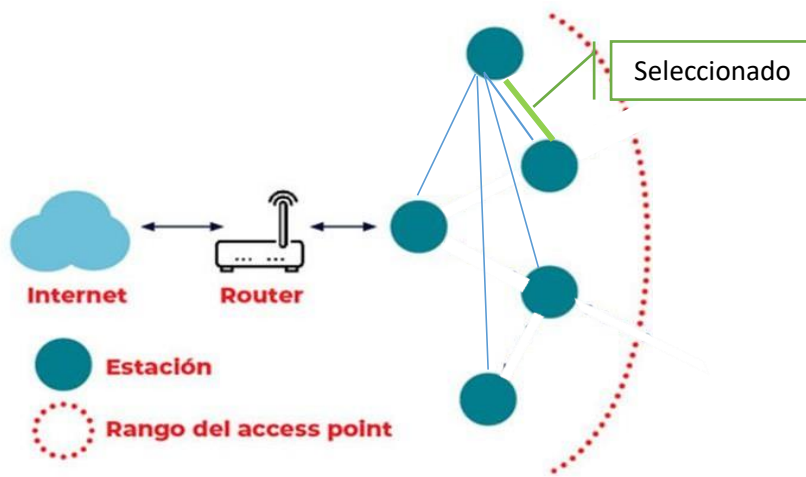
En estos avisos, los nodos envían información sobre el papel que están desempeñando, la capa en la que se encuentran, los saltos necesarios para llegar al Routers, los hijos que tiene permitido tener.



**Figura 116:** explicación de redes mesh

Fuente: propia

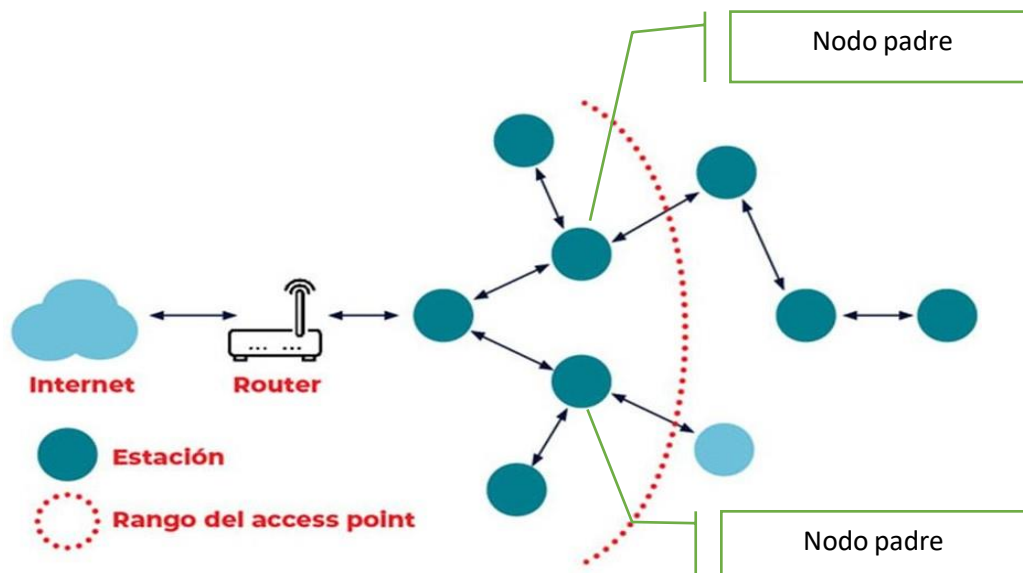
Para que un nuevo nodo se conecte a la red y pueda elegir cuál será el padre, tiene que escuchar a todos los nodos de la red que estén a su alcance y seleccionar el que más le convenga.



**Figura 117:** explicación de redes mesh

Fuente: propia

Para ello, el nodo compara la capa en la que se encuentra los posibles nodos padres, el número de saltos al Router y el número de hijos que ya tiene uno, finalmente seleccionará el nodo padre que más cerca se encuentre del punto de acceso a la red, incluso aunque sea el nodo raíz y si todos están en la misma capa, se conectará con el nodo que menos hijos tenga. Bottini C, (2023) Calazans A, (2021)



**Figura 118:** explicación de redes mesh

Fuente: propia

Comparación de sensores de humedad del suelo

### PINOUT Sensor de Humedad Suelo Capacitivo Anticorrosivo



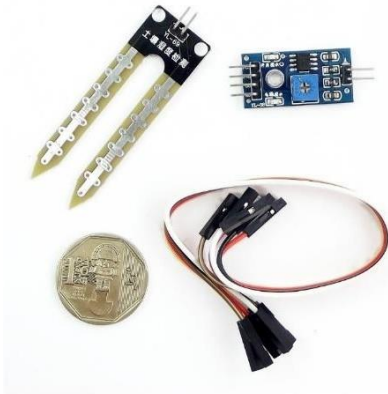
**Marco teórico fig. 85**

### ¿Qué es el Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo Anticorrosivo?

Este es un sensor de humedad de suelo contiene dos placas de condensadores y el suelo a donde se introduce actúa como el dieléctrico, por lo cual requiere calibración ya que las propiedades

dieléctricas difieren. Cabe mencionar que el sensor presenta una capa anticorrosiva lo que lo hace resistente al agua y al ambiente en general.

Naylamp (2023)



### Marco teórico fig. 87

El Sensor de humedad de Suelo FC-28 permite medir de forma sencilla la humedad del suelo por medio de 2 electrodos resistivos. Compatible con Arduino, PIC. ESP8266/NodeMCU/NodeMCU-32. El sensor es ideal para monitorear el nivel de humedad de tus plantas y así recordar cuando necesitan ser regadas o incluso para realizar un sistema totalmente automatizado de riego añadiendo una válvula o una bomba de agua. Si el sistema se conecta a internet podríamos controlar/monitorear nuestro jardín desde cualquier lugar del mundo.

Naylamp (2016)

### Comparación

Sensor de humedad	Sen-hs-cap	Fc- 28
Voltaje de alimentación	3.3-5V	3.3-5V
Consumo	5 mA	35 mA
Pin de Salida	Analógica	Analógica /digital
Vida útil	3 años	3 a 6 meses
Protección	Ninguna	Protección plástica
Precio	1200	963

**Tabla 12 comparación de sensores de humedad**

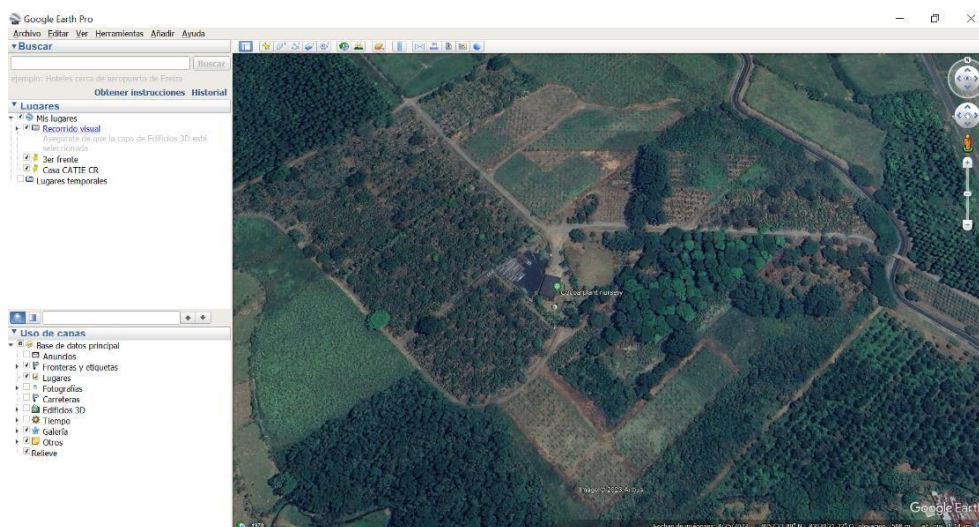
Fuente: propia

## Ubicación de plantación de cacao



**Figura 119:** ubicación de terreno de experimentación de cacao

Fuente: Rolando Cerda, CATIE



**Figura 120:** ubicación de terreno de experimentación de cacao

Fuente: Rolando Cerda, CATIE

### Condición de la radiación solar

La información anterior fue recopilada por el Instituto Meteorológico Nacional ubicado en la estación meteorológica ubicada en el CATIE. Estos datos se tomarán de las condiciones en cuanto a radiación para el dimensionamiento del sistema.

<b>Total de radiación solar global (MJ/m2)</b>								
<b>Día /mes</b>	<b>enero</b>	<b>febrero</b>	<b>marzo</b>	<b>abril</b>	<b>mayo</b>	<b>junio</b>	<b>julio</b>	<b>agosto</b>
<b>1</b>	<b>12.1</b>	<b>23.1</b>	<b>25.7</b>	<b>16.5</b>	<b>9.5</b>	<b>19.9</b>	<b>13</b>	<b>11</b>
<b>2</b>	<b>14.1</b>	<b>19.9</b>	<b>18.9</b>	<b>14.4</b>	<b>23.6</b>	<b>15.3</b>	<b>16.8</b>	<b>16.5</b>
<b>3</b>	<b>21.8</b>	<b>9.5</b>	<b>22.7</b>	<b>15.5</b>	<b>25.1</b>	<b>26</b>	<b>12.4</b>	<b>26.1</b>
<b>4</b>	<b>20.5</b>	<b>10</b>	<b>24.9</b>	<b>11.4</b>	<b>26.4</b>	<b>19</b>	<b>23.1</b>	<b>19.7</b>
<b>5</b>	<b>14.5</b>	<b>12.1</b>	<b>6.1</b>	<b>14.8</b>	<b>24</b>	<b>15.7</b>	<b>16.6</b>	<b>19.7</b>
<b>6</b>	<b>23.1</b>	<b>15.8</b>	<b>10.1</b>	<b>12.2</b>	<b>17.6</b>	<b>17.7</b>	<b>23.7</b>	<b>20.1</b>
<b>7</b>	<b>22.8</b>	<b>17.3</b>	<b>19.7</b>	<b>11.3</b>	<b>25.2</b>	<b>23.7</b>	<b>12.3</b>	<b>6.3</b>
<b>8</b>	<b>18.4</b>	<b>20.2</b>	<b>11.6</b>	<b>14.4</b>	<b>27.8</b>	<b>21.9</b>	<b>23.7</b>	<b>3.8</b>
<b>9</b>	<b>13.1</b>	<b>20.7</b>	<b>10.5</b>	<b>14.3</b>	<b>26.5</b>	<b>25.5</b>	<b>16.3</b>	<b>23.7</b>
<b>10</b>	<b>22.6</b>	<b>12.9</b>	<b>14.5</b>	<b>21</b>	<b>25.4</b>	<b>13.4</b>	<b>14</b>	<b>21.9</b>
<b>11</b>	<b>19.2</b>	<b>10.7</b>	<b>16.9</b>	<b>22.9</b>	<b>24</b>	<b>25</b>	<b>16.4</b>	<b>24</b>
<b>12</b>	<b>10.5</b>	<b>17.2</b>	<b>13.7</b>	<b>24.5</b>	<b>19.2</b>	<b>25.3</b>	<b>22.3</b>	<b>12.5</b>
<b>13</b>	<b>8.4</b>	<b>17.3</b>	<b>15.2</b>	<b>13.7</b>	<b>22.9</b>	<b>18.3</b>	<b>15.1</b>	<b>16.9</b>
<b>14</b>	<b>5.9</b>	<b>16.1</b>	<b>17.5</b>	<b>12.4</b>	<b>24.3</b>	<b>23.3</b>	<b>9</b>	<b>26.3</b>

15	12.6	14.4	20.8	27.5	11.3	12.6	23.6	12.1
16	15.6	16.7	23.8	24.5	15.1	12.3	9.3	14.3
17	22.5	10.2	23.7	16.5	23.1	11	14.2	23.8
18	16	14.9	26.6	27	26.9	25.9	15.2	15.3
19	21.8	18.1	27	23.6	24.5	21	21.8	20.5
20	20.7	24.3	27.2	25.6	22.1	24.2	12.5	20.1
21	18	24.7	26.4	22.9	18.7	18.8	22.5	15.1
22	15.2	17.5	21.7	25.9	20.2	18.4	14.5	13.2
23	18.9	20.7	25.2	28.2	18.3	12.6	18.6	10.8
24	21.6	11.5	26.2	26.5	21.8	18	10.8	
25	18.4	17.9	26.5	24.3	21.3	23.7	12.4	
26	11.5	12.1	25.3	26.6	12.6	18.6	18.7	
27	11.7	16.2	23	27	18.2	16.4	21.2	
28	15	11.5	22.7	23	22.3	19	27.5	
29	17		22	20.8	22.4	26.3	18.3	
30	22.1		16.2	25.4	17.4	16.1	10.9	
31	20.7		12		17		19.1	

**Tabla 13: radiación solar edificio CATIE**

Fuente: Instituto Meteorológico Nacional (Costa Rica)

### Dimensionamiento del sistema fotovoltaico

Una vez identificados los parámetros como el pico de demanda máxima y el consumo de energía máximo diario, se procede a analizar los datos solares para realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el cual es el que cubrirá toda la demanda.

#### Ángulo de inclinación

Si la instalación de los módulos se hace de manera fija, se admitirán desviaciones hasta de 10° respecto a la latitud, como se menciona en la sección de investigación teórica del marco referencial.

$$Im = |\Phi| + 10^\circ$$

Donde:

Im: es la inclinación máxima en grados

Φ: es la latitud del lugar de la instalación.

$$Im = |9^\circ| + 10^\circ = 19^\circ \approx 20^\circ$$

El sol varía su ubicación según la estación del año, por esta razón, no siempre los módulos recibirán la misma radiación por su orientación. La inclinación óptima, como se mostró anteriormente, es de 20° hacia el sur, debido a que Costa Rica se ubica en el hemisferio norte y es donde se contempla el sol hacia el sur durante más días al año.

Refeel, (2016)

### Proyección de uso del consumo de energía

	domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo	lunes	martes	miércoles	jueves	viernes	sábado	domingo
sensor humedad suelo															
sensor humedad temp															
luxómetro															
wemo															
peltier					125mA	media hora	62,5								
sensor de humedad del suelo					5 mA										
sensor de humedad y temperatura					2,5 mA										
luxómetro					0,20 mA										
wemo					400 mA	stanby	0,4 mA								

**Tabla 14** proyección de uso de energía

Fuente: propia

En la Tabla 13 se presenta los días en que se activan los elementos para la toma de datos así como los respectivos consumos de cada sensor, según el investigador Rolando Cerda cada 2 semanas es un parámetro en el cual se puede tomar una decisión en evitar el estrés hídrico, en cuanto al peltier se tiene un consumo 125mA/hora , pero en esa hora crea una diferencia de 10 grados de diferencia y resulta mucho consumo ,así que se soluciona en vez de una hora ,mantenerlo encendido media hora, así que se tendrá la misma refrigeración pero repartida por más tiempo y menor consumo.

hora	uso en horas															
12mn	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
1am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
2am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
3am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
4am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
5am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
6am	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
7am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
8am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
9am	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
10am	400	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	400	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	400
	5							5								5
11am	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9
12md	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
1pm	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9
2pm	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400	400
	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5
	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
3pm	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9
4pm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
5pm	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9	62,9
6pm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
7pm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
8pm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
9pm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
10pm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
11pm	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
miliamperios por dia	1468,8	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	1468,8	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	1064,2	1468,8

### Tabla 15 encendido y apagado del dispositivo

Fuente: propia

En la Tabla se presenta en un rango de 24 horas donde en cada hora se propone la activación de cierto sensor a una hora determinada por ejemplo a las 6 de la mañana se enciende el Arduino, el sensor de humedad del suelo, sensor luxómetro y temperatura-humedad relativa y envía los datos y demás encendidos y apagados lo cual nos da un consumo diario de 1469 mA/h al día.

## Batería

Como se muestra en el marco teórico se tiene dos opciones de batería, una recargable de polímero de litio de capacidad de 1850mA y su contra parte de una batería especializada para aplicaciones IOT de gran capacidad y durabilidad, pero a la hora de mayor búsqueda sacaron el modelo IOT del mercado así que se selecciona la de polímero de litio.

### Escenario de carga, descarga y vida útil de la batería

Según la ficha técnica entregada por el fabricante la batería tiene 300 ciclos de vida, los cuales comprende carga y descarga completa.

2023					
	radiación solar	mj-kw	horas pico	kW/día	w/hora
enero	17	4,722222222	5	0,157407	6,558642
febrero	16	4,444444444	4	0,148148	6,17284
marzo	20,1	5,583333333	5	0,186111	7,75463
abril	20,5	5,694444444	6	0,189815	7,908951
mayo	21,1	5,861111111	6	0,19537	8,140432
junio	19,5	5,416666667	5	0,180556	7,523148
julio	17	4,722222222	5	0,157407	6,558642
agosto	16,7	4,638888889	4	0,15463	6,442901
septiembre	0	0	0	0	0
octubre	0	0	0	0	0
noviembre	0	0	0	0	0
diciembre	0	0	0	0	0

**Tabla 16: Watts en finca**

Fuente: propia

Según la información proporcionada por el instituto meteorológico nacional de la Tabla 13 que muestra la radiación solar global representada en MJ/m<sup>2</sup> diaria de enero hasta agosto del presente año, en la Tabla 16 se coloca los promedios de cada mes, apoyándose de la ecuación de Refeel(2016) donde los MJ/m<sup>2</sup> se convierten en horas pico que a su vez también representa los KW/hora mes como se ve en la columna verde, aplicando conversiones se pasa de kW/hora/mes a w/hora donde lo mínimo de energía que se obtiene es de 6 watts por hora y el panel solar extrae 5 watts por hora, dando la máxima capacidad del panel asegurando una irradiación constante lo cual se utiliza para calcular cuántos miliamperios podemos obtener.

	mA 4 descarga	mA carga	enero	mA 5 descarga	mA carga	abril	mA 6 descarga	mA carga	
0		0,4			0,4			0,4	
1		0,4			0,4			0,4	
2		0,4			0,4			0,4	
3		0,4			0,4			0,4	
4		0,4			0,4			0,4	
5		0,4			0,4			0,4	
6		402,7			402,7			402,7	
7		0,4			0,4			0,4	
8		0,4			0,4			0,4	
9		0,4			0,4			0,4	
10		405			405			405	500
11		62,9	437,1		62,9	437,1		62,9	500
12		0,4	499,6		0,4	499,6		0,4	500
13		62,9	437,1		62,9	437,1		62,9	500
14		402,7	97,3		402,7	97,3		402,7	500
15		62,9			62,9	437,1		62,9	500
16		0,4			0,4			0,4	
17		62,9			62,9			62,9	
18		0,4			0,4			0,4	
19		0,4			0,4			0,4	
20		0,4			0,4			0,4	
21		0,4			0,4			0,4	
22		0,4			0,4			0,4	
23		0,4			0,4			0,4	
	939,9		1471,1		877	1908,2		472	2003,2

**Tabla 17: carga y descarga de batería**

Fuente: propia

Enlazando con la Tabla anterior ya se ha asegurado de que el panel solar estará irradiado de la máxima capacidad o más de la que está diseñado así que eso significa que la corriente a la que está diseñado se le podrá extraer en su totalidad, como se explica en el funcionamiento de un regulador de carga solar la corriente pasa directamente a la batería y se va almacenando.

pero con las horas pico se obtiene toda la energía del panel y en ese momento el panel suministra toda la corriente que

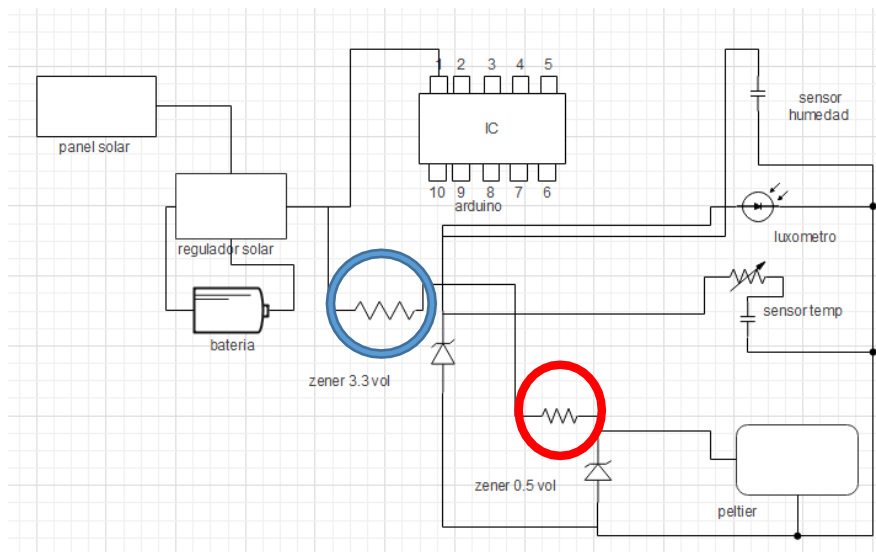
se necesita por eso se ilustra en las celdas amarillas las horas pico y se pone 500 miliamperios y en ese mismo momento hay consumo por parte del dispositivo, a lo que se representa que a los 500 se le reste lo que se consume en ese momento y lo que sobra se guarda en la batería como se observa en la Tabla 17.

los números en las celdas celestes es la energía que se obtiene del panel por las horas pico de irradiación superan con creces el consumo representado por las celdas rosadas que sería el consumo por todo el día, otro aspecto que se debe tener en cuenta es que la batería es de 1850

miliamperios y el consumo no supera los mil miliamperios en el peor de los casos así que quedan 850 miliamperios para el día siguiente lo cual suponiendo los 300 ciclos de carga y descarga la batería se podría descargar unas 600 veces dando una vida útil de casi 2 años, para el cambio de batería si es que el sistema indica la necesidad de este y con una programación más incisiva en los tiempos y las veces que se deben tomar los parámetros se puede aprovechar más la batería.

### Reguladores de voltaje

Los diferentes elementos se alimentan a diferentes voltajes así que la solución a este problema de una forma fácil, barata y de bajo consumo es usar diodos Zener, donde hay que usar varias ecuaciones para determinar una resistencia de seguridad, así como determinar las características del Zener.



**Figura 121:** ubicación de resistencia Zener

Fuente: propia

Como se muestra en la figura anterior se hará el cálculo de los Zeners, primero el del círculo azul. Se tiene un regulador solar que nos entrega 5V, pero se debe alimentar elementos electrónicos de 3.3V y 8mA, basándonos en las ecuaciones del marco teórico de regulador de voltaje calculamos el  $R_s$

$$R_s = \frac{(5-3.3)}{(1.1 \cdot 0.008)} = 193 \approx 200 \text{ ohms}$$

**Ecuación 7 marco teórico**

Se pasa de 1.93 a 2 ohms ya que la última es la versión comercial que se puede conseguir en tiendas

Lo siguiente es la potencia que debe soportar el Zener en cuestión

$$P = \frac{(5 - 3.3)}{200} * 3.3 = 0.02W \approx \frac{1}{4} W \approx 0.25$$

### **Ecuación 8 marco teórico**

Al igual que en la ecuación anterior se obtiene 0.02 watts, pero comercialmente ese valor no se encuentra así que se pedirá un Zener de 1/4 Watts de potencia.

Se hará lo mismo para el Zener del círculo rojo que alimentará la placa peltier que proporcionará refrigeración

$$R_s = \frac{(3.3 - 0.5)}{(1.1 * 0.065)} = 39 \approx 40 \text{ ohms}$$

$$P = \frac{(3.3 - 0.5)}{(40)} * 0.5 = 0.035W \approx \frac{1}{4} W$$

### **Ecuación 7 y 8 marco teórico**

Dando así los datos necesarios para tener una buena regulación de energía.

Administrador, (2023)

Colocación física del sensor de humedad

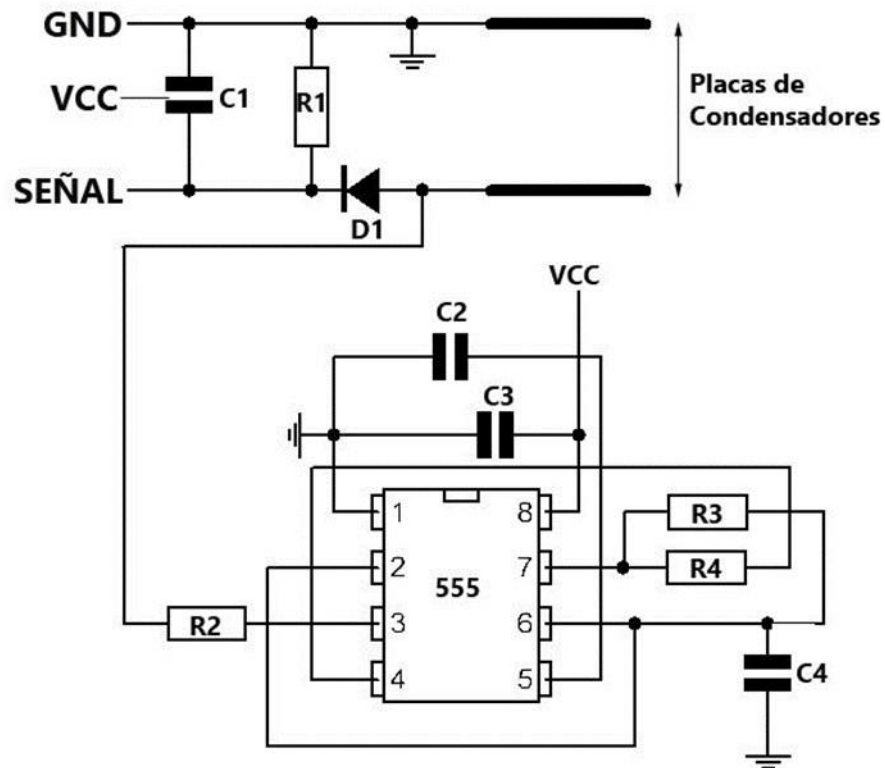
## PINOUT Sensor de Humedad Suelo Capacitivo Anticorrosivo



Incluye Cables

Marco teórico fig. 85

## Esquemático del Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo Anticorrosivo



### Marco teórico fig. 84

Dependiendo de la necesidad de medición, el sensor solo puede medir la humedad de 0 a 20 cm de profundidad vertical, también cuando se instala verticalmente a 20 cm de profundidad entonces mide la humedad media entre 20 y 40 cm.

Características eléctricas del sensor

### ESPECIFICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS

- Modelo: SEN-HS-CAP
- Voltaje de operación: 3.3 V – 5V DC
- Corriente de operación: 5 mA
- Dimensiones: 98 mm x 23 mm x 9mm
- Peso: 15 g
- Interfaz: PH2.0-3P
- Baudios de operación: 9600
- Pines:
  - Voltaje de operación: 3.3 V – 5V DC
  - AOUT: Salida analógica
  - GND

Naylamp (2023)

Entonces el sensor funciona mediante detección capacitiva

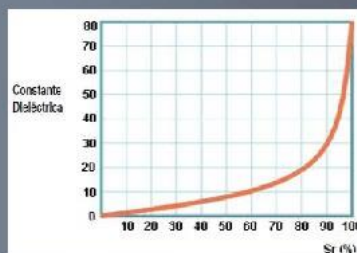
### SENSORES DE PROXIMIDAD CAPACITIVOS

#### *Influencia de la constante dieléctrica:*

➤ Cuanto mayor es la constante dieléctrica del objeto a detectar mayor será la distancia a la que puede ser detectado el objeto y viceversa.

➤ En la gráfica se puede apreciar como varía la distancia de detección en función de la constante dieléctrica.

Esta gráfica se utiliza de la siguiente forma:



**Figura 122:** representación de constante dieléctrica

Fuente: Google

### Sensor Capacitivo de humedad de suelo

La capacitancia, en su definición es la cantidad de carga que un material puede almacenar bajo determinada característica de potenciales eléctricos, bajo esa relación la ecuación que describe la capacitancia depende de la carga y el potencial eléctrico.

$$c = \frac{Q}{V}$$

Dentro de ese concepto, la capacitancia se estudia a partir de condensadores, que se definen como configuraciones de placas paralelas, separadas por un material dieléctrico. Cuando el dispositivo se energiza, almacena cierta cantidad de energía o carga eléctrica a partir de la generación de un campo eléctrico; en esos términos la capacitancia C se determina mediante la ecuación:

$$C = \epsilon_0 k \frac{A}{d}$$

Donde  $\epsilon_0$  es la constante de permisividad electrostática del ambiente, k es la constante dieléctrica del ambiente, A es el área metálica de las superficies y d es la distancia entre las superficies metálicas. La capacitancia como principio de medición para sensores, se vale de los cambios que se obtengan de la constante dieléctrica k, la cual varía en función de la humedad presente en el suelo, en relación con la superficie de las placas. Estos dispositivos, usan un circuito oscilador de AC, que, al insertarse por medio de la sonda del sensor, genera diferentes valores de frecuencia dependiendo la humedad del suelo, lo que ocasiona un cambio de voltaje.

Ya aterrizando propiamente en la medición de la humedad como se menciona (lo de porcentaje de tierra aire etc.), se puede determinar de una forma aproximada las capacitancias basándonos en la composición de elementos que compone la tierra de cultivo donde se indica que se tiene una alta probabilidad de conformar para el suelo seco una composición de

55% de tierra

44% aire

1% agua

En un término intermedio, en el que se encontraría una tierra de cultivo

55% de tierra

35% de aire

10% de agua

Y un terreno bien irrigado

55% de tierra

3% de aire

42% de agua

Chen López ;(2023)

Con estos datos, se puede determinar el valor del dieléctrico que compondrá el capacitor ya que dependiendo del elemento presente entre placas así será su capacitancia, dando así

Caso 1	Caso 2	Caso 3
2.2	2.2	2.2
0.4402596	0.3502065	0.4202478
0.8	8	33.6
3.4402596	10.5502065	36.2202478

**Tabla 18: estimaciones de capacitancia en relación con la humedad del suelo**

Fuente: propia

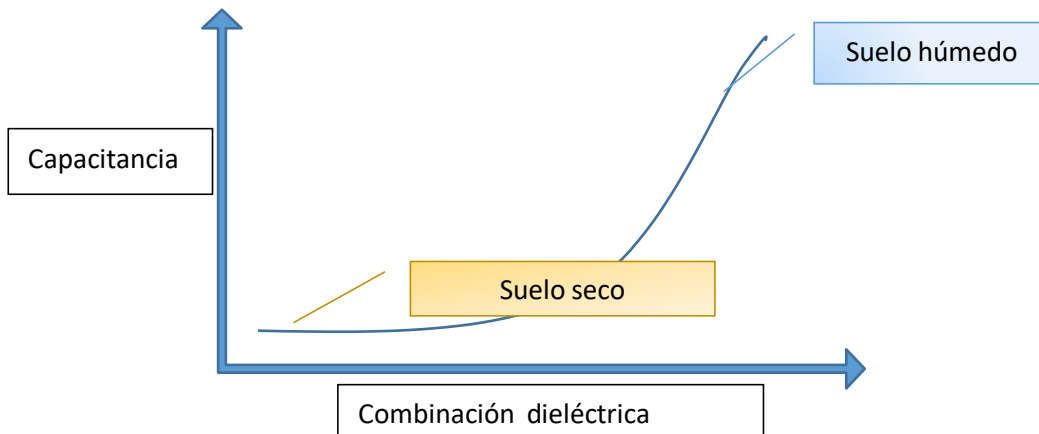
Cabe recalcar que los dieléctricos son

Agua: 80

Aire: 1.00059

Tierra de siembra: de 3 a 5 se supone 4

El funcionamiento del sensor se basa en medir la capacitancia entre 2 electrodos insertados dentro del suelo, la capacitancia entre los electrodos dependerá de la humedad del suelo, por lo que para un suelo muy húmedo tendremos una capacitancia muy baja y para un suelo muy seco la capacitancia será muy alta.



**Figura 123:** representación de constante dieléctrica

Fuente: propia

El electrodo va conectado a una tarjeta de acondicionamiento que entrega una salida analógica. La salida analógica (AO) entrega un voltaje analógico desde 3.3V para un suelo muy húmedo hasta 5V para un suelo muy seco. En algunos modelos para la conexión a Arduino debemos conectar la salida analógica del módulo a una entrada analógica del Arduino.

Con base en la programación que se le dio al sensor almacenada en la tarjeta wemo.

Sabiendo los valores máximos y mínimos de la salida del sensor, podemos estimar el porcentaje de humedad del suelo.

```

1  const int sensorPin = A0;
2  const int humedadAire = 550;
3  const int humedadAgua = 250;
4
5  void setup()
6  {
7    Serial.begin(9600);
8  }
9
10 void loop()
11 {
12   int humedad = analogRead(sensorPin);
13   Serial.println(humedad);
14
15   porcentajeHumedad = map(humedad, humedadAire, humedadAgua, 0, 100);
16   if(porcentajeHumedad > 100) porcentajeHumedad = 100;
17
18   Serial.print(porcentajeHumedad);
19   Serial.println("%");
20 }

```

**Figura 124:** representación de constante dieléctrica (programación)

Fuente: Google

Con la programación presente se envía el voltaje analógico a la tarjeta donde dependiendo mismo se convierte en un número binario pasa a calcularse en un rango de 550 a 250 y se le pide al programa que recoja la humedad y se le indica que ese valor lo convierta en un porcentaje y es almacenado en la memoria de la tarjeta wemo hasta que sea solicitado por el bróker de MQTT.

Entonces el procedimiento consiste en sensor, conversor AD, proceso y almacenamiento.

Empezando que el sensor es alimentado con 5 voltios de alimentación con una corriente de 5mA, dependiendo de la capacitancia detectada y convertida a voltaje análogo pasa al convertidor interno donde se convierte en datos digitales, suponiendo que está en un suelo húmedo dando un voltaje aproximado de 3.9V.

Con estos cálculos

$$N_{binario} = \frac{V_{analogo} * T_{valores}}{V_{sistema}} = \frac{3.9 * 1024}{5000} = 0.798 \approx 798 \text{ en binario}$$

### Ecuación 3

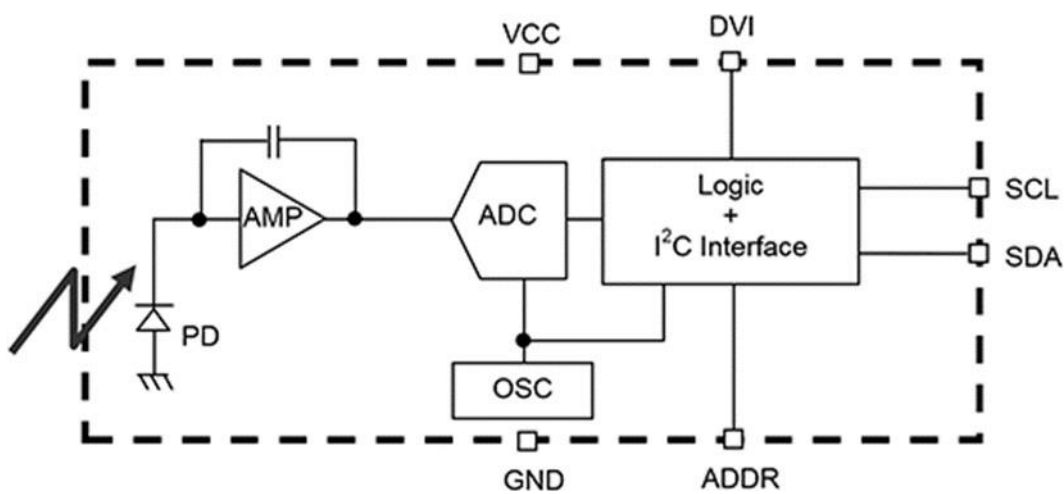
El cual representa el voltaje analógico en digital que lo utiliza según la programación para calcular el porcentaje de humedad.

Paguayo (2019)

### Luxómetro



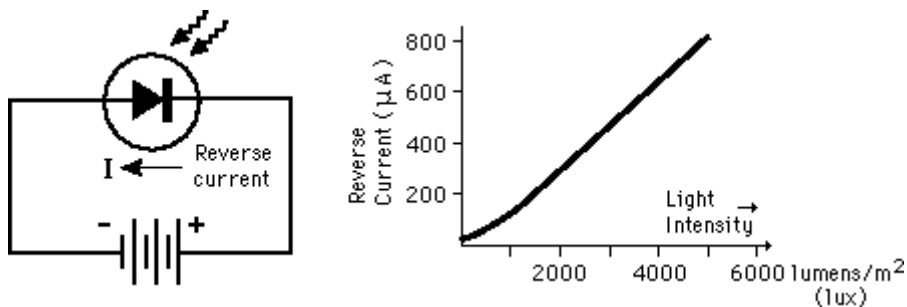
Marco teórico fig. 95



Marco teórico fig. 94

El luxómetro está compuesto por un sensor de luz, que convierte la energía luminosa en una señal eléctrica, y un display, que muestra la medición en luxes.

El sensor de luz es el componente clave del luxómetro. Hay diferentes tipos de sensores, pero todos funcionan de la misma manera: convierten la energía luminosa en una señal eléctrica. El sensor está compuesto por un fotodiodo, que es un dispositivo que se encarga de convertir la energía luminosa en electricidad. El fotodiodo está conectado a un circuito amplificador, que aumenta la señal eléctrica.



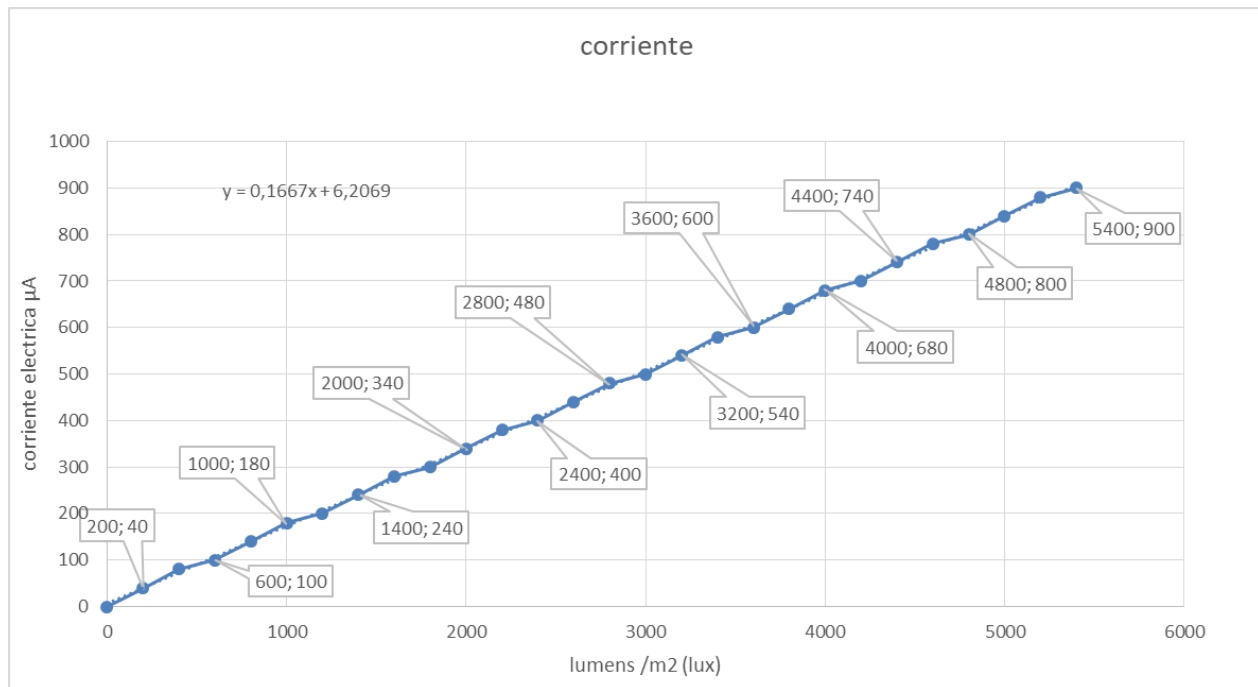
### Marco teórico fig. 96

#### MEDIR CANTIDAD DE LUXES CON ARDUINO Y EL LUXÓMETRO BH1750

El BH1750 es un sensor digital del nivel de luz que puede ser conectado con facilidad a un autómata o procesador como Arduino para formar un luxómetro.

A diferencia a otros sistemas de medición del nivel de luz, como por ejemplo las resistencias LDR, la respuesta espectral del BH1750 está diseñada para ser similar a la del ojo humano por lo que son capaces de proporcionar la medición de lux.

Recordamos que los luxes son la unidad del sistema internacional para la iluminancia. La iluminancia es la relación entre el flujo luminoso (la cantidad de luz emitida por una fuente de luz), y la superficie en la que se mide.



**Figura 125:** grafica corriente eléctrica /lumens

Fuente: propia

Como se puede observar en el gráfico anterior hay una relación lineal entre la cantidad de luxes que llegan a la foto resistor y con esa respuesta desprende una corriente inversa que corresponde a los luxes, con la combinación de esas corrientes, convertidor analógico – digital, y la programación presente en el Arduino se hace la equivalencia, corriente-rango ajustable-voltaje digital.

El BH1750 tiene un amplio rango de medición ajustable desde los 0.11 a 100000 lux, por lo que es capaz de medir en casi cualquier situación de iluminación. Incorpora un ADC de 16bits que proporciona una resolución de 65535 niveles.

Lux proporciona información sobre la iluminancia. Es una medida de la luminosidad con la que se ilumina una zona. El lux indica la cantidad de flujo luminoso (lumen) de una fuente de luz que llega por unidad de superficie de un receptor. El valor lux es una cantidad puramente receptora.

La iluminancia se calcula mediante la siguiente fórmula:  $\text{Lux [lx]} = \text{flujo luminoso [lm]} / \text{superficie [m}^2\text{]}$

La iluminancia es de 1 lux cuando un flujo luminoso de 1 lumen incide uniformemente sobre una superficie de 1 m<sup>2</sup>. Otra fórmula para calcular la iluminancia a mayores distancias es la siguiente:  

$$\text{Lux [lx]} = \text{intensidad luminosa [cd]} / \text{radio o distancia al cuadrado.}$$

Auer signal, (2023),

Algo a tener en cuenta es que el sensor BH1750 cuenta tanto con un ADC interno como un bus de datos I2c que controla la conexión de los dos chips para que funcionen como uno facilitando el control de datos.

Se empieza explicando el bus de datos de I2C

Para usar el bus I2C en Arduino, el IDE Standard proporciona la librería “Wire.h”, que contiene las funciones necesarias para controlar el hardware integrado.

Algunas de las funciones básicas son las siguientes

`Wire.begin()` // Inicializa el hardware del bus

`Wire.beginTransmission(address);` //Comienza la transmisión

`Wire.endTransmission();` // Finaliza la transmisión

`Wire.requestFrom(address,nBytes);` //solicita un número de bytes al esclavo en la dirección address

`Wire.available();` // Detecta si hay datos pendientes por ser leídos

`Wire.write();` // Envía un byte

`Wire.read();` // Recibe un byte

`Wire.onReceive(handler);` // Registra una función de callback al recibir un dato

`Wire.onRequest(handler);` // Registra una función de callback al solicitar un dato

A modo de referencia, para que tengas un orden de magnitud de luxes, algunos ejemplos típicos de iluminancia.

<b>Situación</b>	<b>Luxes</b>
Noche	0.001-0.02
Luna llena	0.2-0.6
Día nublado, en interior	5-50
Día nublado, en exterior	50-500
Día soleado, en interior	100-1000
Bajo luz directa del sol	100.000
Habitación, salón	150-300
Mesa oficina/lectura	500-700
Supermercados/exposiciones	750-1000
Mesas dibujo/trabajo	1000-1500

#### Tabla 4 de Marco teórico

Para realizar la lectura del BH1750 usaremos la librería desarrollada por Christopher Laws.

La librería proporciona ejemplos de código, que resulta aconsejable revisar. Los siguientes ejemplos son modificaciones a partir de los disponibles en la librería

El sensor dispone de 3 modos de resolución, siendo el predeterminado el modo “High Resolution Mode”.

Modo	Resolución	Tiempo de medición
High resolution Mode2	0.5 lx	120 ms
High Resolution Mode	1 lx	120 ms
Llow Resolution Mode	4 lux	16 ms

#### Tabla 5 de marco teórico

Adicionalmente existen 2 modos de disparo, “Continuo” y “One Time”. En el modo continuo el BH1750 realiza constantemente mediciones mientras que en el modo disparo único realiza la medición bajo demanda, pasando a modo baja energía entre solicitudes.

Contando con la información anterior podemos hacer un escenario de cuánto será la respuesta de la lectura que puede dar el sensor:

Empezamos con que el sensor puede leer de 0.11 a 100000 luxes y apoyándonos con la gráfica anterior se puede relacionar directamente la cantidad de luxes recibidas a una corriente correspondiente que se puede estimar con la ecuación de la figura

$$\text{corriente} = 0.1667 * x + 6.2069$$

Donde x son los luxes que impactan en el fotodiodo, consultando la tabla de la estandarización de los niveles de luxes por razones botánicas lo estimamos en 450 luxes, para una corriente de  $81.2219\mu\text{A}$ , pero como los convertidores análogos-digitales no leen corriente el mismo luxómetro lo convierte, nosotros de una forma aproximada sacamos la resistencia con el voltaje y esa corriente para determinar el voltaje relacionado a la corriente de 450 luxes.

$$R = \frac{V}{I} = \frac{4.5V}{200\mu\text{A}} = 22500\Omega$$

$$I * R = V = 81.2219\mu\text{A} * 22500\Omega = 1.82V$$

Llamas L (2016)

Teniendo en cuenta la información anterior de cómo funciona un convertidor en el capítulo del marco teórico, en el sensor anterior se usan las mismas ecuaciones ya que es el mismo dispositivo, pero integrado, pero como en esta vez ya tenemos los bits se usa la otra ecuación para encontrar el voltaje analógico

$$N_{\text{binario}} = \frac{V_{\text{analogo}} * T_{\text{valores}}}{V_{\text{sistema}}} = \frac{1.82 * 65536}{4500} = 26.50 \approx 26 \text{ en binario}$$

### Ecuación 3

Paguayo (2019)

¿Cómo funciona el sensor DHT11?



Marco teórico fig. 97

El sensor DHT11 consiste en un **elemento sensor de humedad capacitivo y un termistor para detectar la temperatura**. El condensador sensor de humedad tiene dos electrodos con un sustrato que retiene la humedad como un dieléctrico entre ellos. El cambio en el valor de la capacitancia se produce con el cambio en los niveles de humedad. **El IC mide, procesa estos valores de resistencia cambiados y los cambia en forma digital.**

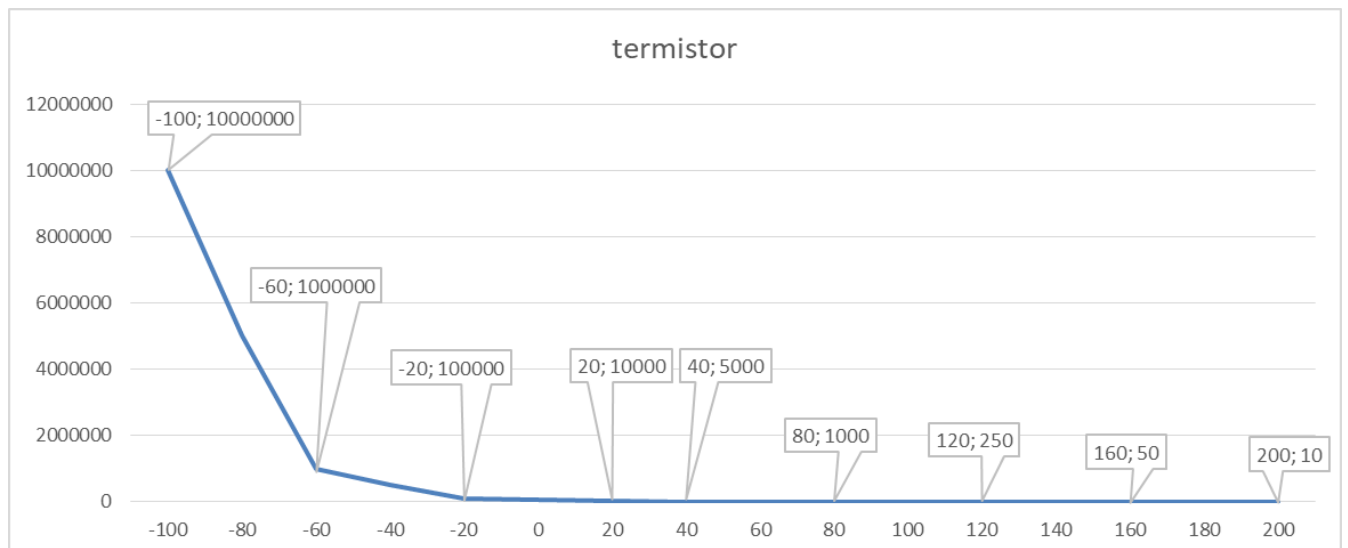
Para medir la temperatura, este sensor utiliza un termistor de coeficiente de temperatura negativa, que provoca una disminución de su valor de resistencia con el aumento de la temperatura. Para obtener un mayor valor de resistencia incluso para el más pequeño cambio de temperatura, este sensor suele estar compuesto por cerámicas semiconductoras o polímeros.

El rango de temperatura del DHT11 es de 0 a 50 grados centígrados con una precisión de 2 grados. El rango de humedad de este sensor es de 20 a 80% con una precisión del 5%. La tasa de muestreo de este sensor es de 1Hz, es decir, da una lectura por cada segundo. El DHT11 es de tamaño pequeño con un voltaje de operación de 3 a 5 voltios. La máxima corriente utilizada en la medición es de 2,5mA.

El sensor DHT11 tiene cuatro clavijas: VCC, GND, Clavija de datos y una clavija no conectada. Una resistencia de 5k a 10k ohmios se proporciona para la comunicación entre el sensor y el micro controlador.

En cuanto la medición de la humedad ambiental el sensor dht11 usa la misma tecnología que el sensor de humedad del suelo (capacitivo), solo que la diferencia radica que la capacitancia cambia en la comparación de un aire seco que tiene un dieléctrico de 1 a un aire que contenga vapor de agua , como se indica en la fórmula de la cuantificación de la humedad relativa esa diferencia de agua da el porcentaje de humedad en ese momento, aquí pasa lo mismo pero lo que cambia es el dieléctrico el cual es medido y transmitido para su posterior visualización.

En cuanto en la medida de la temperatura se usa un termistor de lectura inversa eso quiere decir que a mayor temperatura menor es la resistencia que el dispositivo registra como lo presenta esta gráfica.



**Figura 126:** grafica relación inversa resistencia/temperatura

Fuente: propia

Usando las temperaturas que son más probables en Costa Rica se puede mostrar que los cambios de temperatura que van de 20 a 40 grados centígrados tienen un cambio aproximado de 5000 ohms de diferencia, los cuales se convierten a un voltaje analógico.

$$I * R = V = 2.5mA * 8250\Omega = 20.6V$$

Descubrearduino (2023)

Como en anteriores sensores este también cuenta con un ADC integrado lo cual convierte los datos recolectados de forma analógica en datos digitales.

$$N_{binario} = \frac{V_{analogo} * T_{valores}}{V_{sistema}} = \frac{20.6 * 256}{4500} = 1.17 \approx 1 \text{ en binario}$$

**Ecuación 3**

Paguayo (2019)

Funcionamiento de sistema de refrigeración

Se considera la colocación de varios elementos uno a la par del otro donde las medidas son de:

Celda Peltier 40x40x3, 7mm

Almohadilla 40x40x0, 5mm

Plástico de carcasa 40x40x0, 8mm

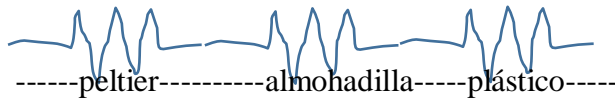
Con un coeficiente de transferencia respectivo de K

0.571W/m\*K

35 W/m\*K

0.17 W/m\*K

Con esta información se determina la razón de transferencia de calor estacionaria a través de los elementos, si las condiciones de la cara interna de la celda peltier son de 17 C y la cara exterior de la tapa de plástico es de 27 C.



$$Q = \frac{\Delta T}{Rt}$$

$$Q = \frac{(27 - 17) \text{ C}}{\frac{1 \text{ m}}{\frac{3.7 \text{ mm} * 1000 \text{ mm}}{0.571 * (0.04 * 0.04)}} + \frac{1 \text{ m}}{\frac{0.5 \text{ mm} * 1000 \text{ mm}}{35 * (0.04 * 0.04)}} + \frac{1 \text{ m}}{\frac{0.8 \text{ mm} * 1000 \text{ mm}}{0.17 * (0.04 * 0.04)}}}$$

$$Q = \frac{27 - 17}{\left( \frac{3.7 \times 10^{-3}}{9.136 \times 10^{-4}} + \frac{5 \times 10^{-4}}{0.0315} + \frac{8 \times 10^{-4}}{1.53 \times 10^{-4}} \right)}$$

$$Q = 1.42 \text{ W}$$

Este dato que indica, el calor desplazado dentro del dispositivo hacia el exterior por hora comparado con el calor que entra por ambiente exterior y producido por los componentes electrónicos, ya que se calcula que en el peor de los puntos de consumo se da 4 Watts y se saca 1

W, pero eso solo se da en solo unos minutos al día y el peltier se enciende más veces lo cual en el transcurso del día se enfría.

Arduinore.com (2023)

### Propuesta de solución

La finalidad de este documento es crear una ruta de guía para la creación de un sistema de parametrización para la recolección de datos para aumentar los rendimientos de las cosechas por hectárea cumpliendo los requerimientos de las plantas cuando ellas lo requieran, así como un posible precursor de detección temprana para una de las principales enfermedades que acogen estas plantas.

Los objetivos de este proyecto es la recolección de datos y transmitirlos de una forma fiable, de bajo costo y sencilla para que el agricultor tome decisiones con los datos recolectados.

Antes de adentrarse de lleno en la proposición del uso y planeamiento del dispositivo, se empezará con un pequeño resumen englobando las características principales del dispositivo.

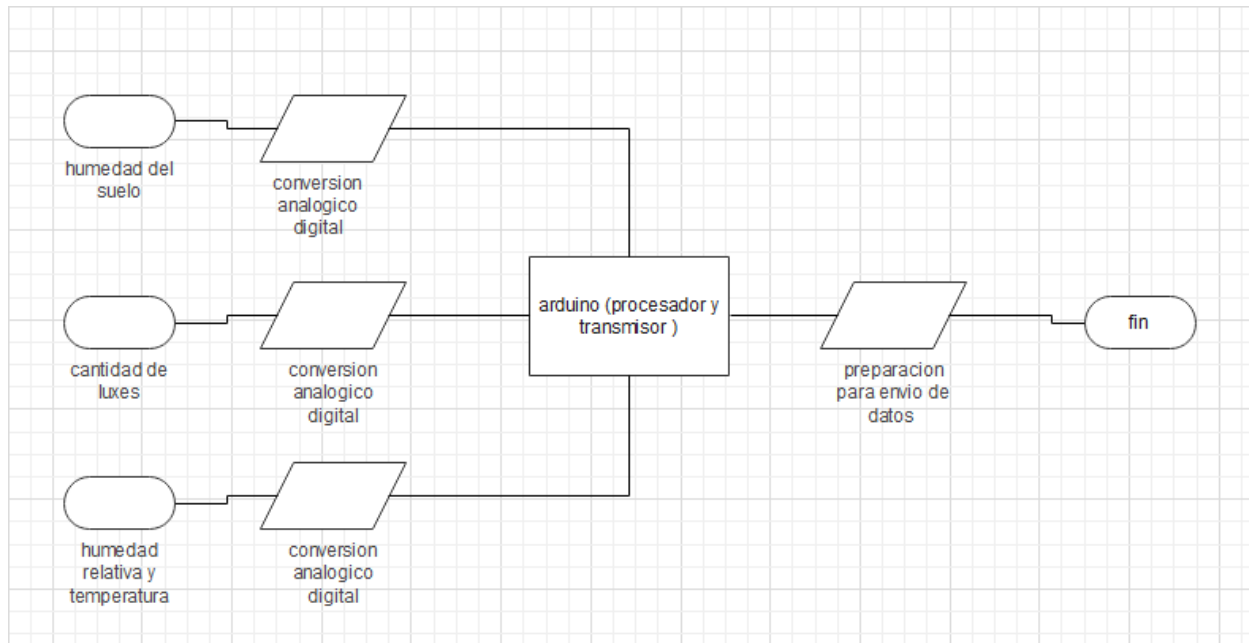
El dispositivo cuenta con tres sensores:

Sensor de humedad capacitivo

Sensor luxómetro

Sensor de humedad relativa y temperatura

Con estas entradas se conectan al Arduino donde se guardan los códigos que hacen que los sensores registren, conviertan e interpreten las características físicas del mundo real a expresiones eléctricas y digitales, las cuales son procesadas por el Arduino que también almacena un mini sistema operativo que administra los programas de los sensores , así como también almacena la topología mesh y el protocolo de comunicación MQTT y crea la red y el método para él envío de datos por medio de los mismos dispositivos, explicación que más adelante se dará, en la imagen siguiente se explicará de forma gráfica la recolección de datos y la perspectiva de la programación hará dentro del Arduino.



**Figura 127:** resumen de funcionamiento del dispositivo

Fuente: propia

Sensor capacitivo

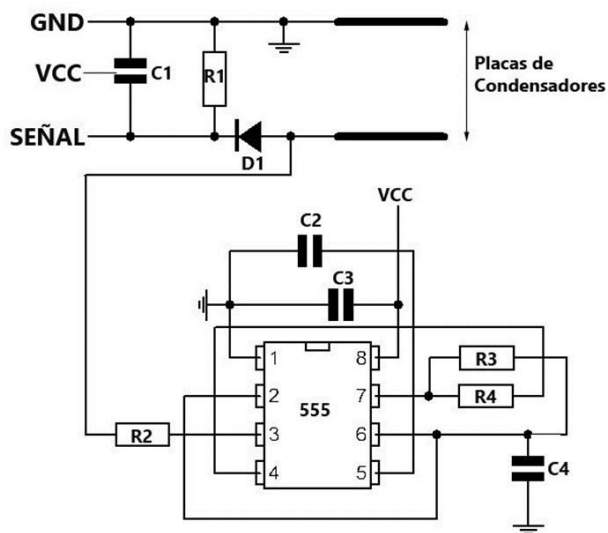
## PINOUT Sensor de Humedad Suelo Capacitivo Anticorrosivo



Marco teórico fig. 85

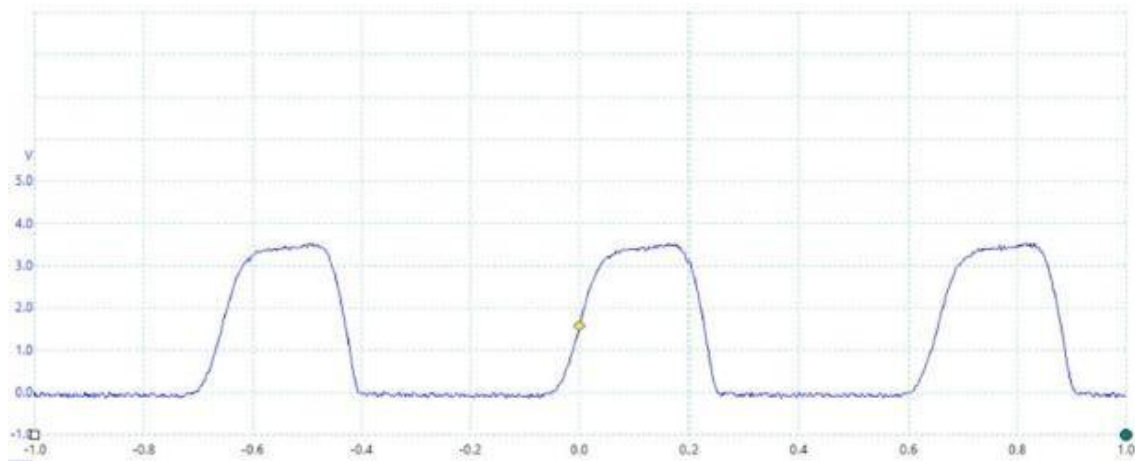
Se empieza con que el sensor tiene un rango de 20 cm de medición, en una posición de 0 a 20 cm.

### Esquemático del Sensor de Humedad de Suelo Capacitivo Anticorrosivo



#### Marco teórico fig. 84

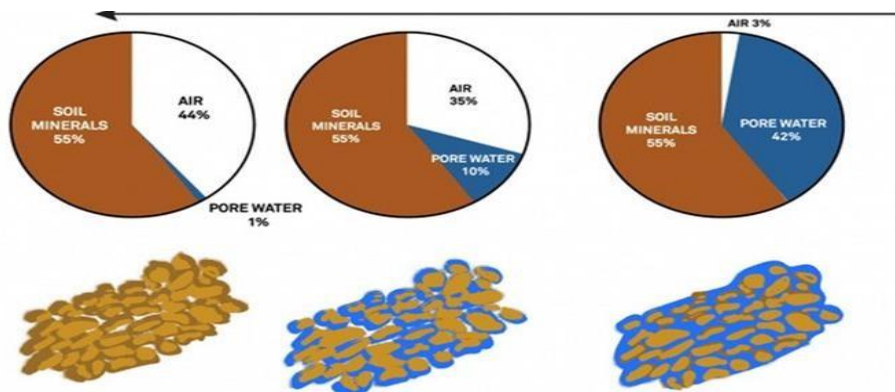
Como se muestra en la figura anterior la combinación de un chip de 555 y un juego de resistencia y capacitores para crear una onda cuadrada de tren de pulso.



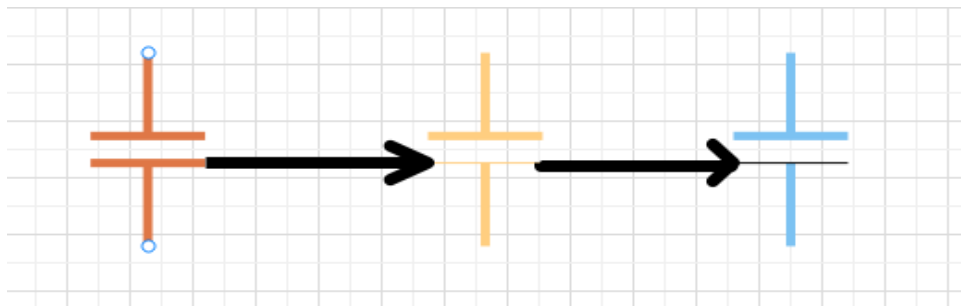
**Figura 128:** onda resultante de tren de pulso

Fuente: Oscar F. López Albino, (2022),

Cabe aclarar que un capacitor en una corriente en directa, los cambios en este caso de la capacitancia no se detecta ningún cambio. Con estos datos tenemos que al cambio de capacitancia por la cantidad de agua presente en el suelo, el uso del chip y la onda de pulso crea una onda con características alternas, pasa por el capacitor constituido por el suelo de cultivo, el aire y la cantidad de agua,(el principal componente para el cambio de capacitancia)



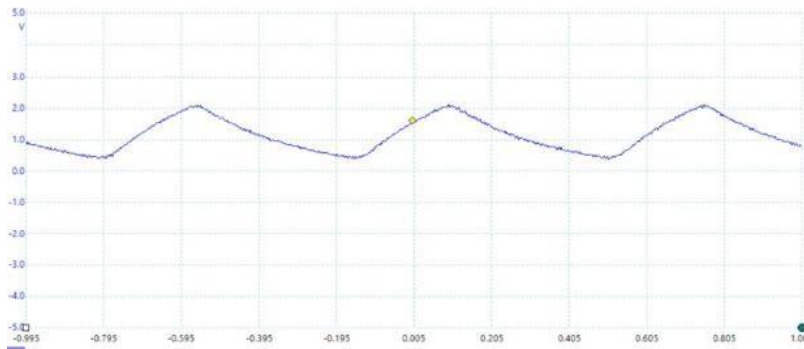
Marco teórico fig. 92



**Figura 129:** representación de humedad/capacitancia

Fuente: propia

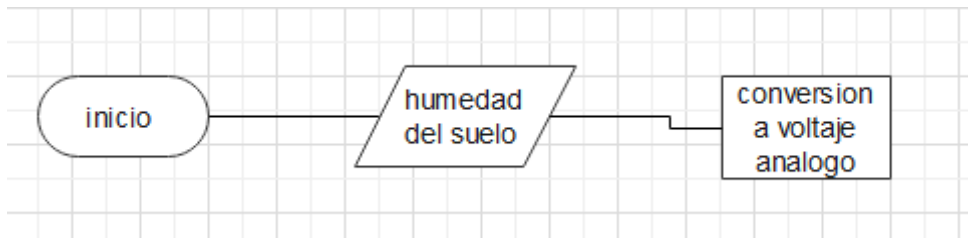
Entonces la dependencia de la capacitancia crea el voltaje de salida que contiene el resultado de la cantidad de humedad del suelo representado en la figura siguiente:



**Figura 130:** voltaje resultante pasado por la capacitancia

Fuente: Oscar F. López Albino, (2022)

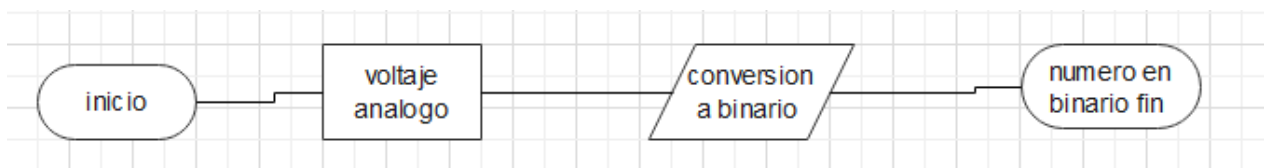
Toda esta parametrización, el resultado está en el voltaje analógico lo que es igual como el ejemplo presentado en el análisis de datos en que un voltaje de 3.947382 (por poner un aproximado), en este caso ese dato no se puede utilizar ya que los circuitos electrónicos son digitales y funcionan con binario, por lo cual en este caso la tarjeta wemo D1 tiene integrado un CAD (convertidor analógico –digital).



**Figura 131:** funcionamiento de sensor de humedad

Fuente: propia

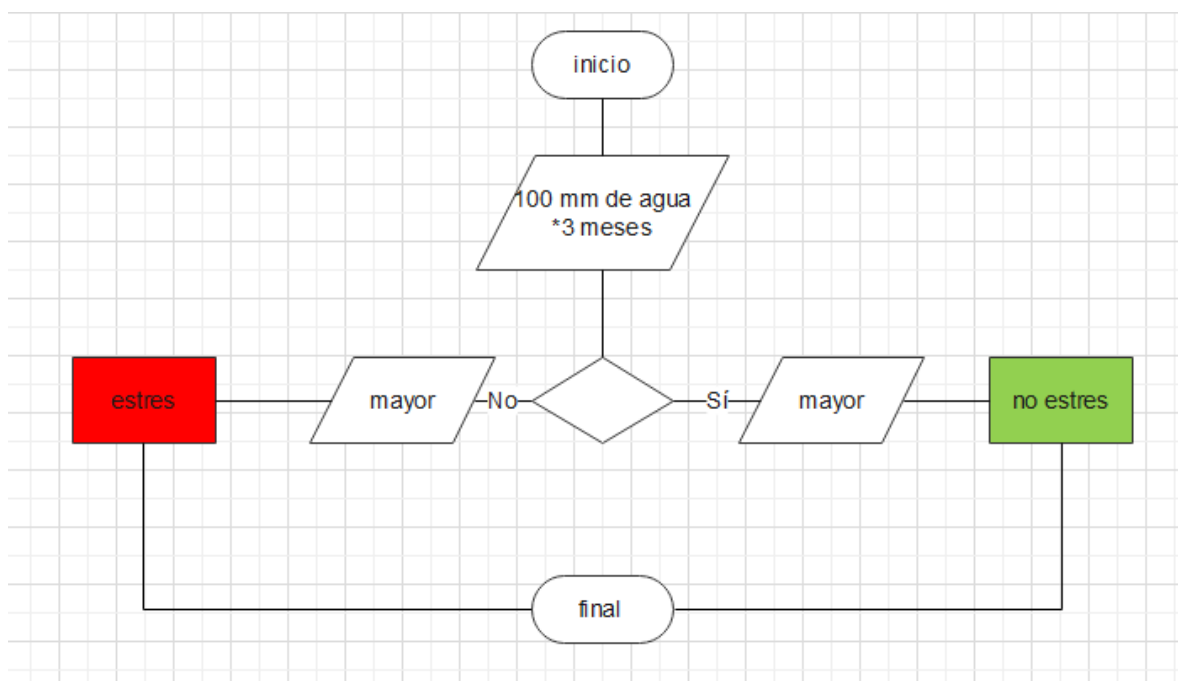
Lo cual basándonos en las ecuaciones el CAD del marco teórico, repartiendo los bits en niveles, anudado con la programación del sensor y un CAD de 10 bits se puede relacionar el 3.9... con 798 en binario, dato que puede procesar el wemo D1.



**Figura 132:** funcionamiento de sensor de humedad

Fuente: propia

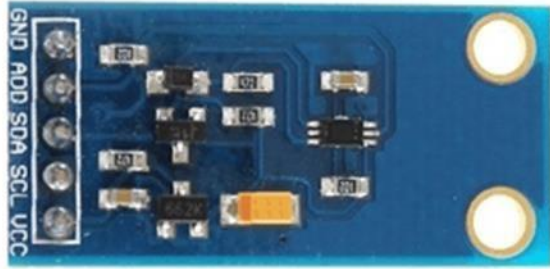
Entrando en la parte botánica del proyecto este sensor permite saber si en las raíces del árbol hay humedad, por consiguiente, agua, pero por otro lado no determina los mililitros presentes, pero con teoría agronómica se podría determinar, pero no es el alcance de este trabajo y sensor pero este solo dato del porcentaje puede permitir saber si hay o no hay agua, según Rolando H Cerda B investigador-profesor de Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza de Costa Rica "yo que yo recuerdo de algunas fuentes es que la precipitación óptima está entre 1500 a 2500 mm por año. Lo que quiere decir que sería como mínimo 125mm/mes...en otras fuentes se indica que con menos de 100mm de lluvia por mes durante 3 meses, ya han problemas de estrés para las plantas." dando así la necesidad de este sensor en el dispositivo.



**Figura 133:** funcionamiento de sensor de humedad en su totalidad

Fuente: propia

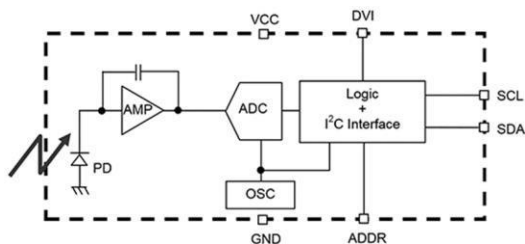
## Luxómetro



### Marco teórico fig. 95

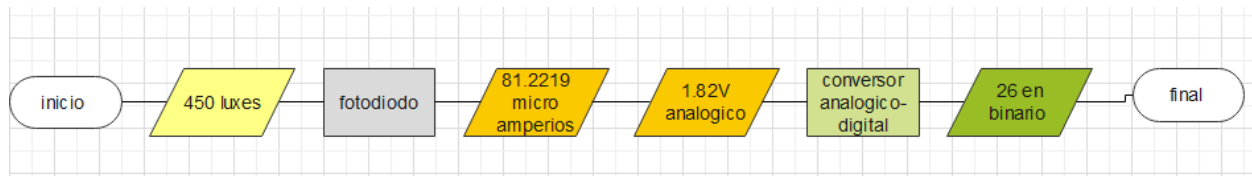
Este sensor a diferencia de una fotorresistencia que convierte un haz de luz en una respuesta resistiva, el luxómetro se diseña como el ojo humano captando un mayor espectro de luz, lo cual lo hace capaz de medir lux, recordando el lux como el flujo luminoso por área de superficie, se ha estandarizado en que un día nublado en el exterior se determina de 50 a 500 luxes, dato con aplicación botánica explicado más adelante.

Entonces volviendo al sensor, también su respuesta de salida es analógica, pero viene con CAD integrado, que de fábrica trae en rango de medición de 0.11 a 100000 lux, el conversor de 16 bits proporciona una resolución de 65535 niveles como se muestra en el esquema.



### Marco teórico fig. 94

El componente clave del luxómetro es el sensor de luz, compuesto por un fotodiodo que al impactar la luz se convierte en una señal eléctrica, como se puede ver en la gráfica la ecuación de la pendiente relacionamos los 450 luxes con una corriente de  $81.2219\mu\text{A}$ , pero este dato no puede ser usado por el convertidor, así que usando la ley de ohms se determina una resistencia para encontrar el voltaje analógico a procesar por el convertidor.



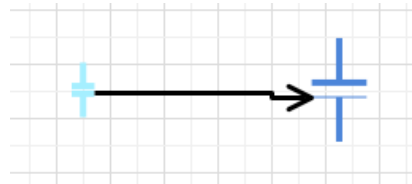
**Figura 134:** funcionamiento del sensor luxómetro

Fuente: propia

Como se mencionó antes se escogió 450 luxes, ya que día nublado exterior va de 50-500 luxes y tomamos ese 450 como sombra, un parámetro muy importante para el árbol de cacao que por su familia biológica es una planta que ocupa sombra para una buena fotosíntesis, productor del alimento para la planta haciendo crucial cuidar el árbol de la exposición directa del sol.

#### Sensor de humedad relativa y temperatura

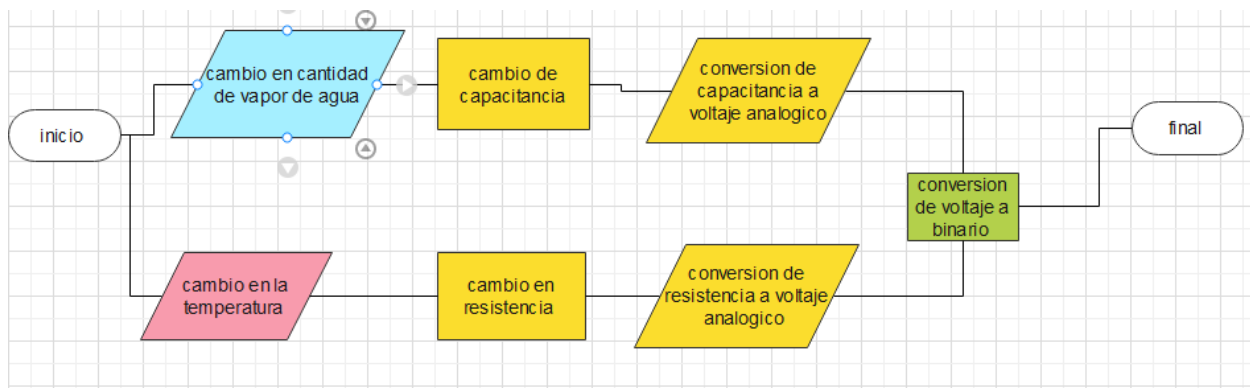
El sensor DHT11 se encarga de medir la humedad relativa con la misma tecnología que el sensor de humedad del suelo solo que los parámetros que cambian es la diferencia entre el aire seco con poca capacitancia, pero el aire con vapor de agua y recordando que el agua tiene un coeficiente dieléctrico muy grande, la presencia de agua en el capacitor hace el proceso antes visto.



**Figura 135:** representación de humedad/capacitancia

Fuente: propia

Como es un sensor 2 en uno el otro componente es el termistor que mide la temperatura y el resultado es una resistencia inversa, lo que significa que a mayor temperatura menor es la resistividad, de las leyes de ohms convertimos la resistencia resultante en voltaje analógico y apoyándonos en el conocimiento anterior que tenemos de los CAD, los dos voltajes analógicos se convertirán en digitales.



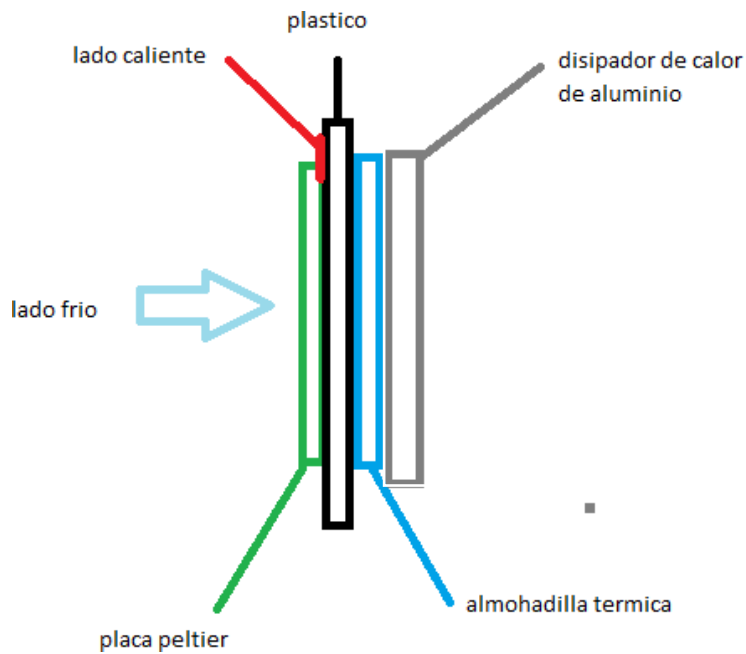
**Figura 136:** funcionamiento total del sensor de temperatura y humedad relativa

Fuente: propia

Por qué este sensor es importante, lo es para detectar la probabilidad de la presencia de la enfermedad moniliophthora, que es la principal enfermedad que aqueja a Centroamérica, recordando que en una presencia de alta humedad y altas temperaturas el hongo se desarrolla, al tener registros diarios de estos parámetros combinado con estadística calculada por la computadora si las condiciones se presentan se programaría una alerta para el agricultor teniendo más vigilancia a los frutos buscando alguna afectación para impedir la propagación a otros árboles.

### Sistema de refrigeración

Para alargar la vida útil de la batería y de los componentes electrónicos se diseña un sistema de refrigeración, algunos problemas es que no se pueden hacer maquinado al plástico a utilizar ya que es fuerte a impactos, pero débil a rasgaduras y si no se le pone soportes adicionales al maquinado toda la carcasa pierde vida útil aumentado el costo, así que se va hacia un diseño de refrigeración de expulsión de calor con la celda peltier y transferencia de calor.



**Figura 137:** representación del sistema de enfriamiento

Fuente: propia

#### Datos por enviar

Entonces los datos que se van a transmitir hasta la estación central de datos los cuales son

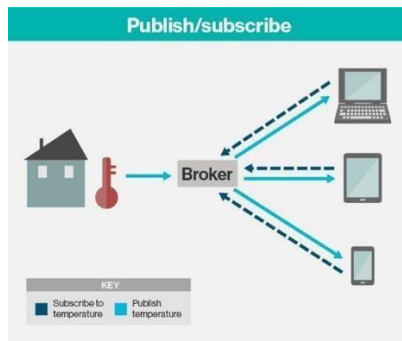
Sensor humedad suelo	798 en binario
luxómetro	26 en binario
Sensor humedad y temperatura	Hum capacitancia en binario, temp 1 en binario

**Tabla 19:** datos recolectados

Fuente: propia

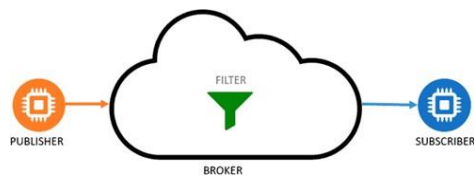
#### Protocolo MQTT

Es un transporte de mensajería de publicación/suscripción que es extremadamente ligero e ideal para conectar dispositivos pequeños a redes con ancho de banda mínimo.



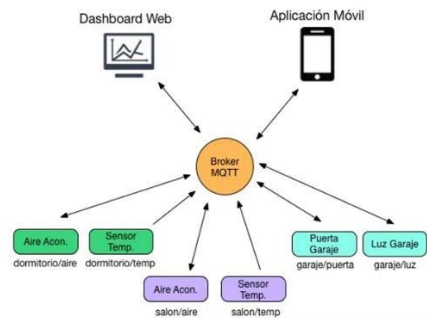
**Marco teórico fig. 23**

Para filtrar los mensajes que son enviados a cada cliente los mensajes se disponen en topics organizados jerárquicamente.



**Marco teórico fig. 24**

MQTT es interesante usarlo cuando el ancho de banda bajo y no se conozca la infraestructura.



**Marco teórico fig. 25**

## Arquitectura MQTT

El bróker es el encargado de gestionar la red y de transmitir los mensajes, para mantener activo el canal, los clientes mandan periódicamente un paquete y espera la respuesta del bróker.

## Topics MQTT

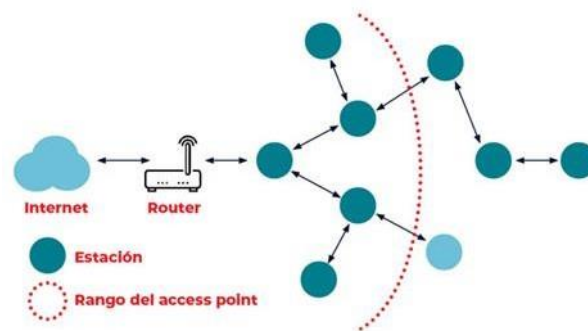
La comunicación se basa en temas, el cliente que publica el mensaje crea los nodos que desean recibirlo deben suscribirse a él.

## Escalado MQTT

Con escalable se refiere a la capacidad que tiene un sistema para ser ampliado, hasta ahora, todos los sistemas que habíamos visto se basaban en un cliente que se comunica con un servidor, saturado de información el sistema entero puede fallar, una solución es usar un sistema de colas, donde el encargado admite información de esa cola, entonces al poner más "encargados de procesamiento" es más fácil vaciar esa cola de espera.

### Red mesh

Es un tipo de topología de red de área local, básicamente es una red compuesta por Router/estación base y sus nodos, los repetidores no se comunican entre ellos, sino que lo hacen solo con el Router principal, su punto fuerte está en la gestión avanzada de los elementos de la red.

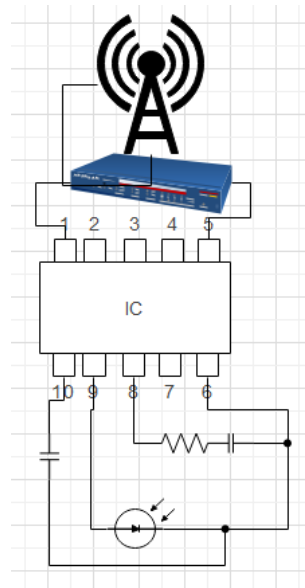


### Marco teórico fig. 44

La escogencia y el uso del MQTT y la red mesh, basándonos en el trabajo de Alda Martin Muñoz (2020).

Ya con los datos a enviar y teniendo delimitado las señales de tránsito que en el caso propuesto será el protocolo MQTT y la forma de las carreteras que son la red mesh así se emprende el viaje.

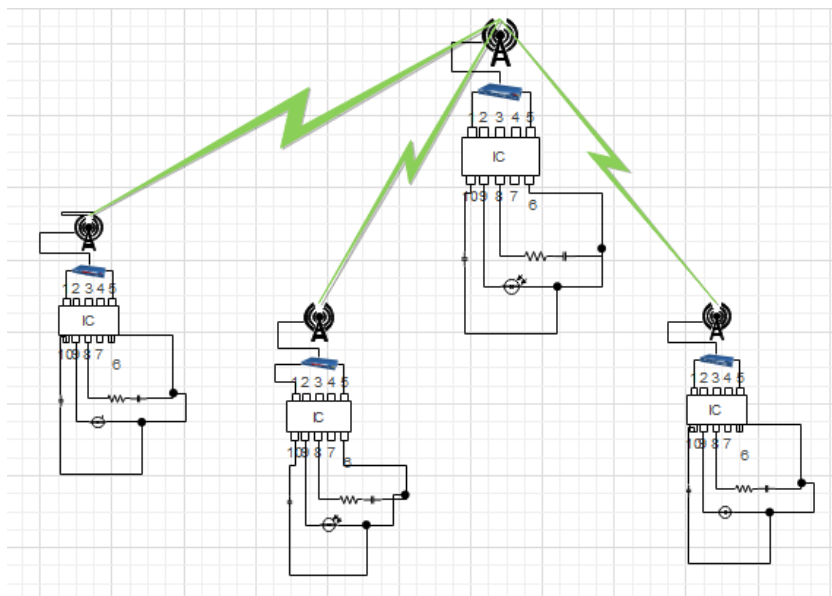
La parte más pequeña de la red es el Arduino con los sensores, como ya se explica en el marcoteórico, el Arduino ya viene dotado de la capacidad de crear un canal de comunicación.



**Figura 138:** representación unifilar del dispositivo

Fuente: propia

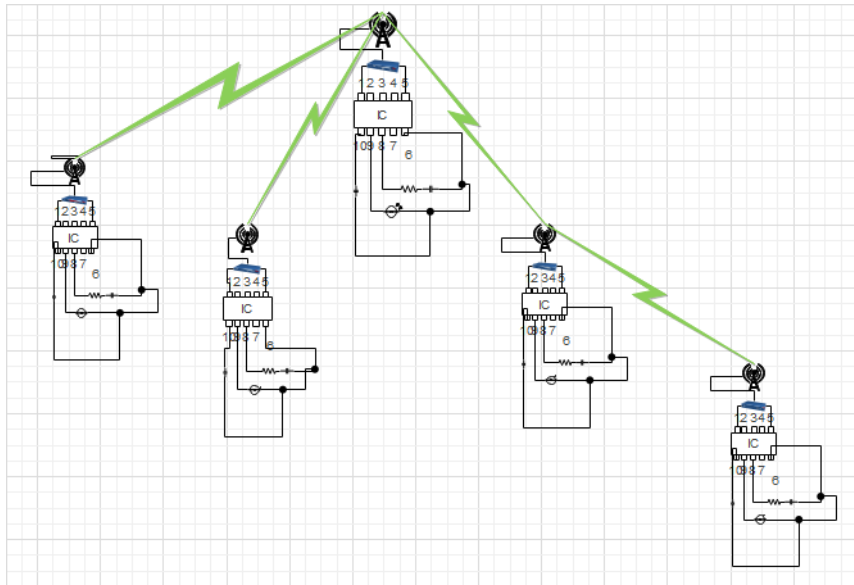
Donde la caja azul es el Router que envía los datos con su respectiva antena de transmisión, como versión mínima y acordándonos del protocolo MQTT este dispositivo, así como los demás se le pondrá un topic lo cual lo diferenciara del resto en este casi será árbol # 1



**Figura 139:** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

Fuente: propia

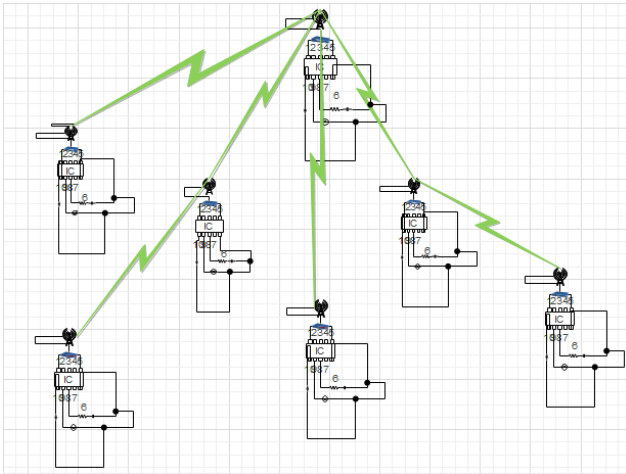
Basándose en la arquitectura del MQTT los dispositivos se ponen de acuerdo para poner a uno como el bróker y los demás se suscriben como clientes de la micro red para mantener un canal de comunicación siempre abierto.



**Figura 140:** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

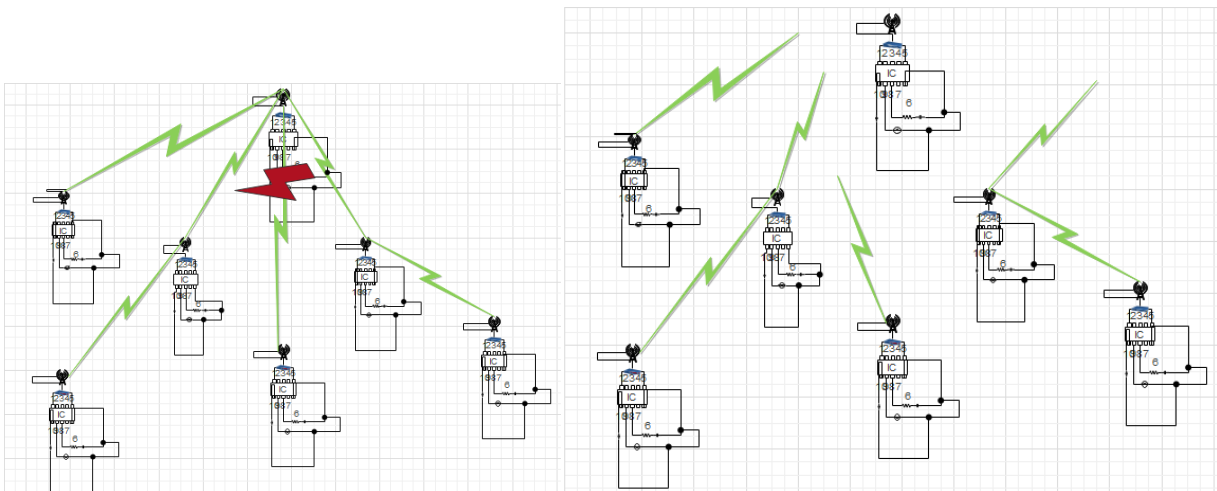
Fuente: propia

La escalabilidad en el MQTT es una característica muy importante ya que se pueden agregar más integrantes y el sistema lo acepta sin ninguna dificultad, pero en la nueva oportunidad hay un problema ya que si se aceptan a demás miembros sin más un nodo se puede saturar y hacer caer todo el sistema de comunicación.



**Figura 141:** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

Fuente: propia



**Figura 142:** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

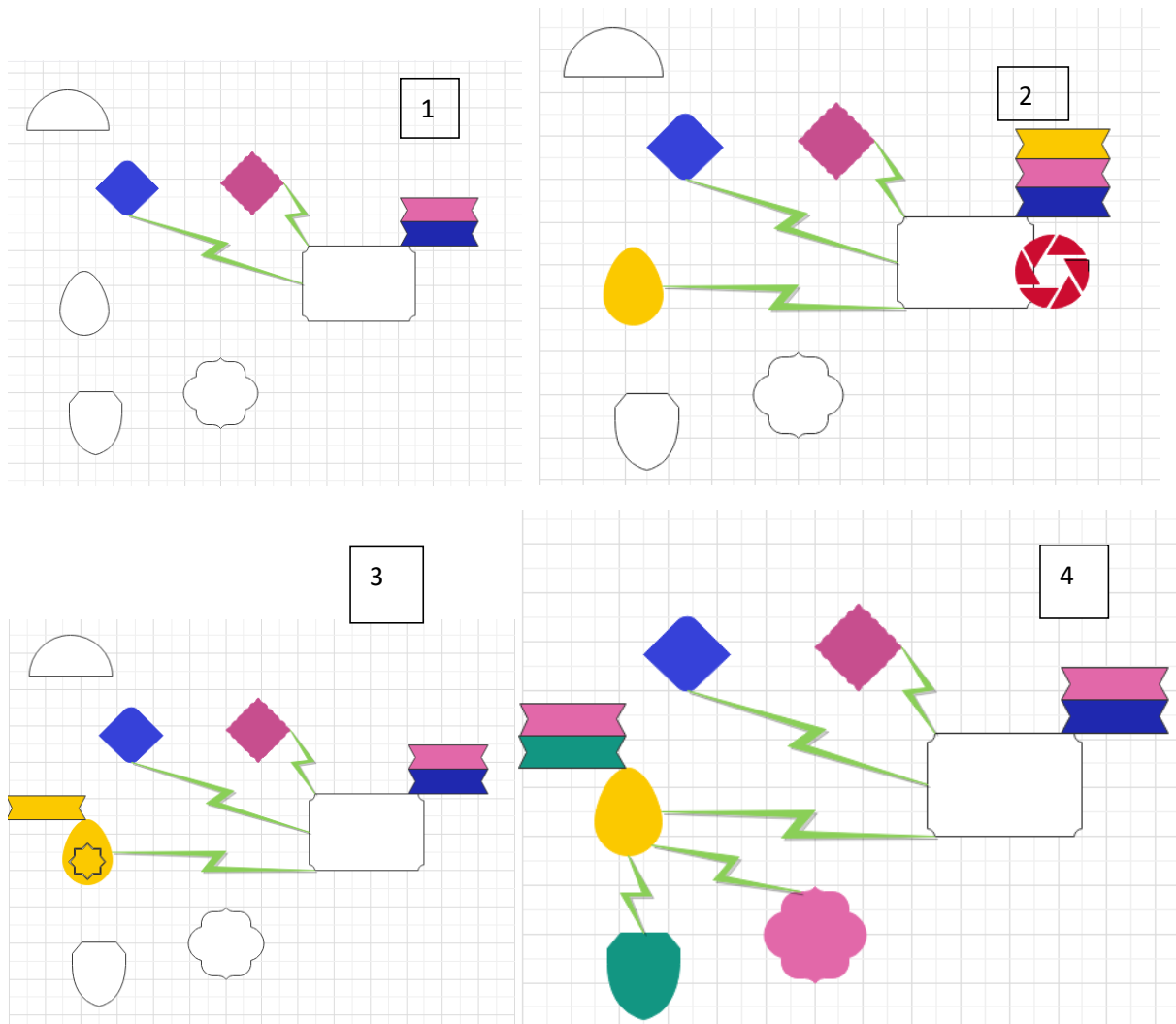
Fuente: propia

**Figura 143:** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

Fuente: propia

Por eso MQTT viene integrado con una función de sistema de colas donde los clientes hacen una fila y cuándo ese nodo se satura con las solicitudes el encargado de cola asigna a otro nodo como

encargado de procesamiento y se lleva parte de esa cola para así descomprimir ese canal de transmisión.



**Figura 144-(1):** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

Fuente: propia

**Figura 145-(2):** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

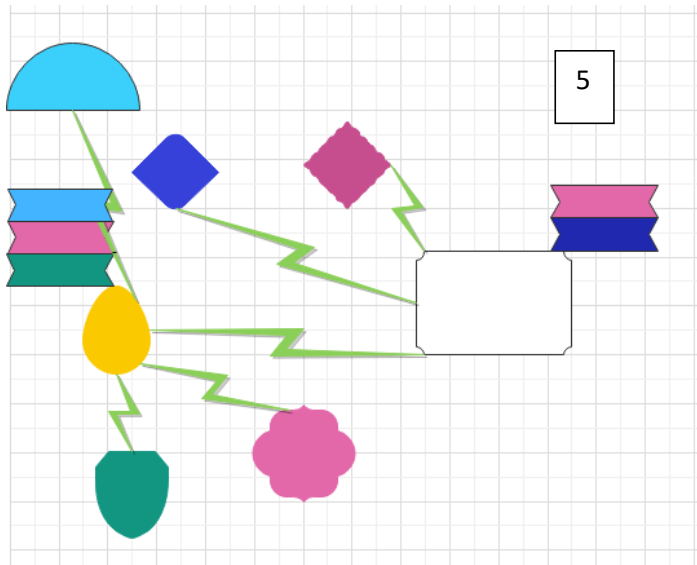
Fuente: propia

**Figura 146-(3):** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

Fuente: propia

**Figura 147-(4):** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

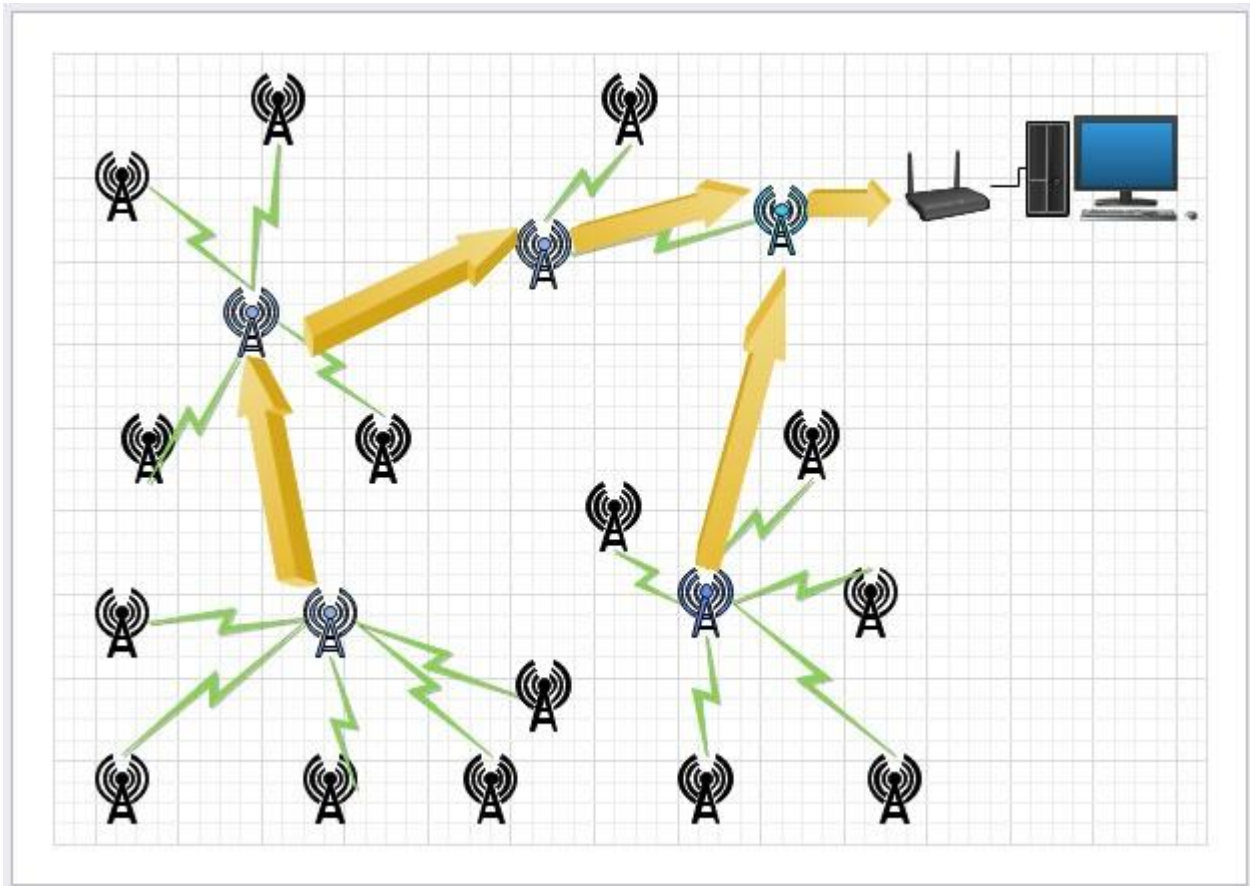
Fuente: propia



**Figura 148-(5):** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT

Fuente: propia

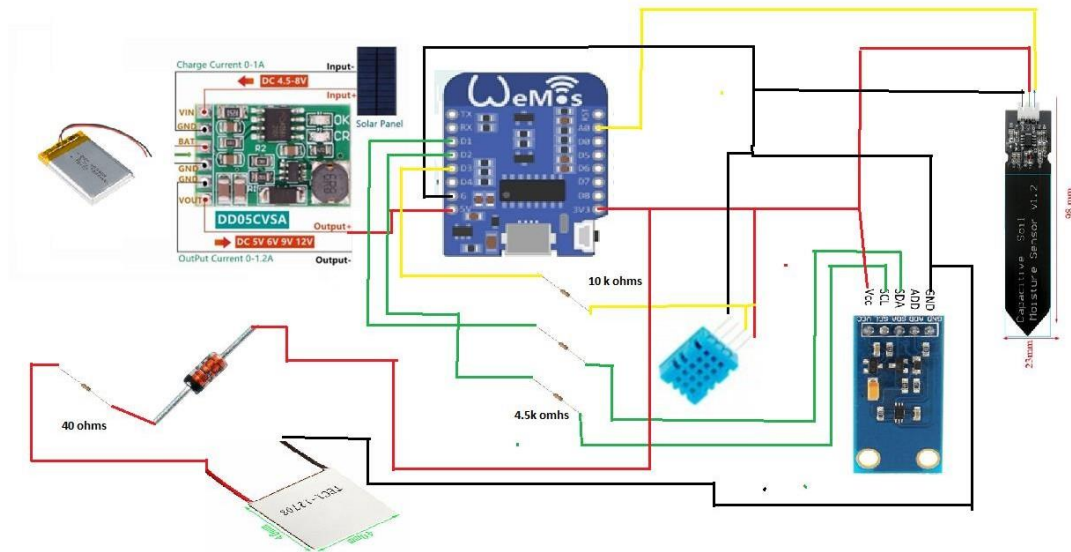
Con este camino señalado pasamos a la red mesh combinado con MQTT cada bróker se comunicará con otro bróker saltando la información de un nodo a otro hasta llegar a la computadora central, donde todos crean una emisión de wifi y uno se conectará al otro hasta llegar del punto más lejano hasta el final de la red.



**Figura 149:** representación unifilar del dispositivo con protocolo MQTT y red mesh

Fuente: propia

## Propuesta de conexión de elementos electrónicos



**Figura 150:** conexión eléctrica de Arduino, sensores, peltier, Zener y controlador de energía

Fuente: propia

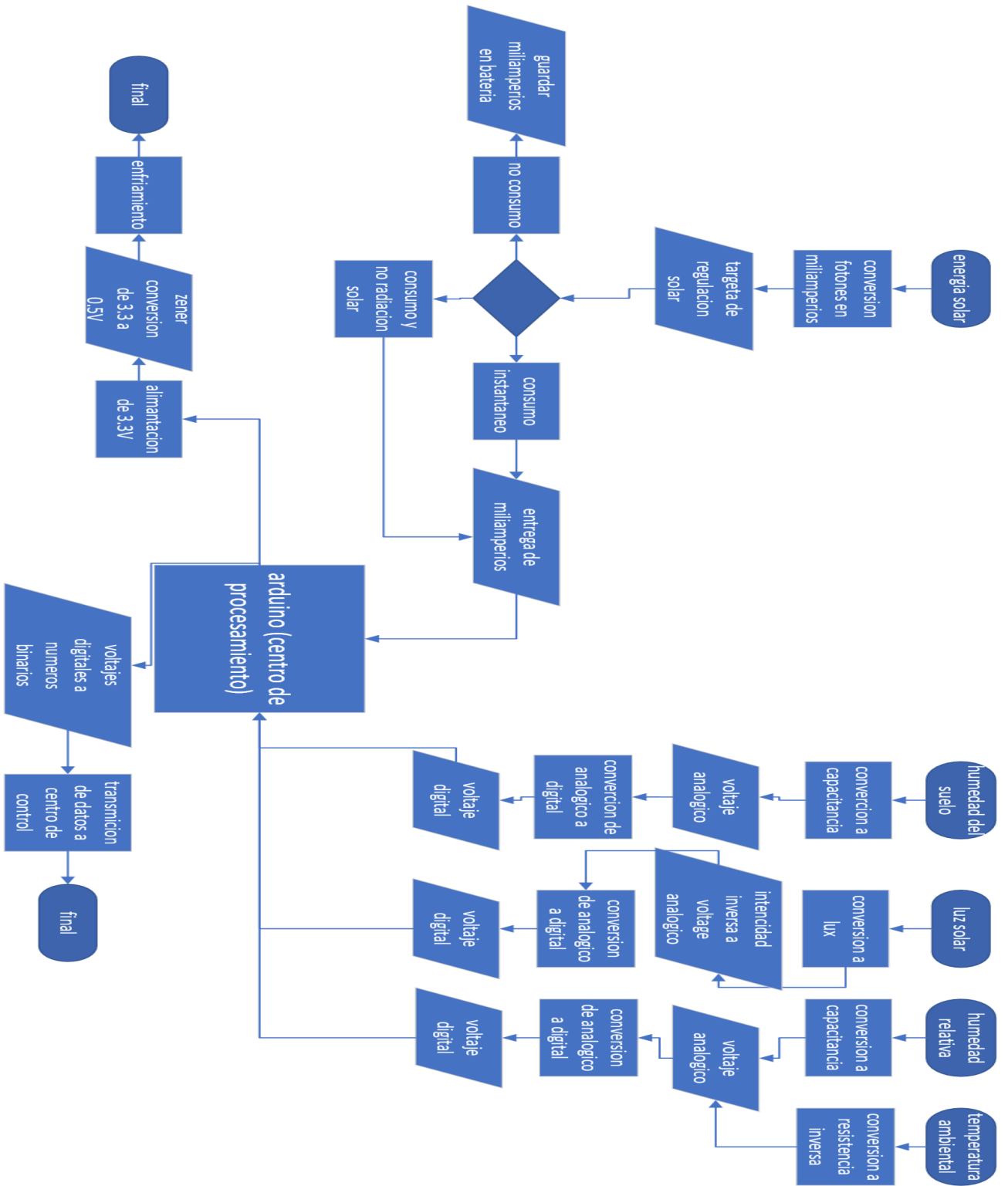
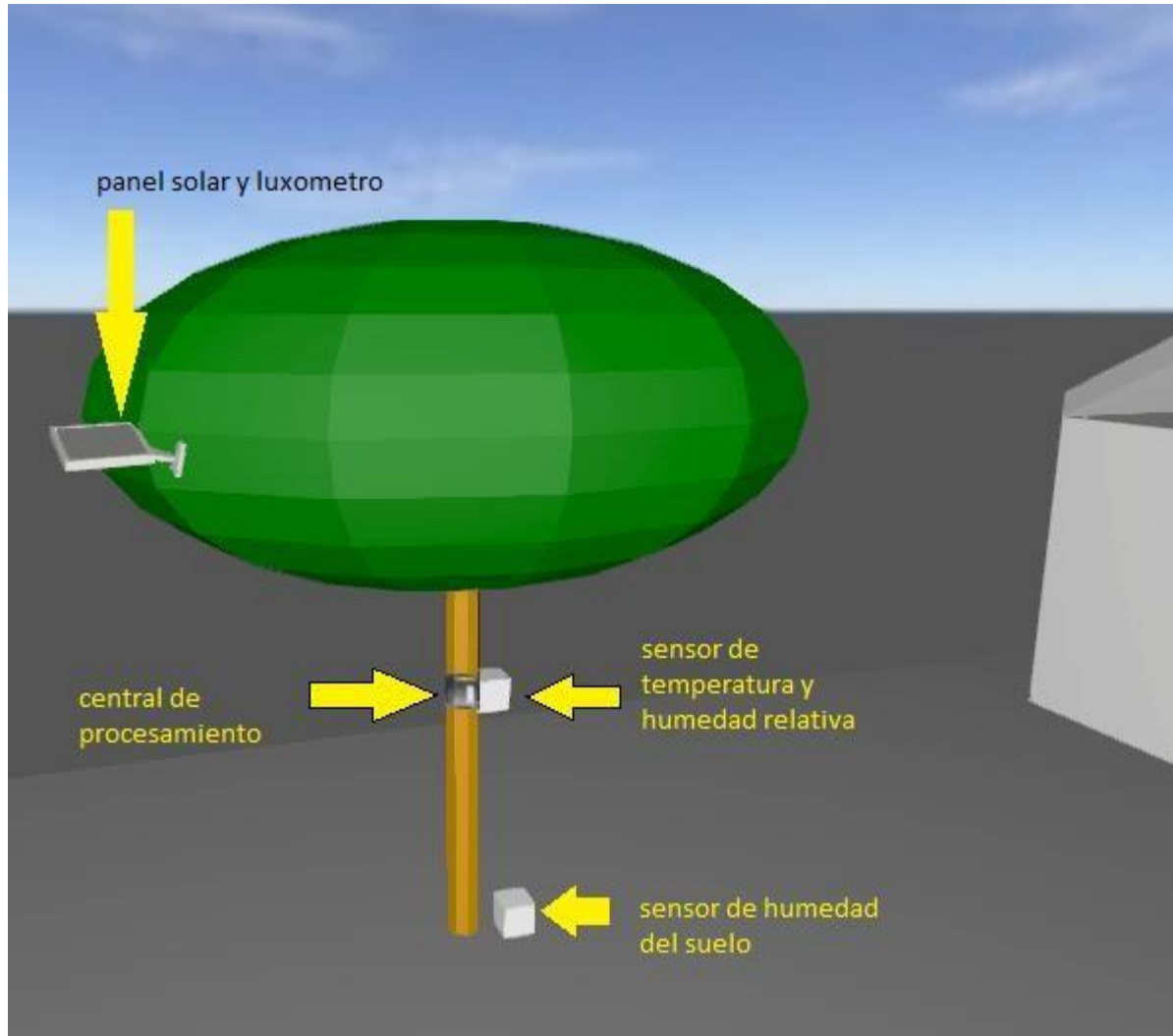


Figura 151: funcionamiento por diagramas de flujo del dispositivo

Fuente: propia

Disposición de los sensores en el árbol



**Figura 152:** posicionamiento de los elementos en los árboles

Fuente: propia

### Distribución de dispositivos en la finca



**Figura 153:** sensores en cada árbol

Fuente: propia

### Escogencia de los plásticos para la carcasa

Como se explica en el marco teórico se tiene varios plásticos presentes en la agricultura como el polimetacrilato de metilo que es rechazado ya que deja pasar los rayos ultravioletas que desgasta lamayoría de los polímetros presentes en los elementos con partes plásticas presentes.

Entonces se opta por usar el policarbonato ya que este material es rígido normalmente transparente, pero se le puede añadir tintes para oscurecerlo y tienen tratamiento contra rayos ultravioleta lo quehace que la vida útil del material se extienda especialmente ya que el dispositivo estará en un camporural en la intemperie.

Pero consultado con diferentes empresas que comercializan este material ya traen el policarbonato en láminas y la única forma de agregar más protección UV es comprando químicos para alargar esa protección cada año aumentando el mantenimiento de los dispositivos, creciendo el costo de estos, así como ya se usan láminas el maquinado del material para fabricar las carcasas es otro costo más, haciendo que la opción de usar policarbonato no sea viable.

¿Entonces que variable queda?, consultando a un fabricante de moldeo de polímero recomienda que en vez de diseñar una carcasa use los moldes que los fabricantes ya disponen ya que crear un molde desde 0 puede costar hasta un millón de colones y ese molde puede aguantar hasta 33 000 unidades, así que se opta por usar diseños ya creados; entonces el fabricante Carlos Fonseca Espinoza dueño de Plastic Waste industries ofrece cajas de plástico de poliestireno de alto impacto, aunque no ofrezca protección UV el fabricante recomienda una pintura de protección, pero en estavez la carcasa en sí es mucho más barata y fácil de manejar y larga durabilidad, dando una opción barata, resistente y ya creada.

## Determinación de precio del Dispositivo

determinación de precio del dispositivo												
elemento	fuente		valor	envío	unidades	cantidades					total	
arduino	wemo D1	Naylamp	₺3 500,00		1	200					₺700 000,00	
sensor humedad del suelo	Sen-hs-cap	Naylamp	₺1 200,00		1	200					₺240 000,00	
luxometro	BH1750	Llamas L	₺1 256,00		1	200					₺251 200,00	
sensor humedad temperatura	DHT11	Descubrearduino	₺1 215,00		1	200					₺243 000,00	
controlador solar	Solarplank	XHFA LIGHT	₺638,00		1	200					₺127 600,00	
panel solar		ALLOYSEED	₺878,00		1	200					₺175 600,00	
bateria	Shenzhen	Shenzhen	₺1 080,00	1539	1	200					₺523 800,00	
carcasa		Plastic Waste Industries	₺165,00		1	200					₺33 000,00	
zener	1N5225B	Telron	₺149,00		1	200					₺29 800,00	
zener		Amazon	₺2 700,00		100	2					₺540 000,00	
resistencia	200ohms		₺174,00		10	20					₺34 800,00	
resistencia	40ohms		₺174,00		10	20					₺34 800,00	
celda peltier		Alibaba	₺324,00		1	200					₺64 800,00	
total			₺13 453,00								₺2 998 400,00	
programacion		Eduardo Brenes	₺3 130,00						200		₺626 000,00	
total										626000		
mano de obra		CCinstrumentacion	₺28 545,00								₺5 709 000,00	
total			₺45 128,00								₺9 333 400,00	

**Tabla 20** determinación de precio

Fuente: propia

La determinación del precio del dispositivo consta de 4 rubros esencialmente, la parte electrónica, la carcasa, la programación, y la mano de hora especializada.

*En la parte electrónica:*

Que consta del Arduino, 3 sensores, controlador, panel solar, baterías, Zeners y resistencias lo cual, centrándonos en el valor unitario del dispositivo, este rubro es de 13453 colones sin contar el envío de las piezas, pero ese precio se puede negociar más tarde, ese precio comparado a otras opciones en el mercado son más baratas.

*La carcasa:*

Que me ofreció el fabricante de plastic waste industries es una caja de alimentos del cual él tiene el molde para crearla lo que abarata mucho el coste de fabricación, ya que el diseño de un molde solo para este proyecto puede costar 2 millones de colones y contando con la proforma que me facilito el fabricante los costos están repartidos para 200 unidades y cualquier variación en ese número puede cambiar sustancialmente el precio de este elemento al proyecto.

*La programación:*

Este rubro cómo se maneja en contabilidad de costos es un gasto fijo ya que al fabricar 2 o 200 este precio es fijo ya que es un servicio profesional ya que la hora de trabajo es 78250 colones e indica que con 7 horas programa el Arduino y los sensores y 1 hora más clonando el programa y pasándolo al número deseado de dispositivos así que para abaratar más este rubro lo más posible es instalarlo en el mayor número de dispositivos posibles, y para mantenimientos y demás se cobraría la hora o el tiempo que indique el programador.

*Mano de obra especializada:*

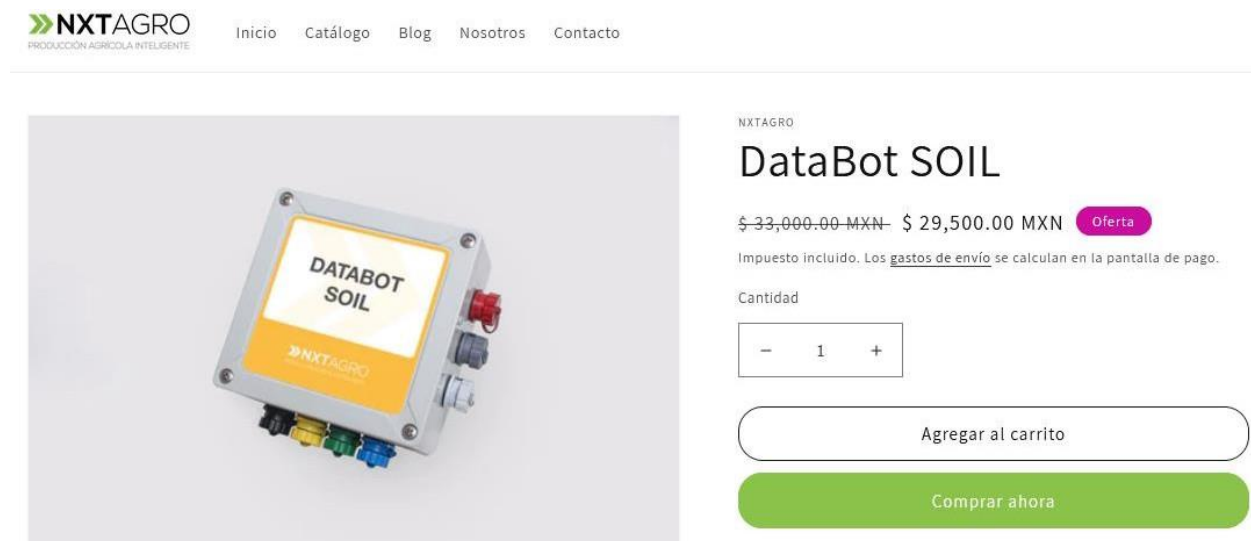
En esta parte se consulta el salario mensual de un técnico electrónico y se reparte por 45 horas suponiendo 1 hora para construir un dispositivo y 24 horas para ensamblar 200 unidades, este trabajo es importante ya que como se presenta en la Figura 149 las conexiones de cables el ensamblaje de las resistencias y los Zener para bajar el voltaje de alimentación, y poner a punto el dispositivo se requiere de mano de obra calificada por los conocimientos de electricidad y demás para realizarlos.

## Escogencia de batería

En el campo de la batería se opta por la de polímero de litio por el precio y ya que la ez8 fue sacada del mercado.

## Comparación con productos del mercado

Se presentan dos opciones



The screenshot shows the website interface for the DataBot SOIL sensor. At the top, there is a navigation menu with links for 'Inicio', 'Catálogo', 'Blog', 'Nosotros', and 'Contacto'. The main content area displays the product name 'DataBot SOIL' with a price of \$29,500.00 MXN, crossed out from a previous price of \$33,000.00 MXN. A pink 'Oferta' (Offer) badge is present. Below the price, it states 'Impuesto incluido. Los gastos de envío se calculan en la pantalla de pago.' There is a quantity selector set to 1, and two buttons: 'Agregar al carrito' (Add to cart) and 'Comprar ahora' (Buy now).

**Figura 154:** sensor de empresa NXTAGRO

Fuente: NXTAGRO



**Figura 155:** posicionado en campo

Fuente: NXTAGRO

La cual presenta estas características:

Databot Soil es un dispositivo para monitorear la conductividad eléctrica (EC) y la temperatura(T), la humedad del suelo (VWC) a dos profundidades diferentes para cultivos de alto valor. Este

dispositivo proporciona datos en tiempo real a los agricultores, lo que les permite tomar decisiones informadas sobre el riego, la fertilización y el control de plagas.

Con Databot Soil, puedes determinar fácilmente la capacidad de retención de agua del suelo, ajustar los niveles de riego y fertilización, y lograr la máxima eficiencia.

**Diseñado para:**

- Invernadero (Cultivos protegidos)
- Cielo abierto

**Características:**

- Monitorea la humedad del suelo a dos profundidades diferentes elegidas.
- Monitorea la conductividad eléctrica y la temperatura del suelo a una profundidad elegida.
- Proporciona datos en tiempo real a los agricultores a través de una aplicación o plataforma web.
- Determina la capacidad de campo de manera gráfica.
- Ayuda a ajustar el riego y la fertilización para lograr la máxima eficiencia.
- Adecuado para su uso en invernaderos y campos abiertos.
- Fácil de instalar y usar.

**\*\*Cada equipo cubre un área de 1-2ha**

**\*\*\*Todos los equipos tienen una mensualidad adicional de \$800MXN por el uso de la plataforma**

NXTAGRO (2023),



Figura 156: precio a colones

Fuente: Google

Como se muestra este es solo el precio del dispositivo sin servicio de datos comunicación y dos tipos de sensores

# Datos reales para que no se te escape nada, consigue el tuyo ahora

€295  
Tasa única

Descuento para distribuidores  
A partir de 50 unidades por pedido

**Figura 157:** sensor de farm 21

Fuente: Farm21

- Comunicación inalámbrica NB-IOT/LTE-M/2G, en más de 100 países
- • Humedad del suelo (3 profundidades), temperatura del suelo (2 profundidades), temperatura del aire, humedad del aire
- • Batería recargable USB-C (carga de 12 meses)
- • Actualizaciones por aire
- Modular, admite infinitos casos con futuros complementos (luz, tensión, panel solar, etc.)

Farm21, (2023)

**Figura 158:** precio a colones

Fuente: Farm21

Este solo el sensor con 2 parámetros a medir, sin comunicación y el servicio de procesamiento de datos.

## Capítulo V

### Conclusiones

Se desprende las conclusiones del trabajo en que al consultar con la investigadora del CATIE

- Se conocen las características principales del crecimiento y condiciones propicias para la proliferación de la enfermedad antes mencionada en análisis de datos los cuales esos parámetros acompañados del conocimiento de electricidad se evaluó cuál era el mejor sensor para obtener esos datos y dotar de dispositivo de una manera de generar una alerta temprana para el agricultor, amparado con una opinión de la investigadora Mariela Eugenia (presenteen anexos).
- Con el estudio de diferentes programas de comunicación abarcados en el marco teórico y sustentado por el trabajo de Martin Muñoz Alda (2020) se esquematiza el dispositivo para que pueda no solo recolectar la información pertinente sino estar dotado de la manera de comunicarse con sus congéneres para no necesitar una emisión de una onda de comunicación en general para el envío de la información, si no que entre ellos mismos funcionen como recolectores y transmisores de la información.
- Con las materias de mecánica, electricidad y electrónica se determina la mejor forma de escoger materiales, y tener el criterio de decisión para la selección del material y al verme en dificultades de poca maniobra de escogencia de forma de la carcasa y el material de estos, encontrar otros materiales que cumplan con las condiciones de trabajo a la que se verá expuesta el dispositivo.
- En cuanto al punto de los parámetros de una buena condición de la planta, con la ayuda del investigador Rolando Cerdas del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza se determinó dos de varios parámetros para obtener información periódica y así al analizar los datos se pueda determinar si las condiciones en que la planta ha estado sujeto a lo largo de su crecimiento han sido las correctas para obtener una buena cosecha.
- Sobre el análisis económico se puede concluir que tener un dispositivo a punto para instalarlo en la planta sería 16583 entre electrónica y programación y 14000 de una hora del técnico, donde la programación y el técnico al ser el precio más alto se puede negociar,

en total es 30583 colones por dispositivo y el investigador me comenta que un agricultor medio (se refiere que tiene una plantación considerable que le deja ganancias pero no se puede considerar un productor industrial del cacao ), puede invertir 2000 dólares que al cambio actual de 540 colones sería 1080000 que alcanzaría para unos 35 dispositivos y colocando un dispositivo por 3 árboles puede cubrir 105 árboles y sabiendo que una hectárea contra de más o menos de 111 árboles de cacao, con esa primera inversión aumenta la producción de esa hectárea y el año siguiente con ese "bono" puede censar otra hectárea y así aumentar paulatinamente la producción y las ganancias.

### Recomendaciones

Por ahora las recomendaciones a futuro serían concretar de forma física la implementación del dispositivo para comprobar la fortaleza de las conexiones inalámbricas en ambientes rurales, así si se ve necesario se puede reconvertir el dispositivo a un evaluador de parámetros ambientales para otras plantas lo cual sería consultando al especialista pertinente a cada cultivo que se quiera someter a estudio solo con la programación de los nuevos valores a recolectar.

Una versión más avanzada de este proyecto puede incluir actuadores que se activen cuando el dispositivo detecta algún faltante, en este caso de falta de humedad active los sistemas de riego y ya cuando es suficiente se cierre automáticamente, creando una plantación de auto regulación para así facilitar la labor del agricultor y maximizar la eficiencia de producción.

Mantener una constante actualización de las piezas ya que la tecnología avanza de forma vertiginosa especialmente en estos tiempos, principalmente en la tecnología de las baterías ya que es la pieza que se mantiene a más horas de trabajo y es la que mantiene vivo al proyecto, así como avanza también lo hará la vida útil de la misma haciendo que a la larga la vida útil del proyecto se alargue más, con las mismas características sería lo mismo para el panel solar.

## Bibliografía

Ing. E. Vidal Vega. (2023), EL CULTIVO DE CACAO, Universidad de Costa Rica

Juan Alejandro Abad Burí, Juan Pablo Fares Sigcha, (2018) diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan al cultivo de café, en la plantación ASOPROCCSI ubicado en santa Isabel, Universidad Politécnica Salesiana, ecuador

Alda Martin Muñoz, (2020) despliegue de una red de sensores basada en chips ESP-8266, Universidad Complutense de Madrid

Alejandro Amador Zamora (2022) agricultura de precisión y agro costarricense, Universidad de Costa Rica

Mariela Eugenia Leandro Muñoz, (2017) biología y epidemiología de *Moniliophthora roreri*, agente causal de pudrición de la vaina del cacao por *Moniliophthora*, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza

Bertines, R (2012) Historia de Arduino y su nacimiento BotScience – imagina, diseña, construye... <https://botscience.wordpress.com/2012/06/05/historia-de-arduino-y-su-nacimiento/>

Tokio (2021) Hedy Lamarr, inventora del wifi *Tokio*, wifi <https://www.tokioschool.com/noticias/hedy-lamarr-inventora/#:~:text=La%20inventora%20del%20wifi%20fue, evitar%20las%20escuchas%20del%20enemigo.>

Hogares con acceso a Internet por región del mundo en 2021. (s. f.). Statista. de <https://es.statista.com/estadisticas/598732/hogares-con-acceso-a-internet-en-el-mundo-por-region/>

Foundry in (2020) 802.11: explicación de las normas y velocidades de Wifi ComputerWorld volumen <https://www.computerworld.es/telecomunicaciones/80211-explicacion-de-las-normas-y-velocidades-de-wifi>

Foundry in (2023) ¿Qué es el Internet de las cosas (IOT)? *Red hat*, Qué es el Internet de las cosas (IOT)? [https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot#:~:text=El%20Internet%20de%20las%20cosas%20\(IoT\)%20es%20el%20proceso%20que, accesorios%20personales%20inteligentes%3B%20e%20incluso](https://www.redhat.com/es/topics/internet-of-things/what-is-iot#:~:text=El%20Internet%20de%20las%20cosas%20(IoT)%20es%20el%20proceso%20que, accesorios%20personales%20inteligentes%3B%20e%20incluso)

Del Valle Hernández L. (2017), Guía para configurar un ESP-01, el módulo WiFi basado en ESP8266, *programarfacil.com*, <https://programarfacil.com/podcast/como-configurar-esp01-wifi-esp8266/>

Naylamp, (2018), NODEMCU V2 ESP8266 WIFI, *Naylamp Mechatronics*, <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/153-nodemcu-v2-esp8266-wifi.html>

Naylamp, (2018), NODEMCU V2 ESP8266 WIFI, *Naylamp Mechatronics*, <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/291-wemos-d1-mini-esp8266-wifi.html>

Del Valle Hernández L, (2020) ESP8266 Deep Sleep, cuánto consumen NodeMCU y Wemos D1 Mini, *programarfacil.com*, <https://programarfacil.com/esp8266/esp8266-deep-sleep-nodemcu-wemos-d1-mini/>

@jecrespom, (2022), Protocolo MQTT, *aprendiendoarduino*, ARCHIVO DE LA CATEGORÍA: MQTT, <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/category/mqtt/>

Cloudflare, (2019), ¿Qué es TLS (Transport Layer Security) ?, cloudflare glosario SSL <https://www.cloudflare.com/es-es/learning/ssl/transport-layer-security-tls/>

Desconocido, (2022), Convertidor analógico a digital ADS1115 y ESP8266, *esp8266 learnig*, *ETIQUETAS-ADS1115-ESP8266*, [https://www-esp8266learning-com.translate.goog/ads1115-analog-to-digital-converter-and-esp8266.php?\\_x\\_tr\\_sch=http&\\_x\\_tr\\_sl=en&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://www-esp8266learning-com.translate.goog/ads1115-analog-to-digital-converter-and-esp8266.php?_x_tr_sch=http&_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc)

Bassi A, (2021), ¿Qué es CoAP?, *gotoio*, [https://www.gotoiot.com/pages/articles/coap\\_intro/index.html](https://www.gotoiot.com/pages/articles/coap_intro/index.html)

@jecrespom, (2016), IEEE 802.15.4, Aprendiendo Arduino, ARCHIVO DE LA ETIQUETA: IEEE 802.15.4, <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/tag/ieee-802-15-4>

Net-wifi, (2020), DynaDish 5 RBDynaDishG-5HacD MikroTik, net-wifi networks and infrastructures, <https://www.net-wifi.it/es/lan-inalambrico/616-dynadish-5-rbdynadishg-5hacd-mikrotik.html>

Tecnopeda, (2021), Instalar y Configurar una Antena Wifi Exterior de Largo Alcance, *tecnopeda.com* <https://www.tecnopeda.com/configurar-una-antena-wifi-exterior/>

Bottini C, (2023), ¿Qué es una red mesh o de malla?, *REDUSERS*, <https://www.redusers.com/noticias/publicaciones/wifi-mesh-caracteristicas-configuracion-consejos/>

Calazans A, (2021), Red Mesh con Módulos ESP-8266, ESP-32 y ESP-01, *BLOGELECTROGATE*, [https://blog-eletrogate-com.translate.goog/criando-uma-rede-mesh-com-os-modulos-esp-8266-esp-32-esp-01/?\\_x\\_tr\\_sl=pt&\\_x\\_tr\\_tl=es&\\_x\\_tr\\_hl=es&\\_x\\_tr\\_pto=sc](https://blog-eletrogate-com.translate.goog/criando-uma-rede-mesh-com-os-modulos-esp-8266-esp-32-esp-01/?_x_tr_sl=pt&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sc)

Solarplank, (2023), Qué es y cómo funciona un regulador de carga, *SOLARPLANK*, <https://solarplak.es/energia/que-es-y-como-funciona-un-regulador-de-carga/#:~:text=¿Cómo%20funciona%20un%20regulador%20de,evita%20que%20ésta%20se%20sobrecargue.>

Según ALICE vendedora Shenzhen Resky Electronics Co. Ltd. "hoja de especificaciones de la batería de polímero de litio" (comunicación personal del 20 de setiembre hasta 17 de octubre de 2023)

Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022), sensores de humedad del suelo, *interreg*,

<https://learningdata.hubiberiaagrotech.eu/sensores-de-humedad-del-suelo/>

Cegasa, (2023), Pilas industriales para bajo consumo y muy larga duración, cegasa, <https://www.cegasa.com/ez8>

Cenicaña, (2018), ABC de los sensores de humedad en las labores de riego, *cenicaña*, <https://www.cenicana.org/abc-de-los-sensores-de-humedad-en-las-labores-de-riego/#:~:text=Los%20sensores%20de%20humedad%20miden,determinar%20la%20eficiencia%20del%20riego.>

Naylamp, (2023), SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO CAPACITIVO V1.2, *naylamp mecatronics*, <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/538-sensor-de-humedad-de-suelo-capacitivo-v1.html#:~:text=El%20funcionamiento%20del%20sensor%20se,la%20capacitancia%20será%20muy%20alta.>

Naylamp, (2016), SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC-28, *naylampmechatronic*, <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/47-sensor-de-humedad-de-suelo-fc-28.html>

Hub Iberia Agrotech HIBA, (2022), sensores de humedad del suelo, *interreg*, <https://learningdata.hubiberiaagrotech.eu/sensores-de-humedad-del-suelo/>

Chen López j, (2023), Sensores de contenido volumétrico de agua, promix, <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/sensores-de-contenido-volumetrico-de-agua/>

Paguayo, (2019), Conversor Análogo-Digital, MCIcapacitacion, <https://cursos.mcielectronics.cl/2019/06/18/conversor-analogo-digital/#:~:text=El%20conversor%20tomará%20el%20voltaje,debemos%20hacer%20un%20pequeño%20cálculo.>

Llamas L, (2016), Medir cantidad de luxes con Arduino y el luxómetro BH1750, Luis llamas ingeniería, informática y diseño, <https://www.luisllamas.es/medir-cantidad-de-luxes-con-arduino-y-el-luxometro-bh1750/>

Electronilab, (2014), BH1750FVI – Sensor de intensidad de luz Luxómetro GY-30, *electronilab.co*, <https://electronilab.co/tienda/bh1750fvi-sensor-de-intensidad-de-luz-luxometro/>

Endesa, (2020), ¿Cómo funcionan los paneles solares?, *endesa*, <https://www.endesa.com/es/blog/blog-de-endesa/luz/como-funcionan-los-paneles-solares>

Agroinfo.com, (2017), los plásticos en la agricultura. Materiales de cubierta para invernaderos. (3ª parte), *agroinfo.com*, [https://www.infoagro.com/industria\\_auxiliar/plasticos3.html](https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/plasticos3.html)

Chemieuro, (2018), Poliestireno de alto impacto. HIPS, *Chemieuro*, Chemieuro | Venta, trading y distribución de Polímeros > Catálogo de polímeros > Estirénicos > Poliestireno de alto impacto.

HIPS, <https://www.chemieuro.com/es/catalogo-de-polimeros/estirenicos/poliestireno-de-alto-impacto-hips/>

ALLOYSEED, (2018), Panel de carga Solar USB, 5W, 2V, portátil, para acampar al aire libre, sistema Solar para cargadores de batería de teléfono móvil, *Aliexpress*, [aliexpress.com/ítem/1005004330282761](https://es.aliexpress.com/item/1005004330282761),

[https://es.aliexpress.com/item/1005006133931284.html?spm=a2g0o.productlist.main.7.26e76b3bPEaNUI&algo\\_pvid=387b92a4-d5a6-493e-853a-aae1c52a251c&algo\\_exp\\_id=387b92a4-d5a6-493e-853a-aae1c52a251c-3&pdp\\_npi=4%40dis%21CRC%211867.95%21878.41%21%21%213.53%21%21%402101fb1016981989777198993ed52b%2112000035912007415%21sea%21CR%210%21AB&curPageLogUid=JhWIoBUUDu79](https://es.aliexpress.com/item/1005006133931284.html?spm=a2g0o.productlist.main.7.26e76b3bPEaNUI&algo_pvid=387b92a4-d5a6-493e-853a-aae1c52a251c&algo_exp_id=387b92a4-d5a6-493e-853a-aae1c52a251c-3&pdp_npi=4%40dis%21CRC%211867.95%21878.41%21%21%213.53%21%21%402101fb1016981989777198993ed52b%2112000035912007415%21sea%21CR%210%21AB&curPageLogUid=JhWIoBUUDu79)

Asociación española de normalización y certificación, (2004), Plásticos Materiales de poliestireno resistente al impacto (PS-I) para moldeo y extrusión, *AENOR*, pag 6, <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma?c=N0031793>

Naylamp Mechatronics, (2015), SENSOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DHT11, *Naylamp Mechatronics*, <https://naylampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad/57-sensor-de-temperatura-y-humedad-relativa-dht11.html>

Desconocido, (2018), ARDUINO con alimentación SOLAR estación meteorológica, *Askix*, <https://www.askix.com/arduino-con-alimentacion-solar-estacion-meteorologica.html>

Paguayo, (2019), Conversor Análogo-Digital, *MCI capacitación*, <https://cursos.mcielectronics.cl/2019/06/18/conversor-analogo-digital/#:~:text=El%20conversor%20tomará%20el%20voltaje,debemos%20hacer%20un%20pequeño%20cálculo.>

ReFeel Costa Rica S.A. (2016). *ReFeel Costa Rica S.A.* Recuperado de [www.refeel.eu](http://www.refeel.eu)

Descubrearduino, (2023), DHT11, Cómo configurar este sensor de humedad en un Arduino, *descubrearduino.com*, Cómo configurar este sensor de humedad en un Arduino, <https://descubrearduino.com/dht11/>

arduinove.com, (2023), Celda Peltier SP1848 27145 SA para Generación, *ArduiniVe*, [https://www.arduinove.com/index.php?route=product/product&product\\_id=567](https://www.arduinove.com/index.php?route=product/product&product_id=567)

Julián castro y Ezequiel manzotti, (2017), caracterización de una placa peltier, *university of buenos aires*, <http://materias.df.uba.ar/l4aa2017c2/files/2017/10/G2-Peltier.pdf>

Innovation Cooling, (2018), Innovación enfriamiento de Graphite Thermal Pad - Reemplazo permanente para el Paso Térmico/Grease (30 X 30 mm), *Amazon*, [https://www.amazon.com/-/es/Innovation-Cooling-Almohadilla-repuesto-permanente/dp/B07CKVW18G/ref=sr\\_1\\_5?\\_mk\\_es\\_US=ÁMÁŽŔŔ&crd=1PRI1ESCSP81T&keywords=pasta%2Btermica%2Balmohadilla%2Belectronica%2Benfriamiento&qid=1694732841](https://www.amazon.com/-/es/Innovation-Cooling-Almohadilla-repuesto-permanente/dp/B07CKVW18G/ref=sr_1_5?_mk_es_US=ÁMÁŽŔŔ&crd=1PRI1ESCSP81T&keywords=pasta%2Btermica%2Balmohadilla%2Belectronica%2Benfriamiento&qid=1694732841)

&sprefix=pasta%2Btermica%2Balmuadilla%2Belectronica%2Benfriamiento%2Caps%2C760&sr=8-5&th=1

Polimertecnic, (2019), ficha técnica poliestireno de alto impacto, *polimertecnic*,

[https://www.polimertecnic.com/wp-content/uploads/2019/06/FTec-\\_Poliestireno\\_HIPS\\_ES\\_-190604.pdf](https://www.polimertecnic.com/wp-content/uploads/2019/06/FTec-_Poliestireno_HIPS_ES_-190604.pdf)

XHFA LIGHT,(2023),Cargador de energía Solar para móvil, placa de descargador de 3,7 V, 4,2 V, 5V, 6V, 9V, 12V, convertidor de CC, modulo de refuerzo, batería de litio DD05CVSA,*aliexpress*,

[es.aliexpress.com/item/1005005591877546,](https://es.aliexpress.com/item/1005005591877546.html?spm=a2g0o.detail.0.0.31a7mrlKmrKA)  
<https://es.aliexpress.com/item/1005005591877546.html?spm=a2g0o.detail.0.0.31a7mrlKmrKA>  
 Y&gps-  
 id=pcDetailTopMoreOtherSeller&scm=1007.40050.354490.0&scm\_id=1007.40050.354490.0&scm-url=1007.40050.354490.0&pvid=7393fd88-0bbe-4c9a-8994-43ff941dd8b7&\_t=gps-  
 id:pcDetailTopMoreOtherSeller,scm-url:1007.40050.354490.0,pvid:7393fd88-0bbe-4c9a-8994-43ff941dd8b7,tpp\_buckets:668%232846%238108%231977&pdp\_npi=4%40dis%21CRC%21661.27%21654.55%21%21%218.86%21%21%402103011516938737520153535e7f93%2112000033671490847%21rec%21CR%21%21A#nav-moretolove

Uelectronics, (2020), Sensor de Humedad Suelo Capacitivo Anticorrosivo, *uelectronics.com*,

<https://uelectronics.com/producto/sensor-de-humedad-suelo-capacitivo-anticorrosivo/>

Hetpro-store, (2018), Diodo Zener, *hetpro-store*,<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/diodo-Zener/>

Administrador, (2023), Regulador de voltaje con diodo Zener, *electrónica unicrom*, <https://unicrom.com/regulador-de-voltaje-con-diodo-zener/>

Cengel, Yunus A.; Ghajar, Afshin J (2011). Transferencia de calor y masa (IV ed.). México: McGrall Hill.

Oscar F. López Albino, (2022), Calibración de Sensor de Humedad Tipo Capacitivo, Método Gravimétrico, *universidad santo tomas*,

<https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/42922/Anexo.pdf?sequence=5>

NXTAGRO (2023), Tenemos lo que necesitas para optimizar tus cultivos, *Nxtagro*, <https://nxtagro-mx.myshopify.com/products/agrobot-soil>

Farm21, (2023), Una agricultura más inteligente con sensores asequibles que puedes instalar a escala. *Farm21*, <https://www.farm21.com/es/precios/>

# Apéndice



Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd

---

**Customer:**

**Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd**

**MODEL NO.: RESKY-LP103450**

**Specification No. RESKY-LP103450-20231006**

Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd (RESKY)

Address: Floor 3, No 2, Hengxiang Building, Baihua Community, Guangming  
New District, Shenzhen City

Website: [www.szresky.com](http://www.szresky.com)

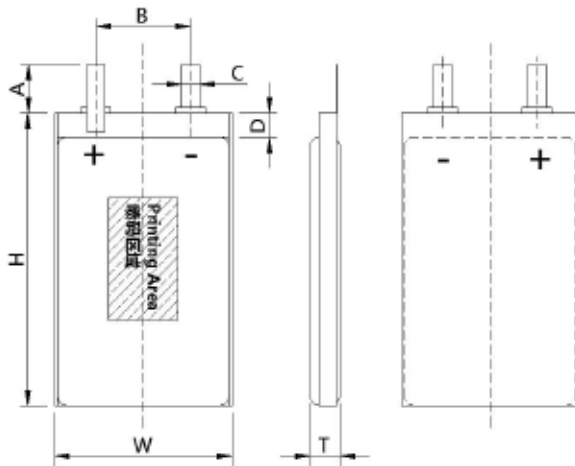
Email: [alice@szresky.com](mailto:alice@szresky.com)

Mob:0086 13530058480

### 1. Scope:

This specification just suitable for the lithium polymer battery from RESKY. All the test methods will be accordance with the specification stated.

### 2. Drawing of cells:



Item	Description	Dimension (mm)
A	Cell Tab Length	$7 \pm 2$ mm
B	Cell Tab Pitch	$17 \pm 1.5$ mm
C	Cell Tab Width	$3 \pm 0.2$ mm
D	Cell Top sealent Length	$4 \pm 0.3$ mm
T	Initial Thickness	10mm
T1	After 300 cycle life	10.5mm
W	Cell Width max.	34.5mm
T	Cell Height max.	50.5 mm

### 3. Specification

No.	Item	Specification	Note
1	Rated Capacity	1800mAh	0.2C discharge
2	Nominal Capacity	1850mAh	0.2C discharge
3	Min. Capacity	1800mAh	0.2C discharge
4	Cell Weight	≈ 32g	
5	Cell Initial Impedance	≤50mΩ	3.7V AC 1KHz measured
6	Normal Voltage	3.7 V	
7	Initial Voltage	≥3.8V	
8	Limited Charge Voltage	4.2 V	Voltage of CC charge to CV charge
9	Standard Charging Method	0.2C CC current charge to 4.2V, then CV charge till current declines to 0.01C	
10	Cut-off Voltage	2.75 V (PCB cut-off voltage-3.0V)	Load Voltage when discharge ended
11	Standard Charging Current	360mA (0.2C)	CC charge to 4.2 V, then CV charge till current declines to less than 0.01C
12	Standard Charging Time	6~7 hours	
13	Rapid Charging Current	900mA	
14	Rapid Charging Time	About 3 hours	
15	Standard Discharging Current	360mA (0.2C)	CC discharge to 2.75 V
16	Max. Discharging Current	900mA(0.5C)	
17	Operating Temperature Range	Charging: 10 ~ 45℃ Discharging: -20 ~ 60℃	
18	Operating humidity Range	≤ 90%RH	

#### 4. Electrical Characteristics of the Cell

##### 4.1 Normal Test Conditions

Temperature	Relative Humidity	Atmospheric Pressure
15 ~ 35 °C	45 ~ 85 % RH	86 ~ 106 KPa

##### 4.2 Electrochemical Characteristics

No.	Item	Criterion	Test Method
1	0.2C discharging capacity	Discharging capacity is not less than normal capacity	After Standard Charging, rest 5 minutes, then 0.2C discharge to cut-off voltage

3/9



Shenzhen Resky Electronics Co., Ltd

2	1.0C discharging capacity	Discharging capacity is not less than 90% of normal capacity	After Standard Charging, rest 5 minutes, then 1.0C discharge to cut-off voltage
3	Cycle life	The cycle times is not less than 300	Charge: 0.2C CC-CV charge to 4.2 V, then current declines to 0.02C Discharge: 0.2C CC discharge to 2.75 V When the discharge capacity reduced to 80% of rated capacity, stop testing, and record the cycle times.
4	Self-discharge	Discharging capacity is not less than 85% of initial capacity	After Standard Charging, rest the cell for 28 days in the condition of 20±5°C, then 0.2C discharge to cut-off voltage, and record the capacity.

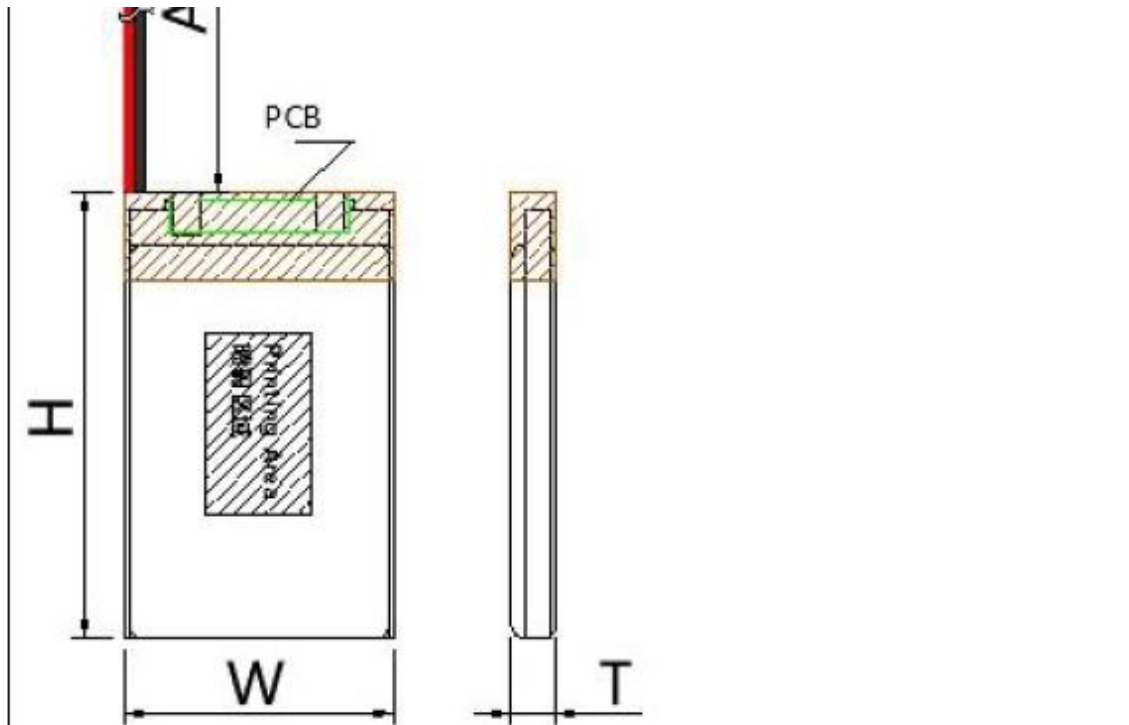
## 4.3 Environment Characteristics

No.	Item	Criterion	Test Method
1	Constant temperature and constant humidity test	No explosion, no fire, no leakage, Discharging capacity is not less than 60% of initial capacity	After Standard Charging, rest the cell for 48 hours in the conditions of $40\pm 5^{\circ}\text{C}$ and 90~95%RH, then 1.0C discharge to cut-off voltage, and record the capacity.
2	Vibration test	No explosion, no fire, no leakage.	After Standard Charging, fixed the cell to vibration table, then subjected to vibration test for 30 minutes per axis of XYZ axes. Frequency rate: 1oct/min Vibration frequency: 10Hz~30Hz Excursion(single amplitude): 0.38mm Vibration frequency: 30Hz~55Hz Excursion(single amplitude): 0.19mm
3	Shock test	No explosion, no fire, no leakage.	After Standard Charging, test condition: Acceleration: $100\text{m/s}^2$ Pulse lasting time: $<16\text{ms}$ Shock times: $1000\pm 10$ times

## 4.4 Safety Characteristics

No.	Item	Criterion	Test Method
1	Overcharge test	No explosion, no fire	Discharge: 1.0C to 2.75V Charge: 1.0C last for 2.5H
2	Short-circuit test	No explosion, no fire	After Standard Charging, Short circuit the positive and negative tabs with the copper wire, and the resistance of it is not more than $80\text{m}\Omega$ , When the temperature falls $10^{\circ}\text{C}$ lower than the peak, Stop testing.
3	Thermal test	No explosion, no fire	After Standard Charging, put cell into an hot box, test condition: Temperature Rate: $5\pm 2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ Ending temperature: $130\pm 2^{\circ}\text{C}$ Keep temperature for 30 minutes, Then stop testing

Note: Above testing of sage characteristics must be with protective equipment.



Item	Description		Dimension
T	Battery pack Thickness max	Initial	10mm
		After 300 cycle life	10.5mm
W	Battery pack Width max.		34mm
H	Battery pack Height max.		52.5mm
A	Wire Length		100± 3 mm
Pack Impedance			≤ 130mΩ



Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd

**6.Pack List**

No.	Item	Quantity	Material	Specification
1	Li-ion polymer cell	1	RESKY103450	1800mAh
2	PCB	1	Fiber glass polymer compound circuit board	Pass RoHS
3	wire	2	Polythene and copper	UL1007 24AWG

**7.PCB Specification**

## 7.1 Electrical Characteristics


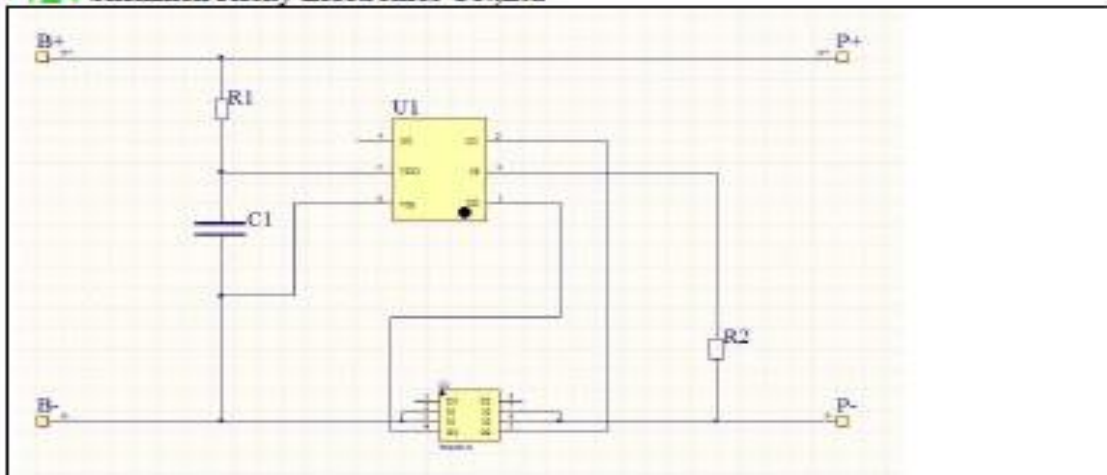
No.	Item	Min	Typ	Max	Unit
1	Over-charge Protection Voltage	4.230	4.280	4.330	V
2	Over-charge Release Voltage	4.030	4.080	4.130	V
3	Over-charge Protection Delay Time		1200	200	ms
4	Over-discharge Protection Voltage	2.300	2.400	2.500	V
5	Over-discharge Release Voltage	2.900	3.000	3.100	V
6	Over-discharge Protection Delay Time		80	120	ms
7	Over-current Protection for Discharge	2.5	3.3	4.5	A
8	Internal Resistance	/	/	65	mΩ
9	Operation Static Current	1.0	/	7.0	μA
10	Current consumption (Power down)	/	/	1	μA
11	Short Circuit Protection	Available			
12	Short Circuit Protection Delay Time	/	/	600	μs

## 7.2 Pin Explanation

Symbol	Explanation	Symbol	Explanation
p+	Battery output/charging positive pole	B+	Cell positive pole
p-	Battery output/charging negative pole	B-	Cell negative pole

## 7.3 Circuit Diagram

6/9

 Shenzhen Resky Electronics Co., Ltd


## 7.4 PCB Parts List

No.	Location	Part Name	Specification	Pack Type	Quantity	Maker/Remark
1	U1	Battery protection IC	DPDW01	SOT23-6	1	DP
2	Q1	Silicon MOSFET	DP8203	TSSOP-8	1	DP
3	R1	Resistor	100Ω±5%	0603	1	
4	R2	Resistor	1KΩ±5%	0603	1	
5	C1	Capacitor	0.1μF	0603	1	
6	PCB	Print circuit board	/	/	1	/

### 8.Storage and Shipment Requirement

	Storage environment	Requirement
<b>Item</b>	Short period less than 1 month	-20°C ~ +45°C, 90% RH Max.
	Long period more than 3 months	-10°C ~ +45°C, 90% RH Max.
	Recommend storage	15°C ~ 35°C, 85% RH Max.
<p style="text-align: center;">Long time storage:</p> <p>If the cell is stored for a long time, the cell's storage voltage should be 3.6~3.9V and the cell is to be stored in a condition as No.4.1. Also, it is recommended to charge the cell every six months.</p>		

### 9. Warning & Cautions

#### 9.1 Warning

Danger warning(it should be described in manual or instruction for users, indicated especially) to prevent the possibility of the battery from leaking, heating, explosion. Please observe the following precautions:

- ◆ Don't immerse the battery in water and seawater. Please put it in cool and dry environment if no using
- ◆ Do not discard or leave the battery near a heat source as fire



Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd

- or heater
- ♦ Being charged, using the battery charger specifically for that purpose
- ♦ Don't reverse the positive and negative terminals
- ♦ Don't connect the battery to an electrical outlet directly
- ♦ Don't connect the positive and negative terminal directly with metal objects such as wire. Short terminals of battery is strictly prohibited, it may damage battery
- ♦ Do not transport and store the battery together with metal objects such as necklaces, hairpins
- ♦ Do not strike, throw or trample the battery
- ♦ Do not directly solder the battery and pierce the battery with a nail or other sharp object
- ♦ Do not use it with other different battery, or other different lithium polymer battery model in mixture
- ♦ Prohibition of use of damaged cells
- ♦ Don't bend or fold sealing edge. Don't open or deform folding edge. Don't fillet the end of the folding edge
- ♦ Don't fall, hit, bend batterybody
- ♦ Battery pack designing and packing Prohibition injury

- ♦ Battery pack designing and packing Prohibition injury batteries
- ♦ Never disassemble the cells
- ♦ The battery replacement shall be done only by either cells supplier or device supplier and never be done by the user
- ♦ Keep the battery away from babies
- ♦ Any components contacting these two edges, they must be insulated

#### .2Cautions

- ♦ Do not use or leave the battery at very high temperature conditions(for example, strong direct sunlight or a vehicle in extremely hot conditions). Otherwise, it can overheat or fire or its performance will be degenerated and its service life will be decreased
- ♦ Do not use it in a location where is electrostatic and magentic greatly, otherwise, the safety devices may be damaged, causing hidden trouble of safety
- ♦ If the battery leaks, and the electrolyte get into the eyes. Do not wipe eyes, instead, rinse the eyes with clean water, and immediately seek medical attention. Otherwise, eyes injury can result.
- ♦ If the battery gives off an odor, generates heat, becomes discolored or deformed, or in any way appear abnormal during use, recharging or storage, immediately remove it from the



Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd

device or battery charger and stop using it

- ♦ In case the battery terminals are dirt, clean the terminals with a dry cloth before use. Otherwise power failure or charge failure may occur due to the poor connection with the instrument
- ♦ Be aware discharged batteries may cause fire, tape the terminals to insulate them

## Pro-forma Invoice

Date: 7th,Oct,2023

Invoice No.:RESKY2023100701CL

To:

Address: Costa Rica

Tel.: 00506 86761314

Attn: Mr David

E-mail: david3.1@hotmail.es

From: Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd

Address: Floor 3, No 2, Hengxiang Building, Baihua Community, Guangming New District, Shenzhen City, Guangdong province, China.

Tele: 86-755-66808783

Attn: Miss. Alice Chen

E-mail: [alice@szresky.com](mailto:alice@szresky.com)

We are pleased to offer you the goods on the terms and condition as follows:

.ITEM	Description	Q'TY (pcs)	UNIT PRICE (USD)	AMOUNT (USD)
103450 3.7v 1800mAh Lithium battery cell	1. Capacity:1800mAh 2. Charging current:360mA 3. Discharging current(con):900mA 4. Max discharging current:1800mA 5. Wire:150mm 6. PCM model: Normal PCM 7. Max dimension: 10.5*35*53mm	200	2.00	400.00
<b>Shipping cost</b>	<b>From China to Costa Rica by DHL express</b>			<b>570.00</b>
<b>Bank charge</b>	<b>Charged by bank</b>			<b>25.00</b>
<b>Total amount</b>	<b>Nine hundred ninety five USD ONLY</b>			<b>995.00</b>

## Notes:

1. Shipment: the goods will be sent in 10-15 workdays after receipt of 100% payment
  2. Payment: By T/T.
  3. Inspection: Maker's to be final.
  4. Packing: Export Standard Packing.
  5. Destination: Costa Rica
- 

6. Origin: China

7. RESKY's bank information:

Payment by T/T:

Beneficiary: Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd.

Beneficiary Address: **Unit 04, 7/F, Bright Way Tower, NO. 33 Mong KO K Road, Kowloon, HK.**

Beneficiary Account Number: **8176-2020-6838**

Beneficiary Bank Name: **HSBC Hong Kong**

SWIFT Address: **HSBCHKHHHKH**

Beneficiary Bank Code: 004 (Optional)

Beneficiary Bank Address: 1 Queen's Road, Central, Hong Kong

Beneficiary Bank Tel.: 852-27488288

Remarks: The account can receive money, including USD, GBP, CAD, AUD, JPY, NZD, EUR, SGD, CHF, THB.

For and on behalf of

Authorized Signature  
Mr David

Shenzhen Resky Electronics Co.,Ltd.

Authorized Signature:  
Alice Chen

Plastic Waste Industries (PWI)  
Tel: 7014-5641  
Whatsapp: 7014-5641



21 de Agosto del 2023

### Cotización por venta de productos

Saludos señor David Jimenes Sequeira:

Según lo conversado vía telefónica sobre propuesta de proporcionarle envases para su proyecto de investigación agroindustrial ofertamos los siguientes números:

Detalle del cliente:

- Nombre: David Jimenes Sequeira
- Cédula: 1-1604-0152
- Teléfono: 8676-1314
- Email: david3.1@hotmail.es

Producto: Envase 8"x7,5" sin divisiones 100 a base de material reciclado de alto impacto

Detalle del producto:

#### Ítem 1:

- A) 100% a base de resina reciclada de alto impacto
- B) Color negro
- C) Espesor 0.8 mm
- D) Sticker de identificación (opcional): ¢35 x unidad

- Costo 1:

Ítem 1: 200 unidades

Total: €33,000 + IVA

- Costo 2:

Ítem 1: 12,000 unidades

Total: €1,800,000 + IVA

Plastic Waste Industries (PWI)  
Tel: 7014-5641  
Whatsapp: 7014-5641



Condiciones:

- Costo 1: Contado contra entrega
- Costo 2: Cancelación 50% por adelantado 50% contra entrega.
- Costo 2: Plazo entrega 10 días hábiles

Les agradecemos la hospitalidad de su organización y quedamos a la expectativa de su decisión.

Saludos.

CARLOS ROBERTO  
FONSECA  
ESPINOZA (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
CARLOS ROBERTO FONSECA  
ESPINOZA (FIRMA)  
Fecha: 2023.08.21 11:49:17  
-06'00'

---

Carlos Fonseca Espinoza

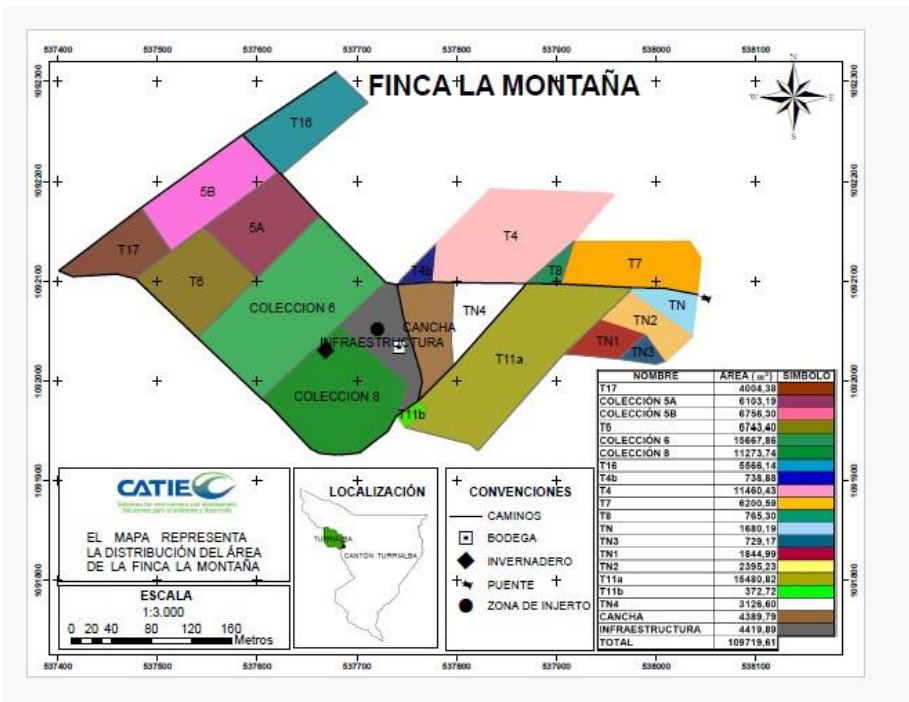
Gerente General

Teléfono: (+506) 7014-5641

Whatsapp: (+506) 7014-5641

Email: cfonsecapwi@gmail.com

[www.pwisa.com](http://www.pwisa.com)



Respondió el Lun 30/10/2023 17:32.

ML Mariela Leandro (CATIE)  Para: Usted

Lun 30/10/2023 10:40

Estimado David,

El dispositivo me parece muy práctica, de poderse construir tal yo como ud lo describe sería de mucha utilidad. Cuando estuve guardando datos de ese tipo en el campo, el cambio de las baterías fue siempre un problema, y el hecho de que sea con energía solar me parece genial. Un dato que es muy importante para el desarrollo de las enfermedades de fruto es la mojadura del fruto, por lo que agregar un sensor que mida este dato sería muy provecho. Saber si un fruto está mojado o no y por cuánto tiempo es fundamental para la etapa de la germinación de esporas. Agradezco me mantenga informada sobre su avance.

Saludos,

Mariela

## CC Instrumentación Industrial S.A.

Cédula Jurídica No. 3-101-701988

Entre Av. Central y Av. 2, Calle 3, Segundo piso.  
Grecia, Alajuela, 20301, Costa Rica.  
+506 2444-5040 / Fax: +506 2444-3040  
ventas@ccinstrumentacion.com  
www.ccinstrumentacion.com



CC instrumentación industrial S.A.

CONFIANZA | CALIDAD | COMPROMISO

**COTIZACIÓN No.8759**

Pág.111

### CLIENTE

DAVID JIMENES SEQUEIRA

### ENVIAR A

Atención: David Jimenes

FECHA 31/01/2024

FECHA VENCIMIENTO 21/02/2024

### N.º REFERENCIA

Correo

### INCOTERM 2016

Exworks Grecia, Costa Rica

### FORMA DE PAGO

100% con la orden de compra

No.	DESCRIPCIÓN	CANT.	PRECIO UNIT.	I.V.	TOTAL
1	.Armado y conexión de los componentes (Precio unitario por prototipo)	1	55.00	IVA GTI	55.00
2	.Desarrollo de la programación del control (Tarjeta)	1	1,380.00	IVA GTI	1,380.00

\*Tiempo de entrega: A definir

\*\* Nota: No incluye los componentes ni el case \*\*

\*Por favor revisar en detalle la oferta.

\*Precios válidos por la cantidad ofertada.

\*Garantía: 12 meses.

SUBTOTAL 1,435.00  
IMPUESTOS (13%) 186.55

**TOTAL USD 1,621.55**

Aceptado por:

Fecha de aceptación:

\*\*\*Si tiene alguna pregunta relacionada con esta cotización, le rogamos que nos contacte lo antes posible\*\*\*

\*\*\*GRACIAS POR CONFIAR EN NOSOTROS\*\*\*



Obtenga Más Información  
**+506 2444-5040**

