



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

Introducción a las Tecnologías 4.0

Módulo III - IoT

Daniel Estrada

Físico

Fabian Castaño

PhD en ingeniería electrónica y computación científica.

Medellín, Abril 2023



Grupo de Instrumentación
Científica y microelectrónica

- Introducción
- Dispositivos y hardware - etapa de adquisición
 - Sensores, señales
 - Acondicionamiento, muestreo y resolución temporal
 - Adquisición, conversión analógica a digital – ADC
 - Tarjetas de adquisición: Arduino, ESP32, Raspberry.
 - Transmisión de datos.
- Actividad práctica - etapa 1 del sistema IoT

Introducción



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

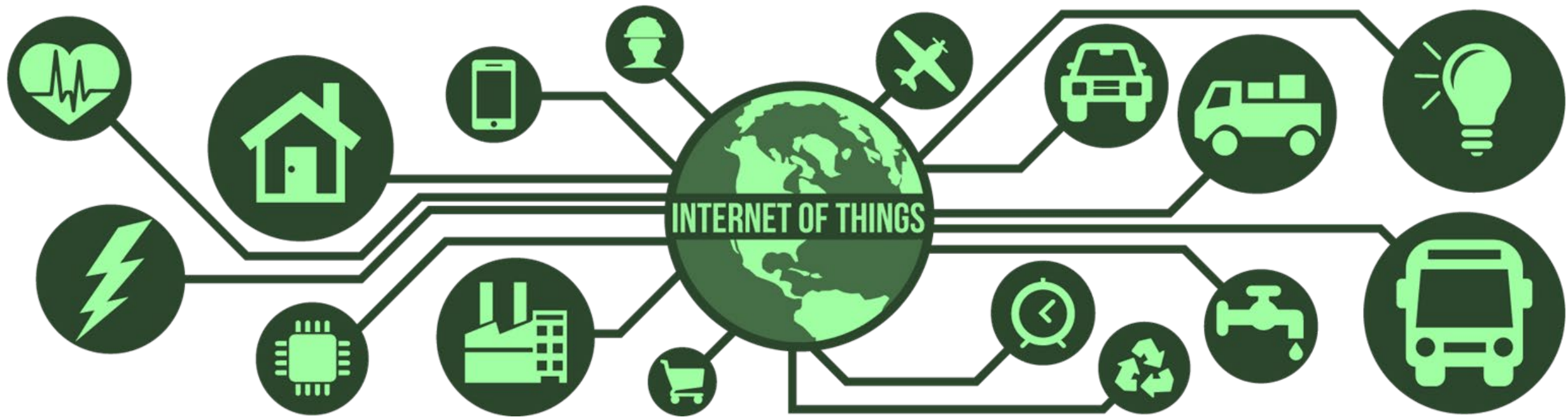


Imagen tomada de https://www.pngkit.com/png/full/365-3652082_iot4-funciona-el-internet-de-las-cosas.png

Introducción



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

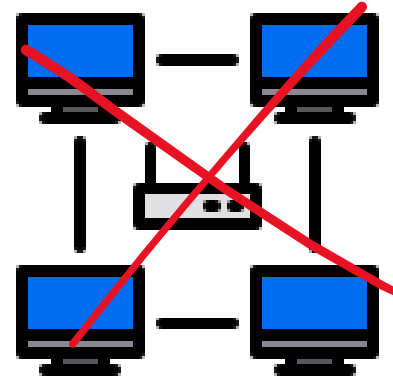
¿Qué es IoT?

Objetos que se conectan e intercambian datos a través de internet u otras redes de comunicación

Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles



"imagen tomada de <https://www.flaticon.es/iconos-gratis/computadora>

IoT se trata de la configuración, control y conexión de dispositivos comunes que usualmente no están asociados con internet.



Imagen tomada de <http://www.cdigitalit.com/wp-content/uploads/2017/03/iot-2.png>

Introducción



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

¿Qué es IoT?

Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles

IoT tiene un gran potencial de transformar la forma en que las **personas** interactúan con el mundo físico y cómo las **empresas** operan y toman decisiones



Imagen tomada de <https://www.goodhousekeeping.com/appliances/refrigerator-reviews/g39784846/smart-refrigerators/>

Imagen tomada de <https://www.thecooperativelogisticsnetwork.com/blog/2021/09/21/the-use-of-iot-in-the-freight-forwarding-industry/>



Imagen tomada de <https://www.revistaneon.com/articles/2018/02/27/iot-ventajas-y-desventajas-en-el-sector-salud>

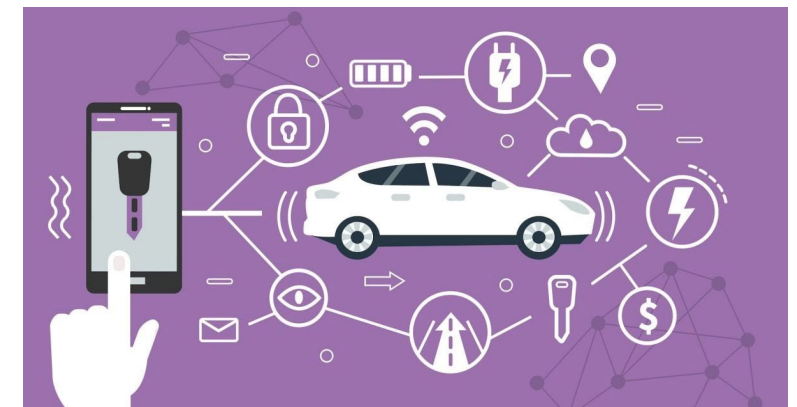


Imagen tomada de <https://builtin.com/internet-things/iot-in-vehicles>

Introducción



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

¿Qué es IoT?

Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles

Sistema embebido:

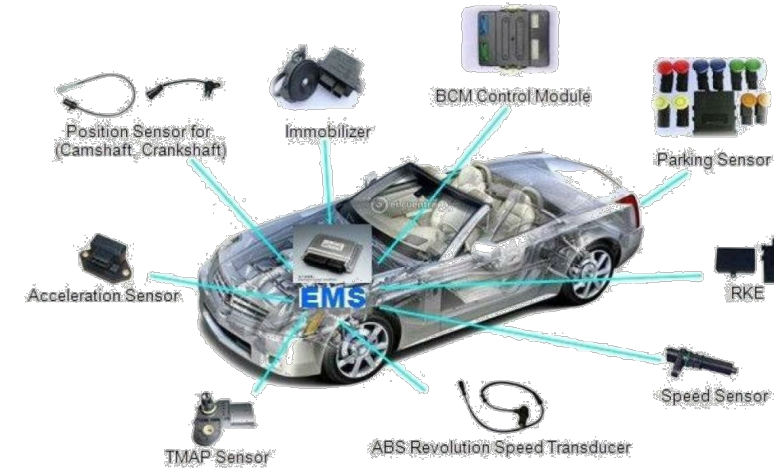
- propósito específico.
- Encapsula toda su complejidad interna, exponiendo solo una interfaz al usuario para su manipulación.

Sistema embebido -IoT:

- Igual que el anterior pero **potenciado** por los servicios web.



Imagen tomada de <https://www.nitro.pe/mecanico-nitro/tipos-de-sensores-en-un-vehiculo.html>



¿Qué es IoT?

Una representación abstracta de un sistema **IoT** permite dividirlo en al menos **3 capas**.

Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles



L1 - Hardware : Herramientas para **censar**, **monitorear** y actuar/**controlar**.

L2 - Infraestructura : Herramientas para la **gestión**, **análisis**, y **conectividad** de la información.

L3 - Experiencia de usuario: Herramientas para la **Visualización** e **interacción**.

Introducción

¿Qué es IoT?

Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles

L1: Hardware

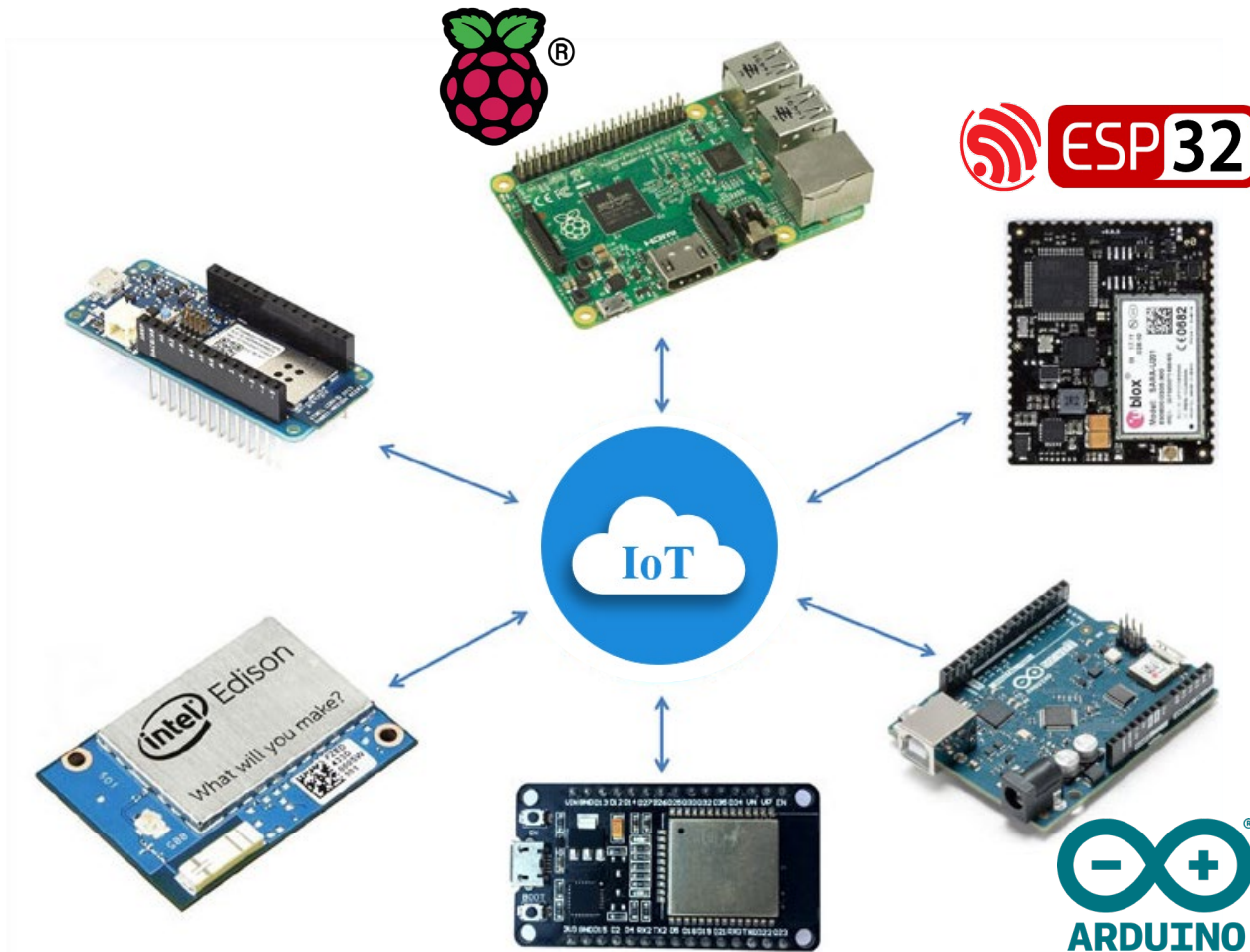


Imagen tomada de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/14/dispositivos-hardware-iot/>

Placas controladoras

Sensores y actuadores

Módulos de
comunicación

Dispositivos físicos que contienen
HW programable:

- SoCs de 8/16/32 bits
- SoCs de 32/63 bits con posibilidad de OS (Linux-embedded.)
- Single-Board-Computer(SBC) de 32/64 bits.

Introducción

¿Qué es IoT?

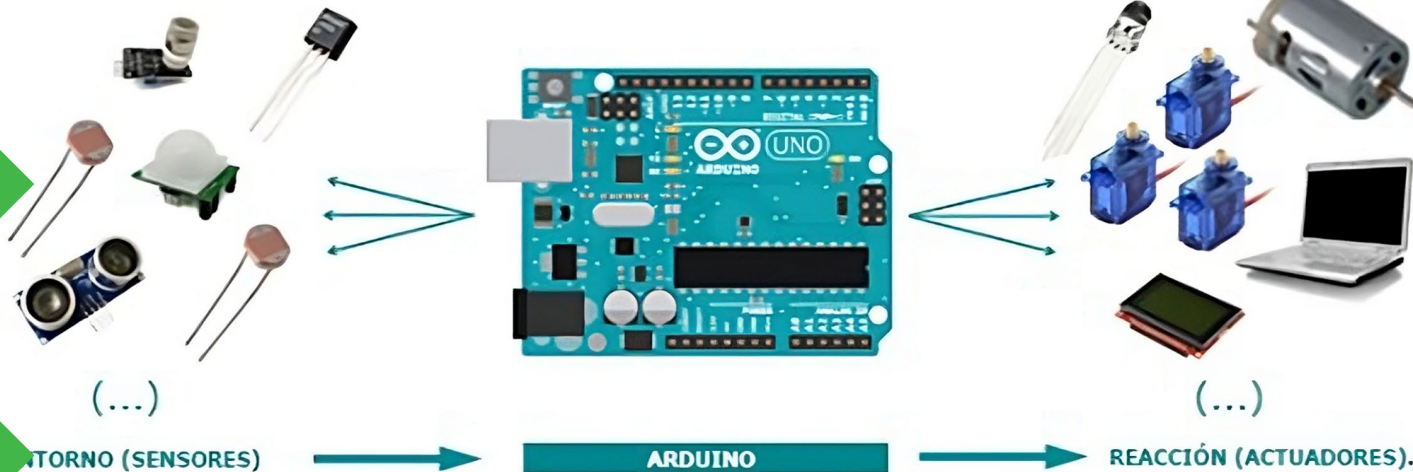
Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles

L1: Hardware

El Universo ARDUINO.



Placas controladoras

Sensores y actuadores

Módulos de
comunicación

Sensor: Dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas (temperatura, intensidad lumínica, distancia, etc..) y transformarlas en variables eléctricas (resistencia, capacitancia, tensión, corriente). Pueden ser Digitales o Analógicos.

Actuadores: Dispositivos controlados que transforman energía en la activación de un proceso. Pueden ser neumáticos (que utilizan gas comprimido), hidráulicos (que utilizan fluidos a presión) y actuadores eléctricos.

Periféricos: HW auxiliar que se conecta a la unidad de procesamiento: Pantallas, teclados, indicadores luminosos..

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/04/14/sensores-arduino-3/>

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/07/02/actuadores-y-perifericos-de-salida-2/>

¿Qué es IoT?

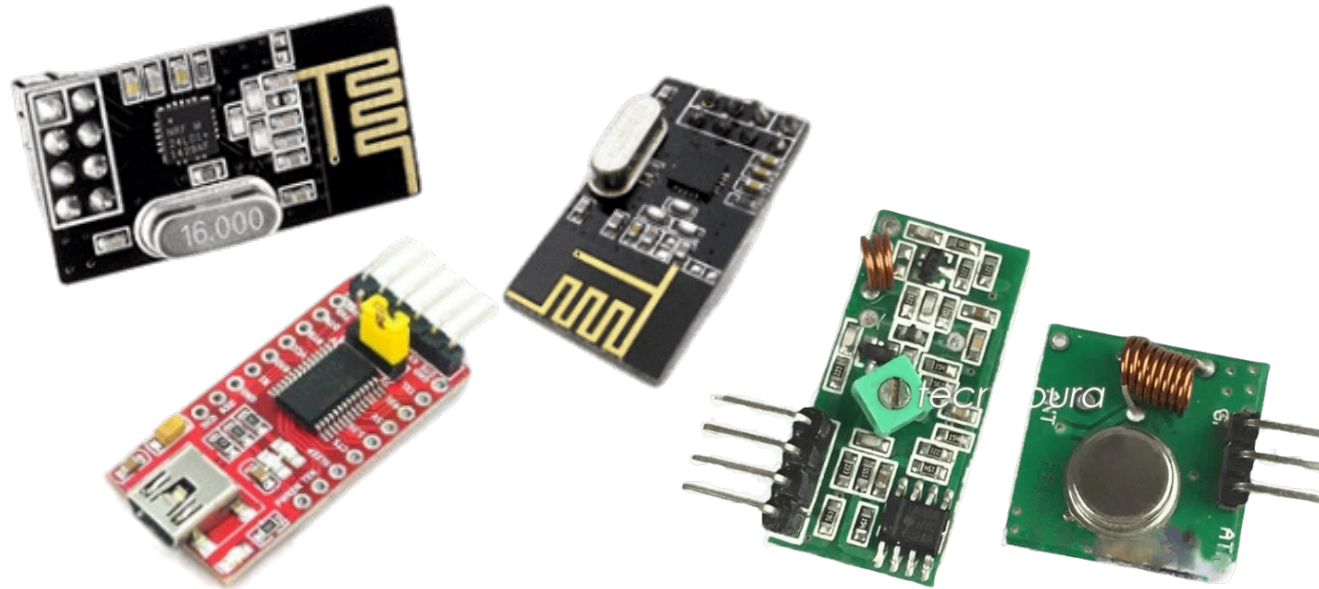
Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles

L1: Hardware

Módulos que equipan el sistema con protocolos de comunicación. Ethernet, WiFi, Bluetooth, RF.



Placas controladoras

Sensores y actuadores

Módulos de
comunicación

Comunicación y protocolos

Conexión

→ {Wifi, Ethernet,
Bluetooth, LoRaWAN,
Zigbee...}

Aplicación

→ {MQTT, HTTP,
CoAP, ...}

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/04/14/sensores-arduino-3/>

<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/07/02/actuadores-y-perifericos-de-salida-2/>

Introducción



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

¿Qué es IoT?

Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles

L2: Infraestructura - Backend

- Gestionar y procesar los datos recibidos de los dispositivos conectados
- lleva a cabo la lógica y funcionalidades a través de diferentes APIs Y servicios de la nube.
- Media la interacción entre el usuario, la nube y los dispositivos.



Flask



mongoDB®



FastAPI

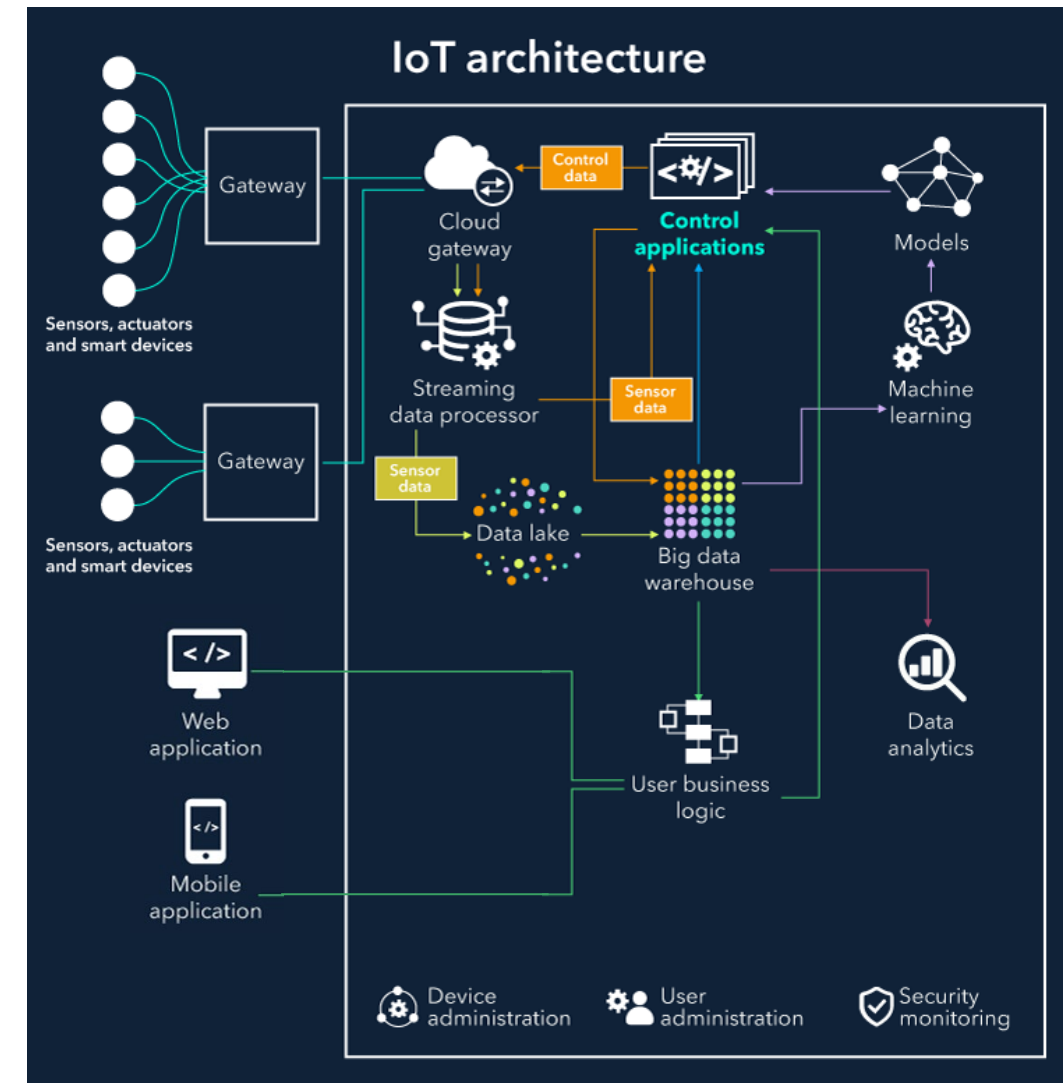


Imagen tomada y modificada de <https://www.scnsoft.com/blog/iot-architecture-in-a-nutshell-and-how-it-works>

¿Qué es IoT?

Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

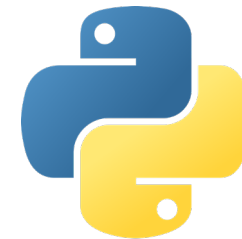
Tecnologías
disponibles

L3: Experiencia de usuario - Frontend

interfaz de usuario y las herramientas que permiten a los usuarios interactuar con el sistema, visualizar los datos recopilados y controlar los dispositivos conectados de manera intuitiva y eficiente.



Imagen tomada de <https://www.pickdata.net/es/databox-plataforma-iot-industrial>



Introducción



UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

¿Qué es IoT?

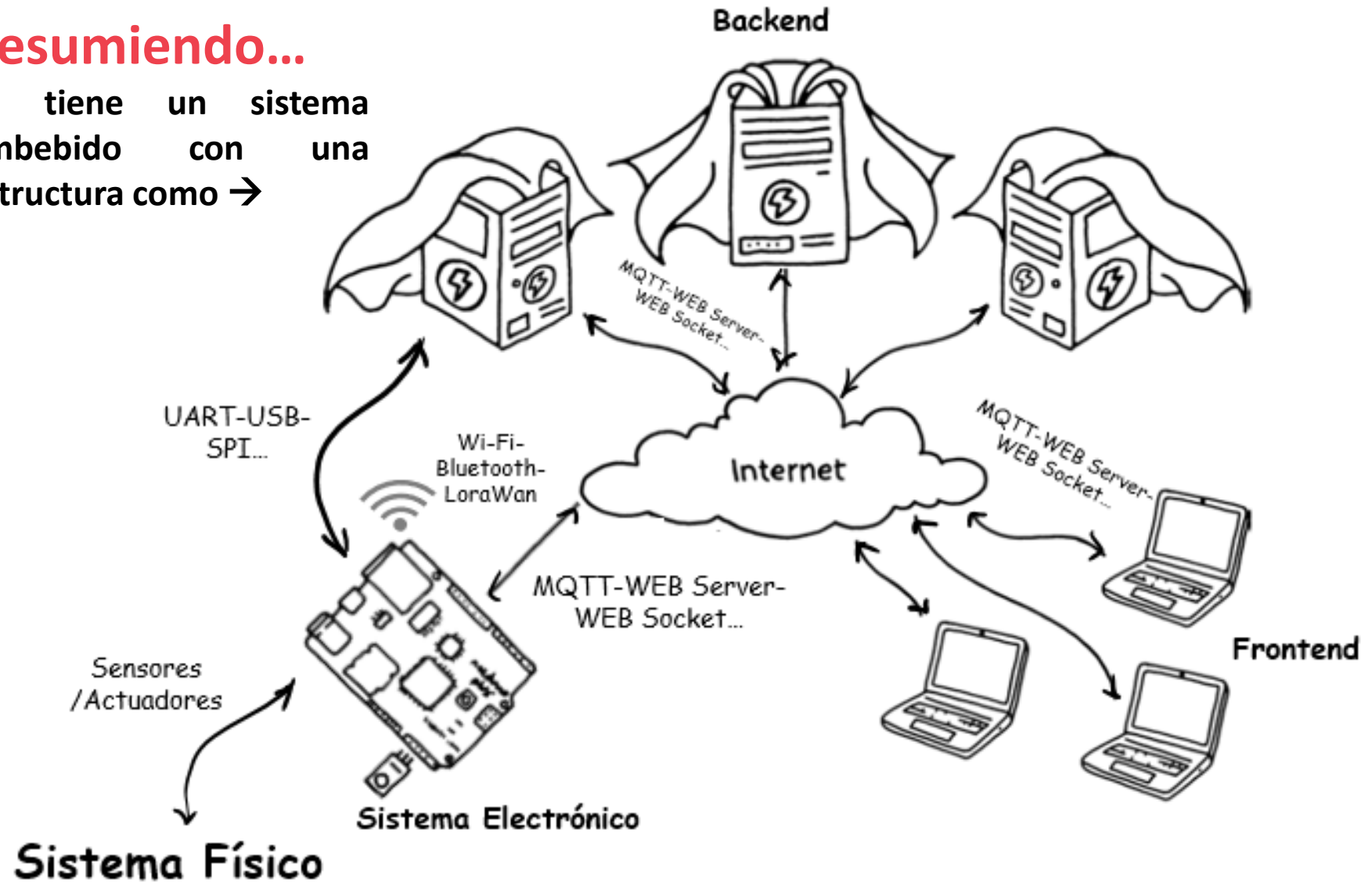
Sistemas
Embebidos en
IoT

Elementos
básicos -
Estructura

Tecnologías
disponibles

Resumiendo...

Se tiene un sistema
embebido con una
estructura como →





Hardware y adquisición de datos

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

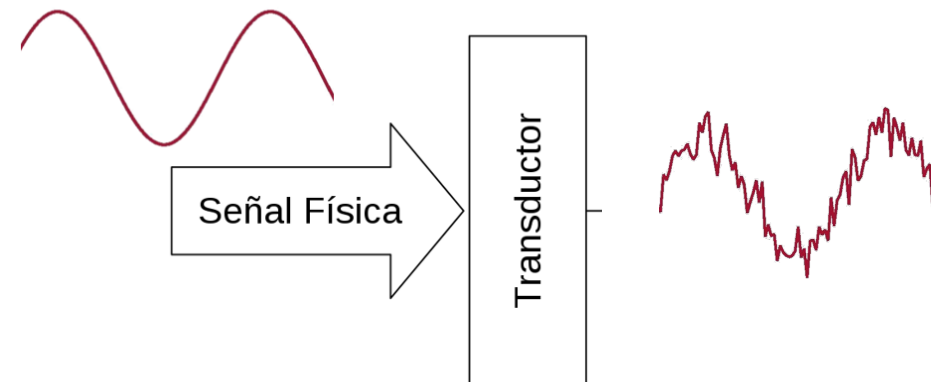
Transmisión de
datos

Sensor = Transductor

Var. Físicas como
temperatura, intensidad
lumínica, distancia..



Var. eléctricas como
resistencia, capacitancia,
tensión, corriente,...



Las señales no son “suaves”. Influyen factores intrínsecos del detector:

- **Resolución**, Menor cambio en la magnitud que se aprecia.
- **Tiempo de respuesta**

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

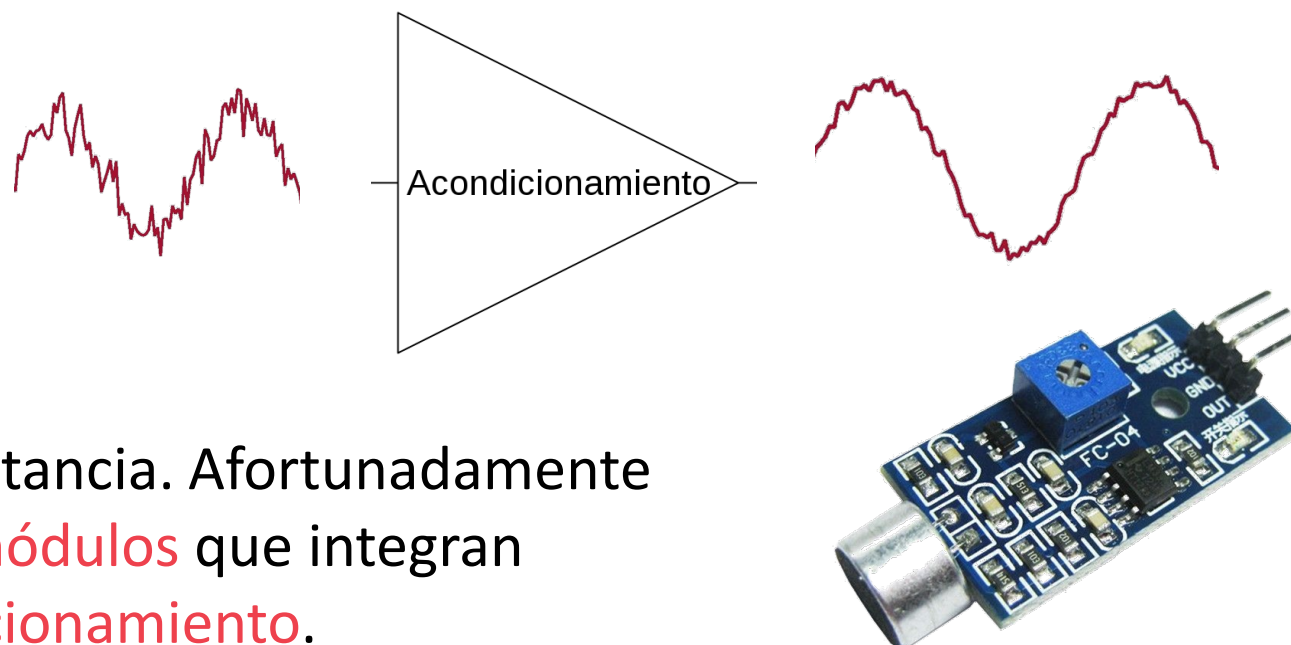
Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

EL acondicionamiento de la señal implica

- Mejorar la calidad de la señal.
- Eliminar el ruido no deseado.
- Adaptarla a los requisitos del sistema de adquisición.



Es de vital importancia. Afortunadamente se encuentran **módulos** que integran **sensor + acondicionamiento**.

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

La etapa de adquisición comprende:

Muestreo

Retención

Cuantificación

Codificación

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

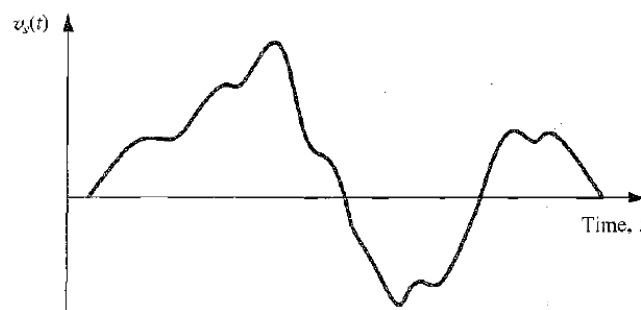
La etapa de adquisición comprende:

Muestreo

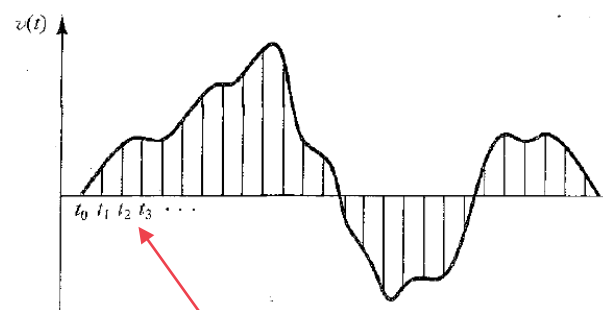
Retención

Cuantificación

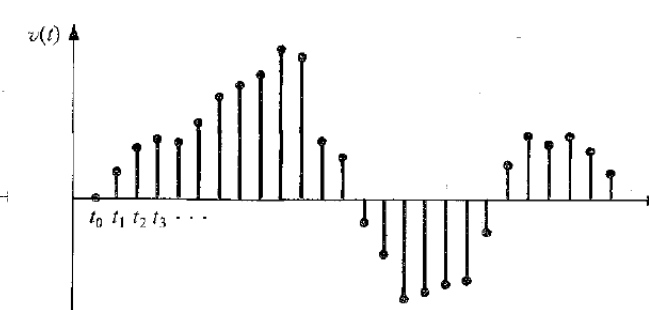
Codificación



Señal continua



Frecuencia de muestreo



Señal discreta

Acorde al teorema de
Nyquist- Shannon.

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

La etapa de adquisición comprende:

Muestreo

Retención

Cuantificación

Codificación

Se debe **mantener la señal el tiempo suficiente** para que sea procesada por la etapa de cuantificación

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

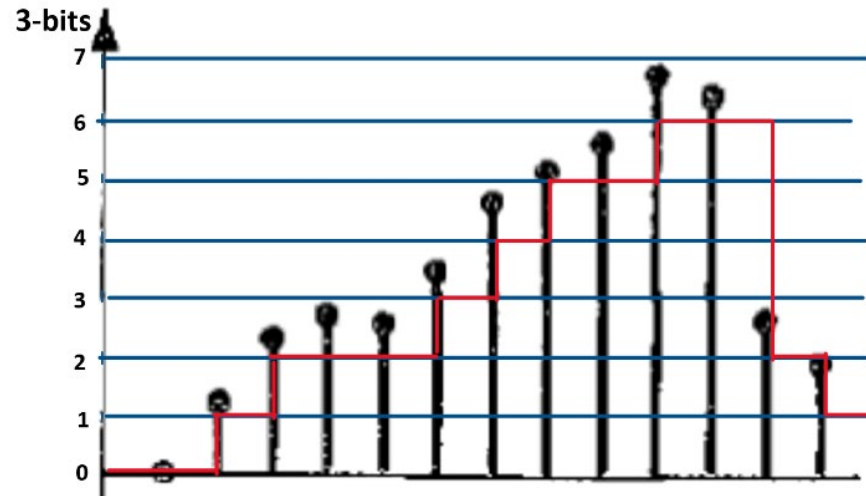
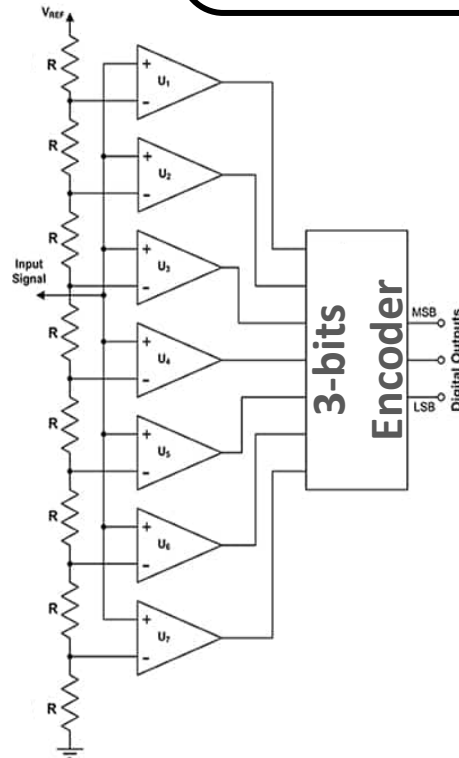
La etapa de adquisición comprende:

Muestreo

Retención

Cuantificación

Codificación



En este punto la señal original no puede ser reconstruida. Se pierde información por el redondeo.

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

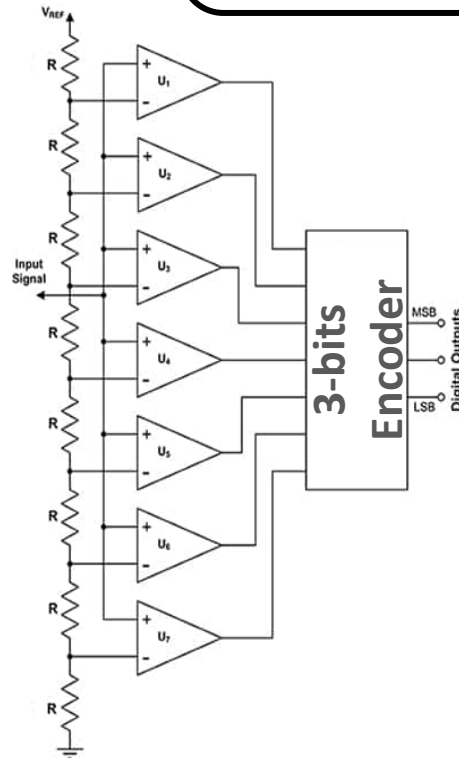
La etapa de adquisición comprende:

Muestreo

Retención

Cuantificación

Codificación



$$\text{LSB} \rightarrow r\left(\frac{6}{2}\right) = 0,$$

Cociente = 3

$$r\left(\frac{3}{2}\right) = 1,$$

Cociente = 1

$$\text{MSB} \rightarrow r\left(\frac{1}{2}\right) = 1,$$

Cociente = 0

$$\rightarrow 6 = '110'$$

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

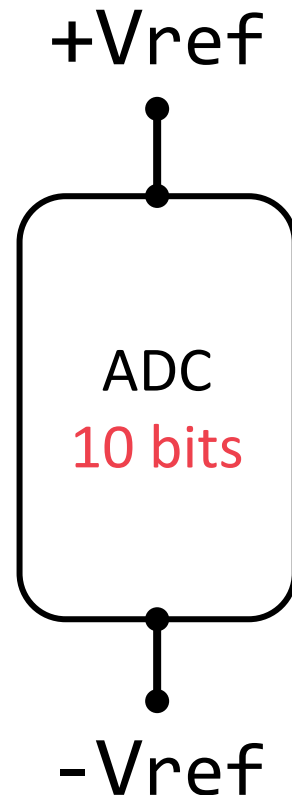
Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

El ADC tiene entonces una **resolución**



$$R = \frac{\Delta V}{2^{\#bits}}$$

Ejemplo:

Arduino tiene un ADC de 10 bits
con voltajes de 0-5V

$$R = \frac{\Delta V}{2^n} = \frac{5V}{2^{10}} = 4.8mV.$$

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

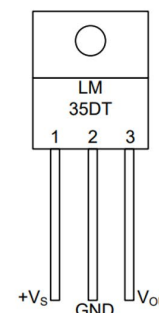
Ejemplo: Sensor de temperatura LM35

10mV – 1°C

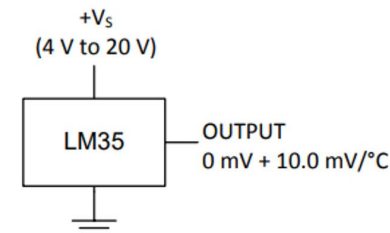
En la configuración básica:

2 °C → 0 V

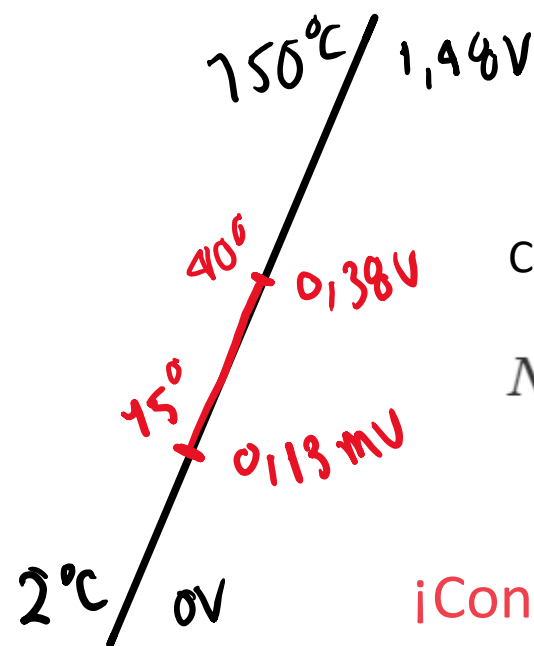
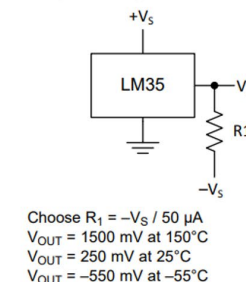
150 °C → 1.48 V



Basic Centigrade Temperature Sensor
(2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Con el ADC del Arduino...

$$N = \frac{0.38 - 0.13}{0.0048} = 52, \quad \rightarrow \text{Resolución de medición } \sim 0.5^\circ C$$

¡Con una etapa de acondicionamiento se puede mejorar!

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

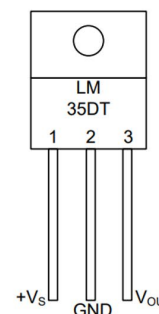
Ejemplo: Sensor de temperatura LM35

10mV – 1°C

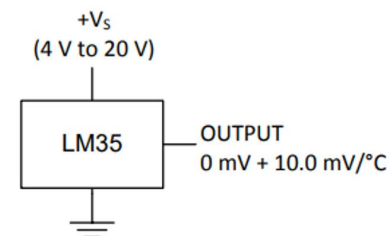
En la configuración básica:

2 °C → 0 V

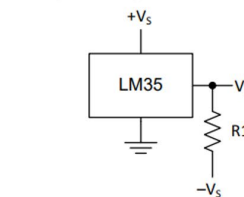
150 °C → 1.48 V



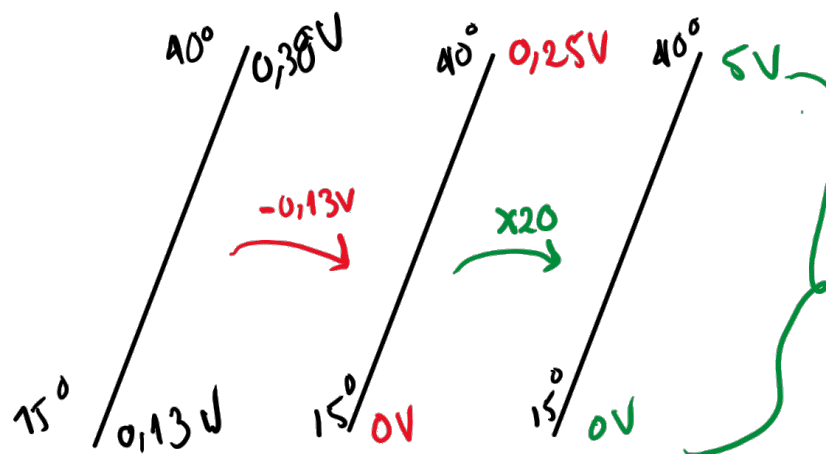
Basic Centigrade Temperature Sensor
(2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



Choose $R_1 = -V_S / 50 \mu A$
 $V_{OUT} = 1500 \text{ mV at } 150^\circ C$
 $V_{OUT} = 250 \text{ mV at } 25^\circ C$
 $V_{OUT} = -550 \text{ mV at } -55^\circ C$



$N = 1024!$

→ Resolución de medición ~ 0.025 °C

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

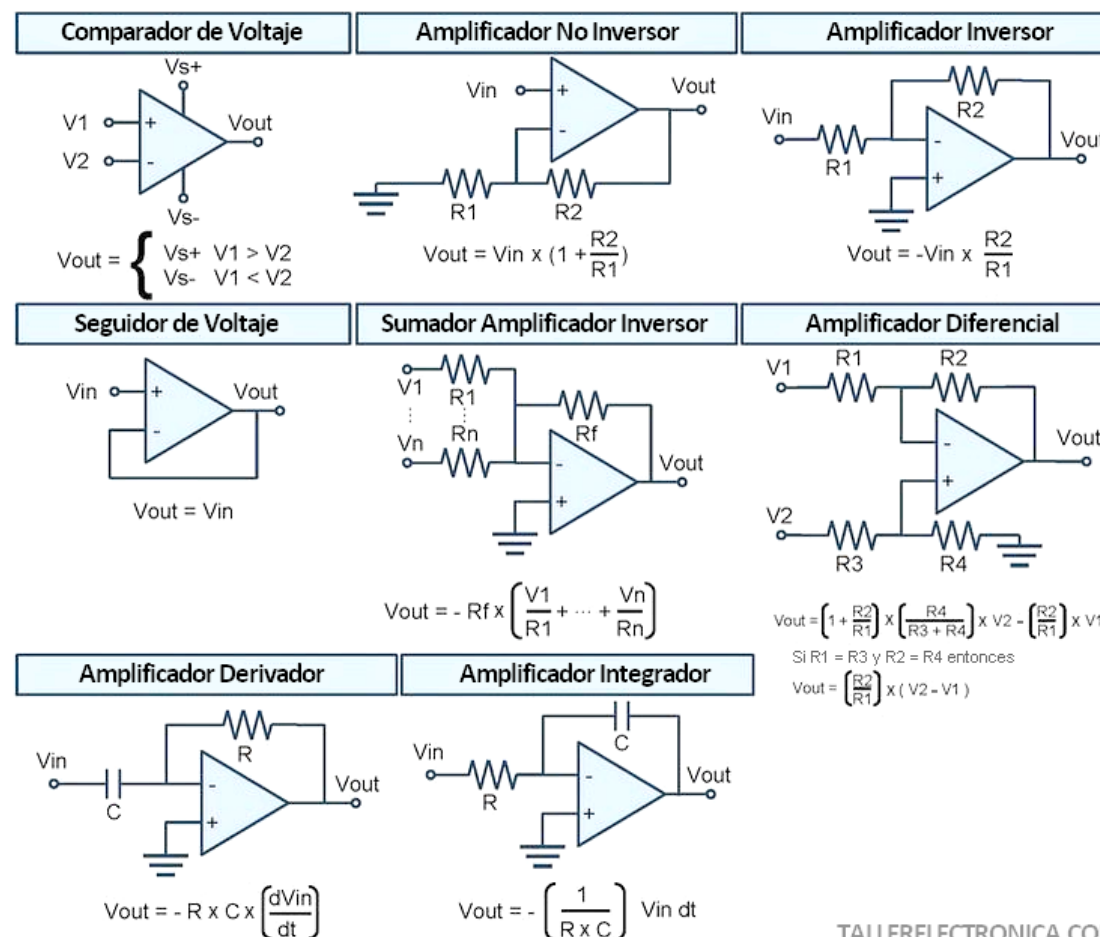
Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

El acondicionamiento se logra usando Amplificadores operacionales

Configuraciones Básicas de Amplificadores Operacionales



TALLERELECTRONICA.COM

Sensores y
Señales

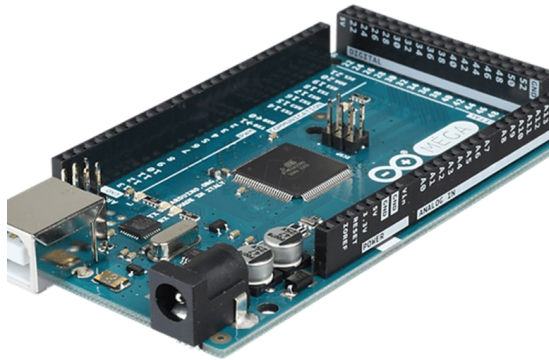
Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

Tarjetas de
desarrollo

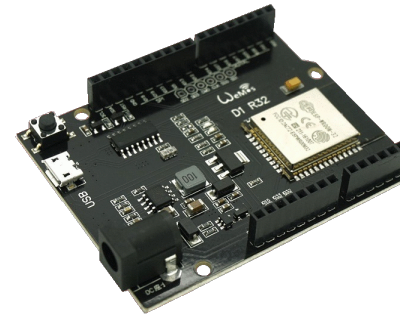
Transmisión de
datos

Entre las tarjetas de desarrollo más comunes se encuentran:



ARDUINO (MEGA)

- ATmega2560.
- 54 entradas/salidas digitales. 16 analógicas.
- Procesamiento a 16 MHz.
- ADC de 10 bits.



ESP32

- Dual-Core con arquitectura Xtensa LX6 + unidad de procesamiento digital (DSP).
- Pines, depende de la placa.
- Procesamiento a 240 MHz.
- dos 12-bit SAR ADCs (Successive-approximation ADC).



Raspberry Pi (4 – model b)

- Quad core 64-bit ARM-Cortex A72.
- 26 Pines digitales GPIO.
- Procesamiento a 1.5 GHz.
- NO ADC!

Hardware y adquisición

Sensores y
Señales

Acondiciona-
miento

Adquisición
ADC

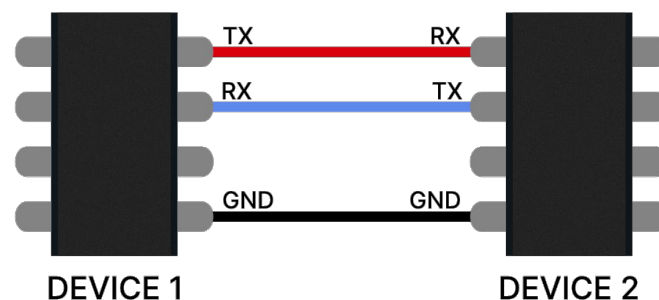
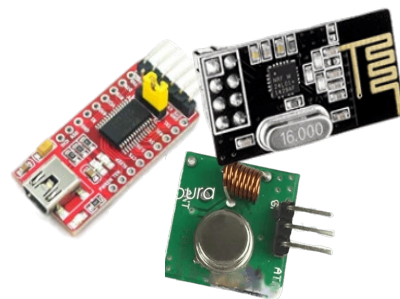
Tarjetas de
desarrollo

Transmisión de
datos

La transmisión de los datos dependerá de la tecnología usada.

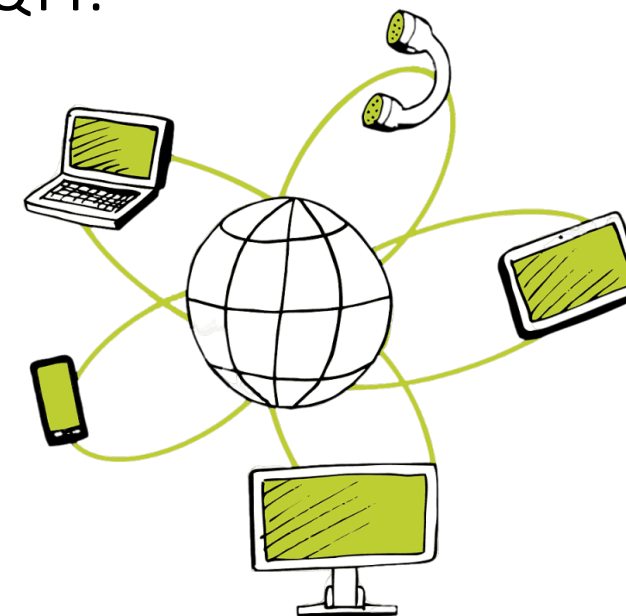
Si **no cuenta** con conexión a internet:

- A un computador (Gateway) de forma cableada o inalámbrica.



Si **cuenta** con conexión a internet:

- Web server:
- Web Socket:
- MQTT:





¡Sigamos con la actividad practica!

Protocolo MQTT

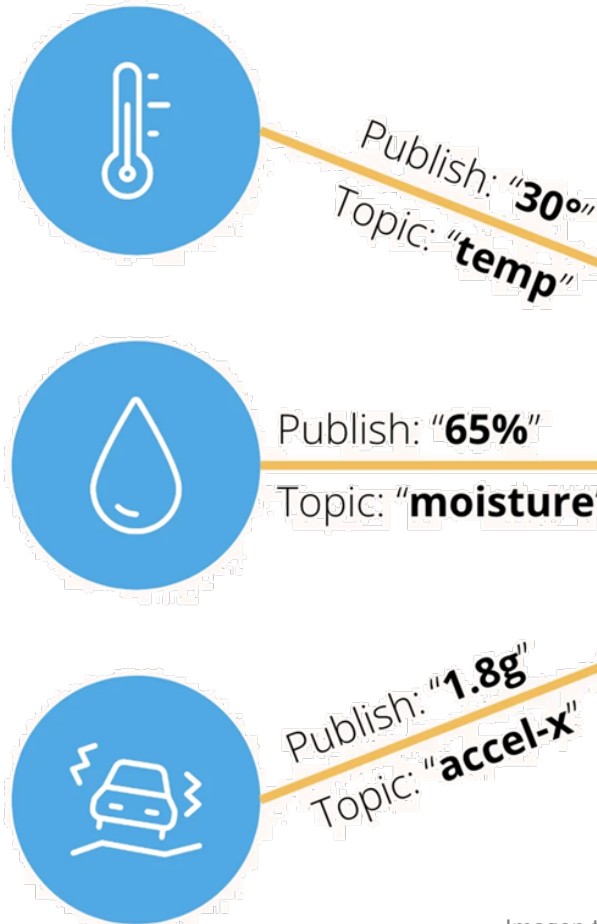


UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

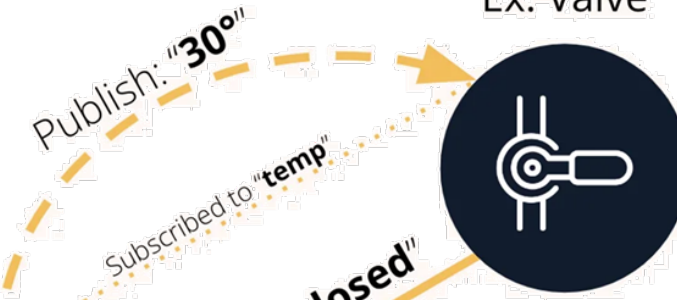
MQTT Clients

Ex: Sensors



MQTT Clients

Ex: Valve



Ex: Cloud Server

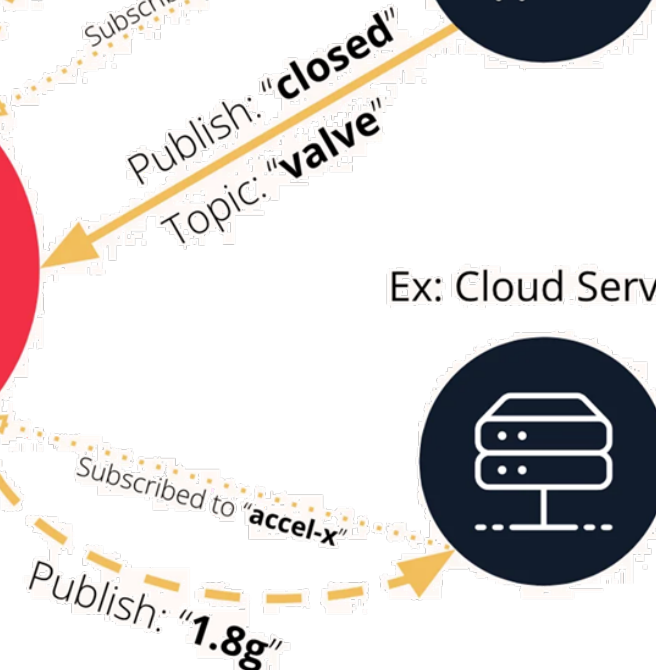


Imagen tomada de de <https://www.twilio.com/blog/what-is-mqtt>