

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



- 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

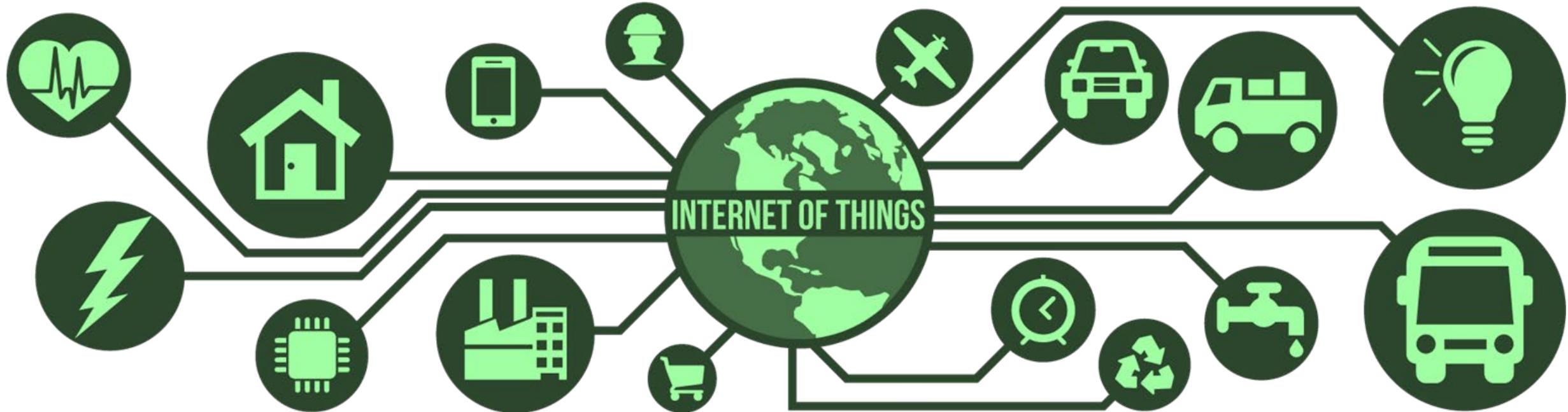


Imagen tomada de [https://www.pngkit.com/png/full/365-3652082\\_iot4-funciona-el-internet-de-las-cosas.png](https://www.pngkit.com/png/full/365-3652082_iot4-funciona-el-internet-de-las-cosas.png)

# Introducción

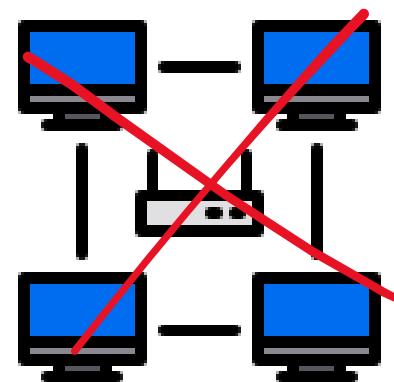
¿Qué es IoT?

Sistemas  
Embebidos en  
IoT

Elementos  
básicos -  
Estructura

Tecnologías  
disponibles

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



"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



¿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.thecoopera-tivelogisticsnetwork.com/blog/2021/09/21/the-use-of-iot-in-the-freight-forwarding-industry/](https://www.thecooperativelogisticsnetwork.com/blog/2021/09/21/the-use-of-iot-in-the-freight-forwarding-industry/)



Imagen tomada  
<https://www.revistaneo.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

¿Qué es IoT?

Sistemas  
Embebidos en  
IoT

Elementos  
básicos -  
Estructura

Tecnologías  
disponibles

## Sistema embebido:

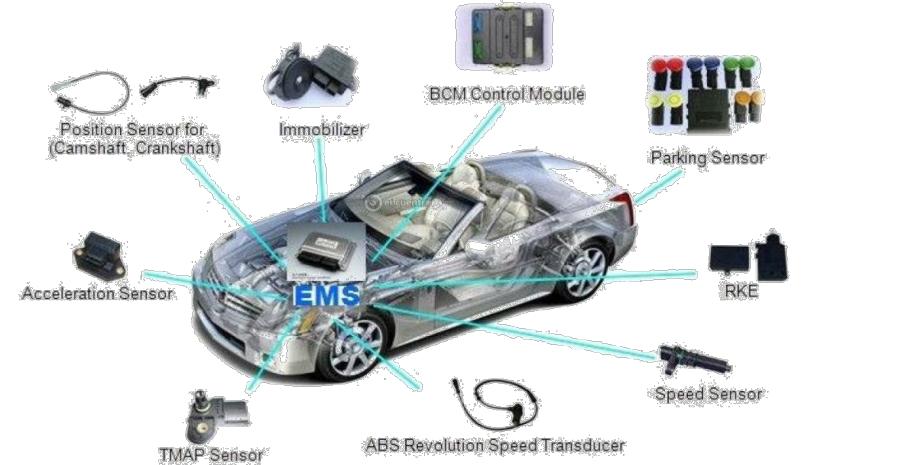
- Propósito específico.
- Encapsula toda su complejidad interna exponiendo solo una interfaz al usuario para su manipulación.

## Sistema embebido -IoT:

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



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



# Introducción

¿Qué es IoT?

Sistemas  
Embebidos en  
IoT

Elementos  
básicos -  
Estructura

Tecnologías  
disponibles

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



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

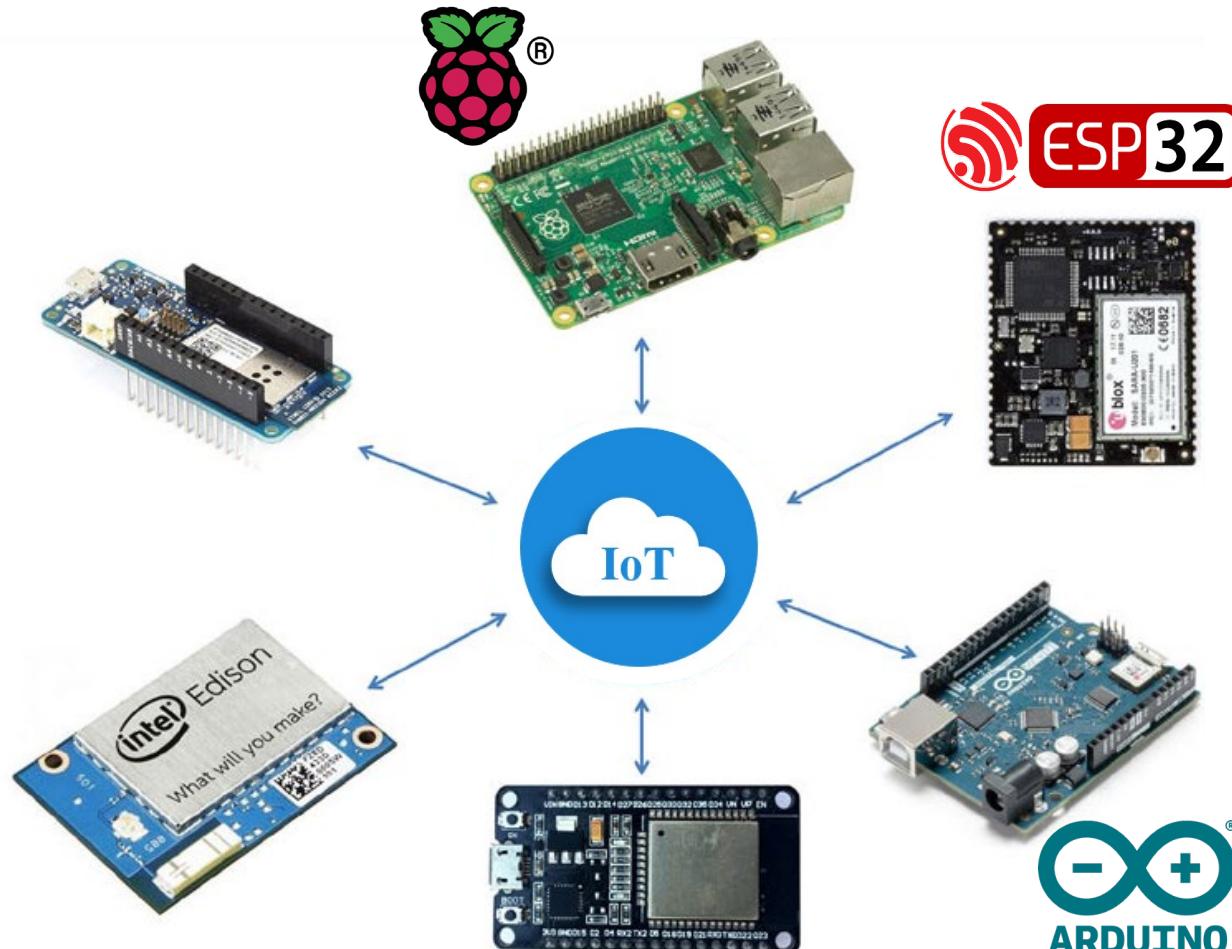


Imagen tomada de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/14/dispositivos-hardware-iot/>

Placas controladoras

Sensores y actuadores

Módulos de  
comunicación

Dispositivos físicos que  
contiene **HW programable**:

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

# Introducción



¿Qué es IoT?

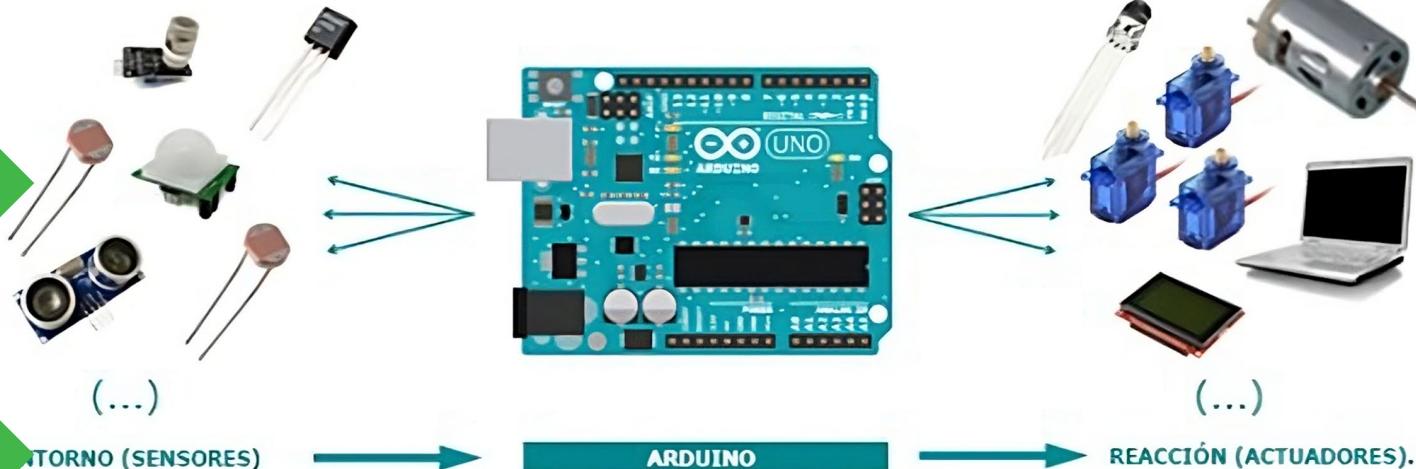
Sistemas  
Embebidos en  
IoT

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/>

# Introducción

¿Qué es IoT?

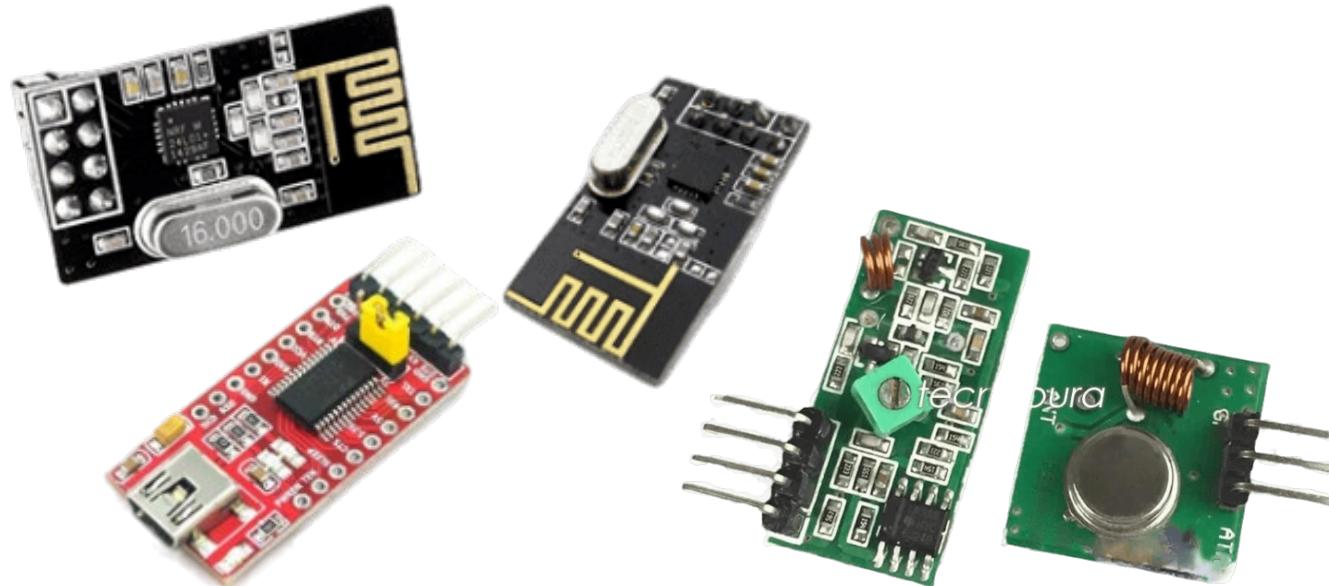
Sistemas  
Embebidos en  
IoT

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



¿Qué es IoT?

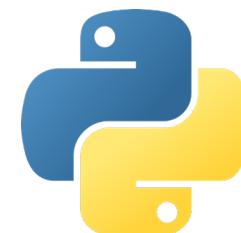
Sistemas  
Embebidos en  
IoT

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.



mongoDB® FastAPI

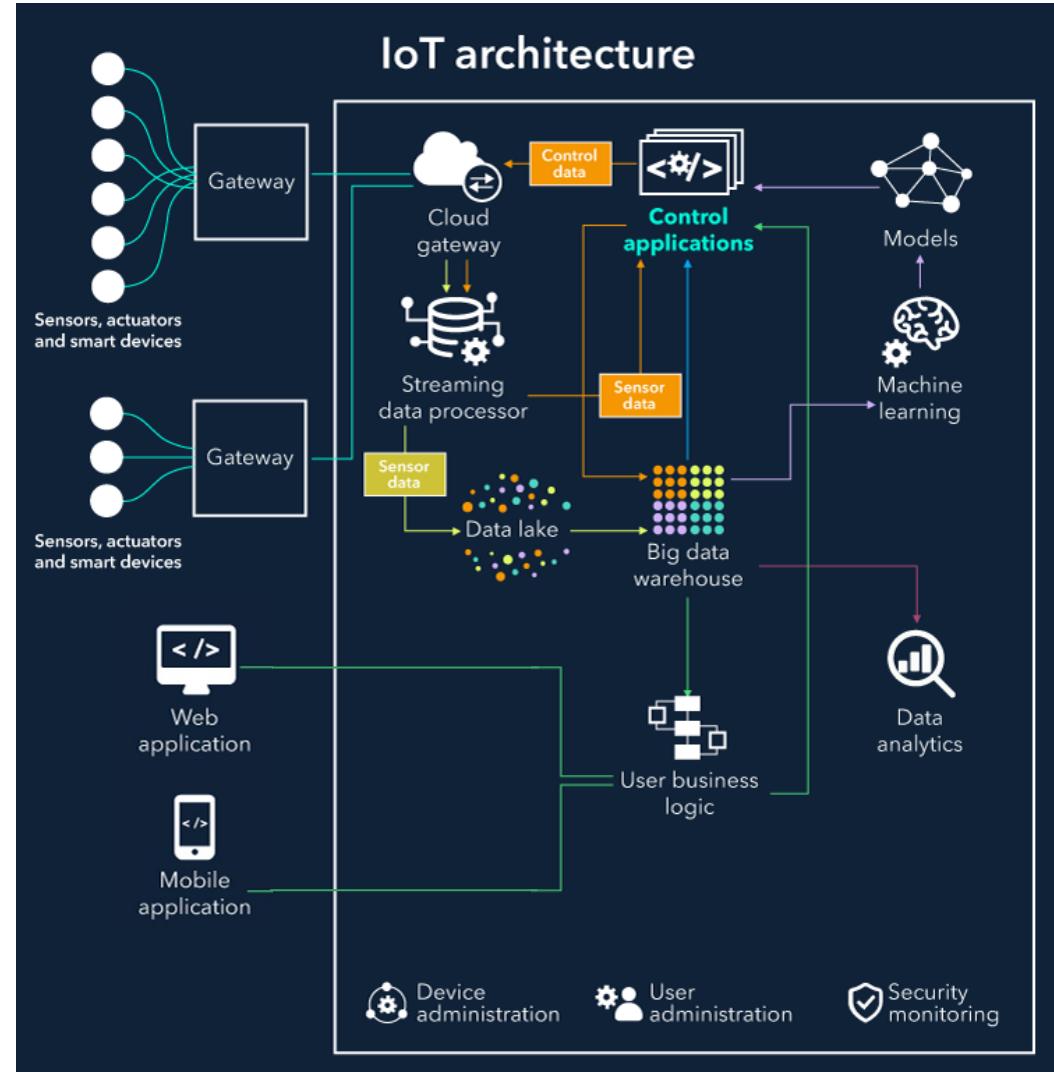


Imagen tomada y modificada de <https://www.scnsoft.com/blog/iot-architecture-in-a-nutshell-and-how-it-works>

# Introducción



¿Qué es IoT?

Sistemas  
Embebidos en  
IoT

Elementos  
básicos -  
Estructura

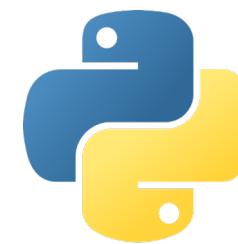
Tecnologías  
disponibles

## 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



¿Qué es IoT?

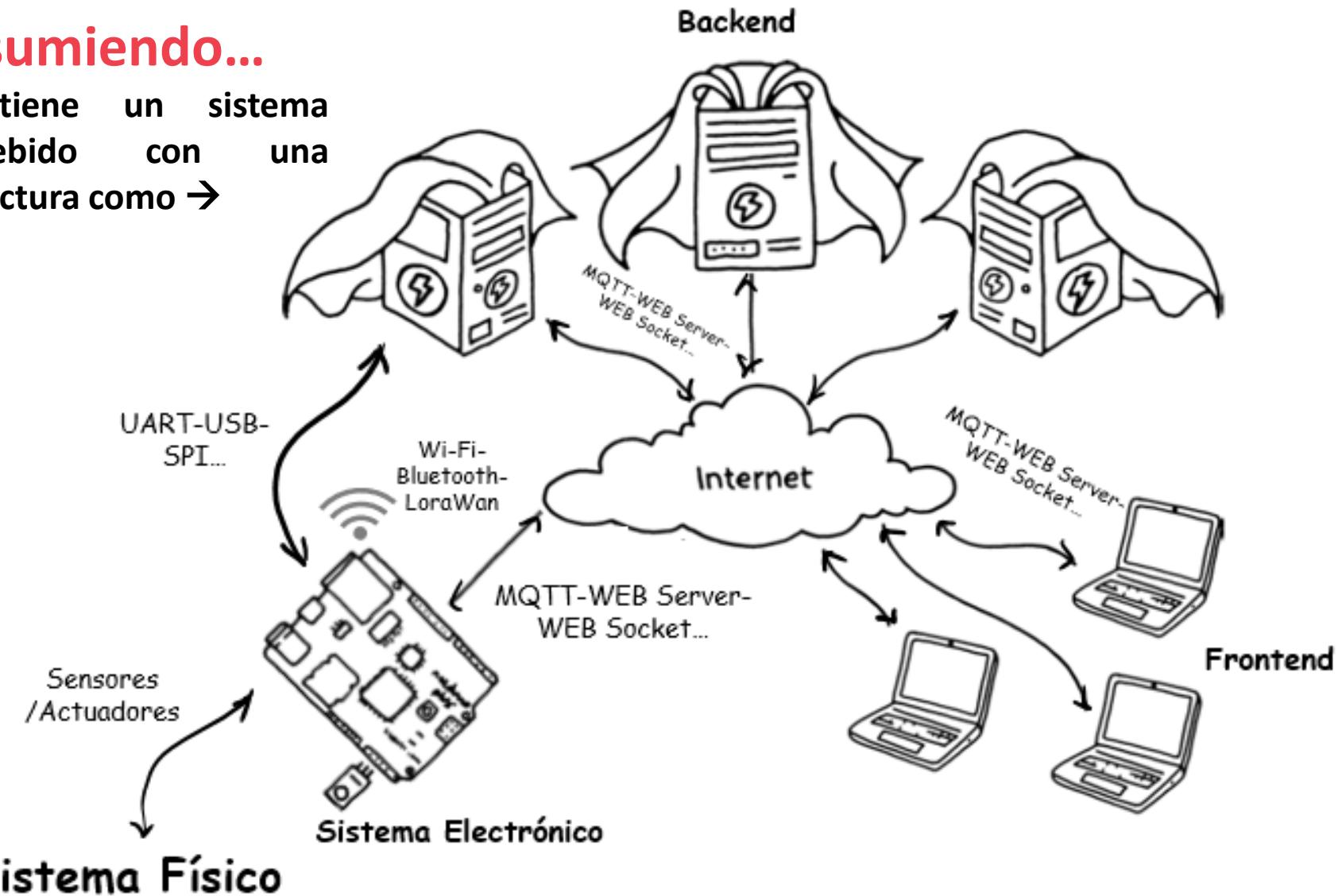
Sistemas  
Embebidos en  
IoT

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

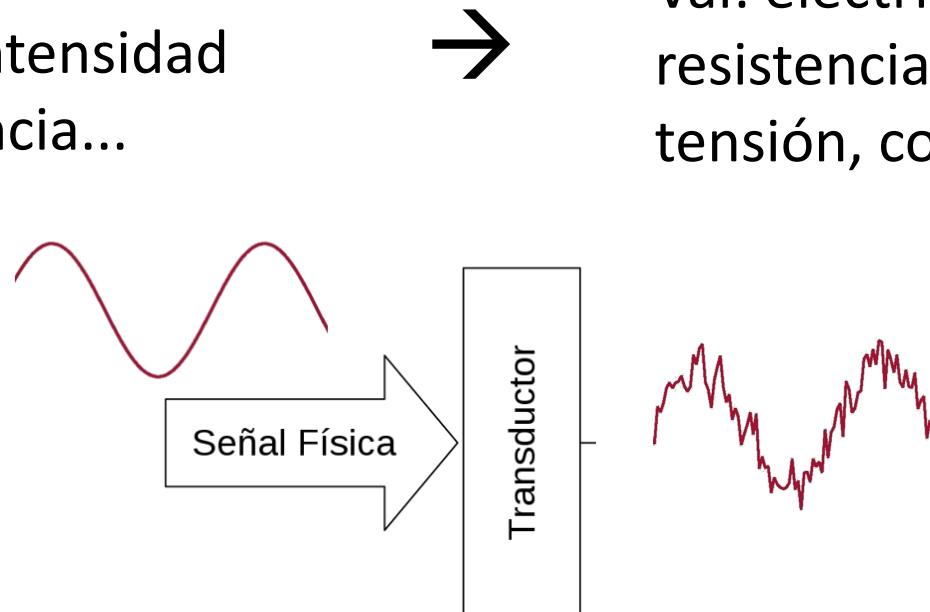
Tarjetas de  
desarrollo

Transmisión de  
datos

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

**Sensor = Transductor**

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

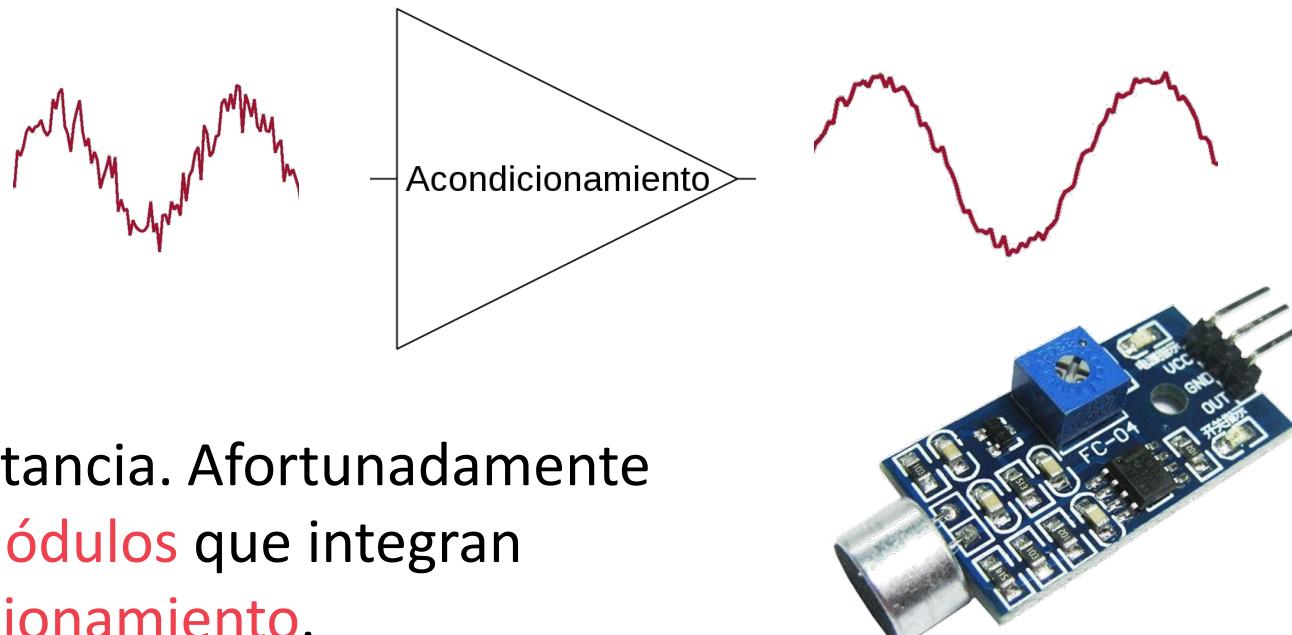
Adquisición  
ADC

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

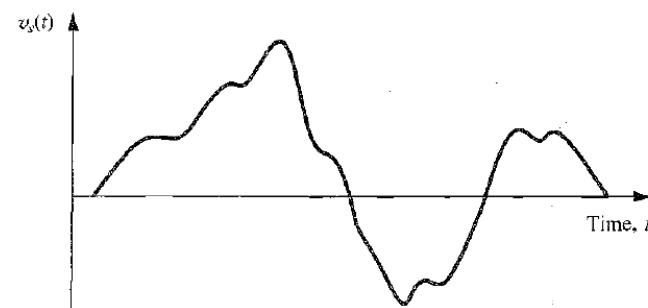
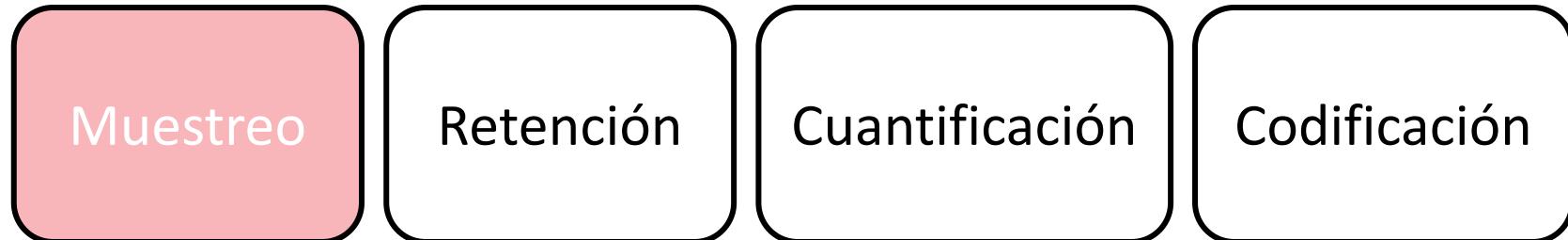
Acondicionamiento

Adquisición ADC

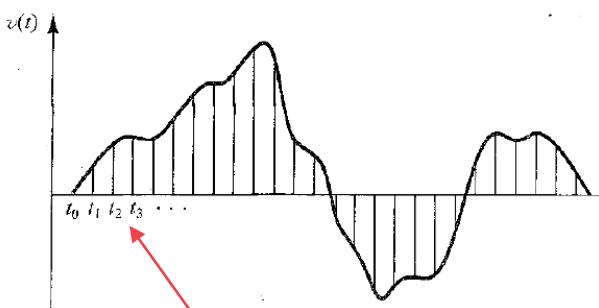
Tarjetas de desarrollo

Transmisión de datos

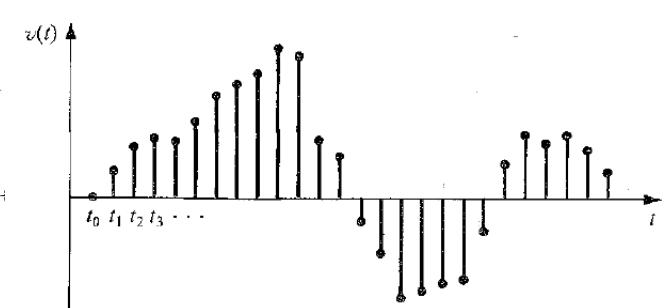
La etapa de adquisición comprende:



Señal continua



Frecuencia de muestreo



Señal discreta

Acorde al teorema de Nyquist- Shannon.



# 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

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

# Hardware y adquisición

Sensores y Señales

Acondicionamiento

Adquisición ADC

Tarjetas de desarrollo

Transmisión de datos

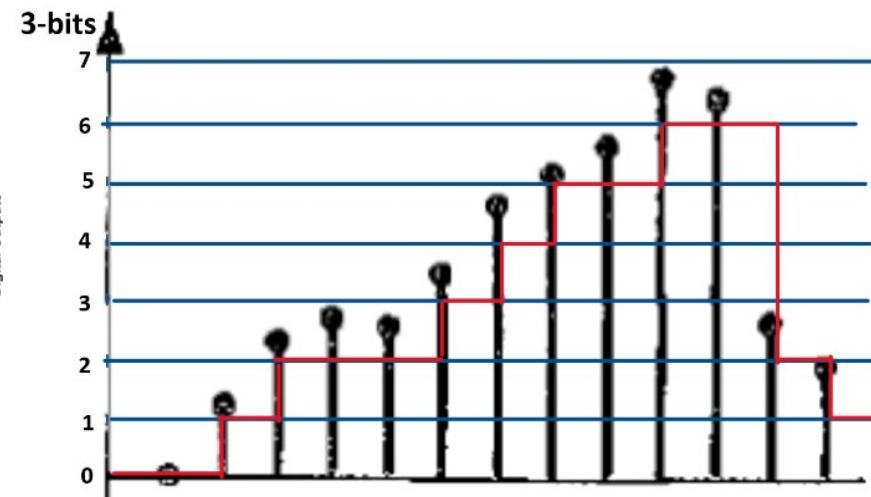
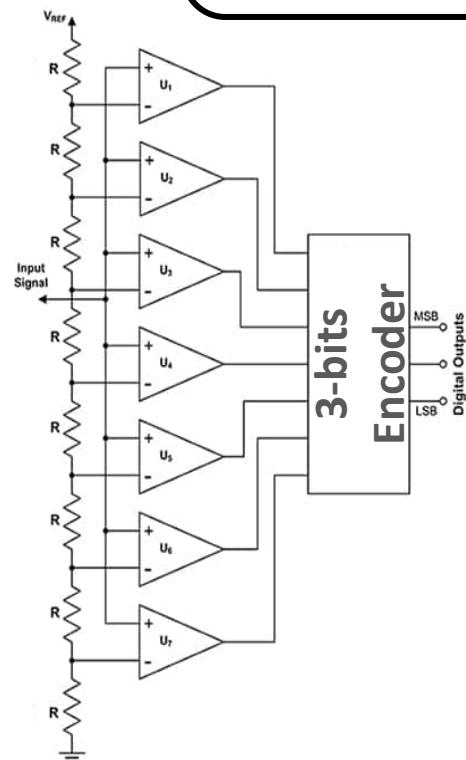
La etapa de adquisición comprende:

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

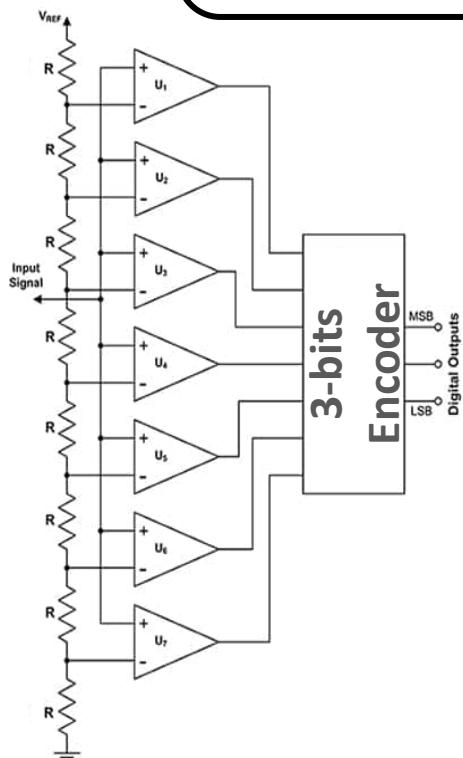
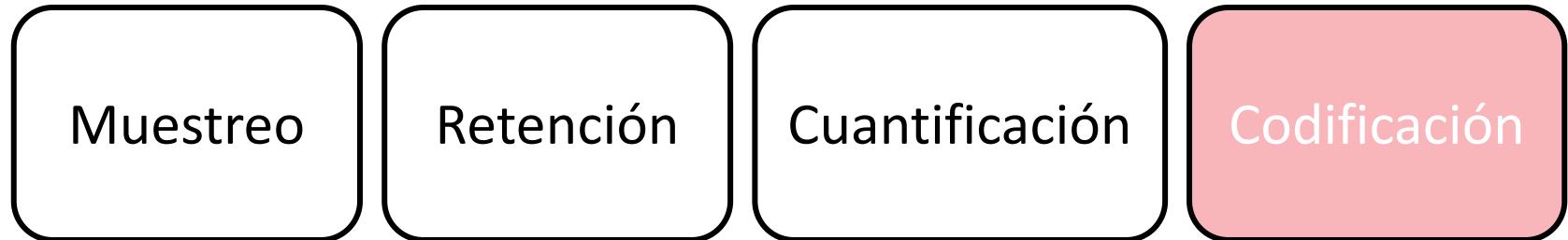
Acondicionamiento

Adquisición ADC

Tarjetas de desarrollo

Transmisión de datos

La etapa de adquisición comprende:



LSB →

$$r\left(\underbrace{\frac{6}{2}}_{\text{Cociente} = 3}\right) = 0,$$

$$r\left(\underbrace{\frac{3}{2}}_{\text{Cociente} = 1}\right) = 1,$$

$$r\left(\underbrace{\frac{1}{2}}_{\text{Cociente} = 0}\right) = 1,$$

MSB →

$$\rightarrow 6 = '110'$$

# Hardware y adquisición

Sensores y Señales

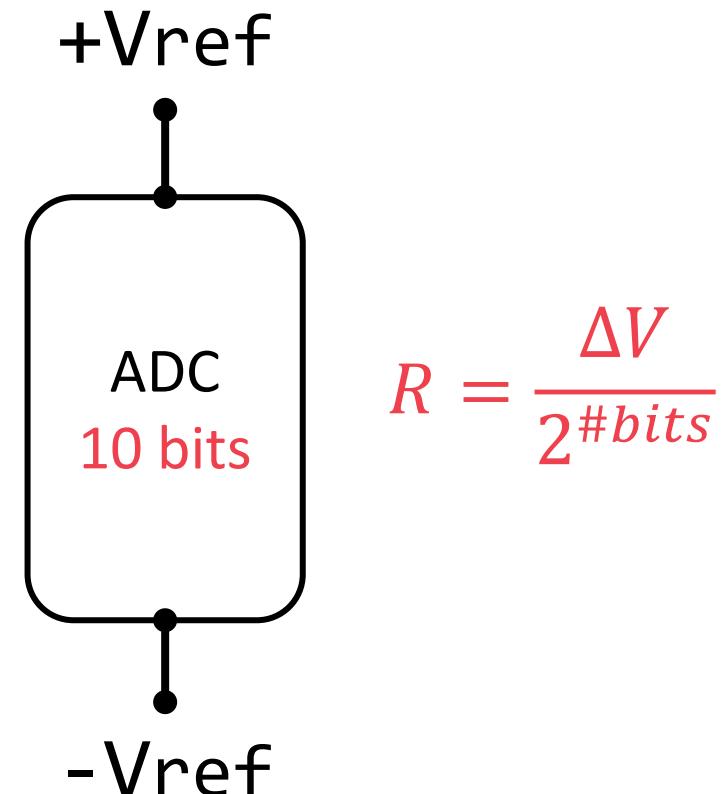
Acondicionamiento

Adquisición ADC

Tarjetas de desarrollo

Transmisión de datos

El ADC tiene entonces una **resolución**



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

Acondicionamiento

Adquisición ADC

Tarjetas de desarrollo

Transmisión de datos

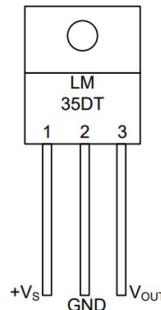
## Ejemplo: sensor de temperatura LM35

10mV – 1°C

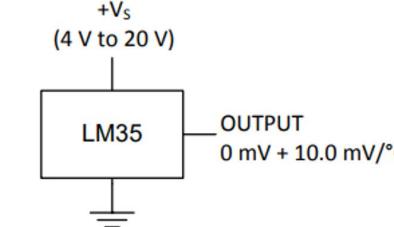
En la configuración básica:

$2\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 0\text{ V}$

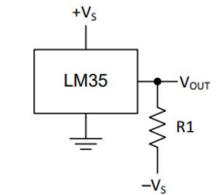
$150\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 1.48\text{ V}$



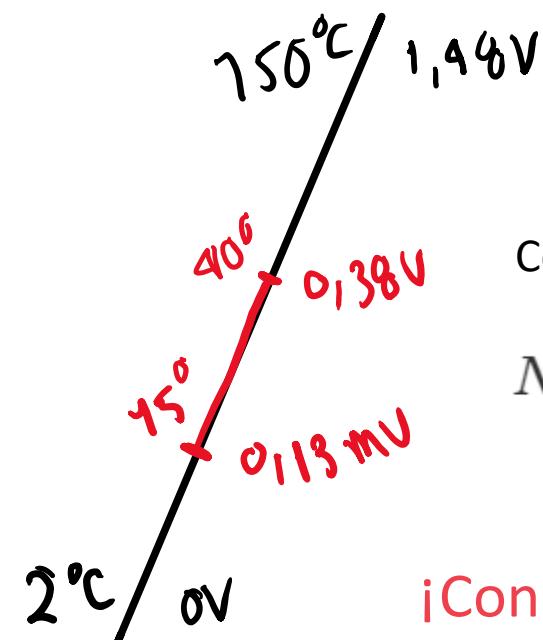
Basic Centigrade Temperature Sensor  
(2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



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



Con el ADC del Arduino...

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

¡Con una etapa de acondicionamiento se puede mejorar!

# Hardware y adquisición

Sensores y Señales

Acondicionamiento

Adquisición ADC

Tarjetas de desarrollo

Transmisión de datos

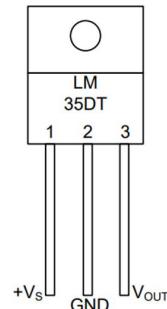
## Ejemplo: sensor de temperatura LM35

10mV – 1°C

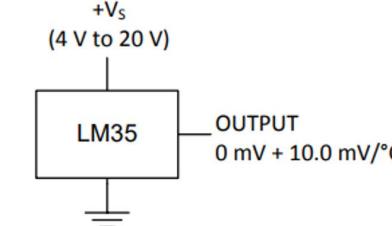
En la configuración básica:

$2\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 0\text{ V}$

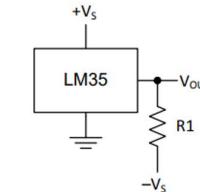
$150\text{ }^{\circ}\text{C} \rightarrow 1.48\text{ V}$



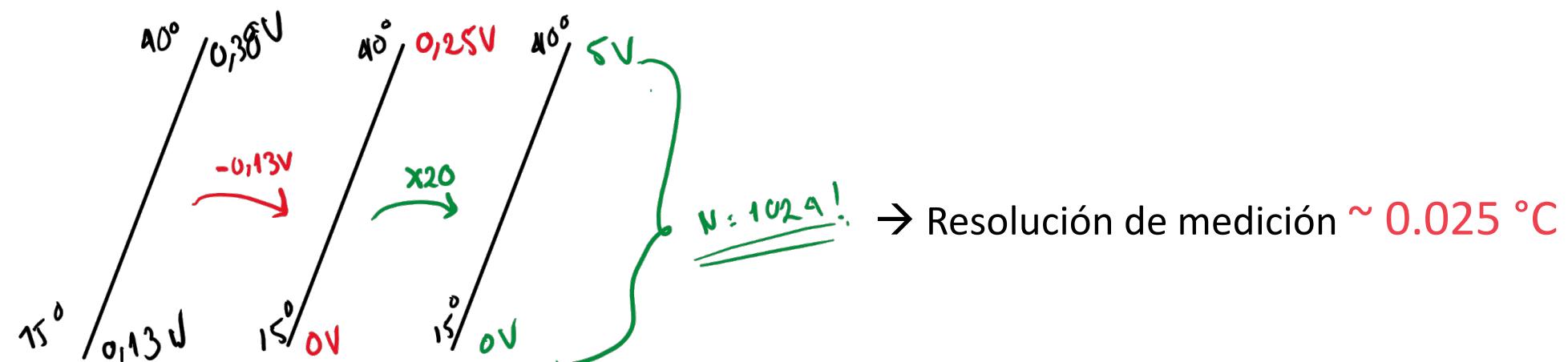
Basic Centigrade Temperature Sensor  
(2°C to 150°C)



Full-Range Centigrade Temperature Sensor



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



# Hardware y adquisición

Sensores y Señales

Acondicionamiento

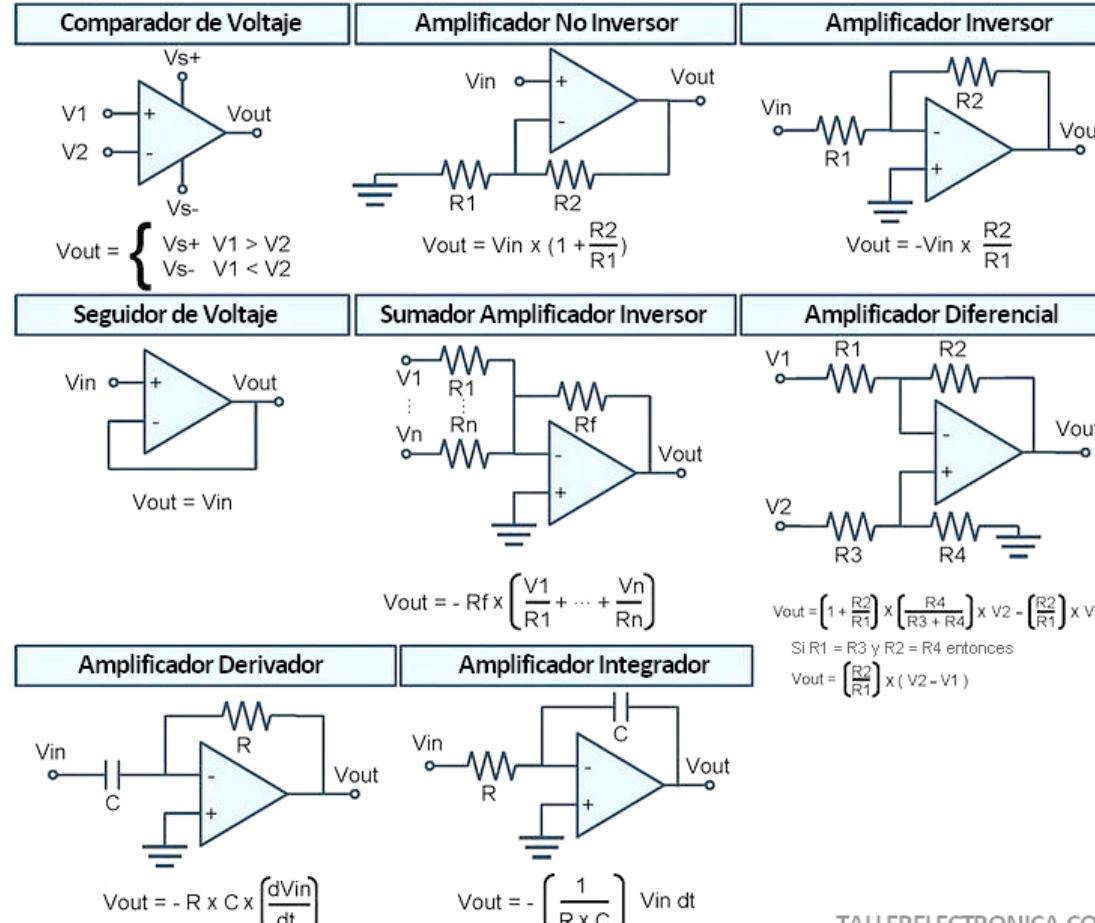
Adquisición ADC

Tarjetas de desarrollo

Transmisión de datos

El acondicionamiento se logra usando amplificadores operacionales

## Configuraciones Básicas de Amplificadores Operacionales



TALLERELECTRONICA.COM

# Hardware y adquisición

Sensores y Señales

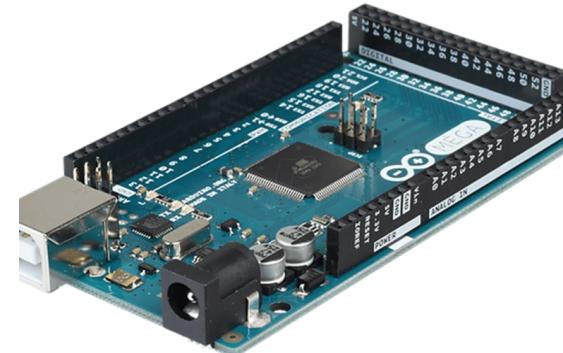
Acondicionamiento

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

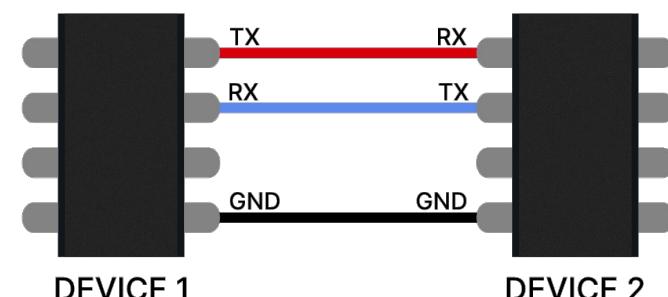
Tarjetas de  
desarrollo

Transmisión de  
datos

La transmisión de los datos dependerá de la tecnología usada.

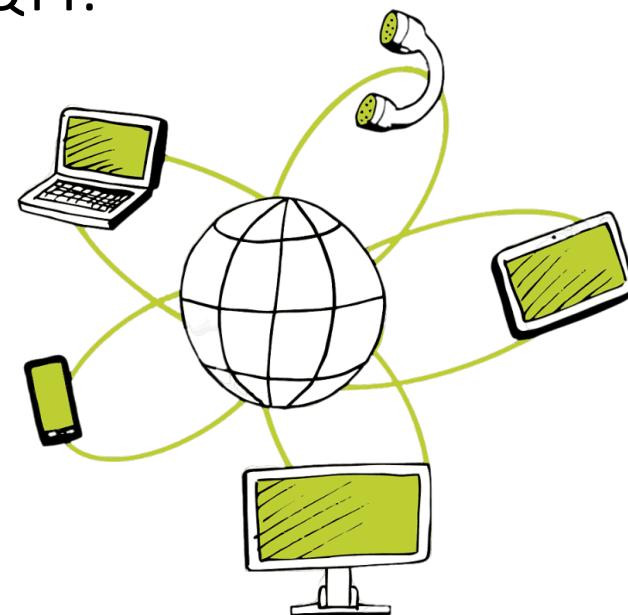
Si **no cuenta** con conexión a internet:

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



Si **cuenta** con conexión a internet:

- Web server:
- Web Socket:
- MQTT:





# ¡Sigamos con la actividad práctica!