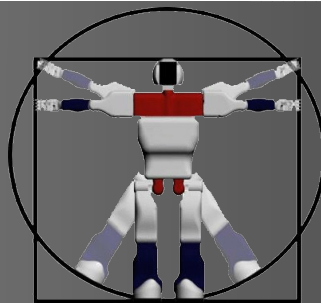
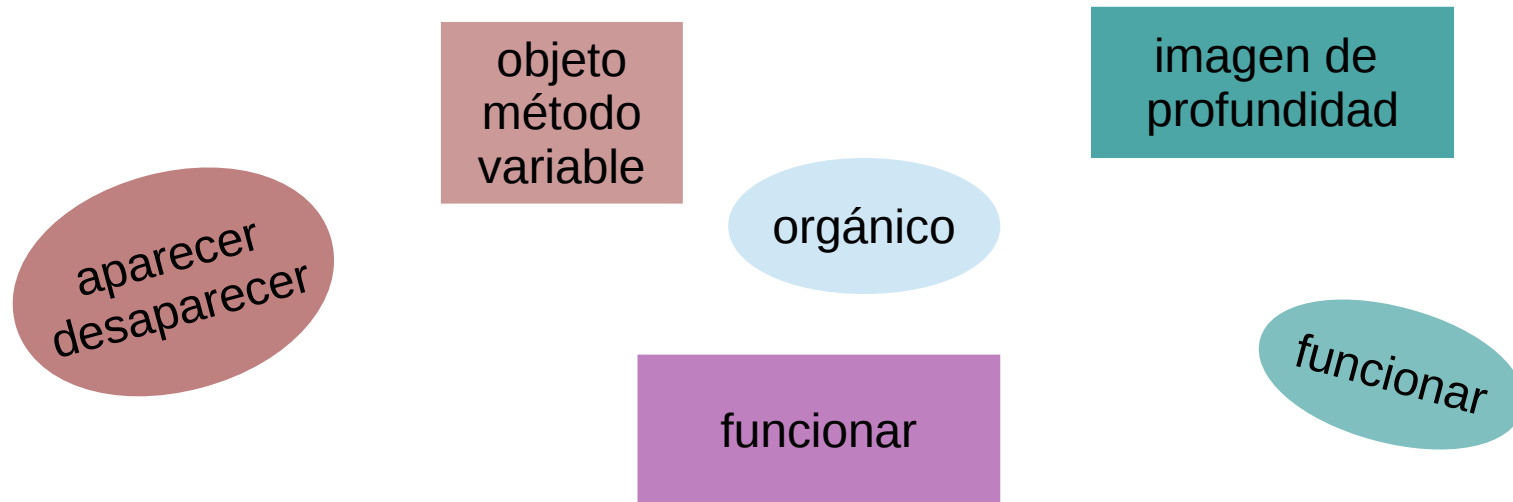


Sensores, Actuadores y Control

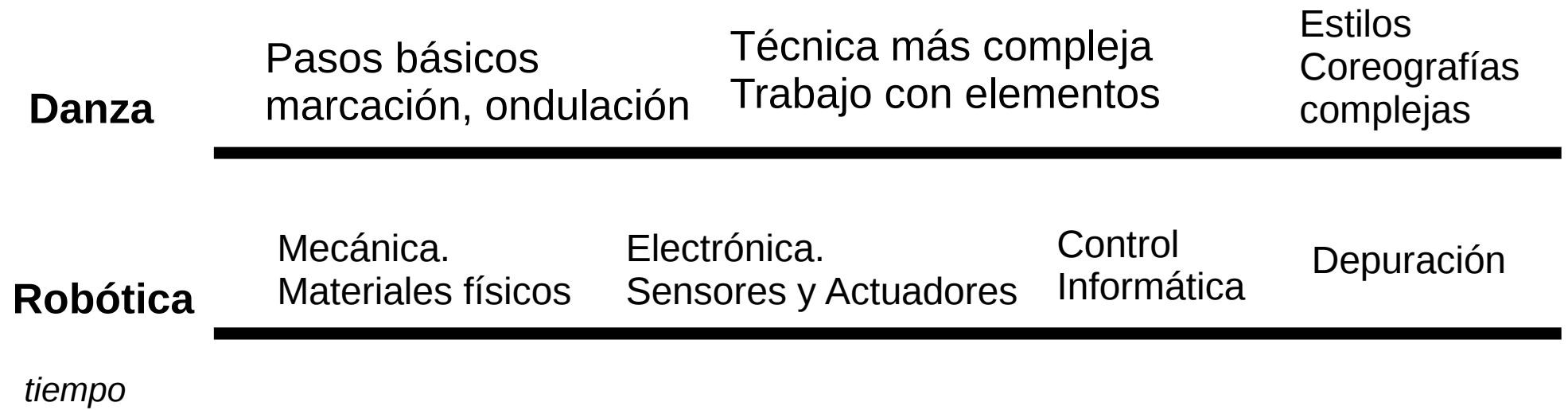


1. Metodología para un proyecto *artechne*
2. Sistema interactivo y control
3. Sensores
4. Actuadores
5. Controlador

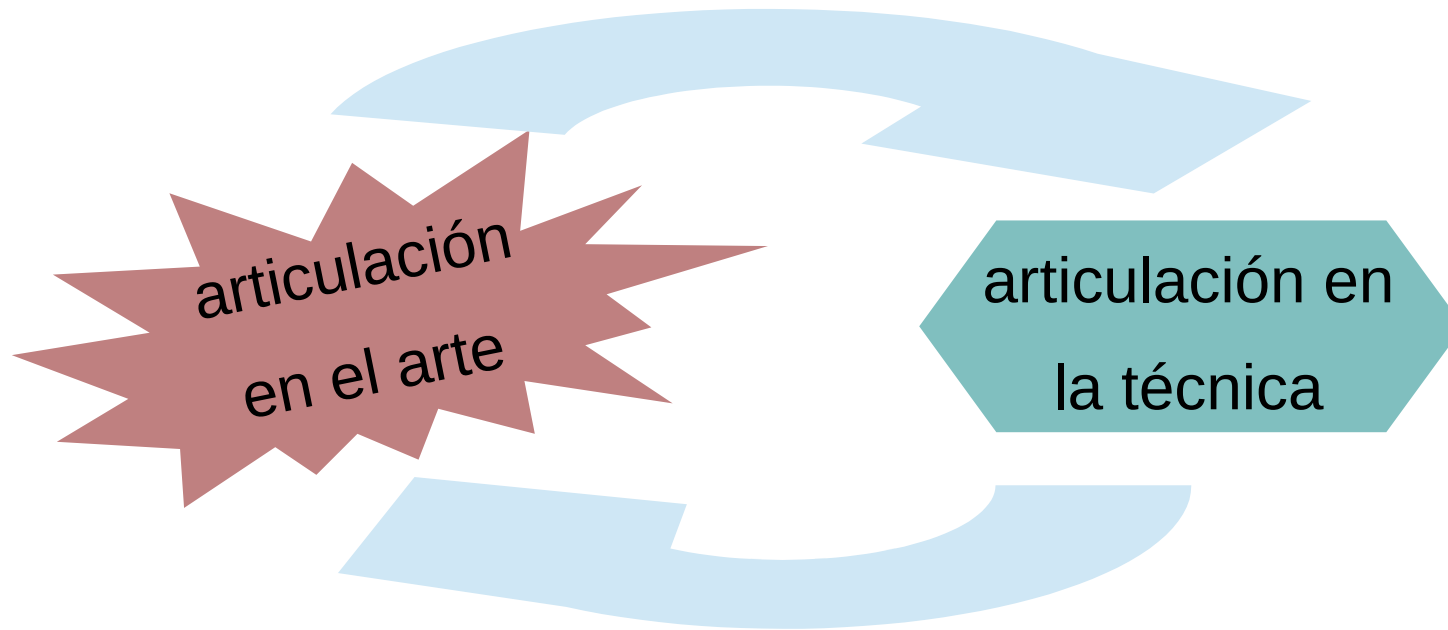
- Contenidos.
 - Estética y técnica: el fin y el medio.
 - La idea artística es el centro, y el fin.
 - La articulación técnica es una *prótesis*.
 - Lenguaje técnico frente al lenguaje artístico.



- Tiempos.
 - Artes escénicas y danza: improvisación, modificación de la obra a la vez que la propia obra.
 - Tecnología: planificación, implementación, test y depuración. Modificación fuera del funcionamiento.



- Contenidos y tiempos coordinados.
- Partir de unidades ya realizadas: elementos.
- Trabajar sobre un mismo *concepto*, una misma *idea*.
- Diálogo. Conocimiento mutuo: posibilidades, necesidades



“Dionisos habla la lengua de Apolo, pero Apolo habla finalmente la lengua de Dionisos”
(F. Nietzsche *“El nacimiento de la tragedia en el espíritu de la música”*, 1872)

tiempo

Robótica

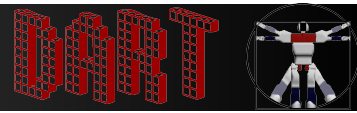
Mecánica.
Materiales físicos

Electrónica.
Sensores y Actuadores

Control
Informática

Depuración

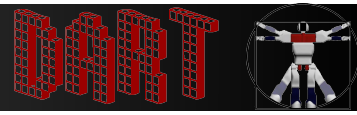
1. **Mecánica:** materiales, conexiones, arquitectura y escultura de la obra.
2. **Electrónica:** sensores y actuadores.
3. **Control:** algoritmos, implementación, informática.



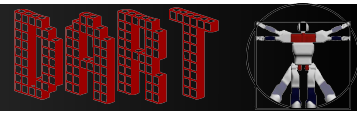
1. Mecánica

Materiales estructurales y funcionales:

- Alambre moldeable.
- Cilindros, cajas, placas de plástico.
- Gomas, cuerdas, cartón,...
- Pistola de silicona y taladradora *Dremel*.
- Reciclaje: juguetes, muñecos, botes,



2. Sensores



Sensores de proximidad:

- IR (Infrarrojos), SONAR, LASER.
- PIR: *Passive Infrared Sensor*.
- Capacitivos.

Sensores ópticos:

- Camaras.
- KINECT.
- LDR: *Light Depending Resistor*.

Sensores “olfativos”:

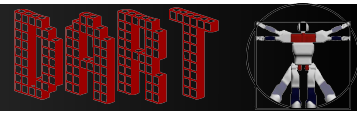
- Alcohol. Radiación.
- Brújula. Magnéticos.

Sensores mecánicos:

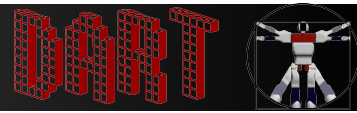
- Piezoeléctricos: vibraciones, golpes.
- Micrófono.
- Sensor de presión. Extensiómetros.
- Acelerómetros. Giróscopos. Inclinómetros.
- Odometría. Tacómetros.
- *Switch. Tap.* Sensores final de carrera.
- Sensores de efecto *Hall*.
- Potenciómetro.
- Sensores de flujo del aire.

Sensores temperatura:

- Termómetros.
- Pirómetros. Detectores de llama.

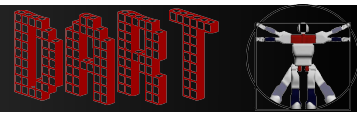


- **Alimentación:** pasivos / activos.
 - **Señal:** analógicos / digitales.
 - **Naturaleza** de la magnitud que miden.
-
- **Rango:** límite físico dentro del cual el sensor funciona.
 - **Precisión:** mínima variación física que es capaz de detectar.

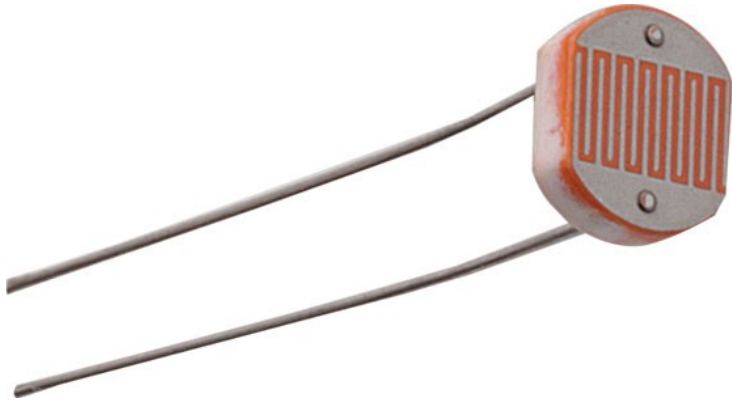


- Optosensores.
- Sensores de movimiento.
- Sensores de fuerza.
- Telémetros.
- Cámaras.

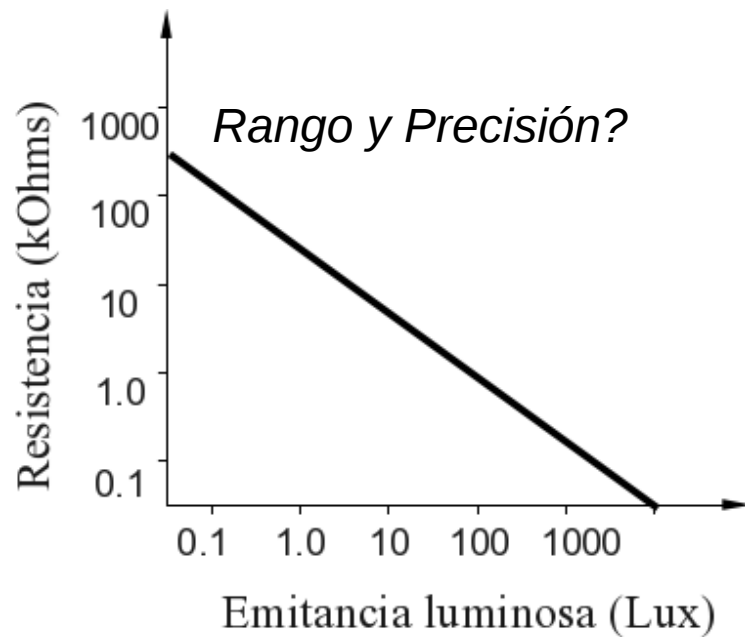
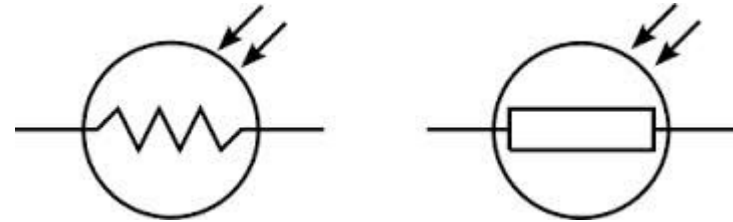
LDR: *Lighting Dependent Resistor*



Sensor pasivo, analógico



Símbolo electrónico



LDR cambia su resistencia entre
Mega ohmios y *décimas de ohmio*.

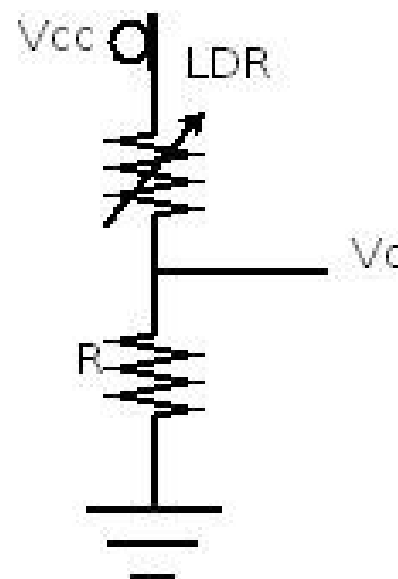
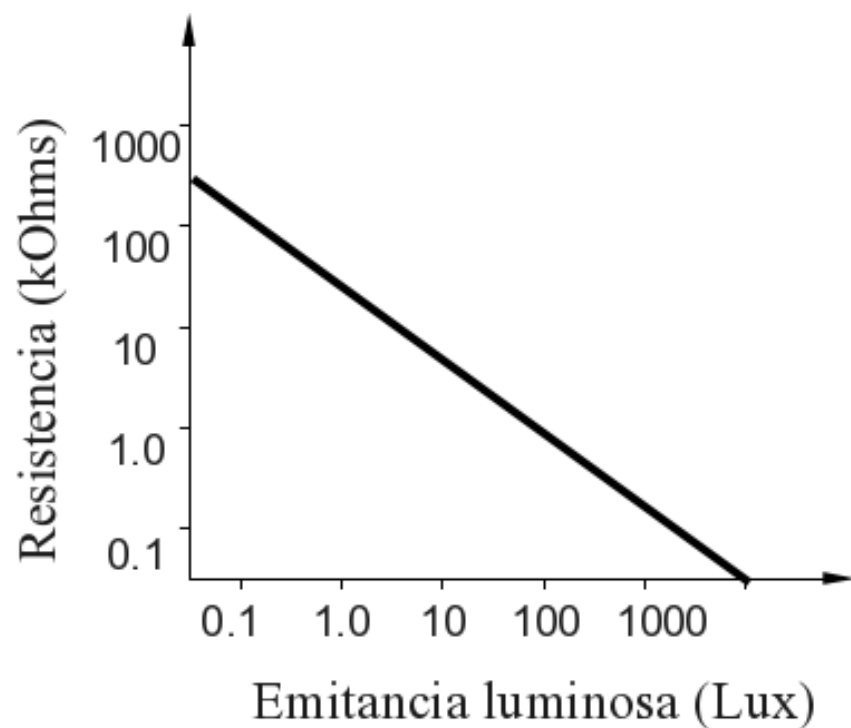
Sensor pasivo, analógico

- Percepción de fuerza o de deformación del sensor.
- Señal análoga a la deformación que sufre el sensor.
- Cambian la resistencia según esta deformación.



Sensores pasivos que cambian su resistencia en un rango impreciso.

- Ejem: LDR cambia su resistencia entre *Mega ohmios* y décimas de *ohmio*.
- Se coloca en serie con una resistencia en mitad del rango y se divide la tensión.
- Calibración: señal de salida en el rango $[0, V_{cc}]$.



$$V_o = \frac{R}{R + R_{LDR}} V_{cc}$$

Sensor pasivo, analógico

- Percepción de vibraciones y golpes.
- Sirve también como actuador: como altavoz o vibrador.
- Funciona mediante un cristal de cuarzo.
- Da tensiones muy altas, luego se suele colocar una resistencia del orden de *Megaohmios* en paralelo, para evitar daños en el circuito de lectura.
- Se suele utilizar como sensor *todo-nada*.

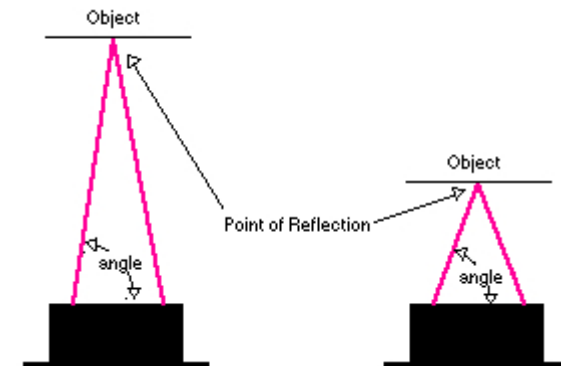
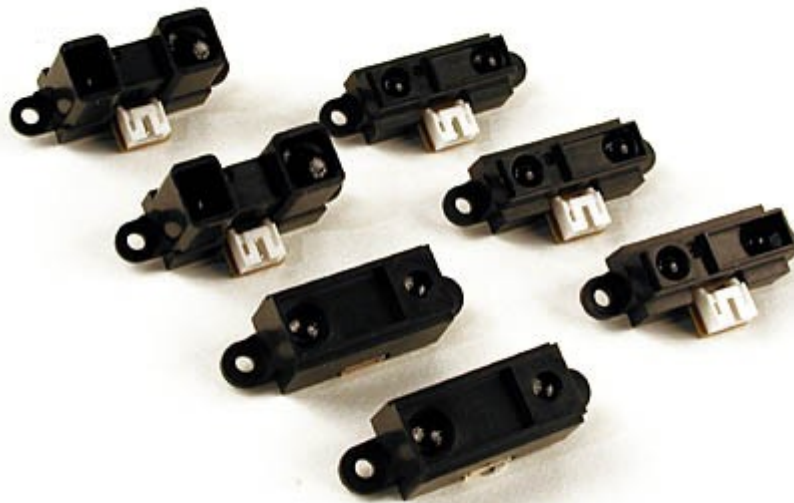


Acelerómetros y Giróscopos

- Sensor *activo analógico*
- Miden la aceleración y el ángulo de inclinación respectivamente.
- Rango: señal análoga que va entre $[0, V_{cc}]$
- Precisión: depende número bits de muestreo.
 - Ejem: $10\text{bits} \Rightarrow 1024 \text{ valores} \Rightarrow 180^\circ/1024 = 0,18^\circ$
- Los hay de 2 o 3 ejes cartesianos X, Y, Z.
- Sensibilidad del acelerómetro en función de g : 3G 5G, etc.



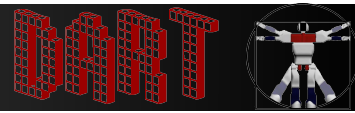
- Los más utilizados son de la marca SHARP.
- Miden el ángulo del haz de rebote.
- Dan una señal analógica entre $[0, V_{cc}]$ de la distancia que miden.
- Rango entre 60 cm y 80m dependiendo del modelo.



Sensor activo digital

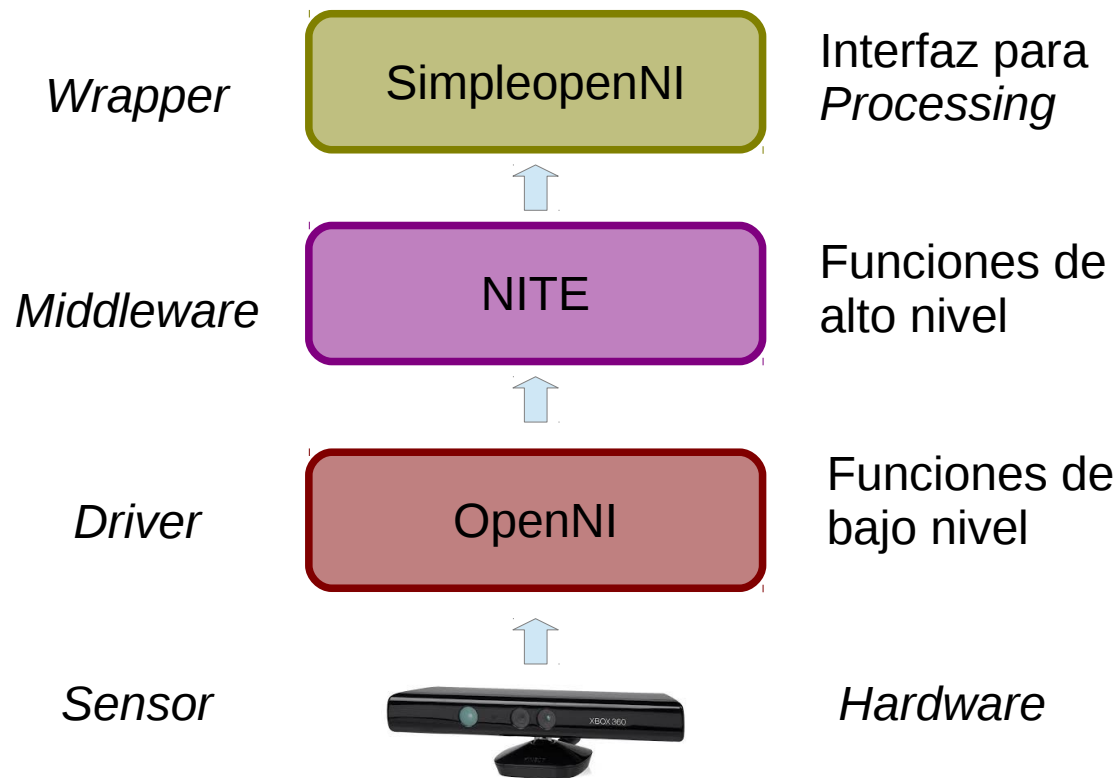
- Sensor activo mezcla de: cámara y reconocedor de patrones.
- Emite una red de puntos de IR y analiza su deformación.
- Devuelve información de profundidad.
- Incluye una matriz de micrófonos para la localización sonora.

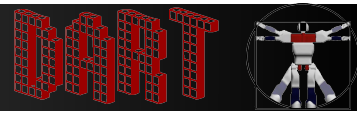




- Cámara web: imagen normal de *jpg*.
 - Cámara de profundidad: imagen de píxeles en *3D*.
 - Matriz de micrófonos.
-
- Rango: *60cm a 14 metros*
 - Múltiples *librerías* disponibles.

- Rango: 60cm a 14 metros
- Librerías a utilizar.





3. Actuadores

Motores:

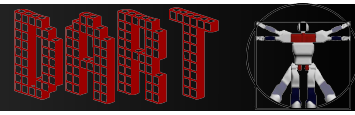
- Continua. Velocidad análoga a la tensión de entrada. *Drive*.
- *Stepper*. Movimiento *controlado* por pasos.
- Servos. Movimiento controlado por PWM (*Pulse Width Modulation*).
- Neumáticos/Hidráulicos. Para una necesidad alta de fuerza.
- Solenoides. Para crear campos magnéticos, percusores, etc.

Otros actuadores:

- Altavoces. Piezoeléctrico como altavoz.
- Generador de olores USB.
- Ferrofluidos. Toman forma análoga al campo magnético que se crea.

Actuadores ópticos:

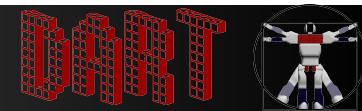
- LED: *Light-Emitting Diode*.
- Proyector.



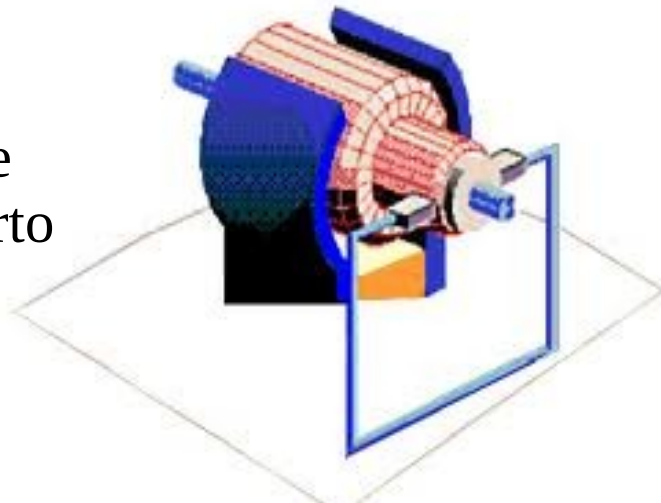
- Motores DC
- Servos
- LEDs

- Velocidad de giro es proporcional a la tensión de entrada.
- Funcionan en lazo abierto, luego necesitan sistema de control.
- Funcionan con corriente continua entre sus bornas.
- El sentido de la corriente establece el sentido de giro.
- *Drive*: dispositivo que intercede (*interfaz*) entre el sistema de control y el suministro de corriente.
- *Puente H*. Es un *drive* especial que actúa como un amplificador para ambos sentidos de movimiento del motor.

Motores DC y control mediante tacómetro



Bucle Abierto



Bucle Cerrado



Motor: Función de Transferencia

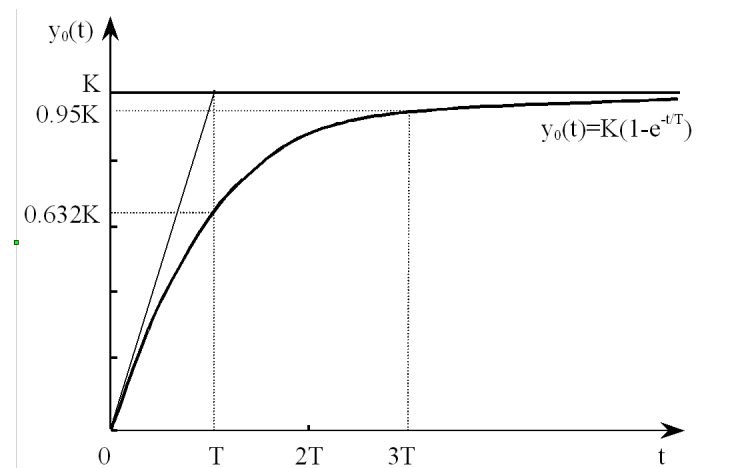
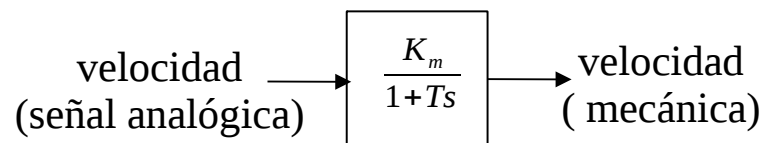
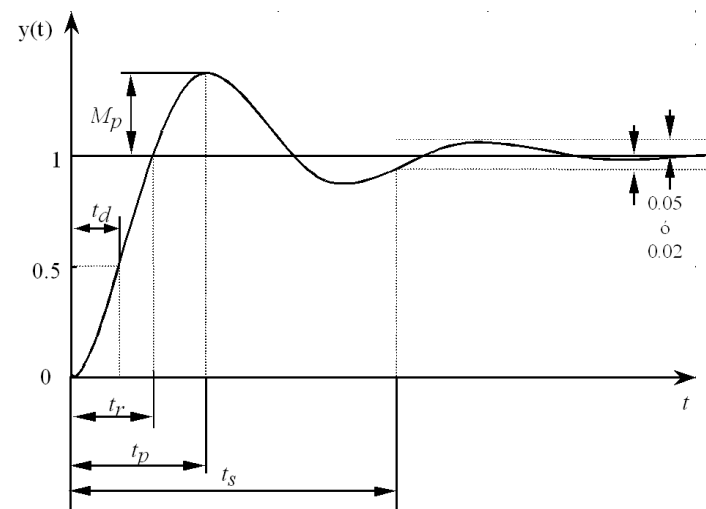
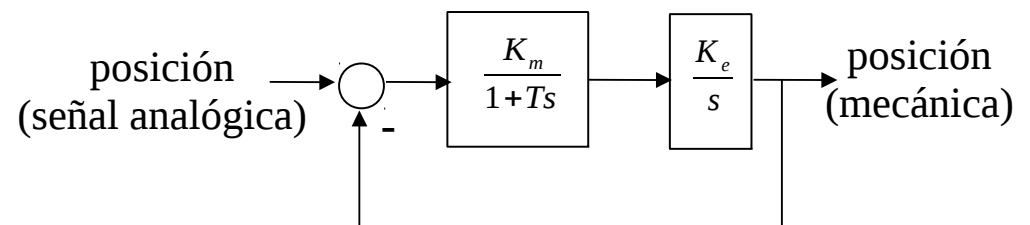
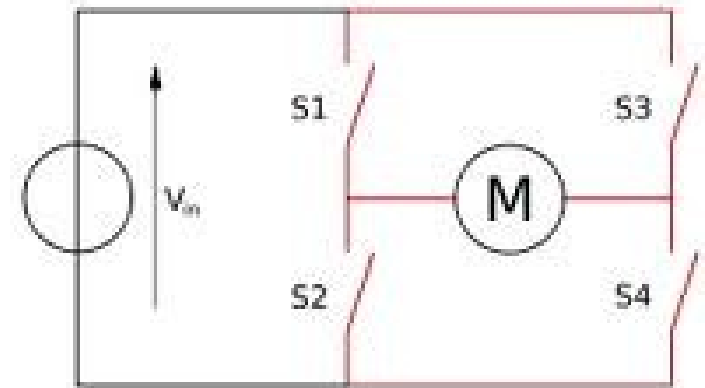
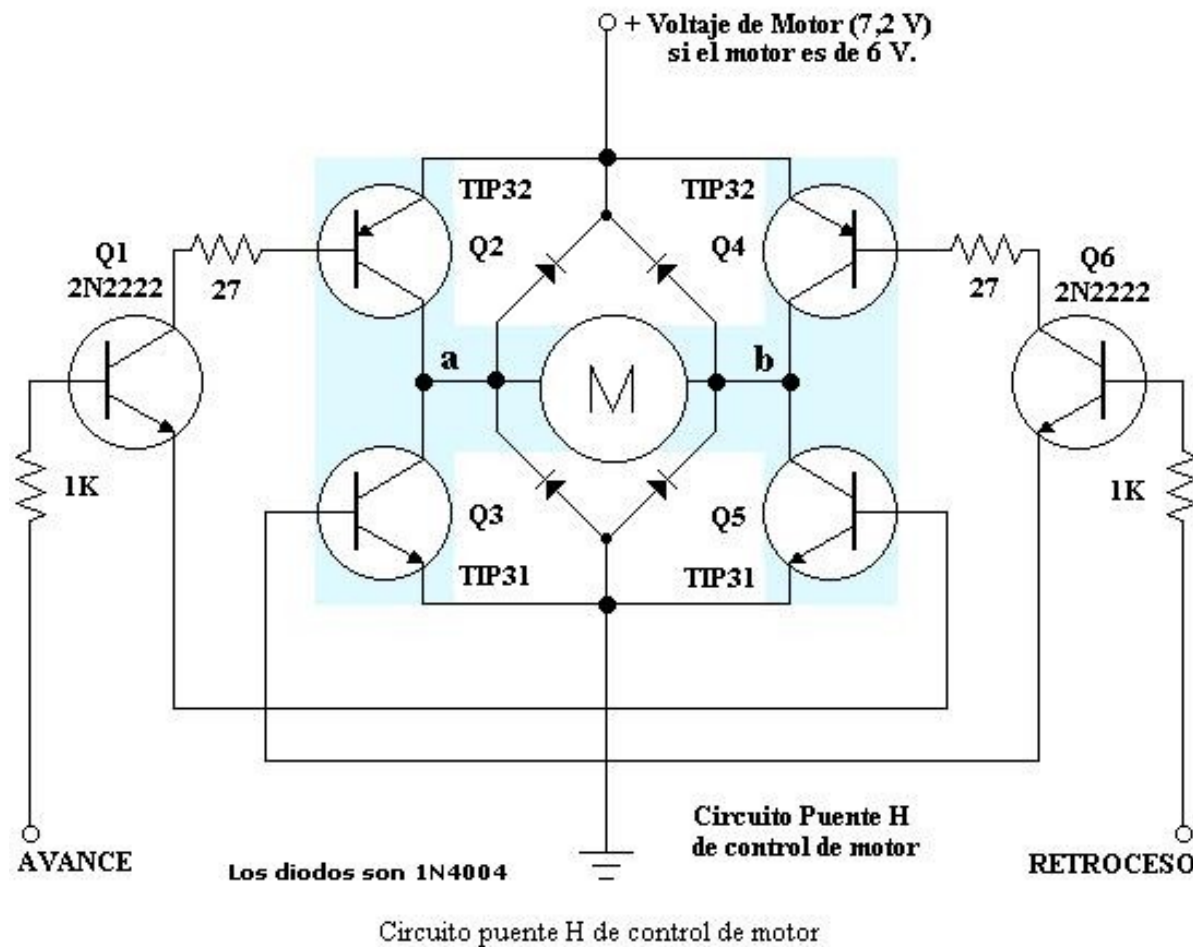


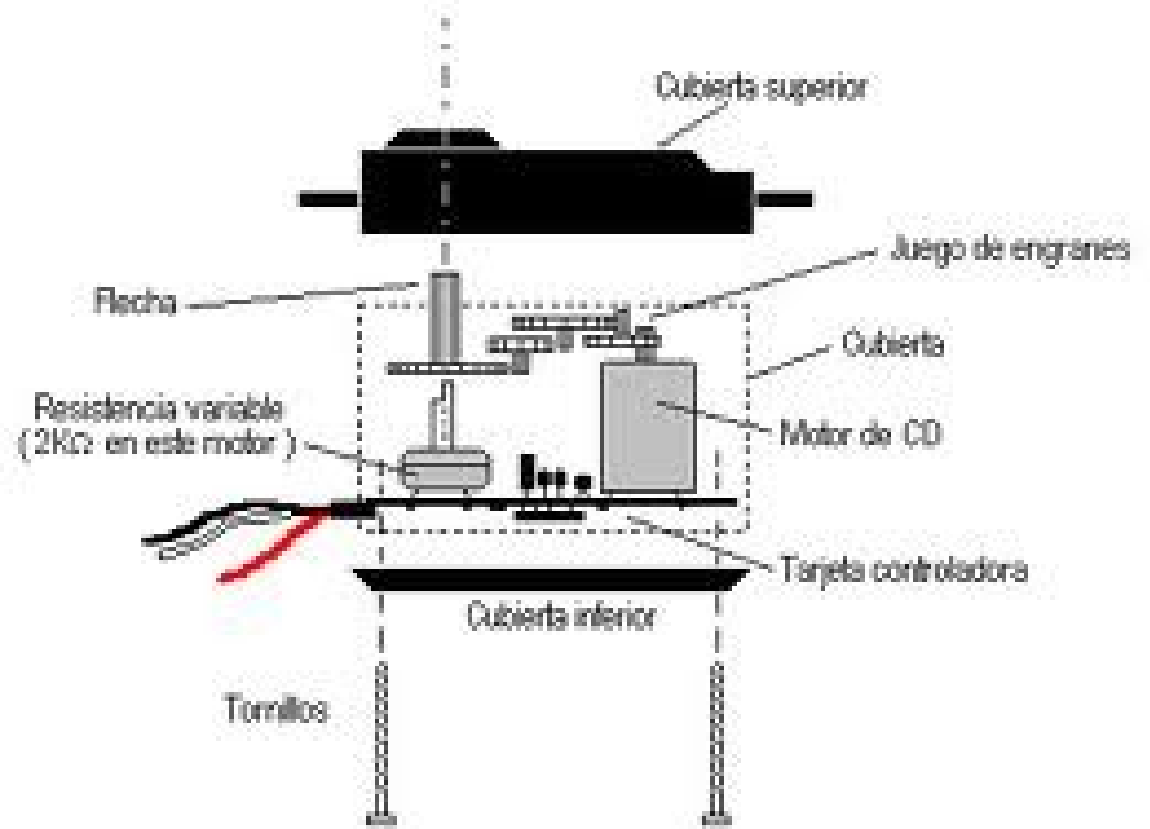
Figura 1.- Respuesta de un sistema de 1º orden ante entrada escalón unitario.



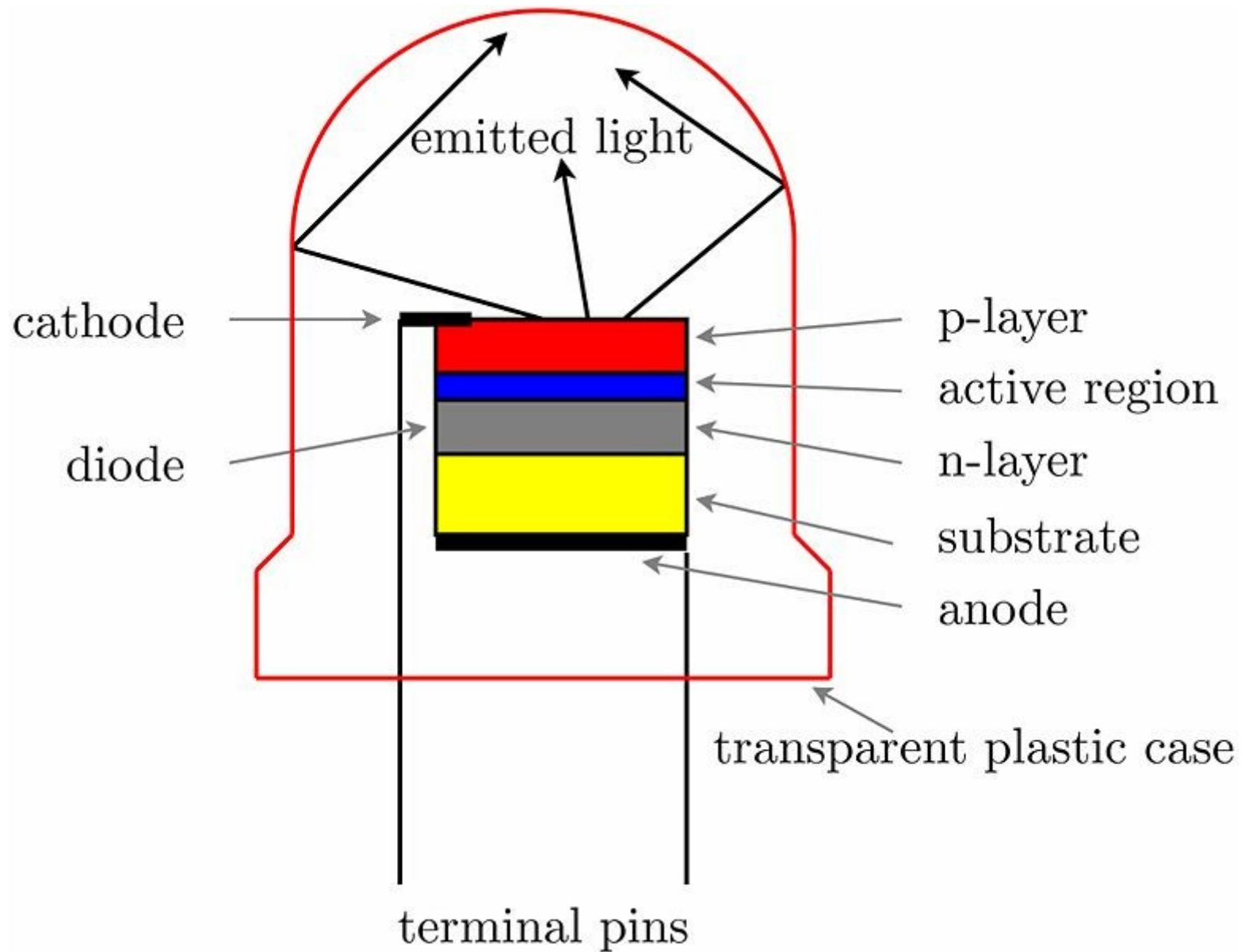
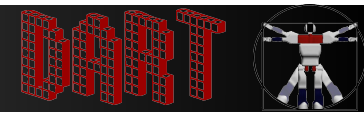
- **Puente H.** Es un *drive* especial que actúa como un amplificador para ambos sentidos de movimiento del motor.

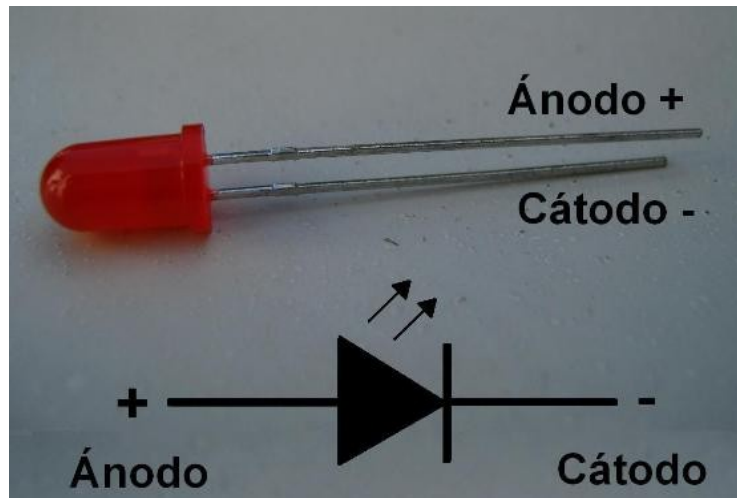


- Funcionan con una señal PWM (*Pulse Width Modulation*).
- Necesitan de un controlador (*driver*) para generar las señales de entrada.
- Movimiento preciso autocontrolado.



LED: Light Emitting Diode



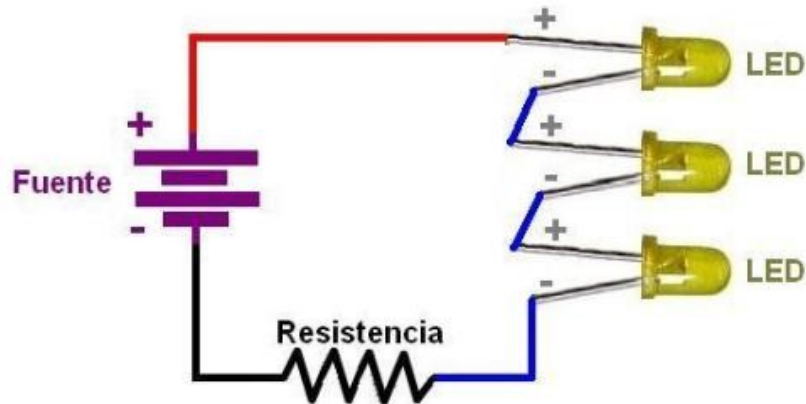


- El color marca la caída de tensión.
- Tope de consumo de corriente.

- Ánodo a polo positivo.
- Cátodo a tierra

LED	VF V	IF A
Rojo std	1,5	0,015
Verde std	1,8	0,015
Amarillo std	1,8	0,015
Blanco	2,8	0,02
Amarillo brillante	2	0,02
Verde brillante	3	0,02
Azul brillante	3	0,02
Rojo brillante	2	0,02

- Colocación de una resistencia en serie.
- Varios LEDs se conectan en serie.



$$R = \frac{V_s - n V_f}{I_f}$$

LED	VF V	IF A
Rojo std	1,5	0,015
Verde std	1,8	0,015
Amarillo std	1,8	0,015
Blanco	2,8	0,02
Amarillo brillante	2	0,02
Verde brillante	3	0,02
Azul brillante	3	0,02
Rojo brillante	2	0,02

V_s : tensión de alimentación

n : número de LEDs

V_f : tensión de caída en el LED-

I_f : corriente máxima de consumo

- LED rojo a 3V => $R \sim 100 \Omega$
- LED rojo a 5V => $R \sim 500 \Omega$
- LED amarillo a 3V nos da una R del orden de 50Ω

LED	VF V	IF A
Rojo std	1,5	0,015
Verde std	1,8	0,015
Amarillo std	1,8	0,015
Blanco	2,8	0,02
Amarillo brillante	2	0,02
Verde brillante	3	0,02
Azul brillante	3	0,02
Rojo brillante	2	0,02

$$R = \frac{V_s - n V_f}{I_f}$$

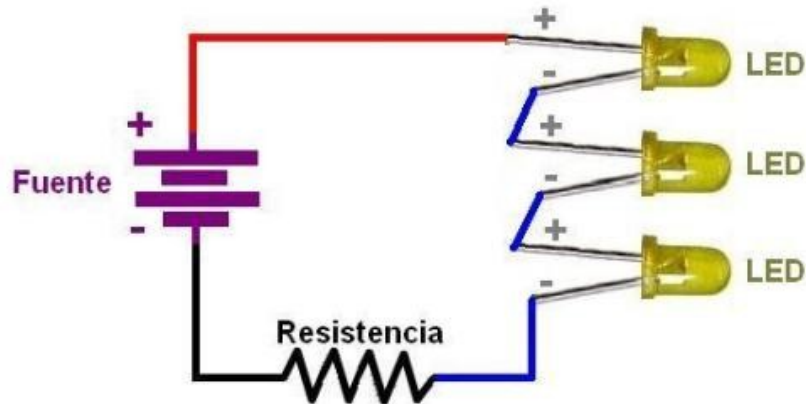
V_s : tensión de alimentación

n : número de LEDs

V_f : tensión de caída en el LED-

I_f : corriente máxima de consumo

- Colocación de una resistencia en serie.
- Varios LEDs se conectan en serie.



$$R = \frac{V_s - n V_f}{I_f}$$

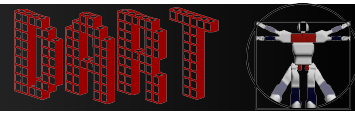
LED	VF V	IF A
Rojo std	1,5	0,015
Verde std	1,8	0,015
Amarillo std	1,8	0,015
Blanco	2,8	0,02
Amarillo brillante	2	0,02
Verde brillante	3	0,02
Azul brillante	3	0,02
Rojo brillante	2	0,02

V_s : tensión de alimentación

n : número de LEDs

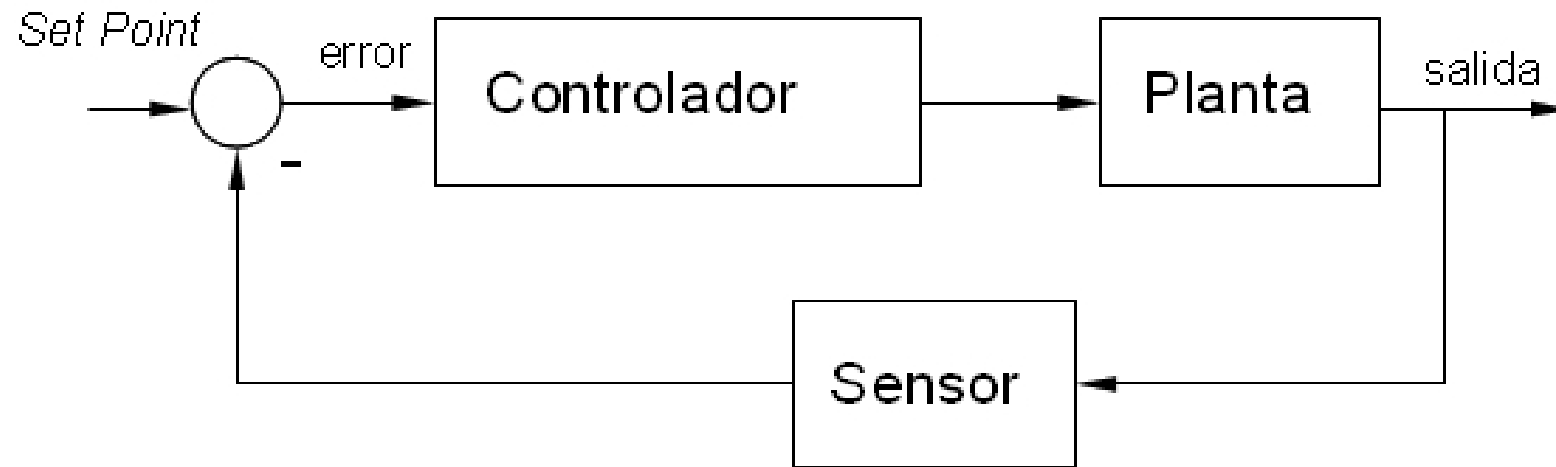
V_f : tensión de caída en el LED-

I_f : corriente máxima de consumo



4. Control

Diagrama de bloques de un sistema de control



- **Planta:** sistema que se quiere controlar
- **Sensor:** percepción del *estado del mundo (externo)*
- **Controlador:** adaptación del estado del mundo hacia *el mundo deseado*.

Ejemplos sistemas de control

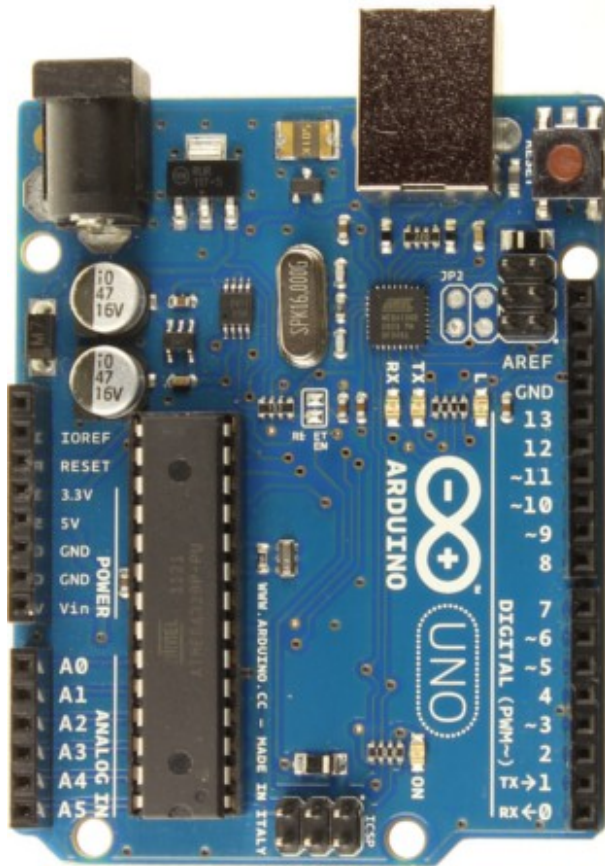
- **Fototropismo**
- Orientación del crecimiento de una planta fotosensible hacia la luz.



- **Sensor:** ➤ Fototropina, receptor de la luz.
- **Actuador:** ➤ Auxina, hormona de crecimiento.
- **Controlador:** ➤ Crecimiento diferencial debido al fototropismo negativo.
- **Planta:** ➤ La planta.



- Entradas /Salidas Analógicas/Digitales. **UNO:**
- Control mediante programación de un PIC (*Peripheral Interface Controller*).



- 14 Digital programmable Inputs/Outputs.
- `setMode(int pin_number, INPUT/OUTPUT)`
- 6 PWM analog outputs:
 - D3, D5, D6, D9, D10, D11.

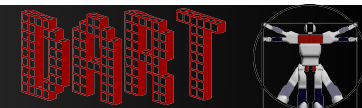
`analogWrite(int pin_number, int value)`

- 8 bits. 0 – 255. 0 – 5V.
- 6 Analog Inputs.

`int value analogRead(int pin_number)`

- 16 bits. 0 – 1023. 0 – 5V
- ver `analogReference()`

Interfaz de programación de Arduino



#define MACRO valor

- Primitiva al compilador para que sustituya MACRO por *valor* en el resto del código.

- *Variables globales*. Son visibles y accesibles en cualquier parte del código dentro del mismo fichero.

- *Declaración de variables*. Antes de utilizar una variable hay que declararla del siguiente modo:
type variable_name;

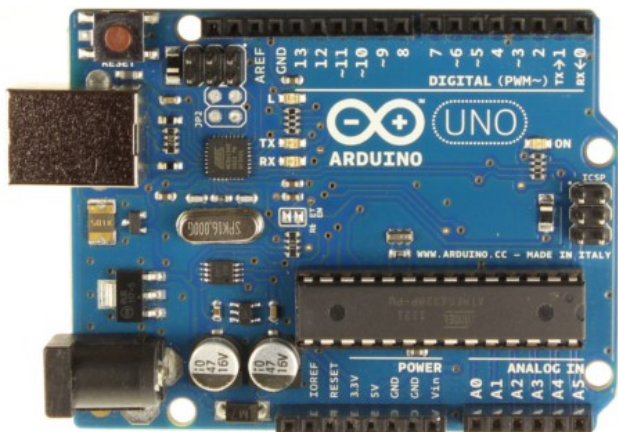
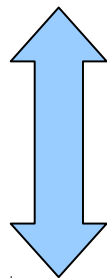
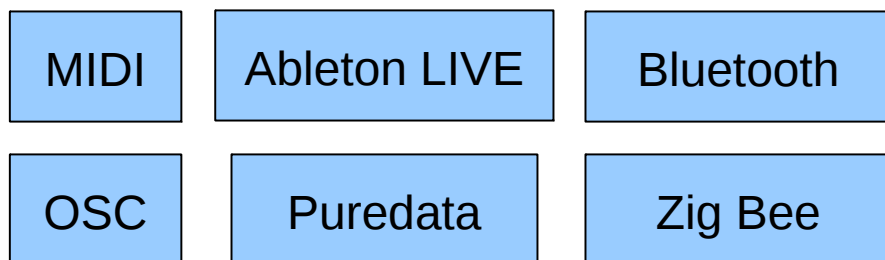
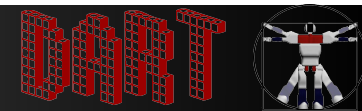
void setup()

- Se ejecuta una sola vez cuando la placa se enciende.

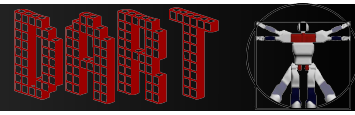
void loop()

- Se ejecuta constantemente en bucle.

Principales interfaces de Arduino



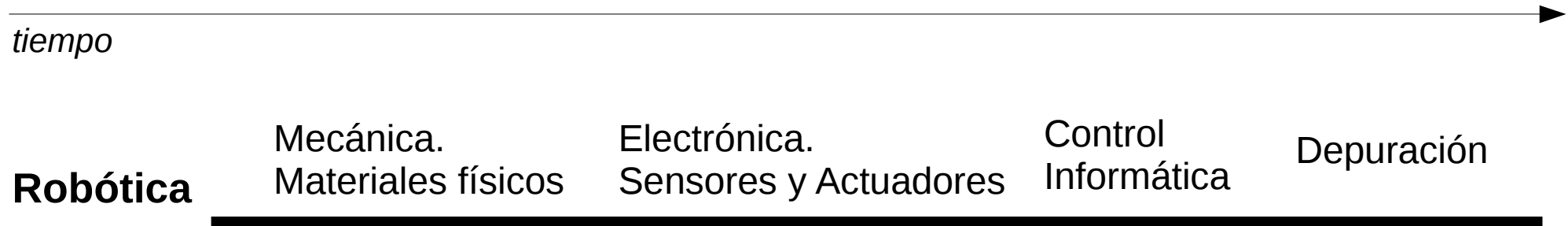
- Programación de salidas/entradas como MIDI / OSC.
 - Control de dispositivos MIDI / OSC: sintetizadores, secuenciadores, luces,...
- Unión con software externo: Processing (síntesis visual), Ableton LIVE (sonido), Puredata (sonido y multimedia), etc.
- Ethernet.
- Bluetooth y ZigBee. Sensores en red *wireless*. Protocolo SDA/SCL: conexión directa de varias placas entre si.



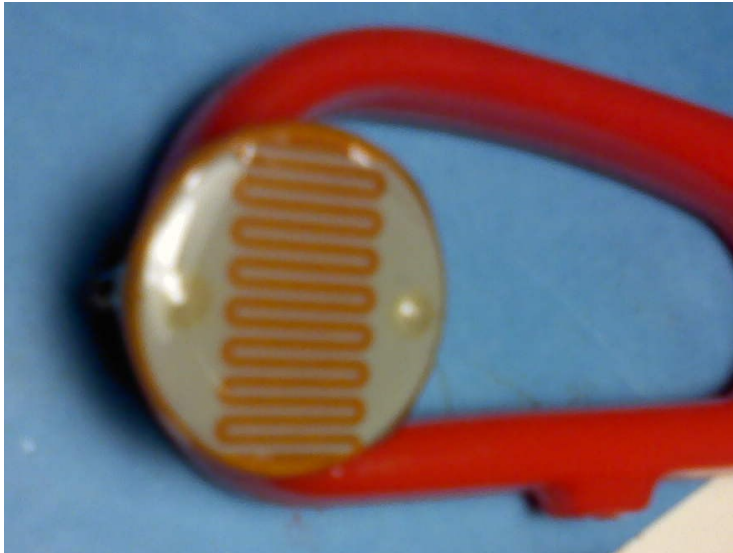
5. Ejemplo

Ejemplo Arduino “opto-Theremin”





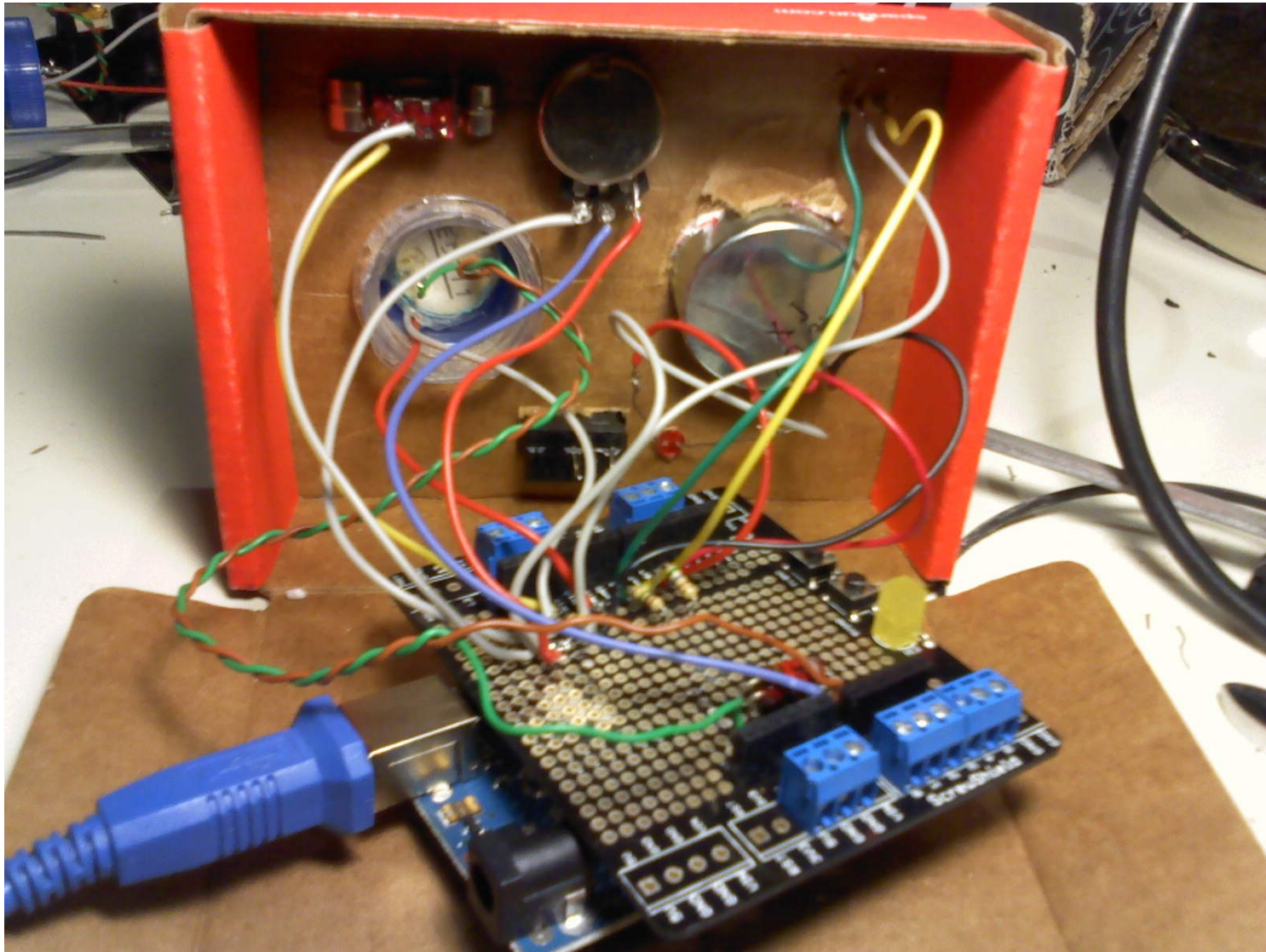
1. **Mecánica:** materiales, conexiones, arquitectura y escultura de la obra.
2. **Electrónica:** sensores y actuadores.
3. **Control:** algoritmos, implementación, informática.

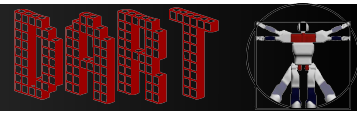


LDR como sensor de luz

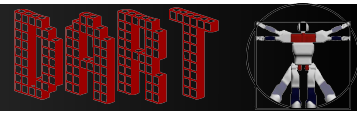
Sensor de luz protegido
mediante un cilindro de
cartulina



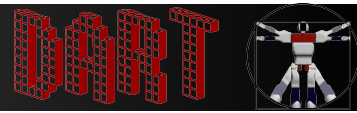




- *LDR* colocado en serie con otra resistencia para calibrarlo.
- Circuito sensorial como entrada analógica en *A0*.
- *Altavoz* como salida analógica directa de arduino por *D6*.



```
Setup() {  
  //configure digital inputs/outputs  
  //turn lights on  
  //express that setup was OK.  
}  
Loop() {  
  //check if calibration  
  //Read LDR value  
  //Normalize to audible range (20 HZ to 2kHz for example)  
  //Calculate pitch  
  //Play pitch  
}
```



```
/**
```

```
  @brief Opto theremin, is a sine audio signal modulated in amplitude and frequency by  
  two independent optical sensors.
```

```
*/
```

```
#include <Tone.h>
```

```
#define LDR_PIN 1
```

```
#define SPEAKER_PIN 6
```

```
#define MAX_PITCH 2000
```

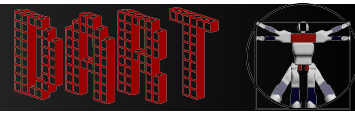
```
#define MIN_PITCH 20
```

```
#define CALIBRATION_PIN 13
```

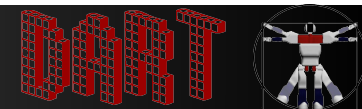
```
#define LDR_MAX 380
```

```
#define LDR_MIN 10
```

```
Tone theremin;
```



```
void setup(){  
  theremin.begin( SPEAKER_PIN );  
  pinMode( CALIBRATION_PIN, INPUT );  
  
  theremin.play( 440 );  
  delay(1000);  
  theremin.stop();  
}
```

```
void loop() {  
  pitch = analogRead( LDR_PIN );  
  double A = (MAX_PITCH - MIN_PITCH);  
  A = A / (LDR_MAX - global_ldr_min);  
  double B = MIN_PITCH * LDR_MAX;  
  B = B - (MAX_PITCH * global_ldr_min);  
  B = B / (LDR_MAX - global_ldr_min);  
  // pitch = (MAX_PITCH - MIN_PITCH) / (LDR_MAX - global_ldr_min) *  
  analogRead( LDR_PIN ) +  
  // + (MIN_PITCH*LDR_MAX - MAX_PITCH * global_ldr_min) / (LDR_MAX -  
  global_ldr_min)  
  pitch = A * pitch;  
  pitch = pitch + B;  
  // Serial.print( "pitch = " ); Serial.println( pitch );  
  theremin.play( pitch );  
}
```