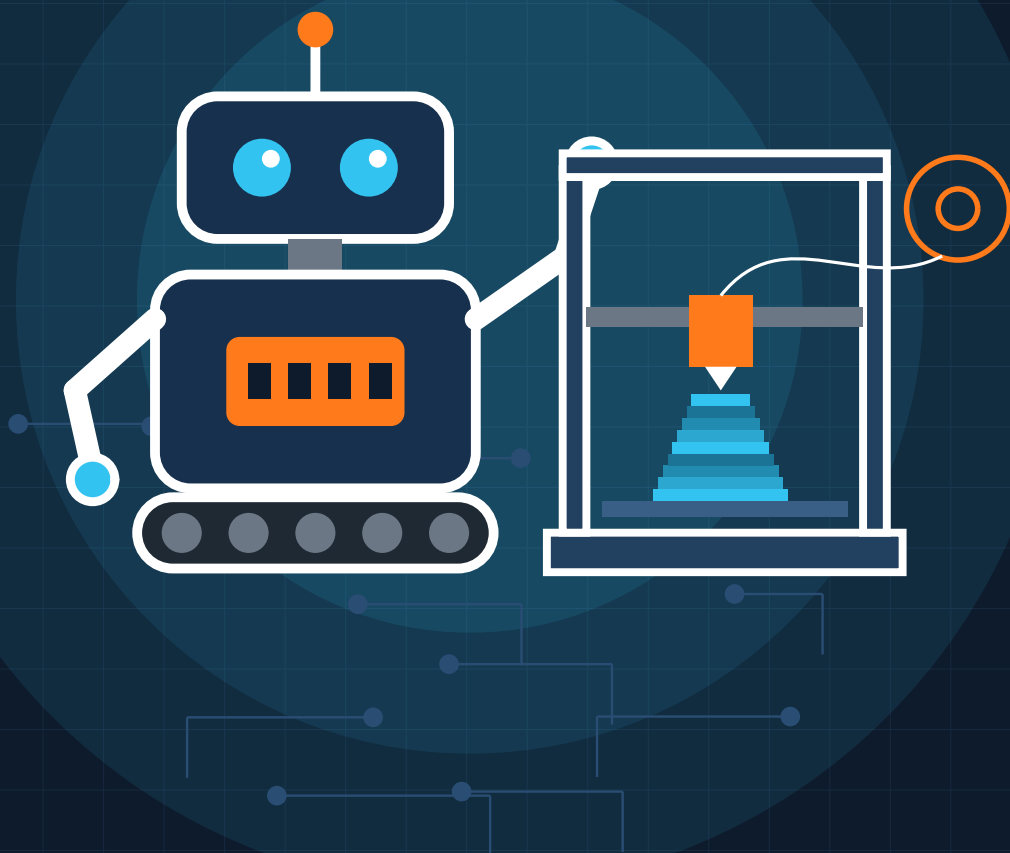


GUÍA PRÁCTICA · NIVEL INICIACIÓN

Robótica e Impresión 3D

*Construye tu primer robot con piezas de Amazon
y un chasis diseñado e impreso por ti*



Marlon Falcón Hernández

Arduino · Sensores · Motores · Diseño 3D · Impresión FDM

Robótica e Impresión 3D

Guía de iniciación con componentes de Amazon

© 2026 Marlon Falcón Hernández. Primera edición, octubre de 2026.

Los nombres de productos y marcas citados pertenecen a sus respectivos propietarios y se mencionan solo como referencia. Los precios indicados son orientativos y cambian con frecuencia: comprébalos siempre antes de comprar. Ni el autor ni el editor tienen relación comercial con los vendedores mencionados.

Trabajar con electricidad, baterías de litio y máquinas que alcanzan más de 200 °C conlleva riesgos. Sigue las indicaciones de seguridad de cada capítulo y las del fabricante de cada componente. Los menores deben trabajar bajo la supervisión de un adulto.

Índice

- Antes de empezar 5**
 - Cómo está organizado 5
 - Qué necesitas saber 5
- 1. La lista de la compra 7**
 - 1.1 El kit básico de electrónica 7
 - 1.2 La impresora 3D 10
 - 1.3 Filamento 10
 - 1.4 Presupuesto total 10
- 2. Herramientas y puesto de trabajo 12**
 - 2.1 Herramientas imprescindibles 12
 - 2.2 Opcionales que se agradecen 12
 - 2.3 Software (todo gratuito) 12
- 3. Electricidad sin miedo 14**
 - 3.1 La ley de Ohm 14
 - 3.2 La protoboard 14
 - 3.3 Leer las resistencias 15
- 4. Primeros pasos con Arduino 16**
 - 4.1 Instalación 16
 - 4.2 Estructura de un programa 16
 - 4.3 Un LED externo 17
 - 4.4 Leer un botón 17
 - 4.5 El monitor serie 18
- 5. Tu primera impresora 3D 19**
 - 5.1 Partes principales 19

5.2 Puesta en marcha	20
5.3 Parámetros de partida para PLA	20
5.4 El laminador	21
6. Diseña tus propias piezas	22
6.1 La lógica de Tinkercad	22
6.2 Mide antes de diseñar	22
6.3 Tolerancias	22
6.4 Proyecto de diseño: chasis del robot	22
7. Proyectos de entrenamiento	25
7.1 Servo controlado por potenciómetro	25
7.2 Medir distancias con el HC-SR04	26
7.3 Motores con el L298N	27
8. Proyecto final: robot evita-obstáculos	29
8.1 Montaje mecánico	29
8.2 Cableado eléctrico	30
8.3 El programa	30
8.4 Puesta a punto	31
8.5 Mejoras para seguir aprendiendo	32
9. Solución de problemas	33
9.1 Electrónica y programación	33
9.2 Impresión 3D	33
Glosario	34
Lista de comprobación final	35

Antes de empezar

Hace no tantos años, construir un robot exigía un laboratorio, piezas a medida y un buen presupuesto. Hoy basta con una mesa, un ordenador y un pedido a Amazon. Las placas Arduino cuestan lo que una pizza, los sensores se venden por lotes de cinco y una impresora 3D de iniciación fabrica piezas útiles desde el primer día. Esa combinación —**electrónica barata + programación sencilla + fabricación en casa**— es la que convierte la robótica en un hobby accesible para cualquiera.

Este libro sigue un camino práctico. No pretende hacerte ingeniero, sino llevarte de cero a un primer robot funcional entendiendo cada paso. Cada capítulo termina con algo que funciona y que puedes enseñar.

Cómo está organizado

- **Capítulos 1 y 2:** la lista de la compra y las herramientas. Qué comprar, por qué y qué evitar.
- **Capítulos 3 y 4:** electricidad básica y primeros programas con Arduino.
- **Capítulos 5 y 6:** la impresora 3D y el diseño de piezas propias.
- **Capítulos 7 y 8:** proyectos guiados que culminan en un robot evita-obstáculos.
- **Capítulo 9 y anexos:** solución de problemas, siguientes pasos y glosario.

Qué necesitas saber

Nada. Si sabes usar un ordenador, instalar un programa y seguir instrucciones con paciencia, tienes todo lo necesario. La única habilidad imprescindible es la curiosidad para preguntarte *por qué* funciona algo —y la tranquilidad para aceptar que la primera vez casi nunca sale a la primera.

Consejo del autor

Lleva un cuaderno de proyecto. Anota qué compraste, qué conexiones hiciste y qué parámetros de impresión usaste. Dentro de tres meses, ese cuaderno valdrá más que cualquier tutorial.

La lista de la compra

Amazon tiene miles de referencias para robótica y muchas son casi idénticas entre sí. Por eso, en lugar de enlaces concretos (que caducan en semanas), este capítulo te da **los términos de búsqueda** y las características que debes comprobar. Así podrás elegir el producto mejor valorado o más barato en el momento de tu compra.

1.1 El kit básico de electrónica

La forma más económica de empezar es un **kit de inicio compatible con Arduino UNO R3**. Marcas como Elegoo, AZDelivery o Keyestudio venden cajas con la placa, una protoboard, cables, LEDs, resistencias, botones, un servo y varios sensores. Comprar las piezas por separado casi siempre sale más caro.

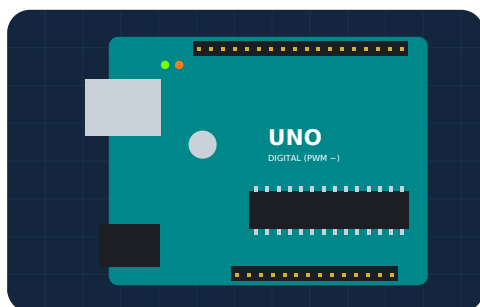
Componente	Para qué sirve	Busca en Amazon	Precio orient.
Kit de inicio Arduino UNO R3	Placa, protoboard, cables, LEDs, resistencias, botones	"kit inicio arduino uno r3"	30-45 €
Servomotores SG90 (pack 4-5)	Movimientos precisos de 0 a 180°	"servo sg90 pack"	8-12 €
Sensor ultrasonido HC-SR04 (pack)	Medir distancias de 2 a ~400 cm	"hc-sr04 ultrasonico"	6-10 €
Driver de motores L298N	Controlar dos motores DC en ambos sentidos	"l298n driver motor"	5-9 €
Motores TT con rueda (pack 4)	Tracción del robot móvil	"motor tt rueda arduino"	9-14 €
Rueda loca / bola	Tercer apoyo del chasis	"rueda loca ball caster"	4-7 €
Portapilas 2x18650 con interruptor	Alimentación del robot	"portapilas 2x18650"	5-8 €
Baterías 18650 + cargador	Energía recargable	"cargador 18650" + baterías de marca	15-25 €
Cables dupont M-M, M-H, H-H	Conexiones sin soldar	"cables dupont 120"	6-9 €

Componente	Para qué sirve	Busca en Amazon	Precio orient.
Tornillería M3 surtida	Montar piezas impresas	"kit tornillos m3 tuercas"	10-15 €

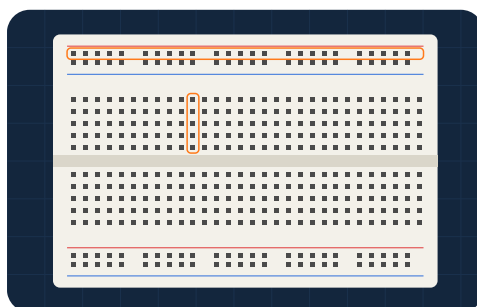
Ojo con las baterías 18650

- Compra celdas de marca reconocida a vendedores con buenas valoraciones; desconfía de capacidades imposibles (por ejemplo, «9900 mAh»).
- Nunca las cortocircuites ni las cargues sin vigilancia. Guárdalas en una caja, no sueltas en un cajón.
- Si prefieres evitarlas al principio, un portapilas de 6×AA también sirve para el robot.

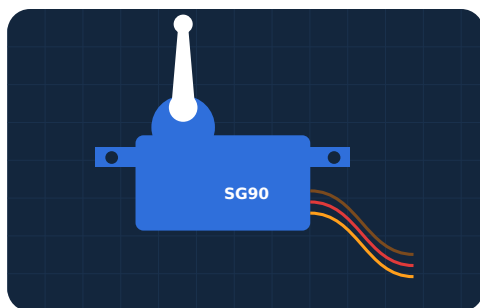
Así son los componentes que vas a recibir. Familiarízate con su aspecto: te ayudará a reconocerlos en las fotos de Amazon y a identificarlos en la caja del kit.



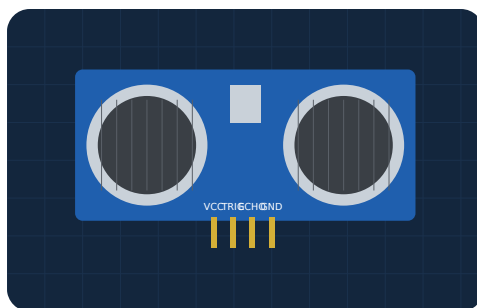
Arduino UNO R3 (compatible)



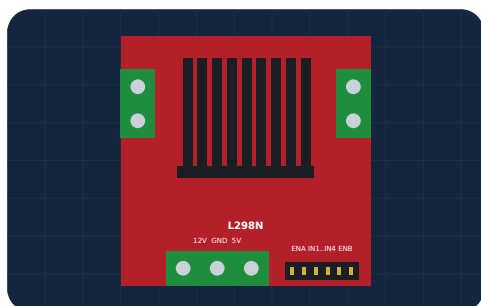
Protoboard de 400/830 puntos



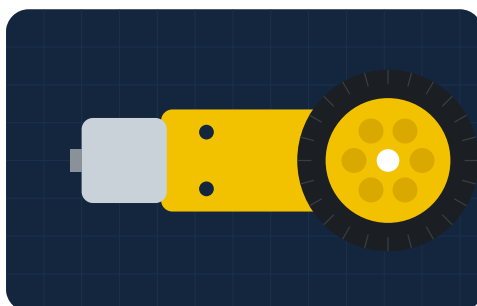
Servomotor SG90



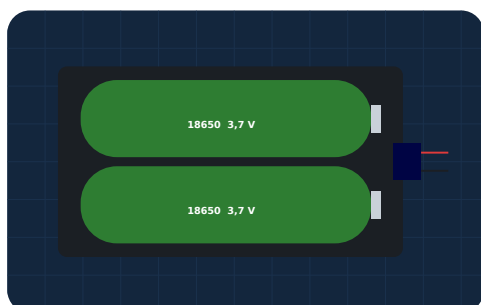
Sensor de ultrasonido HC-SR04



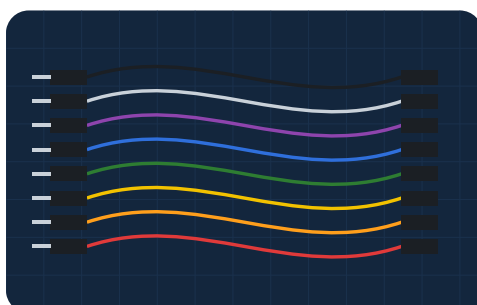
Driver de motores L298N



Motor TT con reductora y rueda



Portapilas 2x18650



Cables dupont

1.2 La impresora 3D

Para iniciarse, la opción razonable es una impresora **FDM** (de filamento) de gama de entrada con **autonivelado** de cama. El autonivelado elimina el mayor quebradero de cabeza de los principiantes. Modelos del estilo de la Bambu Lab A1 mini, la Creality Ender-3 V3 SE o la Elegoo Neptune 4 suelen estar entre 180 y 350 € y producen piezas más que suficientes para este libro.

Característica	Qué buscar	Por qué importa
Volumen de impresión	Mínimo 180 × 180 × 180 mm	El chasis del robot mide unos 150 × 110 mm
Nivelado	Automático (sensor o galgas)	Evita la mayoría de fallos de primera capa
Cama	Magnética, flexible, PEI	Las piezas se despegan doblando la chapa
Extrusor	Directo (direct drive)	Más fiable y admite filamentos flexibles
Comunidad	Modelo muy vendido	Más tutoriales, repuestos y perfiles listos

1.3 Filamento

Empieza con **PLA** de 1,75 mm. Es fácil de imprimir, no huele, no necesita cama muy caliente y es lo bastante resistente para chasis, soportes y engranajes ligeros. Un rollo de 1 kg cuesta entre 15 y 25 €. Más adelante podrás probar **PETG** (más resistente al calor y a los golpes) y **TPU** (flexible, ideal para neumáticos).



Bobina de PLA de 1,75 mm



Multímetro digital (cap. 2)

1.4 Presupuesto total

Paquete	Contenido	Total aprox.
Solo electrónica	Kit Arduino + servos + sensor + driver + motores + alimentación	90-140 €
Electrónica + impresora	Todo lo anterior + impresora de entrada + 1 kg PLA	300-500 €
Herramientas (cap. 2)	Multímetro, alicates, pelacables, destornilladores	25-45 €

Herramientas y puesto de trabajo

No hace falta un taller. Una mesa despejada, buena luz y unas pocas herramientas bastan para todo el libro.

2.1 Herramientas imprescindibles

- **Multímetro digital** (≈ 15 €): mide tensión, continuidad y resistencia. Es tu linterna en la oscuridad.
- **Destornilladores de precisión**: el driver L298N y los motores usan tornillos pequeños.
- **Alicates de punta y corte** y un **pelacables**.
- **Calibre (pie de rey) digital** (≈ 12 €): imprescindible para medir piezas antes de diseñar.
- **Espátula y cúter de desbarbar** para retirar y limpiar piezas impresas.

2.2 Opcionales que se agradecen

- Soldador de 60 W con control de temperatura y estaño sin plomo, para uniones definitivas.
- Pistola de silicona caliente para fijar cables y sensores rápidamente.
- Organizador con compartimentos para resistencias, tornillos y módulos.

2.3 Software (todo gratuito)

Programa	Uso	Dónde
Arduino IDE 2	Escribir y subir programas a la placa	arduino.cc
Tinkercad	Diseño 3D en el navegador y simulador de circuitos	tinkercad.com
FreeCAD / Fusion (personal)	Diseño paramétrico cuando quieras más precisión	freecad.org / autodesk.com
Laminador (Bambu Studio, Creality Print, OrcaSlicer, Cura)	Convertir el modelo 3D en instrucciones para la impresora	web del fabricante

Seguridad en el puesto de trabajo

- Imprime en un lugar ventilado y nunca dejes la impresora funcionando sin nadie en casa.
- La boquilla supera los 200 °C y la cama los 60 °C: no las toques durante ni justo después de imprimir.
- Desconecta la alimentación antes de cambiar cualquier conexión del circuito.
- Las tensiones de este libro (5–8 V) son seguras para el cuerpo; nunca trabajes con la red de 230 V.

Electricidad sin miedo

Para que un robot funcione no hace falta dominar la teoría, pero sí entender tres magnitudes y una ley. Una analogía útil es imaginar la electricidad como agua que circula por tuberías.

Magnitud	Unidad	Analogía hidráulica	En nuestros proyectos
Tensión (V)	voltio	Presión del agua	5 V del Arduino, 7,4 V de las baterías
Corriente (I)	amperio (A)	Caudal que pasa por la tubería	20 mA un LED; hasta 1 A un motor
Resistencia (R)	ohmio (Ω)	Estrechamiento de la tubería	220 Ω para limitar un LED

3.1 La ley de Ohm

Las tres magnitudes se relacionan así: $V = I \times R$. Con ella calculamos, por ejemplo, la resistencia que protege un LED. Si el Arduino da 5 V, el LED rojo consume unos 2 V y queremos unos 15 mA:

$$R = (5 \text{ V} - 2 \text{ V}) / 0,015 \text{ A} = 200 \text{ } \Omega$$

Como 200 Ω no es un valor comercial habitual, usamos el siguiente: **220 Ω** , que viene en todos los kits.

3.2 La protoboard

La protoboard permite montar circuitos sin soldar. Sus agujeros están unidos por dentro: en la zona central, cada **columna de cinco agujeros** está conectada; en los laterales, cada **fila larga** (marcada con + y -) recorre toda la placa y se usa para repartir la alimentación. El canal central separa ambos lados para poder colocar chips encima.

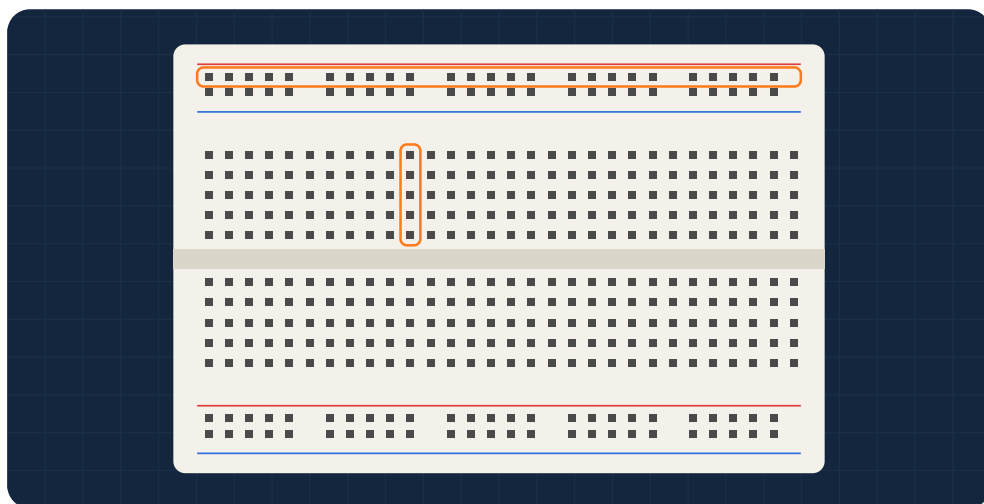


Figura 1. Protoboard: en naranja, una columna central y una fila de alimentación conectadas por dentro.

3.3 Leer las resistencias

Las bandas de colores indican el valor. No hace falta memorizar el código: mide con el multímetro en la escala de ohmios o consulta la tabla del kit. Para $220\ \Omega$ verás **rojo-rojo-marrón** (más una banda dorada de tolerancia).

Las tres reglas de oro

- **Masa común:** todas las GND del circuito deben estar unidas. Es la causa nº 1 de fallos.
- **Nunca alimentes motores desde un pin** del Arduino: sus pines dan como mucho unos 20–40 mA.
- **Revisa antes de conectar:** un cable de 5 V tocando GND calienta la placa en segundos.

Primeros pasos con Arduino

Arduino UNO es una placa con un microcontrolador que ejecuta un único programa (un *sketch*) en bucle. Tiene **14 pines digitales** (0-13), de los cuales seis pueden generar PWM (marcados con ~), y **6 entradas analógicas** (A0-A5).

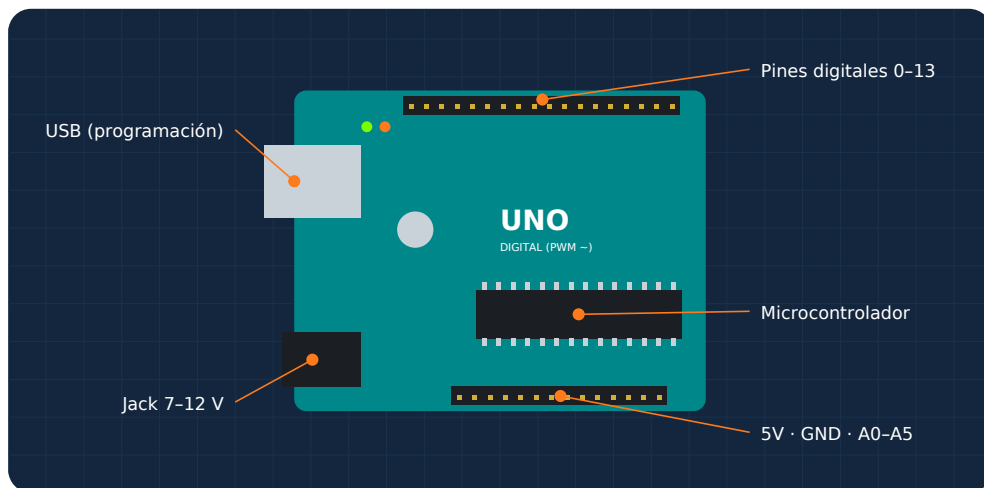


Figura 2. Arduino UNO R3 y sus zonas principales.

4.1 Instalación

- Descarga e instala Arduino IDE 2 desde arduino.cc.
- Conecta la placa por USB. En *Herramientas* → *Placa* elige «Arduino UNO» y en *Puerto* el que aparezca.
- Si es una placa compatible con chip CH340 y no aparece el puerto, instala el controlador CH340 (el vendedor suele indicarlo).

4.2 Estructura de un programa

Todo sketch tiene dos funciones: `setup()`, que se ejecuta una vez al encender, y `loop()`, que se repite para siempre.

parpadeo.ino

```
// Programa 1: parpadeo del LED integrado
void setup() {
  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT); // el pin del LED será salida
}

void loop() {
  digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH); // enciende
  delay(500);                      // espera medio segundo
  digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);  // apaga
  delay(500);
}
```

Pulsa la flecha **Subir**. Si el LED marcado con «L» parpadea, enhorabuena: acabas de programar tu primer microcontrolador.

4.3 Un LED externo

Monta en la protoboard un LED con su resistencia de $220\ \Omega$ entre el pin 8 y GND, y cambia LED_BUILTIN por 8 en el programa anterior.



4.4 Leer un botón

boton.ino

```
// Programa 2: el LED se enciende mientras pulsas el botón
const int BOTON = 2;
const int LED = 8;

void setup() {
  pinMode(BOTON, INPUT_PULLUP); // resistencia interna: sin pulsar = HIGH
  pinMode(LED, OUTPUT);
}

void loop() {
  if (digitalRead(BOTON) == LOW) { // pulsado conecta el pin a GND
    digitalWrite(LED, HIGH);
  } else {
    digitalWrite(LED, LOW);
  }
}
```

Conecta el botón entre el pin 2 y GND. Gracias a INPUT_PULLUP no necesitas resistencia externa.

4.5 El monitor serie

El monitor serie es la ventana para «escuchar» a tu placa. Añade `Serial.begin(9600);` en `setup()` y usa `Serial.println(valor);` para mostrar datos. Lo usarás constantemente para depurar sensores.

Tu primera impresora 3D

Una impresora FDM funde un hilo de plástico y lo deposita capa a capa, como una pistola de silicona guiada por un robot cartesiano. Entender sus partes te ayudará a diagnosticar casi cualquier problema.

5.1 Partes principales

Parte	Función
Extrusor	Empuja el filamento con un engranaje hacia el fusor.
Hotend y boquilla	Funde el plástico (≈ 200 °C para PLA) y lo deposita por un orificio de 0,4 mm.
Cama caliente	Superficie donde se construye la pieza; el calor mejora la adhesión.
Ejes X, Y, Z	Mueven la boquilla o la cama con motores paso a paso.
Ventilador de capa	Enfría el plástico recién depositado para que mantenga la forma.

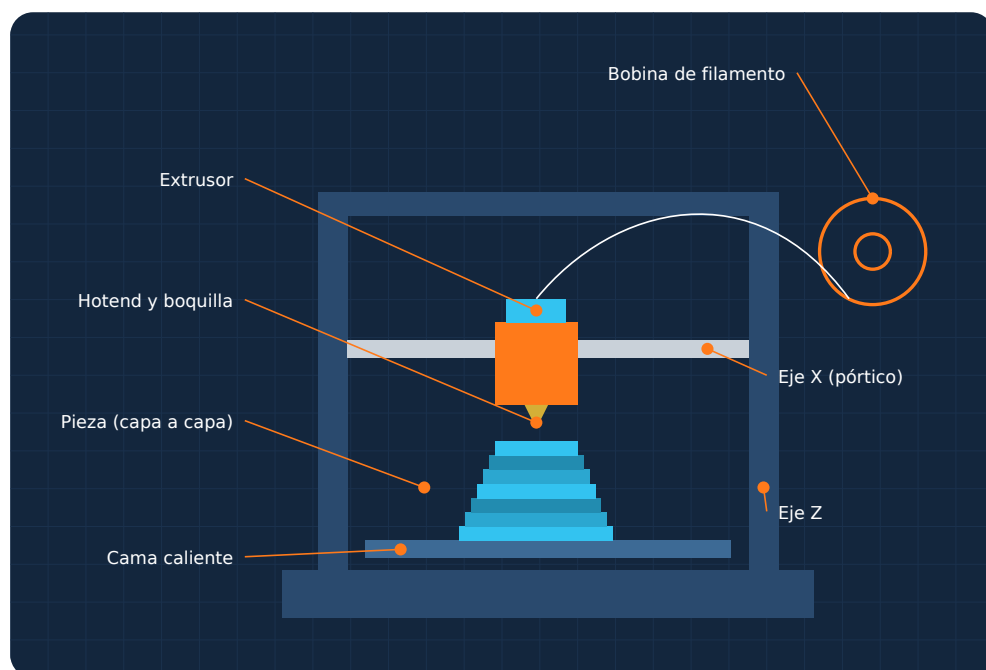


Figura 3. Anatomía de una impresora 3D FDM cartesiana.

5.2 Puesta en marcha

- Monta la impresora siguiendo el manual y comprueba que todos los tornillos estén apretados y las correas tensas.
- Ejecuta el **autonivelado** y, si existe, la calibración de vibraciones (input shaping).
- Imprime el modelo de prueba que trae la tarjeta microSD o la app del fabricante.
- Imprime un **cubo de calibración de 20 mm** y mídelo con el calibre: debería medir $20 \pm 0,2$ mm.

5.3 Parámetros de partida para PLA

Parámetro	Valor inicial	Comentario
Temperatura boquilla	200-215 °C	Sube 5 °C si las capas no se unen bien
Temperatura cama	55-60 °C	Limpia la cama con alcohol isopropílico

Parámetro	Valor inicial	Comentario
Altura de capa	0,20 mm	0,12 mm para detalle fino; 0,28 mm para rapidez
Paredes (perímetros)	3	Piezas estructurales más fuertes
Relleno	20-30 % (giroide o rejilla)	40 % en piezas que soportan tornillos
Soportes	Solo si hay voladizos > 45-50°	Mejor diseñar para evitarlos

5.4 El laminador

El laminador (*slicer*) transforma un archivo STL o 3MF en **G-code**: miles de órdenes de movimiento y temperatura. El flujo es siempre el mismo: importar el modelo, orientarlo para que su cara más plana apoye en la cama, elegir el perfil de material, laminar, revisar la vista previa capa a capa y enviar a la impresora.

Orientación: la decisión que más importa

Las piezas impresas son más débiles entre capas que a lo largo de ellas. Orienta cada pieza para que las fuerzas que soportará vayan a lo largo de las capas, no intentando separarlas. Por ejemplo, un soporte en forma de L resiste mucho más impreso tumbado que de pie.

Diseña tus propias piezas

Descargar modelos de repositorios como Printables o Thingiverse es útil, pero la verdadera magia empieza cuando diseñas una pieza que encaja exactamente con *tus* componentes. Para empezar usaremos **Tinkercad**, que funciona en el navegador y se aprende en una tarde.

6.1 La lógica de Tinkercad

En Tinkercad todo se construye combinando formas básicas. Una forma puede ser **sólida** o **hueco**; al agrupar un sólido con un hueco, el hueco «resta» material. Con cajas, cilindros y huecos puedes hacer el 90 % de las piezas de un robot.

6.2 Mide antes de diseñar

Nunca diseñes con medidas de internet sin comprobarlas: los módulos genéricos varían entre fabricantes. Con el calibre, anota en tu cuaderno:

- Separación y diámetro de los agujeros de montaje del motor TT.
- Dimensiones y agujeros del Arduino UNO y del L298N.
- Distancia entre los dos «ojos» del HC-SR04 y su diámetro.
- Tamaño exterior del portapilas.

6.3 Tolerancias

Una impresora FDM no es perfecta: los agujeros salen algo más pequeños y los salientes algo más grandes. Como regla práctica:

Situación	Holgura recomendada
Tornillo M3 que debe pasar libre	Agujero de 3,3–3,4 mm
Tuerca M3 encastrada (hexágono)	5,7–5,8 mm entre caras planas
Pieza que encaja en otra impresa	0,2–0,3 mm por lado
Eje que debe girar en un agujero	0,3–0,4 mm por lado

6.4 Proyecto de diseño: chasis del robot

Diseñaremos una base de $150 \times 110 \times 4$ mm con esquinas redondeadas. Sobre ella:

- Dos **soportes verticales** por motor, separados para que el motor TT encaje justo, con agujeros de 3,4 mm a la medida que tomaste.
- Cuatro agujeros de 3,4 mm para atornillar el Arduino con separadores y otros cuatro para el L298N.
- Un rebaje o guías laterales para el portapilas.
- Un soporte frontal en ángulo recto con dos agujeros del diámetro de los transductores del HC-SR04 + 0,4 mm.
- Dos agujeros traseros para la rueda loca.
- Unas ranuras alargadas de 4×15 mm para pasar cables y bridas.

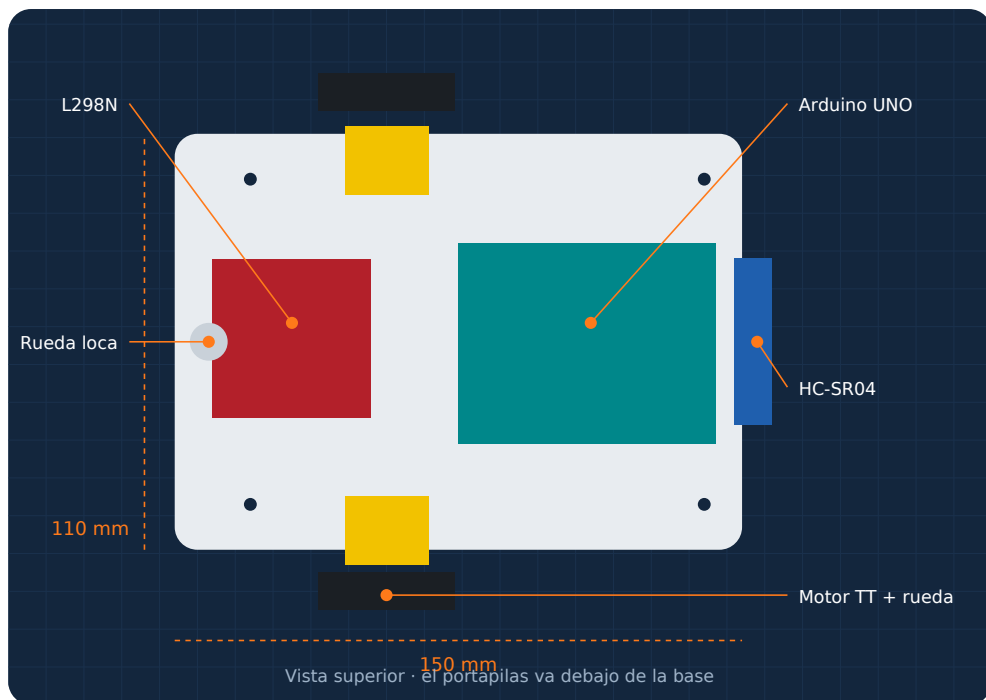


Figura 4. Distribución de componentes sobre el chasis impreso (escala aproximada).

Exporta el diseño como **STL** o **3MF**, imprímelo plano sobre la cama con 3 paredes y un 30 % de relleno. Tardará entre 2 y 4 horas según la impresora.

Itera sin miedo

Antes de imprimir el chasis entero, imprime solo una «prueba de encaje»: un trozo pequeño con un soporte de motor y dos agujeros. Diez minutos de impresión pueden ahorrarte cuatro horas y medio rollo de filamento.

Proyectos de entrenamiento

Antes de montar el robot completo dominaremos por separado sus tres sistemas: el actuador preciso (servo), el sensor de distancia y el control de motores.

7.1 Servo controlado por potenciómetro

El servo SG90 tiene tres cables: **marrón** (GND), **rojo** (5 V) y **naranja** (señal). Conecta la señal al pin 9 y un potenciómetro con su terminal central en A0 y los extremos en 5 V y GND.

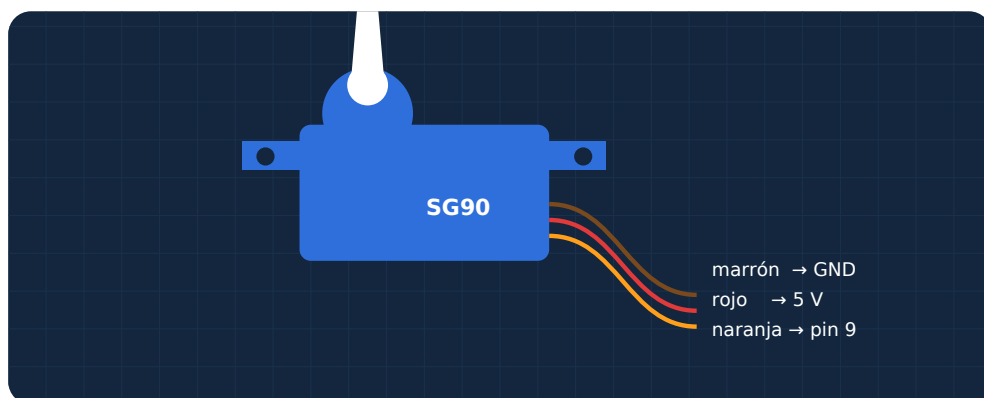


Figura 5. Servo SG90 y el código de colores de sus cables.

servo_potenciometro.ino

```
#include <Servo.h>

Servo brazo;

void setup() {
  brazo.attach(9);
}

void loop() {
  int lectura = analogRead(A0); // 0 a 1023
  int angulo = map(lectura, 0, 1023, 0, 180); // convertir a grados
  brazo.write(angulo);
  delay(15);
}
```

Reto con la impresora: diseña e imprime un pequeño brazo que se atornille al cabezal del servo con los tornillos que trae, y una base que sujete el servo.

7.2 Medir distancias con el HC-SR04

El sensor emite un pulso de ultrasonido y mide cuánto tarda el eco en volver. Conexión: VCC a 5 V, GND a GND, TRIG al pin 10 y ECHO al pin 11.

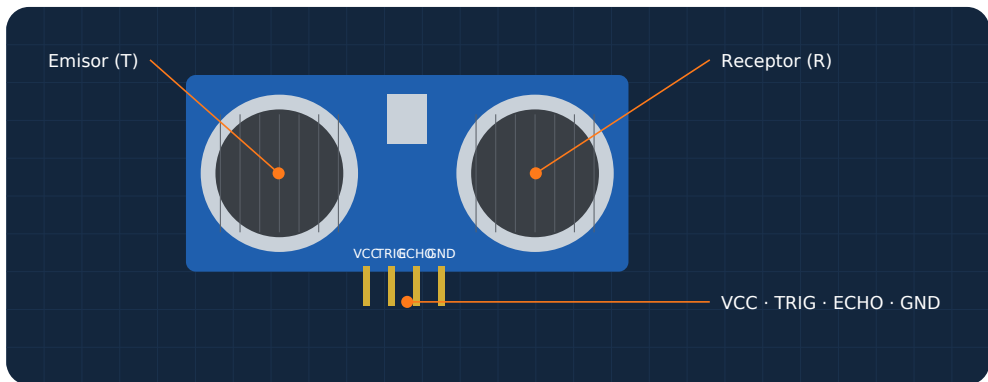


Figura 6. HC-SR04: un «altavoz» emite el pulso y un «micrófono» escucha el eco.

ultrasonido.ino

```
const int TRIG = 10;
const int ECHO = 11;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(TRIG, OUTPUT);
  pinMode(ECHO, INPUT);
}

long distanciaCm() {
  digitalWrite(TRIG, LOW); delayMicroseconds(2);
  digitalWrite(TRIG, HIGH); delayMicroseconds(10);
  digitalWrite(TRIG, LOW);
  long us = pulseIn(ECHO, HIGH, 30000); // máx. 30 ms de espera
  if (us == 0) return 999;              // sin eco: nada cerca
  return us / 58;                       // ida y vuelta -> cm
}

void loop() {
  Serial.print("Distancia: ");
  Serial.print(distanciaCm());
  Serial.println(" cm");
  delay(200);
}
```

7.3 Motores con el L298N

El L298N es un **punto H doble**: con dos pines de dirección (IN1/IN2) decides el sentido de giro de un motor y con un pin PWM (ENA) su velocidad. Retira los puentes de ENA y ENB para poder controlar la velocidad desde el Arduino.

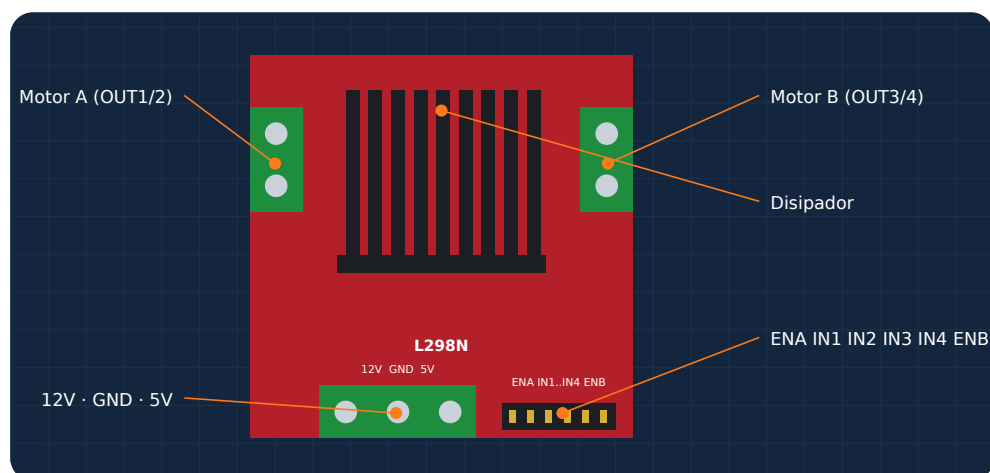


Figura 7. Driver L298N: bornes de potencia y pines de control.

Pin L298N	Pin Arduino	Función
ENA	5 (PWM)	Velocidad motor izquierdo
IN1 / IN2	7 / 8	Sentido motor izquierdo
IN3 / IN4	2 / 4	Sentido motor derecho
ENB	6 (PWM)	Velocidad motor derecho
12V / GND	Batería + / GND común	Alimentación de motores

Sobre el L298N

Es el driver más popular por precio, pero es antiguo y pierde unos 2 V en calor. Con baterías de 7,4 V a los motores les llegan unos 5 V, suficiente para los motores TT. Cuando quieras más eficiencia, prueba un driver **TB6612FNG**: es más pequeño y apenas se calienta.

Proyecto final: robot evita-obstáculos

Llegó el momento de juntarlo todo. Nuestro robot avanzará en línea recta; cuando detecte algo a menos de 20 cm, se detendrá, retrocederá un poco y girará para buscar un camino libre.

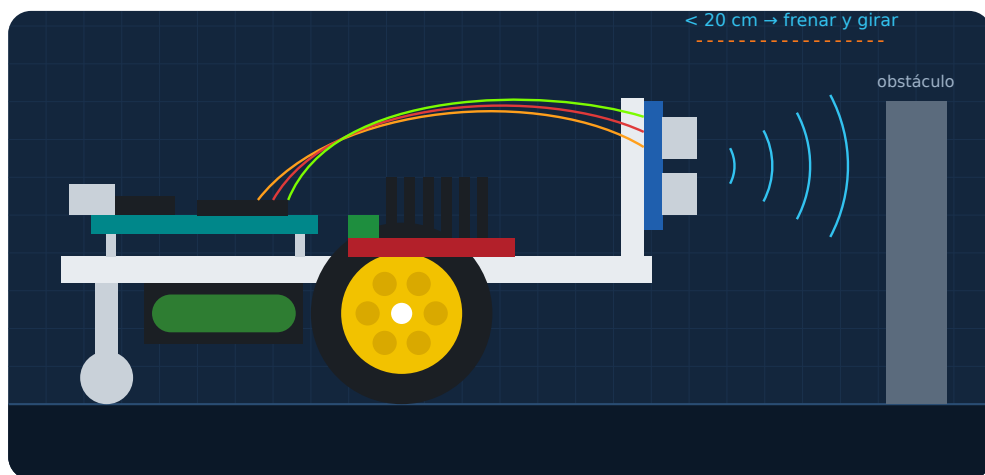
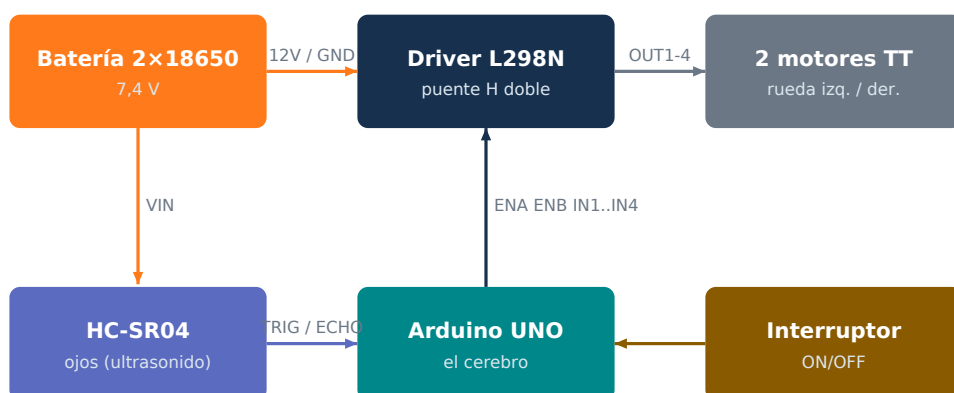


Figura 8. El robot terminado, visto de lado, detectando un obstáculo.



Todas las masas (GND) unidas en un punto común

8.1 Montaje mecánico

- Atornilla los dos motores TT a sus soportes del chasis impreso y coloca las ruedas.
- Fija la rueda loca en la parte trasera.
- Monta el Arduino y el L298N con separadores de nailon o tornillos M3 cortos.
- Coloca el HC-SR04 en su soporte frontal, mirando al frente y paralelo al suelo.
- Sujeta el portapilas en su alojamiento e intercala el interruptor en el cable rojo.

8.2 Cableado eléctrico

- Batería (+) → interruptor → borne **12V** del L298N y pin **VIN** del Arduino.
- Batería (–) → borne **GND** del L298N y **GND** del Arduino (masa común).
- Motores a OUT1/OUT2 (izquierdo) y OUT3/OUT4 (derecho).
- Control según la tabla del apartado 7.3 y el HC-SR04 en los pines 10 y 11.

Si una rueda gira al revés

No toques el programa: intercambia los dos cables de ese motor en el borne del L298N. Es la solución más rápida y deja el código limpio.

8.3 El programa

robot_evita_obstaculos.ino

```
// Robot evita-obstáculos - Arduino UNO + L298N + HC-SR04
const int ENA = 5, IN1 = 7, IN2 = 8;    // motor izquierdo
const int ENB = 6, IN3 = 2, IN4 = 4;    // motor derecho
const int TRIG = 10, ECHO = 11;

const int VELOCIDAD = 170;    // 0-255
const int DIST_MINIMA = 20;    // cm

void motores(int izq, int der) {        // valores -255..255
    digitalWrite(IN1, izq >= 0);    digitalWrite(IN2, izq < 0);
    digitalWrite(IN3, der >= 0);    digitalWrite(IN4, der < 0);
    analogWrite(ENA, abs(izq));    analogWrite(ENB, abs(der));
}

long distanciaCm() {
    digitalWrite(TRIG, LOW);    delayMicroseconds(2);
    digitalWrite(TRIG, HIGH);    delayMicroseconds(10);
    digitalWrite(TRIG, LOW);
    long us = pulseIn(ECHO, HIGH, 30000);
    return us == 0 ? 999 : us / 58;
}

void setup() {
    int pines[] = {ENA, IN1, IN2, ENB, IN3, IN4, TRIG};
    for (int p : pines) pinMode(p, OUTPUT);
    pinMode(ECHO, INPUT);
    randomSeed(analogRead(A5));
    delay(2000);                // tiempo para dejarlo en el suelo
}

void loop() {
    if (distanciaCm() > DIST_MINIMA) {
        motores(VELOCIDAD, VELOCIDAD);        // adelante
    } else {
        motores(0, 0);                delay(200);    // frenar
        motores(-150, -150);            delay(350);    // retroceder
        if (random(2) == 0) motores(-160, 160);    // girar a la izquierda
        else                motores(160, -160);    // o a la derecha
        delay(400);
    }
    delay(30);
}
```

8.4 Puesta a punto

- Sube el programa con las baterías desconectadas y el robot sobre un soporte, con las ruedas en el aire.
- Comprueba que ambas ruedas giran hacia delante; corrige con el truco de los cables si no es así.

- Si el robot se desvía, reduce la velocidad del motor más rápido (por ejemplo, 170 a un lado y 160 al otro).
- Ajusta DIST_MINIMA y los tiempos de giro según la superficie de tu casa.

8.5 Mejoras para seguir aprendiendo

- Monta el HC-SR04 sobre un **servo** para que «mire» a izquierda y derecha y elija el lado más despejado.
- Imprime **neumáticos de TPU** para mejorar el agarre.
- Añade dos sensores infrarrojos TCRT5000 y conviértelo en un **siguelíneas**.
- Cambia el Arduino por un **ESP32** y contrólalo desde el móvil por Wi-Fi o Bluetooth.
- Diseña una **carcasa** superior con tu propio estilo.

Solución de problemas

9.1 Electrónica y programación

Síntoma	Causa probable	Solución
El IDE no encuentra el puerto	Cable USB solo de carga o falta driver CH340	Prueba otro cable; instala CH340
El Arduino se reinicia al arrancar los motores	Caída de tensión por pico de corriente	Baterías cargadas; condensador de 470 μ F en la alimentación
Un motor no gira	Puente ENA/ENB o cable suelto	Revisa bornes con el multímetro
El sensor marca 0 o valores locos	TRIG/ECHO cruzados o sin masa común	Revisa conexiones y GND
Error al compilar con Servo.h	Librería no instalada	Gestor de bibliotecas → «Servo»

9.2 Impresión 3D

Síntoma	Causa probable	Solución
La primera capa no se pega	Cama sucia o boquilla lejos	Limpiar con alcohol; recalibrar el offset Z
Esquinas levantadas (warping)	Enfriamiento brusco	Borde (brim) de 5 mm; evitar corrientes de aire
Hilos entre partes (stringing)	Retracción insuficiente o temperatura alta	Bajar 5 °C; ajustar retracción
Capas que se separan	Temperatura baja o mucho ventilador	Subir 5-10 °C
Agujeros demasiado pequeños	Tolerancias de diseño	Añadir 0,3-0,4 mm al diámetro
Atasco de boquilla	Filamento húmedo o suciedad	Secar filamento; limpieza en frío (cold pull)

Glosario

Arduino. Plataforma de placas con microcontrolador y entorno de programación sencillo.

Driver. Circuito que permite que una señal débil controle una carga potente, como un motor.

FDM. Fabricación por deposición de filamento fundido; la tecnología de impresión 3D doméstica más común.

G-code. Lenguaje de instrucciones que entiende la impresora 3D.

GND. Masa o referencia de 0 V del circuito.

Laminador (slicer). Programa que convierte un modelo 3D en capas y G-code.

PLA / PETG / TPU. Filamentos: fácil y rígido / resistente / flexible.

Protoboard. Placa de prototipado para montar circuitos sin soldar.

Puente H. Circuito que permite invertir el sentido de giro de un motor DC.

PWM. Modulación por ancho de pulso: encender y apagar muy rápido para simular tensiones intermedias.

Servo. Motor con control de posición angular, normalmente de 0 a 180°.

Sketch. Programa de Arduino.

STL / 3MF. Formatos de archivo para modelos 3D listos para imprimir.

Tolerancia. Holgura que se deja en el diseño para que las piezas encajen.

Lista de comprobación final

- ☐ Kit Arduino, servos, HC-SR04, L298N, motores TT y rueda loca
- ☐ Alimentación (2×18650 + cargador o 6×AA) e interruptor
- ☐ Impresora 3D con autonivelado y 1 kg de PLA
- ☐ Multímetro, calibre, destornilladores y tornillería M3
- ☐ Arduino IDE 2, Tinkercad y el laminador de tu impresora instalados

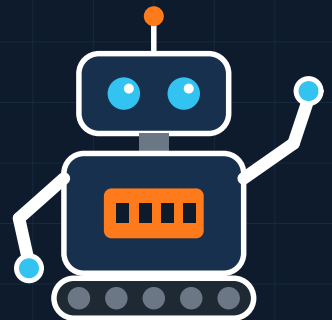
Has llegado al final del libro, pero solo al principio del camino. Ahora la imaginación es el único límite.

De la caja de Amazon a un robot que piensa y se mueve

Este libro está pensado para quien nunca ha soldado un cable ni ha encendido una impresora 3D. Paso a paso, con un presupuesto contenido y componentes fáciles de conseguir en Amazon, aprenderás los fundamentos de la electrónica, a programar un Arduino, a diseñar tus propias piezas y a imprimirlas. Al terminar tendrás en la mesa un robot móvil que esquiva obstáculos, con un chasis hecho por ti.

LO QUE VAS A APRENDER

- Qué comprar (y qué no) para empezar sin malgastar dinero
- Voltaje, corriente, resistencias y la ley de Ohm, sin miedo
- Programar Arduino: LEDs, botones, servos y sensores
- Elegir, calibrar y dominar tu primera impresora 3D
- Diseñar piezas en Tinkercad y prepararlas en el laminador
- Montar y programar un robot evita-obstáculos completo



EL AUTOR

Marlon Falcón Hernández es especialista en sistemas y desarrollo de software en Valencia. Escribe para que la tecnología sea accesible a cualquiera.