

Smart Fish Tank

Internet de las cosas: Capa de percepción

Miguel Ángel Puerta Vasquez, Sebastián Zuluaga Correa, Kevin López Giraldo

I. ESQUEMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA IoT (ESP32-S3 + SENSORES + ACTUADOR)

La siguiente figura resume el conexionado entre la **ESP32-S3-DevKitC-1**, los sensores de **temperatura (DFR0198)**, **turbidez (SEN0189)** y **caudal (POW110D3B)**, y el actuador **motor paso a paso 28BYJ-48** mediante **driver ULN2003**. Se incluyen redes pasivas de adaptación y protección para garantizar niveles compatibles con 3,3 V en el microcontrolador y una operación robusta del conjunto. Este esquema constituye la base de la arquitectura IoT diseñada, donde cada señal se acondiciona de forma adecuada y se aseguran referencias eléctricas estables entre sensores, actuadores y la unidad de control.

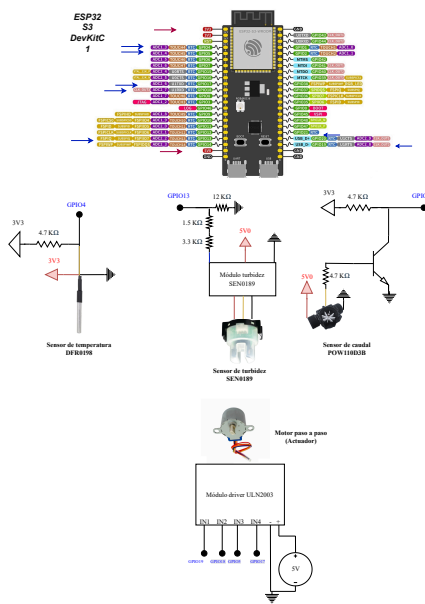


Fig. 1. Esquema de conexión del sistema IoT con ESP32-S3, sensores y actuador

Adquisición de variables:

- **Temperatura – DFR0198 (GPIO4, 3,3 V):** Se alimenta a 3,3 V y su salida analógica se acondiciona con una resistencia de 4,7 kΩ para lectura estable del ADC en el rango seguro del ESP32. Entrada en GPIO4.
- **Turbidez – SEN0189 (GPIO13, 5 V → 3,3 V):** El módulo opera a 5 V y entrega señal analógica; se implementa un divisor resistivo (12 kΩ, 3,3 kΩ, 1,5 kΩ) que adapta el nivel a 3,3 V para el GPIO13 del ESP32, preservando la integridad del ADC.

- **Caudal – POW110D3B (GPIO21, pulsos):** El sensor entrega pulsos a 5 V proporcionales al caudal. Para compatibilizar con 3,3 V, la salida excita un transistor que funciona como conmutador/“relé” electrónico de nivel: la línea del microcontrolador está referida a 3,3 V con pull-up de 4,7 kΩ; cuando el sensor conmuta, el transistor “tira” la línea y el ESP32 ve flancos limpios a 3,3 V en GPIO21. La frecuencia de pulsos es el observable que se traduce en caudal (Hz → L/min mediante el factor de calibración del POW110D3B).

Actuación (dispensador de alimento):

- **Motor 28BYJ-48 + ULN2003:** El motor requiere corriente superior a la que entregan los GPIO. Por ello se emplea el ULN2003 (array de transistores Darlington) como etapa de potencia, con control desde GPIO17, GPIO5, GPIO18 y GPIO19 (IN1–IN4). El ULN2003 se alimenta a 5 V desde una fuente/batería externa, mientras que las señales de control provienen del ESP32 a 3,3 V. Para un funcionamiento estable se establece tierra equipotencial (GND común) entre la fuente del motor y la placa del microcontrolador.

Criterios de diseño:

- **Compatibilidad de niveles:**
 - Analógico 5 V → 3,3 V (turbidez) mediante divisor resistivo.
 - Digital 5 V → 3,3 V (caudal) mediante transistor como switch de nivel con pull-up 4,7 kΩ a 3,3 V.
- **Separación de potencia y control:** El motor toma energía de 5 V externos; el ULN2003 absorbe corrientes de bobina, descargando al ESP32 de esfuerzos. GND común garantiza referencia y evita falsos disparos.
- **Asignación de pines clara:** Temperatura: GPIO4; Turbidez: GPIO13; Caudal: GPIO21; Motor (IN1–IN4): GPIO17, GPIO5, GPIO18, GPIO19.
- **Robustez de señal:** Pull-ups/pull-downs y divisores dimensionados para rango ADC del ESP32 (0–3,3 V), flancos definidos en entradas digitales y reducción de acoplos entre 5 V y 3,3 V.

Arquitectura de firmware (afinidad de núcleos):

- **Lecturas y comandos en el Núcleo 1:** Las rutinas de adquisición (temperatura, caudal por conteo de pulsos, turbidez) y los comandos del dispensador se fijan al Core 1 para garantizar latencia baja en muestreo y control.
- **Futuro (telemetría en Núcleo 2):** Se reserva el Core 2 para tareas de comunicación (MQTT/HTTP, cifrado, reconexión Wi-Fi), evitando que picos de red afecten el conteo de pulsos o el temporizado del motor.

Procesamiento de datos de los sensores: En la etapa actual del proyecto se implementaron filtros básicos sobre las lecturas de los sensores con el fin de entregar al usuario información más representativa y confiable. En particular, se aplica un filtro de promedio para calcular la **temperatura media** registrada por el sensor DFR0198 en intervalos de un minuto, y un filtro que determina el **caudal mínimo** medido por el sensor POW110D3B en el mismo periodo de tiempo. Estos valores procesados corresponden a los datos que se envían al usuario como información principal del sistema.

Por su parte, el sensor de **turbidez SEN0189** aún no cuenta con un filtro implementado, aunque entrega lecturas correctas de manera directa. Cabe resaltar que los tres sensores realizan adquisiciones aproximadamente cada segundo, lo que garantiza una actualización periódica y consistente de los datos. Adicionalmente, el sistema activa de manera automática el **dispensador de alimento cada 30 segundos**, lo que permite mantener un ciclo básico de alimentación de los peces. En futuras iteraciones se podrán implementar mejoras tanto en el hardware como en el software, con el fin de optimizar el funcionamiento general del prototipo y aumentar sus prestaciones como sistema IoT inteligente.

Conclusiones del esquema:

- **Integridad eléctrica garantizada:** Ninguna entrada del ESP32 recibe 5 V; la adaptación mediante divisor (turbidez) y transistor-switch (caudal) protege los GPIO y estabiliza medidas.
- **Actuación segura y escalable:** El ULN2003 desacopla corriente del motor y permite crecer a otros actuadores de 5–12 V sin rediseñar la lógica. GND común es requisito para referencias coherentes.
- **Medición de caudal fiable:** El conteo de pulsos (frecuencia) provee una magnitud directamente proporcional al caudal, facilitando calibración por factor K del sensor.
- **Preparado para IoT “real”:** Al aislar adquisición/actuación en Core 1 y telemetría en Core 2, el sistema queda listo para añadir transmisión continua sin comprometer tiempos críticos del dispensador.

II. COSTOS DEL PROYECTO IoT

En el diseño de un sistema IoT es fundamental identificar los elementos de hardware empleados y sus respectivos costos, con el fin de estimar el presupuesto necesario para la implementación. A continuación, se presenta la relación de los principales componentes utilizados —incluyendo la **ESP32-S3-DevKitC-1**, los sensores de **temperatura (DFR0198)**, **turbidez (SEN0189)** y **caudal (POW110D3B)**, así como el **motor paso a paso 28BYJ-48** y su **driver ULN2003**— junto con sus valores aproximados en el mercado.

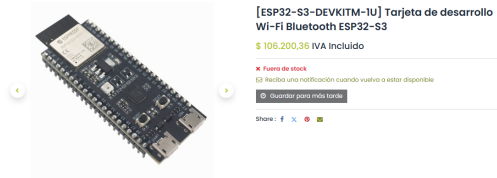


Fig. 2. Costo del ESP32-S3



Fig. 3. Costo del sensor de temperatura DFR0198



Fig. 4. Costo del sensor de caudal POW110D3B



Fig. 5. Costo del sensor de turbidez SEN0189



Fig. 6. Costo del Motor paso a paso 5V con driver

En la siguiente tabla se presenta la relación de los componentes principales empleados en el desarrollo del sistema IoT, junto con su referencia, cantidad y valor unitario en pesos colombianos (COP). Esta información permite estimar el costo aproximado de implementación del prototipo, considerando la tarjeta de control, los sensores de temperatura, caudal y turbidez, así como el actuador con su respectivo driver.

Componente	Referencia	Costo (COP)
ESP32-S3-DevKitC-1U	ESP32-S3	\$106.200,36
Sensor de temperatura	DFR0198 (DS18B20)	\$12.852,00
Sensor de caudal	POW110D3B	\$22.372,00
Sensor de turbidez	SEN0189	\$54.680,50
Motor paso a paso con driver	28BYJ-48 + ULN2003	\$11.781,00
Costo total		\$207.885,86

TABLE I

RELACIÓN DE COSTOS DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA IoT

Además de los componentes electrónicos principales, fue necesario adquirir algunos implementos externos que facilitan la construcción y validación del prototipo. Estos elementos incluyen una minibomba de agua sumergible con su respectiva manguera de conexión, un recipiente tipo pecera y una pila de 9 V, los cuales complementan la integración del sistema IoT y permiten simular condiciones de operación reales. Cabe resaltar que el recipiente que actúa como dispensador de comida se fabricó manualmente a partir de un recipiente casero, lo que contribuyó a reducir el costo final del montaje.

Componente	Cantidad	Costo (COP)
Minibomba de agua sumergible	1	\$13.000
Recipiente tipo pecera	1	\$7.000
Pila 9V	1	\$3.000
Costo total		\$23.000

TABLE II

IMPLEMENTOS EXTERNOS ADQUIRIDOS PARA EL PROTOTIPO

Finalmente, en la Tabla III, se presenta un resumen global de los costos asociados al desarrollo del prototipo. Se diferencian los gastos correspondientes a los **componentes principales** del sistema IoT y a los **implementos externos**, junto con el **costo total final** del montaje.

Categoría	Costo (COP)
Componentes principales	\$207.885,86
Implementos externos	\$23.000,00
Costo total del prototipo	\$230.885,86

TABLE III

RESUMEN GLOBAL DE COSTOS DEL PROTOTIPO IoT

III. VIDEO ILUSTRATIVO DEL PROTOTIPO

Con el fin de complementar la descripción técnica y mostrar de manera práctica el funcionamiento del sistema, se realizó un video demostrativo del prototipo en operación. En este material se puede observar la interacción entre la ESP32-S3, los sensores y el actuador, así como la lógica de procesamiento y control implementada. El video está disponible en el siguiente enlace:

<https://www.youtube.com/watch?v=A5JNSd7ayRs>

IV. REPOSITORIO DEL CÓDIGO IMPLEMENTADO

Con el propósito de garantizar la trazabilidad y disponibilidad del software desarrollado, se creó un repositorio en GitHub donde se encuentra el código implementado en el microcontrolador ESP32-S3. Este código permite la correcta captura de los valores de los sensores de temperatura, caudal

y turbidez, así como el control del actuador encargado del dispensado automático. El repositorio está disponible en el siguiente enlace:

<https://github.com/MiguelAPuerta/SmartFishTank/tree/main>