LISTADO DE MATERIALES (BOM) Y PRESUPUESTO DE ALMACENAMIENTO — MÓDULO 07

Servidor Edge de Series Temporales, Respaldo UPS, Reloj RTC DS3231 y Placa HAT Soldada

Curso: Internet de las Cosas (IoT) con Arduino y Raspberry Pi — Ingeniería Mecatrobótica

Módulo: 07 — Persistencia en Series Temporales, Docker, Node-RED, InfluxDB y Grafana

---

1. Tabla Maestra de Componentes de Hardware (BOM)

Ítem	Designador	Componente / Especificación Técnica	Cantidad	Función en la Arquitectura del Módulo 07
1	`SBC1`	**Raspberry Pi 4 Model B (4 GB / 8 GB RAM)** o Raspberry Pi 5 con disipador de aluminio anodizado	1	Servidor Linux ARM64 para orquestación de los 4 contenedores Docker (`Mosquitto` , `InfluxDB` , `Node-RED` , `Grafana`).
2	`SSD1`	**Unidad de Estado Sólido Externa USB 3.0 (256 GB NVMe/SATA)** con soporte UASP y TRIM	1	Almacenamiento de alta durabilidad para bloques TSM de InfluxDB y cola SQLite WAL (evita destruir la tarjeta microSD).
3	`U1 / BT1`	**Módulo Reloj en Tiempo Real DS3231SN (`I2C 0x68`)** con oscilador TCXO compensado (± 2 ppm) y pila `CR2032`	1	Garantiza marcas de tiempo exactas en nanosegundos UTC tras cortes eléctricos aunque aún no exista sincronización NTP.
4	`U2`	**Sensor de Corriente y Tensión High-Side INA219 (`I2C 0x40`)** con resistencia Shunt Kelvin de $0.100\ \Omega$ (1%)	1	Monitorea en tiempo real la tensión del riel de $5.1\ V$ y el consumo de corriente del servidor Edge y del SSD.
5	`U3`	**Optoacoplador Fototransistor PC817C (DIP-4)** con aislamiento galvánico de $2500\ V_{rms}$	1	Detecta instantáneamente la caída del riel primario de $12\ V\ DC$ y dispara la interrupción en `GPIO 17` para volcado limpio (`flush`).
6	`C_UPS`	**Banco Supercapacitor de Respaldo** $5.5\ V$ $4.0\ F$ (o módulo UPS de celdas `18650` de $5.1\ V$ $3\ A$)	1	Sostiene la tensión de $5.1\ V$ durante 15 a $30\ s$ tras un apagón para cerrar archivos SQLite WAL e InfluxDB sin corrupción.
7	`SW1`	**Switch Ethernet Industrial de 5 Puertos (10/100/1000 Mbps)** para riel DIN con cables Cat6 blindados	1	Interconexión de baja latencia entre la pasarela Raspberry Pi, los puntos de acceso inalámbricos y las consolas de operador.
8	`PCB1`	**Placa de Circuito Impreso FR-4 Doble Capa (`MECATROBOTICA-EDGE-HAT-V07`)** con cabezal hembra de 2×20 pines y bornera `KF301`	1	Montaje definitivo por soldadura libre de falsos contactos para operación continua $24/7$.
9	`R1..R5, D1..D2`	Resistencias de película metálica ($1\ k\Omega$, $10\ k\Omega$, $2\times\ 330\ \Omega$) + Diodos LED de $3\ mm$ Verde y Ámbar + Capacitor `100 nF X7R`	1 kit	Polarización del optoacoplador `PC817` , indicadores visuales de estado de ingesta (`GPIO 27` y `GPIO 22`) y desacoplo local.

---

2. Cálculo de Ingeniería: Presupuesto de Almacenamiento y Factor de Compresión

Para dimensionar científicamente la unidad SSD externa, calculamos el volumen bruto diario de telemetría $D_{día}$ generado por una planta con $N_{nodos} = 20$ nodos enviando tramas de $B_{muestra} = 150\ Bytes$ a una frecuencia de muestreo $f_s = 1.0\ Hz$:

$$D_{día} = N_{nodos} \cdot B_{muestra} \cdot f_s \cdot 86\,400\ s/día = 20 \times 150 \times 1.0 \times 86\,400 = 259.2\ MB/día$$

Gracias al motor **TSM (Time-Structured Merge Tree)** de InfluxDB 2.7 (que aplica codificación *Delta-of-Delta* en marcas de tiempo y compresión XOR *Gorilla* en punto flotante), el volumen físico en disco se reduce aproximadamente un factor de $6.8\times$, ocupando solo $\approx 38\ MB/día$ ($\approx 1.14\ GB$ para la ventana de retención cruda de $30\ días$).

Al ejecutar nuestra tarea automática de **Downsampling** en lenguaje `Flux` hacia ventanas de $\Delta t_{agregado} = 5\ minutos = 300\ s$, el factor de reducción temporal es:

$$R_{comp} = \frac{\Delta t_{agregado}}{\Delta t_{crudo}} = (300\ s) / (1\ s) = 300 : 1$$

Por consiguiente, un año completo ($365\ días$) de historial analítico resumido (media, mínimo y máximo cada $5\ minutos$) requiere menos de $50\ MB$ de espacio en disco, garantizando consultas gráficas instantáneas en **Grafana**.

---

3. Comparativa de Montaje: Protoboard (Tinkercad) vs. Placa Impresa Soldada (PCB HAT)

📐 Plano 2: Placa PCB FR-4 con Montaje por Soldadura

