# Listado de Materiales (BOM) y Especificaciones Eléctricas — Módulo 03 (Video 03)

## Preparación y Administración de Raspberry Pi como Servidor Edge Linux

> [!IMPORTANT]

> **Archivo Complementario Referenciado en el Video 03:** Este documento detalla todos los componentes electrónicos, herramientas e insumos requeridos para construir el panel local de supervisión y enfriamiento activo del **Servidor Edge Linux (** `edge-health.service` **)** explicado en la **Diapositiva 08, 09, 10 y 13** del **Video 03**.

---

## 1. Tabla Maestra de Materiales (Bill of Materials — BOM)

| Ítem | Código / Designador | Componente | Especificación Técnica Recomendada | Cant. | Función en el Módulo 03 |
|---|---|---|---|---|---|
| **01** | `SBC1` | **Raspberry Pi 4 Model B** o **Raspberry Pi 5** | 2 GB / 4 GB / 8 GB RAM, SoC ARM64 ( `BCM2711` o `BCM2712` + `RP1` ), cabezal GPIO de 40 pines a $3.3\ V$ | 1 | Computador monoplaca que actúa como Pasarela Edge Linux *headless*. |
| **02** | `PSU1` | **Fuente de Alimentación Oficial USB-C** | $5.1\ V\ DC$ estabilizados / $3.0\ A$ ($15.3\ W$ para RPi 4) o $5.0\ A$ ($27\ W$ PD para RPi 5) | 1 | Evita caídas de tensión ($< 4.63\ V$) y alertas de *undervoltage* ( `0x50005` ). |
| **03** | `SD1` | **Tarjeta microSD Industrial / Clase A2** | $32\ GB$ o $64\ GB$, estándar **Application Performance Class A2** (mínimo $4000\ IOPS$ lectura aleatoria) | 1 | Aloja `Raspberry Pi OS Lite (64-bit)` (Debian 12 *Bookworm*) y los diarios de `systemd-journald` . |
| **04** | `D_OK` | **LED Verde Difuso de 5 mm** | Tensión directa $V_F \approx 2.0\ V$, corriente de operación segura $I_F \approx 6\ mA$ | 1 | Indicador de latido (*Heartbeat* a $0.5\ Hz$, $200\ ms$ encendido / $1800\ ms$ apagado) en `GPIO 17` (Pin físico 11). |
| **05** | `D_ALM` | **LED Rojo Difuso de 5 mm** | Tensión directa $V_F \approx 1.9\ V$, corriente de operación segura $I_F \approx 6.4\ mA$ | 1 | Indicador de alerta por sobretemperatura del SoC ($T_{CPU} \geq 65\ ^\circ C$) en `GPIO 27` (Pin físico 13). |
| **06** | `R1, R2` | **Resistencias Limitadoras para LEDs** | $220\ \Omega$ (o $330\ \Omega$), película metálica $1/4\ W$, tolerancia $\pm 1\%$ | 2 | Limitan la corriente extraída de los pines `GPIO 17` y `GPIO 27` muy por debajo del límite absoluto de $16\ mA$. |
| **07** | `Q1` | **Transistor MOSFET Canal N de Nivel Lógico** | `IRLZ44N` o `2N7000` / `BS170` (Alt. BJT NPN `2N2222A` ), saturación plena con $V_{GS} = 3.3\ V$ | 1 | Conmuta por modulación de ancho de pulso ( `PWM` a $250\ Hz$) la corriente del ventilador desde `GPIO 18` (Pin físico 12). |
| **08** | `R_GATE` | **Resistencia de Compuerta / Base** | $220\ \Omega$ (para MOSFET) o $1\ k\Omega$ (para BJT `2N2222A` ), $1/4\ W$, $\pm 1\%$ | 1 | Protege el pin `GPIO 18` frente a transitorios de carga capacitiva durante la conmutación PWM. |
| **09** | `R_PD` | **Resistencia* Pull-Down *de Seguridad** | $10\ k\Omega$, $1/4\ W$, $\pm 1\%$ | 1 | Mantiene la compuerta de `Q1` a $0\ V$ ( `GND` ) mientras la Raspberry Pi arranca el kernel Linux. |
| **10** | `D_FLY` | **Diodo Rectificador* Flyback*** | `1N4007` ($1000\ V$, $1\ A$) o Schottky `1N5819` | 1 | Conectado en antiparalelo con el ventilador para absorber el pico inductivo ($V = -L\ (di)\ /\ (dt)$). |
| **11** | `FAN1` | **Ventilador Axial Brushless DC** | $5\ V\ DC$ ($0.15\ A$ - $0.25\ A$), $30\times 30\ mm$ o $40\times 40\ mm$ para gabinete Edge | 1 | Disipación térmica activa del procesador ARM gobernada por la curva proporcional en `edge_health_daemon.py` . |
| **12** | `SW1` | **Pulsador Táctil Normalmente Abierto (N.A.)** | $6\times 6\ mm$ o pulsador de panel industrial | 1 | Disparo manual de reporte de diagnóstico hacia `journald` conectado entre `GPIO 22` (Pin físico 15) y `GND` . |
| **13** | `C_DEB` | **Condensador Cerámico** | $100\ nF$ ($0.1\ \mu F$, código `104` ), $50\ V$ | 1 | Desacoplo de ruido y filtrado físico complementario al antirrebote por software ( `bounce_time=0.05` ). |

| Ítem | Código / Designador | Componente | Especificación Técnica Recomendada | Cant. | Función en el Módulo 03 |
|---|---|---|---|---|---|
| | | **Multicapa (Opcional)** | | | |
| **14** | `PB1` | **Protoboard y Cables DuPont** | Protoboard de 400 u 830 puntos + cables DuPont Hembra-Macho de $20\ \text{cm}$ | 1 kit | Interconexión limpia entre el cabezal de 40 pines de la Raspberry Pi y la etapa de supervisión. |
| **15** | `INST1` | **Multímetro Digital True-RMS** | Medición de continuidad, tensión DC y resistencia | 1 | Verificación obligatoria de ausencia de cortocircuitos entre los rieles de $5.0\ \text{V}$ (Pines 2/4) y $3.3\ \text{V}$ (Pin 1). |

---

## 2. Cálculos de Dimensionamiento Eléctrico del Cabezal GPIO ($3.3\ \text{V}$)

### 2.1. Límite de Corriente del SoC Broadcom / Chip `RP1`

A diferencia del Arduino UNO (cuyos pines a $5.0\ \text{V}$ toleran hasta $20\ \text{mA}$ nominales), los buffers CMOS de $3.3\ \text{V}$ de la Raspberry Pi tienen restricciones estrictas:

- **Corriente máxima por pin individual:** $\text{I}_{\text{pin(máx)}} \leq 16\ \text{mA}$ (recomendado diseñar para $\text{I}_{\text{pin}} \leq 8\ \text{mA}$).
- **Corriente total combinada en todo el banco GPIO de $3.3\ \text{V}$:** $\text{I}_{\text{banco(máx)}} \leq 50\ \text{mA}$.

### 2.2. Cálculo de las Resistencias Limitadoras `R1` y `R2` ($220\ \Omega$)

Aplicando la Ley de Tensiones de Kirchhoff al lazo del pin `GPIO 17` ($\text{V}_{\text{GPIO}} = 3.3\ \text{V}$) con el LED verde ($\text{V_F} = 2.0\ \text{V}$):

$$
I_{LED} = \frac{V_{GPIO} - V_F}{R_1} = (3.3\ V - 2.0\ V) / (220\ \Omega) = (1.3\ V) / (220\ \Omega) \approx 5.91\ mA < 16\ mA
$$

La potencia disipada en la resistencia $\text{R_1}$ es:

$$
P_{R1} = I_{LED}^2 \cdot R_1 = (0.00591\ A)^2 \cdot 220\ \Omega \approx 7.68\ mW \ll 250\ mW\ (1/4\ W)
$$