

# Índice

<b>1. Contenido</b>	<b>2</b>
1.1. Introducción a la Raspberry Pi 3 . . . . .	2
1.2. Preparación del Hardware . . . . .	2
1.3. Instalación y Configuración del Sistema Operativo . . . . .	2
1.4. Configuración del Router y Programación . . . . .	2
1.5. Recursos Adicionales y Soporte . . . . .	2
<b>2. Requerimientos y Materiales</b>	<b>2</b>
<b>3. Descripción técnica</b>	<b>3</b>
3.1. Raspberry Pi 3B+ . . . . .	3
3.2. Especificaciones técnicas del proyecto . . . . .	3
<b>4. Instalación</b>	<b>4</b>
4.1. Instalación del Sistema Operativo Linux . . . . .	4
4.2. Configuración del Router y Programación . . . . .	4
4.3. Instalación de Software Necesario . . . . .	5
4.4. Configuración del Punto de Acceso y DHCP . . . . .	5
<b>5. Interfaz de usuario para la administración y monitoreo del enrutador raspberry Pi basado en un servidor apache</b>	<b>6</b>
5.1. Instalación . . . . .	7
5.2. Uso de la Interfaz . . . . .	8
5.3. Estado del Sistema . . . . .	8
5.4. Dispositivos Conectados . . . . .	8
5.5. Configuración del Punto de Acceso . . . . .	8
<b>6. Reinicio y actualizaciones</b>	<b>8</b>
<b>7. Pruebas</b>	<b>9</b>
7.1. Evaluación de la Conectividad del Punto de Acceso . . . . .	9
7.2. Prueba de Velocidad de Conexión . . . . .	9
7.3. Evaluación de Latencia . . . . .	10
7.4. Alcance . . . . .	10

# Manual de usuario: Configuración de sistema embebido como Enrutador

Programación de Sistemas Linux Embebidos 4201152  
Edward Fabian Goyeneche Velandia , Jony Fauricio Cárdenas Herrera

1 de diciembre de 2023

## 1. Contenido

Este documento ha sido elaborado con el objetivo de servir como una guía integral para configurar y operar un router utilizando una Raspberry Pi 3B+. Nuestro propósito es proporcionar instrucciones detalladas y fáciles de seguir, asegurando así que incluso los usuarios con un conocimiento moderado en tecnología puedan realizar esta tarea con éxito.

### 1.1. Introducción a la Raspberry Pi 3

Inicialmente, es esencial familiarizarse con la Raspberry Pi 3+. Esta sección ofrecerá una breve introducción a sus características y capacidades, estableciendo una base sólida para los pasos siguientes.

### 1.2. Preparación del Hardware

Aquí encontrará información detallada sobre la configuración inicial del hardware de su Raspberry Pi 3. Desde la instalación de la tarjeta SD hasta la conexión de los cables de red, le guiaremos en cada paso.

### 1.3. Instalación y Configuración del Sistema Operativo

El corazón de su router es el sistema operativo. Esta parte del manual se enfoca en la instalación de un sistema operativo Linux adecuado y su configuración inicial. Cubriremos desde la selección del sistema operativo hasta su instalación y configuración básica.

### 1.4. Configuración del Router y Programación

Una vez que el sistema operativo esté listo, es hora de transformar la Raspberry Pi en un router. Aquí le mostraremos cómo realizar la configuración del router y le introduciremos a la programación a través de la consola de comandos.

### 1.5. Recursos Adicionales y Soporte

Finalmente, este manual incluye una lista de recursos adicionales y opciones de soporte. Es crucial tener conocimientos básicos en sistemas operativos Linux y familiaridad con comandos básicos para una implementación exitosa del proyecto.

## 2. Requerimientos y Materiales

Para llevar a cabo el proyecto de configuración y pruebas de un router en una Raspberry Pi 3, es necesario contar con varios componentes y herramientas. A continuación, se detallan los requisitos y materiales necesarios:

1. **Raspberry Pi 3 o un modelo superior con mínimo 1GB de memoria RAM:** Una Raspberry Pi 3 o un modelo superior es esencial para este proyecto. Debe tener al menos 1GB de memoria RAM para manejar eficientemente las operaciones del router.
2. **Memoria USB con más de 4GB de almacenamiento preferiblemente de clase 10:** Se requiere una memoria USB con capacidad de más de 4GB para almacenar el sistema operativo y los programas necesarios. Se recomienda que sea de clase 10 para una transferencia de datos más rápida.
3. **Sistema de Refrigeración para la Raspberry (Opcional):** Dado que la Raspberry Pi puede calentarse durante operaciones prolongadas o intensivas, un sistema de refrigeración (como disipadores de calor o un ventilador) es aconsejable para mantener la estabilidad del sistema.
4. **Cable Ethernet:** Es fundamental un cable Ethernet para conectar la Raspberry Pi a una red. Esto es necesario debido a que el controlador de red de la Raspberry Pi 3 no puede conectarse a una red Wi-Fi y en simultáneo generar un punto de acceso para funcionar como repetidor.
5. **Router como adaptador de Red para Conexiones de Fibra Óptica:** Para convertir una conexión de red de fibra óptica a una interfaz Ethernet compatible con la Raspberry Pi, se necesita un adaptador de red apropiado. Este adaptador facilitará la conexión de la Raspberry Pi a diferentes tipos de redes de internet.
6. **Fuente de alimentación 5V 2A:** Una fuente de alimentación estable de 5V 2A es necesaria para garantizar el funcionamiento óptimo y continuo de la Raspberry Pi sin interrupciones por problemas de energía.
7. **Software y Herramientas de Programación:** Será necesario contar con software específico para la programación y configuración del router en la Raspberry Pi. Esto incluye sistemas operativos Linux adecuados, compiladores, editores de texto y herramientas de diagnóstico de red.
8. **Cables y Conectores Adicionales:** Es posible que se requieran cables y conectores adicionales para establecer las conexiones entre la Raspberry Pi, el router y otros dispositivos de la red.
9. **Conocimientos Básicos en Redes, Linux y Protocolos SSH:** La configuración efectiva de un enrutador utilizando Raspberry Pi 3B+ requiere una comprensión fundamental de los conceptos de redes y el uso de sistemas operativos basados en Linux. Familiarizarse con la configuración de redes, incluidas las asignaciones de IP, la gestión de DNS y DHCP, así como las reglas de firewall. Además, el conocimiento de los protocolos SSH es indispensable para la configuración de la Raspberry Pi como enrutador.

## 3. Descripción técnica

### 3.1. Raspberry Pi 3B+

La Raspberry Pi 3 Model B+ consiste en una placa de desarrollo que cuenta con un procesador de 64-bit y una CPU de cuatro núcleos que corre a 1.4GHz. Este modelo incluye conectividad inalámbrica incorporada con Wi-Fi de doble banda y Bluetooth 4.2. La Pi 3B+ también mejora su rendimiento de Ethernet con un controlador LAN que ofrece velocidades de hasta 300Mbps, un incremento significativo respecto a modelos anteriores. Este pequeño pero potente dispositivo es perfecto para una amplia gama de aplicaciones, desde computadoras de escritorio hasta proyectos de servidores y sistemas embebidos como enrutadores. ??

### 3.2. Especificaciones técnicas del proyecto

Este proyecto de enrutador utiliza la Raspberry Pi 3B+ para implementar las siguientes especificaciones técnicas:

- Un sistema operativo ligero basado en Linux optimizado para correr en sistemas embebidos. Esta versión del sistema operativo se caracteriza por no incluir una interfaz gráfica de usuario tradicional, funcionando únicamente a través de la consola de comandos.
- Implementación de un servidor DHCP y DNS utilizando ‘dnsmasq’ para la asignación dinámica de IP y gestión de nombres de dominio.
- Configuración de ‘hostapd’ para establecer un punto de acceso Wi-Fi seguro y personalizable.

- Interfaz web personalizada alojada en la Raspberry Pi para la monitorización y gestión del enrutador, incluyendo la visualización de dispositivos conectados y la configuración de la red.
- Capacidades de enrutamiento y firewall configuradas con ‘iptables’ para asegurar una red protegida.
- Posibilidad de expansión y adición de funcionalidades adicionales como control parental, bloqueo de anuncios a nivel de red y más.
- Ejecución de un servidor Apache con soporte PHP para la ejecución de comandos y scripts, proporcionando una plataforma para la interfaz de usuario web.

## 4. Instalación

### 4.1. Instalación del Sistema Operativo Linux

La primera etapa del proceso de instalación implica cargar un sistema operativo Linux en el sistema embebido. Para este propósito, se aconseja utilizar el software Raspberry Pi Imager, una herramienta desarrollada por la Raspberry Pi Foundation. Esta aplicación está diseñada específicamente para simplificar la instalación de sistemas operativos en tarjetas SD, las cuales se utilizarán en dispositivos Raspberry Pi.

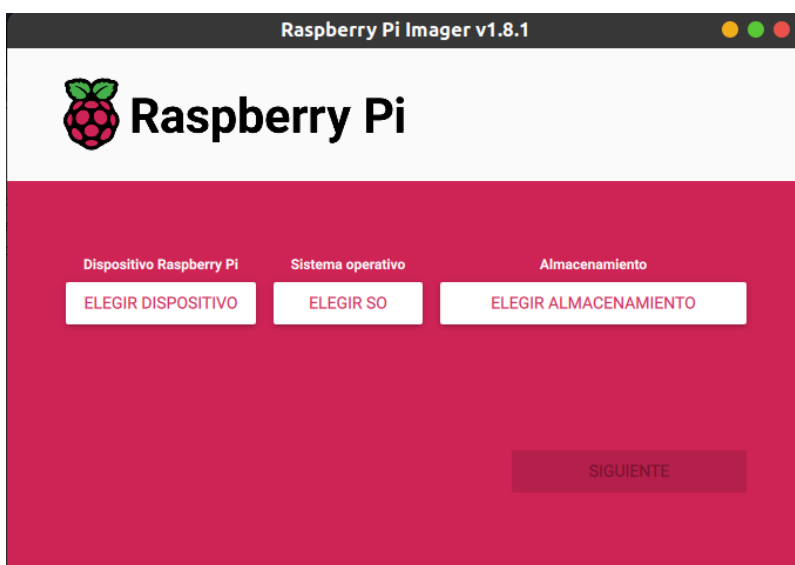


Figura 1: Software Raspberry Pi Imager

La interfaz de Raspberry Pi Imager permite seleccionar fácilmente la versión del sistema operativo (figura 2). Se sugiere optar por la distribución Raspberry Pi OS Legacy Lite, dado que este proyecto no requiere de un entorno de escritorio y solo utiliza la terminal de comandos. Esta elección resulta ser más eficiente en términos de almacenamiento y procesamiento. Posteriormente, se debe seleccionar la versión correspondiente del dispositivo Raspberry Pi y la unidad de almacenamiento donde se cargará la imagen del sistema operativo.

*Nota:* En casos donde no se dispone de acceso a un monitor, teclado y ratón para el acceso a la terminal, es recomendable habilitar el acceso remoto mediante el protocolo **SSH**. Esta configuración se puede realizar a través de la opción de configuración personalizada presente en el software Raspberry Pi Imager. Habilitar SSH permitirá acceder a la terminal del sistema Raspberry Pi desde otro dispositivo, como un ordenador, facilitando así la configuración y el manejo remoto del sistema.

### 4.2. Configuración del Router y Programación

A continuación se proporciona una guía detallada para configurar una Raspberry Pi 3B+ como un enrutador, utilizando herramientas específicas y comandos de consola. Se explicarán paso a paso los comandos necesarios y sus funciones, así como las configuraciones posibles.

### 4.3. Instalación de Software Necesario

Para convertir la Raspberry Pi en un enrutador, es necesario instalar ‘hostapd’ para crear el punto de acceso, y ‘dnsmasq’ para gestionar DHCP y DNS.

```
sudo apt update
sudo apt-get upgrade

sudo apt install hostapd
sudo apt install dnsmasq
sudo DEBIAN_FRONTEND=noninteractive apt install -y netfilter-persistent iptables-persistent
```

Estos comandos actualizan el sistema y los paquetes, e instalan los programas necesarios. ‘hostapd’ permite a la Raspberry Pi actuar como un punto de acceso inalámbrico, mientras que ‘dnsmasq’ proporciona servicios de red como DHCP y DNS.

### 4.4. Configuración del Punto de Acceso y DHCP

Ahora, se configuran los servicios de red. Primero, se establece una dirección IP estática para la interfaz inalámbrica.

```
sudo nano /etc/dhcpd.conf

interface wlan0
    static ip_address=10.20.1.1/24
    nohook wpa_supplicant
```

Este bloque configura una dirección IP estática para ‘wlan0’, la interfaz inalámbrica de la Raspberry Pi.

Luego, se habilita el reenvío de IP y se configura la traducción de direcciones de red (NAT) para permitir el acceso a Internet a través del enrutador.

```
sudo nano /etc/sysctl.d/routed-ap.conf

net.ipv4.ip_forward=1

sudo iptables -t nat -A POSTROUTING -o eth0 -j MASQUERADE
sudo netfilter-persistent save
```

El comando ‘iptables’ establece reglas de NAT, y ‘netfilter-persistent save’ guarda estas reglas. Después, se configura ‘dnsmasq’ para proporcionar DHCP y DNS a los dispositivos conectados.

```
sudo mv /etc/dnsmasq.conf /etc/dnsmasq.conf.old
sudo touch /etc/dnsmasq.conf

sudo nano /etc/dnsmasq.conf
interface=wlan0
dhcp-range=10.20.1.5,10.20.1.100,255.255.255.0,300d
domain=wlan
address=/rt.wlan/10.20.1.1
```

Esta configuración asigna un rango de direcciones IP a los dispositivos que se conecten al punto de acceso. Finalmente, se configura ‘hostapd’ para establecer las características del punto de acceso.

```
sudo touch /etc/hostapd/hostapd.conf
sudo nano /etc/hostapd/hostapd.conf
```

```
country_code=CO
interface=wlan0
ssid=raspi_point
hw_mode=g
channel=7
macaddr_acl=0
auth_algs=1
ignore_broadcast_ssid=0
wpa=2
wpa_passphrase=ChangeMe
wpa_key_mgmt=WPA-PSK
wpa_pairwise=TKIP
rsn_pairwise=CCMP
```

Este archivo de configuración establece las características del punto de acceso, como el SSID, la contraseña y el canal de Wi-Fi.

Una vez completadas todas las configuraciones, reinicie la Raspberry Pi para aplicar los cambios.

```
sudo reboot
```

## 5. Interfaz de usuario para la administración y monitoreo del enrutador raspberry Pi basado en un servidor apache

La interfaz que se muestra en la imagen proporciona un panel de control de usuario para una Raspberry Pi configurada como enrutador. Este dashboard permite al usuario monitorear y gestionar la configuración del punto de acceso inalámbrico. A continuación, se describe la funcionalidad y el uso de cada sección de la interfaz



Figura 2: Interfaz Web para el monitoreo y control

## 5.1. Instalación

Para instalar y configurar Apache para servir el proyecto 'Dashboard', sigue estos pasos:

```
# Actualizar la lista de paquetes e instalar Apache y Git
sudo apt update
sudo apt install apache2
sudo apt install git

# Clonar el repositorio del proyecto Dashboard
cd /var/www/
sudo git clone https://github.com/JCardenas05/Dashboard

# Asignar los permisos adecuados al directorio del proyecto
sudo chown -R www-data:www-data /var/www/Dashboard
sudo chmod -R 755 /var/www/Dashboard

# Editar la configuración de Apache para establecer el
# DocumentRoot al directorio del proyecto Dashboard
sudo nano /etc/apache2/sites-available/000-default.conf
```

Dentro del archivo '000-default.conf', busca la línea 'DocumentRoot' y cámbiala para que apunte al directorio del proyecto:

```
DocumentRoot /var/www/Dashboard
```

Después de guardar y cerrar el archivo, reinicia el servicio Apache para aplicar los cambios:

```
sudo systemctl restart apache2
```

## 5.2. Uso de la Interfaz

Para acceder a este dashboard, los usuarios deben conectarse a la red del punto de acceso de la Raspberry Pi y navegar a la dirección IP 10.20.1.1 en un navegador web. Una vez allí, pueden visualizar y modificar la configuración según sea necesario.

## 5.3. Estado del Sistema

Esta sección ofrece información en tiempo real sobre el estado de la Raspberry Pi, incluyendo:

- **Temperatura:** Muestra la temperatura actual de la CPU de la Raspberry Pi, lo cual es crítico para prevenir el sobrecalentamiento.
- **CPU GHz:** Indica la frecuencia de operación actual de la CPU, que puede variar según la carga de trabajo del dispositivo.
- **Memoria RAM Utilizada:** Muestra la cantidad de memoria RAM en uso, lo cual es útil para entender cómo los recursos están siendo empleados.

## 5.4. Dispositivos Conectados

Aquí se listan los dispositivos que actualmente están conectados al punto de acceso de la Raspberry Pi. Se muestra:

- **Nombre:** El nombre de host o identificador del dispositivo conectado.
- **IP:** La dirección IP asignada al dispositivo dentro de la red local.
- **MAC:** La dirección de control de acceso a medios (MAC) única para cada dispositivo de red.
- **Interfaz:** La interfaz a través de la cual el dispositivo está conectado, en este caso, wlan0 para conexiones inalámbricas.

## 5.5. Configuración del Punto de Acceso

Esta área permite al usuario cambiar la configuración básica del punto de acceso Wi-Fi de la Raspberry Pi:

**SSID:** Aquí se puede editar el nombre de la red Wi-Fi (Service Set Identifier) que los dispositivos utilizan para identificar y conectar al punto de acceso.

**Contraseña:** Permite al usuario cambiar la contraseña de la red Wi-Fi para mantener la seguridad de la conexión.

Al realizar cambios en los campos SSID o contraseña, el usuario debe seleccionar "Actualizar Configuración" para aplicar los cambios. Es importante notar que cambiar estos ajustes desconectará todos los dispositivos actualmente conectados, y requerirán que se reconecten utilizando la nueva información. Botón de Reinicio

## 6. Reinicio y actualizaciones

El icono de reinicio despliega un panel de opciones, la opción de reinicio del router permite al usuario reiniciar el punto de acceso, lo cual puede ser útil después de cambiar la configuración o si se necesita solucionar problemas de conectividad. Junto a esta opción, se incluye un botón de actualizaciones que sincroniza el sistema con el repositorio de código fuente del proyecto [2], lo cual es esencial para implementar mejoras y funcionalidades adicionales de manera eficiente y segura.



## 7. Pruebas

### 7.1. Evaluación de la Conectividad del Punto de Acceso

La funcionalidad del punto de acceso inalámbrico se verifica mediante la comprobación de su visibilidad y accesibilidad desde un dispositivo cliente. Se realiza un escaneo para identificar el SSID configurado (raspi”) y se establece una conexión. La asignación de la dirección IP al dispositivo cliente debe estar dentro del rango predefinido (10.20.1.5 a 10.20.1.100). La Figura3 muestra el punto de acceso detectado:

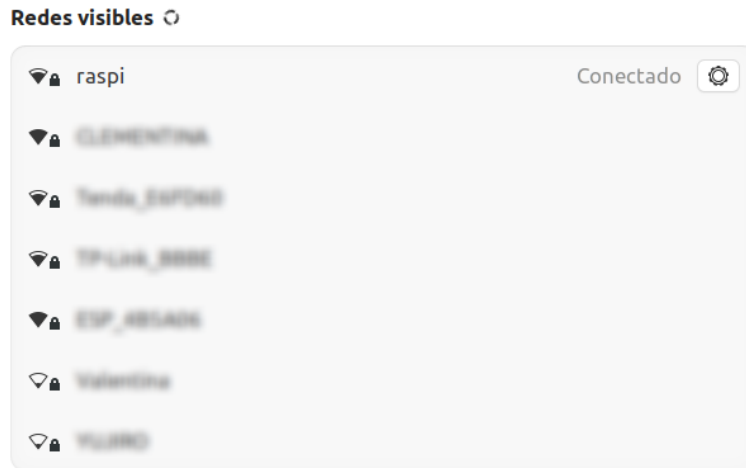


Figura 3: Visualización del Punto de Acceso Wi-Fi

La configuración y rendimiento del punto de acceso se validan a través de los siguientes parámetros de red del dispositivo cliente:

- Intensidad de la Señal: Óptima
- Velocidad de Conexión: 54 Mb/s en la banda de 2.4 GHz
- Seguridad: WPA2
- Dirección IPv4 Asignada: 10.20.1.22
- Bandas de Frecuencia Soportadas: 2.4 GHz/5 GHz
- Gateway Predeterminado: 10.20.1.1
- Servidor DNS: 10.20.1.1

### 7.2. Prueba de Velocidad de Conexión

Utilizando la herramienta speedtest-cli ejecutada desde la terminal, se mide la velocidad de transmisión de datos del punto de acceso. Los resultados promedio obtenidos son:

- **Velocidad de Descarga:** 22.267 Mb/s
- **Velocidad de Carga:** 12.427 Mb/s

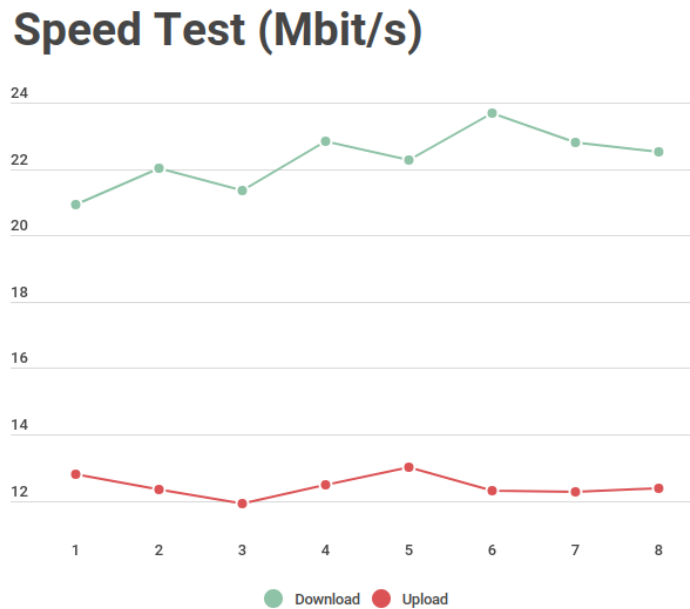


Figura 4: Resultados de Prueba de Velocidad

### 7.3. Evaluación de Latencia

Se realiza una prueba de latencia hacia un servidor HTTPS local, obteniendo los siguientes resultados:

- Paquetes Enviados: 4
- Paquetes Recibidos: 4
- Latencia: Mínima = 18 ms, Máxima = 211 ms, Promedio = 71 ms

Realizando la prueba con un servidor público se obtuvo una latencia promedio de 132 ms

Estas pruebas son fundamentales para validar la configuración y rendimiento del enrutador Raspberry Pi en un entorno de red real.

### 7.4. Alcance

Se determinó que el alcance efectivo de la señal Wi-Fi se extiende hasta un radio de aproximadamente 20 metros. Dentro de este perímetro, el punto de acceso no solo es detectable, sino que también mantiene una conexión estable con los dispositivos cliente. Esta prueba se llevó a cabo en un entorno libre de interferencias estructurales.

## Referencias

- [1] Raspberry Pi Foundation. (2018). "Raspberry Pi 3 Model B+". Accedido el 29 de noviembre del 2023, Disponible en: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-3-model-b-plus/>
- [2] Dashboard Project Repository. Repositorio del proyecto Dashboard en GitHub. Accedido el 29 de noviembre del 2023. Disponible en <https://github.com/JCardenas05/Dashboard/tree/main>
- [3] Raspberry Pi Foundation. Raspberry Pi Configuration Documentation. Accedido el 29 de noviembre del 2023, Disponible en: <https://www.raspberrypi.com/documentation/computers/configuration.html>