

DESARROLLO DE MINI-PC CON RASPBERRY PI 3B+ BASADO EN RASPBIAN

DEVELOPMENT OF MINI-PC WITH RASPBERRY PI 3B+ BASED ON RASPBIAN

Issac Valentín Aguirre Manríquez

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
lis20110052@irapuato.tecnm.mx

Juan Pablo Razón González

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
juan.rg@irapuato.tecnm.mx

José Miguel García Guzmán

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
jose.gg@irapuato.tecnm.mx

Juan Carlos Estrada Gutiérrez

Universidad de Guadalajara / CU Ciénega, México
jcarlos.estrada@academicos.udg.mx

Miroslava Cano Lara

Tecnológico Nacional de México / ITS de Irapuato, México
miroslava.cl@irapuato.tecnm.mx

Recepción: 22/julio/2023

Aceptación: 30/agosto/2023

Resumen

Hoy en día el uso de una computadora para trabajar y realizar proyectos escolares es una práctica común. Sin embargo, acceder a este tipo de tecnología aún puede suponer un gasto considerable para un gran número de personas. En este trabajo se presenta el desarrollo de una versión económica de mini-PC empleando la tarjeta Raspberry Pi 3B+. Se contempla una conectividad inalámbrica y de red, puertos I/O y aplicaciones open source para que los usuarios sean capaces de realizar actividades como: navegar en internet, aplicaciones de ofimática, entretenimiento, diseño de dibujos, audio y video, etc. Así mismo se procura que el rendimiento del sistema operativo Raspbian sea óptimo y adecuado.

Palabras Clave: Código abierto, PC portátil, Raspberry PI 3B+, Raspbian.

Abstract

Today, the use of a computer for work and school projects is a routine practice. However, access to this type of technology can still be a considerable expensive for a considerable number of people. This paper presents the development of a low-cost version of a mini-PC using the Raspberry Pi 3B+ board. It provides wireless and network connectivity, I/O ports and open source applications for users to be able to perform activities such as: navigation on the Internet, office applications, entertainment, drawing design, audio and video, etc. In addition, the performance of the Raspbian operating system is secured to be optimal and adequate.

Keywords: *Open source, Portable PC, Raspberry Pi 3B+, Raspbian.*

1. Introducción

La Raspberry Pi es una computadora o placa que soporta distintos componentes de un ordenador como: procesador, chip gráfico y memoria RAM. Estas placas ofrecen LAN inalámbrico, bluetooth, ethernet, USB, ranura SD, un conector de 40 pines GPIO, así como puertos y entradas que permiten conectar periféricos [Balon & Simić, 2019], [Hirak, Solanky & Gaurav, 2020]. En particular, la Raspberry Pi 3B+ se mantiene como una buena opción para armar una PC básica de bajo costo aún más considerando que la nueva versión 4 dobla su precio [Hattersley, 2020].

Dentro de las actividades que abarca una computadora con este tipo de tarjetas se encuentra el trabajar en aplicaciones office, navegar en internet, jugar videojuegos, visualizar multimedia y usar aplicaciones de programación [Halfacree, 2020]. En cuanto a su temperatura al momento de realizar multitareas, la presencia de un disipador colocado sobre el chip SoC (System on a Chip) de la placa permite controlar el calor generado, lo cual en consecuencia reduce el efecto térmico (efecto que puede decrementar las frecuencias de reloj de los componentes) manteniendo velocidades mayores durante su uso [Pastor, 2018].

Existen diferentes opciones de sistemas operativos para ser usados en una Raspberry Pi. En particular se tiene Raspbian el cual, al ser un sistema operativo (OS por sus siglas en inglés) basado en Linux, ofrece un excelente entorno de trabajo para los estudiantes [Balon & Simić, 2019]. Aunque también hay disponibles

otros sistemas operativos compatibles con la plataforma los cuales han sido adaptados para tareas específicas, como Arch Linux, OpenELEC, Pidora, Puppy Linux, Risc OS, OSMC, Ubuntu Mate, Windows 10 IoT Core, Retro Pie, etc.

En este trabajo se expone el desarrollo y armado de una mini-PC empleando una placa Raspberry 3B+ y Raspbian. Esta plataforma se emplea en una computadora básica que representa una alternativa para realizar actividades computacionales escolares a bajo costo, tomando en cuenta las medidas necesarias de hardware y software para ofrecer una experiencia agradable al usuario las cuales van desde el control de temperatura del equipo hasta la elección del OS adecuado.

2. Métodos

Para lograr el desarrollo de una mini-PC capaz de realizar las actividades básicas de cómputo es necesario considerar tanto al hardware como al software del equipo. Para el primero es importante tomar en cuenta el control de su temperatura y su almacenamiento externo. En cuanto al software, el OS y las aplicaciones open source representan un pilar para el funcionamiento general del sistema.

Hardware y enfriamiento del Raspberry Pi

Raspberry Pi 3B+ posee varias opciones en cuanto a hardware. Incluye puertos para periféricos que son usados para el correcto uso de la mini-PC, así como maximizar sus aplicaciones, por ejemplo, el puerto de alimentación, ranura para tarjeta SD, conector PoE y puerto de salida de audio. Los elementos importantes cuando se trata de sus aplicaciones en comunicaciones y transferencia de datos son el puerto GPIO, USB, ethernet, WiFi y Bluetooth. Para su protección se usa la carcasa Pi Desktop rev03 [Element14, 2017], en conjunto con una placa de extensión, lo que convierte directamente a la Raspberry Pi 3B+ en una PC de escritorio. Dentro de la carcasa es posible conectar la tarjeta con disipadores, placa de extensión y un ventilador a 5V conectado a la misma Raspberry Pi 3B+, como se puede observar en las figuras 1 y 2. Los tres disipadores de aluminio unidos al CPU y la RAM mediante pasta térmica, en conjunto con el ventilador colocado en la rejilla de la carcasa Pi desktop rev03 apoyan en el enfriamiento y regulación de la

temperatura en la mini-PC, mejorando el flujo de aire. El sistema puede mantenerse en uso constante manejando las altas temperaturas con el ventilador y los disipadores, promediando mediciones de entre 35 a 40 °C. Los elementos externos como el teclado, ratón y una pantalla vía HDMI completan el equipo de cómputo.

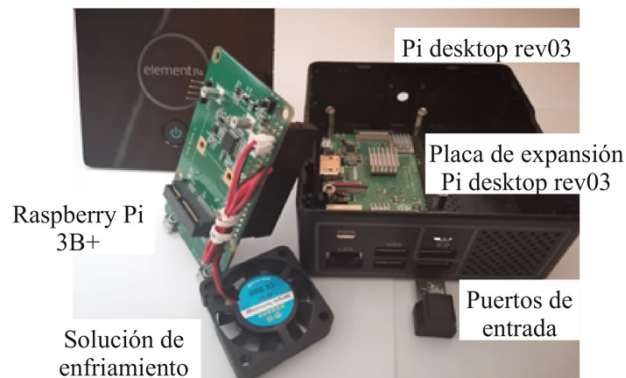


Figura 1 Carcasa y tarjeta de expansión del Pi desktop rev03.

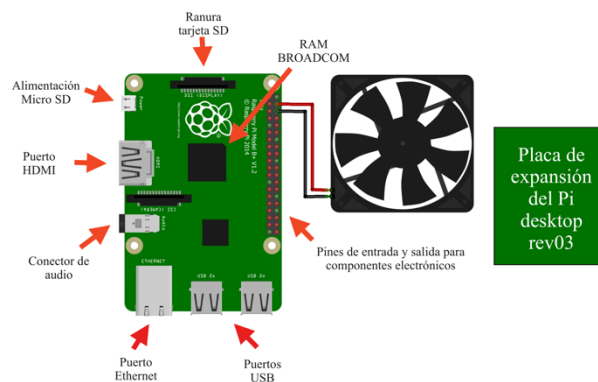


Figura 2 Conexión y adaptación del ventilador.









Análisis del almacenamiento externo

La Raspberry Pi 3B+ no posee almacenamiento interno capaz de almacenar un OS con un tamaño de 1-3 GB. Para este proyecto, su implementación es a través de la memoria ADATA Premier micro SDXC/SDHC UHS-I de clase 10 y capacidad de 32 GB. El almacenamiento externo de este tipo posee altas velocidades y cumple con el estándar A1 para correr aplicaciones de manera rápida y fluida. La velocidad de lectura va hasta los 100 MB por segundo, permitiendo una rápida transferencia de archivos, además de permitir grabar videos en Full HD.

Instalación de los sistemas operativos

La mini-PC requiere de un sistema operativo para funcionar. Existen una gama de OS que pueden trabajar con la placa (ver tabla 1). Para instalar alguno de ellos se requiere de una imagen ISO, la cual se coloca en la tarjeta de memoria microSD mediante una aplicación de formateo de tarjetas de memoria para posteriormente usar el programa Wind32DiskImager para abrir la información del sistema operativo desde la memoria microSD. Algunos OS que son compatibles con la Raspberry se muestran en la tabla 1.

Tabla 1 Sistemas operativos compatibles con Raspberry.

Raspbian 	RaspBSD 	Ubuntu Mate 
Ubuntu LTE 	Risc OS 	Retro Pie 
Pidora 	Windows IoT Core	 Windows 10 IoT

Después de descargar el sistema operativo se requiere de un software de booteo. El open source Balena OS Etcher se emplea para escribir archivos de imagen (.iso y .img) así como carpetas comprimidas en tarjetas de memoria SD y unidades USB flash, por ello se ha optado su uso.

Sistemas operativos y rendimiento

Considerando las capacidades de los dispositivos Raspberry, explorar la mejor opción a usar en la mini-PC puede tornarse en una tarea complicada. En relación a la tabla 1, probar la placa Raspberry con algunas de estas opciones fue descartado debido a problemas de ejecución. Si bien todas las opciones disponibles para la Raspberry Pi 3B+ están basadas en el open source Linux, el desarrollo de pruebas del OS se enfocará en Ubuntu Server LTE y Mate, y Raspbian [Shlok, 2020]:

- **Ubuntu Server LTE.** El sistema operativo de Ubuntu Server LTE inicia con una interfaz nativa o consola de código, la cual no es opción viable para la mini-PC (Figura 3). Si bien se puede usar una interfaz gráfica la cual debe ser preinstalada, debido al tamaño tan grande del sistema operativo la tarjeta Raspberry no fue capaz de pasar esta pantalla.

horaria, país, lenguaje y contraseña. El acceso a internet es posible al conectar el cable Ethernet al puerto RJ45 del dispositivo o bien a través de la antena WiFi. Durante la configuración de Raspbian el sistema indica que es necesario instalar una actualización, proceso el cual puede tardar varios minutos dependiendo de la conexión a internet y a las lecturas de escritura y de lectura de la memoria microSD. Al final de la configuración/actualización el mini-PC se reinicia, mostrando de nuevo el escritorio del OS, como se observa en la figura 5. Al dar clic en el icono de Raspberry es posible abrir el menú de aplicaciones disponibles, desde software tipo Office hasta el contenido multimedia, siendo así, una gran opción como OS para la mini-PC.

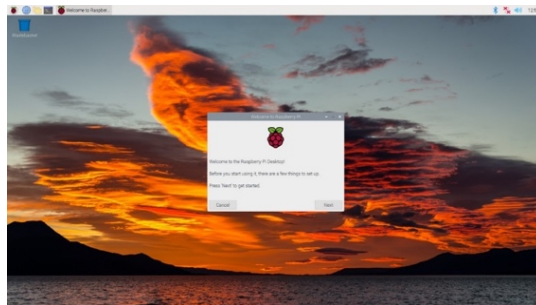


Figura 5 Interfaz del escritorio de Raspberry.

3. Resultados

El resultado de la implementación de la placa Raspberry Pi 3B+, Raspbian y la variedad de programas instalados para las actividades computacionales en una mini-PC, se muestran en la figura 6. El funcionamiento de la mini-PC se complementa con el uso de elementos como el monitor, teclado y ratón, como sucede en una PC de escritorio normal.

El enfoque de una computadora básica para infantes y adolescentes en una versión económica contempla el uso de aplicaciones tipo Office, navegación en internet, visualizar videos, programar, realizar videollamadas, investigar temas de interés, etc. como se muestra en la figura 7. Al ser la navegación una de las principales aplicaciones de la mini-PC se emplea el navegador Chromium el cual puede resultar familiar para muchos usuarios al poseer una interfaz similar a la de Google Chrome.

No requiere de una gran cantidad de memoria RAM al omitir algunas funciones no esenciales, por lo que puede considerarse como su versión lite, ofreciendo una experiencia agradable al usuario.

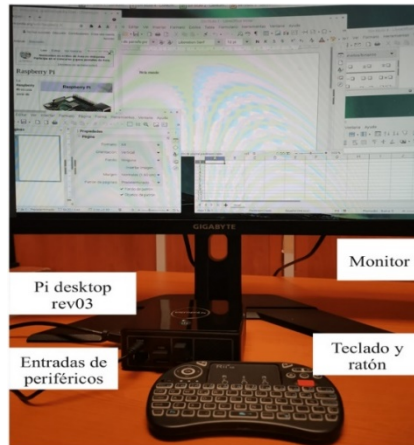


Figura 6 Funcionamiento del Mini-PC y los principales periféricos.

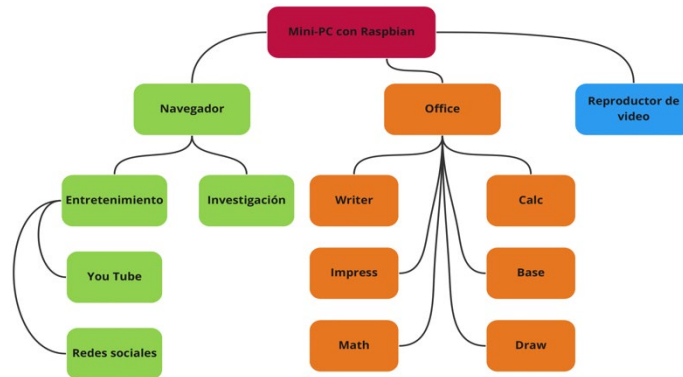


Figura 7 Aplicación de programas en la mini-PC usando Raspbian.

Aplicaciones disponibles en la mini-PC

En la figura 8 se muestran 3 actividades generadas con ventanas de navegación de Chromium, desde consulta en páginas webs de interés, sitios de videos y búsqueda de información. Para trabajo de oficina, la mini-PC tiene programas básicos como la aplicación de edición de texto, programa para hojas de datos, administrador de ecuaciones, editor de dibujos, presentaciones, entre otros (Figura 9). Todos ellos ofrecen una experiencia similar a la que se tiene con la suite de Microsoft Office, pero en una computadora de bajo costo.

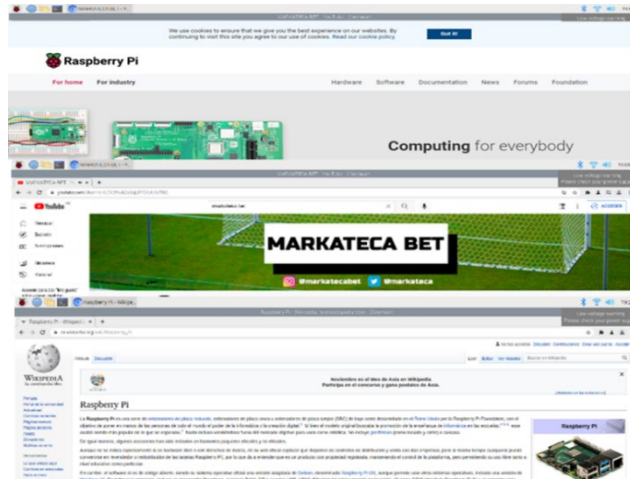


Figura 8 Navegación en internet en Raspbian.

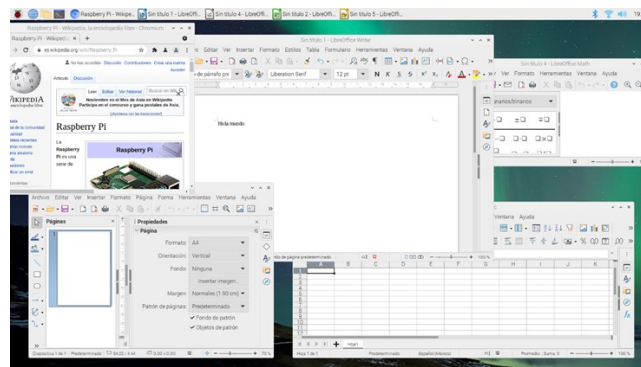


Figura 9 Aplicaciones tipo Office y función de multitarea.

Dentro de la sección de entretenimiento (Figura 10), es posible encontrar un reproductor de video capaz de reproducir videos hasta la resolución full HD y también algunos juegos, lo cual permite al usuario relajarse durante su tiempo libre.

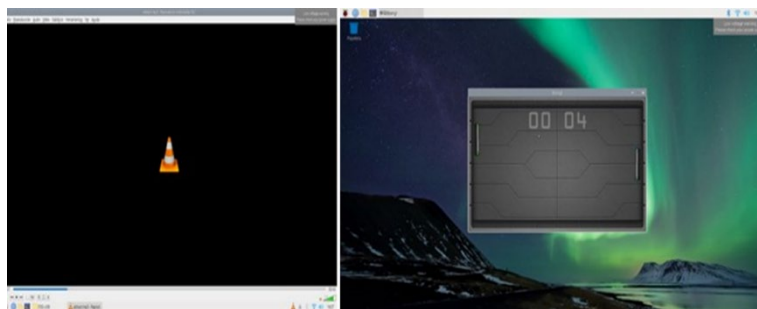


Figura 10 Reproductor de video y juegos.

Raspbian es el sistema operativo ideal para una computadora de bajos recursos, principalmente por la gran fiabilidad que brinda el sistema, el cual está basado en Linux y ofrece un excelente rendimiento en términos de navegación web, manejo de archivos, folders y aplicaciones tipo Office, por ello este sistema puede ser considerado como la mejor opción para la Raspberry Pi 3B+, figura 11.

Nombre	PID	Usuario	%CPU	%MEM	VSZ	RSS	Comando
systemd	1	root	0.0	0.0	0	0	/usr/lib/systemd/systemd
dbus-daemon	2	root	0.0	0.0	0	0	/usr/bin/dbus-daemon
sd-bus	3	root	0.0	0.0	0	0	/usr/bin/sd-bus
init	4	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/init
systemd-journald	5	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-logind	6	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-udevd	7	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-timesyncd	8	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-timesyncd
systemd-fsck	9	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-fsck
systemd-remount-fs	10	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-remount-fs
systemd-notify	11	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-notify
systemd-udevd	12	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	13	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	14	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	15	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	16	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	17	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	18	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	19	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	20	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	21	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	22	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	23	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	24	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	25	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	26	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	27	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	28	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	29	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	30	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	31	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	32	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	33	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	34	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	35	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	36	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	37	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	38	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	39	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	40	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	41	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	42	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	43	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	44	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	45	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	46	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	47	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	48	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	49	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	50	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	51	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	52	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	53	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	54	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	55	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	56	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	57	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	58	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	59	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	60	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	61	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	62	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	63	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	64	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	65	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	66	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	67	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	68	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	69	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	70	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	71	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	72	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	73	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	74	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	75	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	76	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	77	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	78	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	79	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	80	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	81	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	82	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	83	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	84	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	85	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	86	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	87	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	88	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	89	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	90	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	91	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	92	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	93	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	94	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	95	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	96	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	97	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind
systemd-journald	98	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-journald
systemd-udevd	99	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-udevd
systemd-logind	100	root	0.0	0.0	0	0	/usr/sbin/systemd-logind

Figura 11 Tabla del rendimiento calculado del sistema operativo Raspbian.

Evaluación del impacto económico

La mini-PC de bajo costo con Raspberry Pi 3B+ incluye herramientas de computación útiles de uso libre y un sistema operativo gratuito. Para calcular los precios de los componentes se considera el armado de una mini-PC, ya que si estos fueran comprados en mayoreo el precio final del prototipo podría haberse reducido de un 10 a 20%. Los precios de todos los materiales están listados en tabla 2.+

Tabla 2 Tabla de precios.

Material	Precio
Pi Desktop rev03	\$300 MXN
Raspberry Pi 3B+	\$1250 MXN
Ventilador	\$20 MXN
Pantalla externa, ratón y teclado	-
Total	\$1570 MXN

El costo final de la mini-PC escala a los \$1570 MXN. La pantalla no se considera en la tabla de precios ya que cualquier monitor externo puede ser empleado, esto es desde una pantalla de televisión hasta un monitor de computadora, lo cual aplica de la misma manera con el ratón y teclado, como se ve en la figura 12.



Figura 12 Funcionamiento de Mini-PC con Raspberry Pi 3B+ con usuarios infantiles.

4. Discusión

Existen diversos trabajos donde se diseñan y arman PC's con la flexibilidad que ofrece una tarjeta Raspberry Pi y el software open source [Shlok, 2020], [Pastor, 2018]. Experimentando con los modelos [Hattersley, 2020], utilizar la Raspberry Pi 3B+ como cerebro de la mini-PC ha permitido reducir costos en gran medida, sin sacrificar las funciones que una computadora básica puede llegar a brindar. El desarrollo de un equipo computacional con tareas tipo Office, navegación web, videos, juegos y herramientas escolares amplia la oportunidad de dar acceso a niños y adolescentes del nivel básico a superior a una computadora de escritorio o portátil con el complemento de un monitor y un teclado.

5. Conclusiones

El desarrollo de computadoras en la actualidad es un ejemplo de la innovación en diferentes áreas de manera global, siendo común hoy en día tener una PC con los requisitos mínimos para usar editores de texto, aplicaciones para crear diapositivas y varias más, esenciales para las actividades diarias. Sin embargo, este tipo de equipos aún suelen tener precios elevados, por lo que no están al alcance de todos, complicando así el desarrollo cognitivo de los estudiantes.

Desarrollar una computadora de bajo costo es un reto para cubrir las necesidades mínimas de un usuario a un menor precio posible. En terminos generales se requiere un sistema multiproceso capaz de realizar con rapidez y eficiencia las mínimas funcionalidades de trabajo. En este trabajo se presenta una mini-PC con

la tarjeta Raspberry PI 3B+ en conjunto con su procesador a 1.4 GHz, conectividad inalámbrica y red, puertos I/O y memoria microSD permite un rendimiento satisfactorio con el Rasbian y la variedad de programas open source.

6. Agradecimientos

Gracias a los Ingenieros Jorge V. Almanza Martínez y José de J. Álvarez Huerta por su apoyo en este proyecto.

7. Bibliografía y Referencias

- [1] Balon, B. & Simić, M., Using Raspberry Pi Computers in Education. 42nd International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 2019.
- [2] Hirak, D. G., Solanki, L. & Gaurav, S., A Review Paper on Raspberry Pi and its Applications. International Journal of Advances in Engineering and Management (IJAEM), 2020.
- [3] Hattersley, L., Raspberry Pi 4 vs Raspberry Pi 3B+: <https://magpi.raspberrypi.com/articles/raspberry-pi-4-vs-raspberry-pi-3b-plus>, 2020.
- [4] Halfacree, G., The Official Raspberry Pi Beginner's Guide, 4th ed. Cambridge, UK: Raspberry Pi Press, 2020.
- [5] Pastor, J., Raspberry Pi 3 Model B+, análisis: más potencia y mejor WiFi para un miniPC que sigue asombrando: <https://www.xataka.com/ordenadores/raspberry-pi-3-model-b-analisis-mas-potencia-y-mejor-wifi-para-un-minipc-que-sigue-asombrando>, 2018.
- [6] Element14. DIY Pi Desktop QSG. Technical Library [PDFfile]: <https://community.element14.com/products/devtools/technicallibrary/m/files/540>, 2017.
- [7] Shlok, s., Portable and Inexpensive Computer Using a Raspberry Pi. Journal of Emerging Technologies and Innovative Research N° 10, 7: <https://www.jetir.org/papers/JETIR2010455.pdf>, 2020.