

# Estudio de viabilidad técnica del Raspberry Pi para su uso en sistemas de visión artificial.

## *Technical feasibility study of the Raspberry Pi for use in artificial vision systems.*

Ing. Juan Carlos Castelo <sup>1\*</sup>, Ing. Johnny Marcelo Pancha Ramos <sup>2</sup>

1\* Magister es Sistemas Automotrices Educación. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Email: [j\\_castelo@esPOCH.edu.ec](mailto:j_castelo@esPOCH.edu.ec) Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9542-8074>

2 Magister en Sistemas Automotrices MSC. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Email: [johnny.pancha@esPOCH.edu.ec](mailto:johnny.pancha@esPOCH.edu.ec) Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-7320-2154>

Correspondencia: [j\\_castelo@esPOCH.edu.ec](mailto:j_castelo@esPOCH.edu.ec)

Recibido: 21/Julio/2020

Aceptado: 23/Agosto/2020

Publicado: 30/Septiembre/2020

**Resumen:** Raspberry Pi es un computador embebido del tamaño de una tarjeta de crédito, posee una capacidad de cómputo llamativa, costo reducido y un tamaño muy práctico que lo vuelven una opción interesante para el desarrollo de un gran abanico de proyectos, incluyendo los sistemas de visión artificial. En el presente trabajo se busca realizar una investigación que permita determinar la viabilidad técnica del Raspberry Pi a la hora de ejecutar sistemas de visión artificial y su competitividad con sistemas comerciales de visión artificial ya existentes, se analizara el hardware necesario para realizar esta tarea, como lo son las cámaras digitales, y coprocesadores; se estudiaran las cualidades de los software disponibles para la implementación de inteligencia artificial, como lo es Python, Open CV y Tensor Flow; se estudiara la posibilidad de crear una interfaz de usuario funcional por medio del microframework de Flask. Como conclusión se determinó que la mejor forma de aplicar sistemas de visión artificial en la Raspberry Pi es por medio de la ayuda de un coprocesador como el Coral Usb Accelerator.

**Palabras Clave:** Visión artificial, Raspberry Pi, UsbAccelerator, Python, OpenCV, Flash.

**Abstract:** Raspberry Pi is an embedded computer the size of a credit card, it has a striking computing capacity, low cost and a very practical size that make it an interesting option for the development of a wide range of projects, including artificial vision systems. . This work seeks to carry out an investigation that allows determining the technical viability of the Raspberry Pi when executing artificial vision systems and its competitiveness with existing commercial artificial vision systems, the hardware necessary to perform this task will be analyzed, such as they are it the digital cameras, and coprocessors; The qualities of the software available for the implementation of artificial intelligence will be studied, such as Python, Open CV and Tensor Flow; The possibility of creating a functional user interface through the Flask microframework will be studied. As a conclusion, it was determined that the best way to apply artificial vision systems to the Raspberry Pi is through the help of a coprocessor such as the Coral Usb Accelerator.

**Keywords:** Computervision, Raspberry Pi, Usb Accelerator, Python, OpenCV, Flash.

## INTRODUCCIÓN

La visión artificial es un sistema donde se busca imitar la visión del ser humano para realizar tareas puntuales, es una herramienta de automatización que cada vez se vuelve más popular a nivel industrial dado que permite un control más fidedigno de las variables de proceso en comparación con métodos tradicionales donde el error humano se encuentra presente.

Los sistemas basados en inteligencia artificial demandan una capacidad de cómputo significativa que en décadas pasadas era muy difícil de alcanzar, pero al día de hoy gracias a los avances tecnológicos es posible adquirir a un precio muy asequible tarjetas de desarrollo como el Raspberry Pi, el cual es un computador embebido del tamaño de una tarjeta de crédito, su bajo costo, potencia computacional y tamaño reducido lo vuelven una opción llamativa para la implementación de sistemas de visión artificial, en el presente trabajo se realizara un análisis exhaustivo en base a una investigación documental bibliográfica que permita determinar si existen las condiciones necesarias tanto a nivel de hardware y de software para implementar de forma eficaz un sistema de visión artificial utilizando Raspberry Pi 4 modelo B.

El presente trabajo está realizado bajo una metodología documental bibliografía que consta de una primera fase de investigación donde se exponen términos como la inteligencia artificial, redes neuronales, se analizan las características técnicas de la Raspberry Pi 4 modelo B tales como, las cámaras digitales compatibles con la plataforma, los lenguajes de programación que se pueden utilizar para desarrollar inteligencia artificial como lo es Python y los paquetes de código abierto de OpenCV y TensorFlow. En la segunda fase se dispone a exponer los resultados de la investigación, se muestran los datos obtenidos de la ejecución de un sistema de visión artificial con Raspberry Pi, se analizan los resultados obtenidos por la utilización del Coral USB Accelerator, el cual es un dispositivo creado específicamente para mejorar el rendimiento de los computadores que ejecutan algoritmos de inteligencia artificial, por último en la tercera fase se realizará una discusión detallada de los resultados y se determinaran las conclusiones de la investigación.

## METODO

La metodología usada para la realización de este trabajo está basada en las técnicas de documentación bibliográfica. La revisión bibliográfica constituye una etapa esencial en el desarrollo de un trabajo científico y académico, implica consultar distintas fuentes de información (catálogos, bases de datos, buscadores, repositorios, etc.) y recuperar documentos en distintos formatos (Martín y Lafuente, 2017)

A partir de esa revisión bibliográfica, el investigador va construyendo el marco teórico, documentando antecedentes y elaborando la bibliografía que se incluye al final de un trabajo científico o académico (Martín y Lafuente, 2017). Los objetivos de esta investigación están orientados a determinar la eficacia de los sistemas de visión artificial aplicados con Raspberry Pi.

## RESULTADO

### Inteligencia artificial

Las tecnologías basadas en la IA ya están siendo utilizadas para ayudar a los humanos a beneficiarse de mejoras significativas y disfrutar de una mayor eficiencia en casi todos los ámbitos de la vida (Rouhiainen, 2018). Existen varias formas de crear sistemas con inteligencia artificial, se encuentran técnicas como la lógica difusa, algoritmos genéticos o las redes neuronales, estas últimas son las más implementadas, dado que simulan la forma en la cual las neuronas humanas procesan la información.

### Redes neuronales

Una red neuronal se puede definir como un sistema que permite establecer una relación entre entradas y salidas inspiradas en el sistema nervioso y diferenciándose de la computación tradicional, ya que estos no utilizan una algoritmia secuencial (Acevedo et al. 2017). Los sistemas de redes neuronales están basados en entrelazamiento de capas, esto significa que una red neuronal este compuesto por la unión de cientos o miles de redes que conforman capas de procesamiento. Las computadoras modernas no están creadas para favorecer el procesamiento de sistemas de inteligencia artificial, dado que la computación moderna utiliza procesadores secuenciales que no son capaces de abarcar todas las capas o entrelazamientos que generan las redes neuronales, por este motivo en la actualidad ya se está creando hardware específico para el procesamiento de tareas de I.A.

### Visión artificial

También conocido como visión computacional, son los procesos de obtención, caracterización e interpretación de información de imágenes tomadas de un mundo tridimensional (Del Castillo, 2018). La visión artificial es una de las aplicaciones más interesantes de la inteligencia artificial, basan su funcionamiento en redes neuronales, y en la imitación de la vista humana, por lo tanto es posible con ayuda de cámaras digitales crear sistemas que puedan detectar patrones visuales como por ejemplo, detección de figuras geométricas, formas, colores, incluso sistemas de detección de rostros, por estas razones la visión artificial empieza a tomar protagonismo en los sistemas industriales, permitiendo

automatizar procesos de control de calidad que antes estaban basados en la observación humana que es propensa al error involuntario.

En la Figura 1 se observa la manera general en la cual funcionan los sistemas de visión artificial.

**Figura 1.**

*Fases del proceso de funcionamiento de la visión artificial al determinar una imagen:*



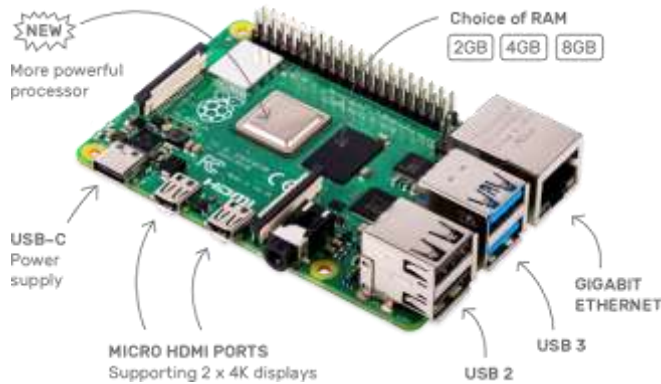
Fuente: (Alvear-Puertas et al. 2017)

### Raspberry Pi

La Raspberry Pi se puede definir como un miniordenador el cual funciona bajo la plataforma Linux. Este viene equipado con puertos USB, Ethernet, micro HDMI entre otros (Castillo, 2020). Raspberry Pi es una plataforma de desarrollo orientada inicialmente a la educación, posee el tamaño de una tarjeta de crédito, su costo reducido y tamaño lo vuelven una opción interesante para realizar proyectos de toda índole. En el presente trabajo analizaremos las características de esta plataforma y las herramientas disponibles para la implementación de sistemas de visión artificial. En la Figura 2 se observa la Raspberry Pi en conjunto con algunas de sus características.

**Figura 2.**

*Raspberry PI 4 model B:*



Fuente: (Raspberry PI Foundation, 2021)

La versión más reciente de esta plataforma es la Raspberry PI 4 modelo B la cual tiene las características mostradas en la Tabla 1.

**Tabla 1.**

*Especificaciones técnicas de Raspberry PI 4 modelo B:*

Especificaciones técnicas	Características
<b>Sistema de un chip</b>	Broadcom BCM2711
<b>CPU</b>	Procesador de 4 núcleos a 1.5 Ghz con brazo Cortex-A72
<b>GPU</b>	VideoCore VI
<b>Memoria</b>	2/4/8GB LPDDR4 RAM
<b>Conectividad</b>	802.11ac Wi-Fi / Bluetooth 5.0, Gigabit Ethernet
<b>Video y sonido</b>	2 x puertos micro-HDMI que admiten pantallas de 4K@60Hz a través de HDMI 2.0, puerto de pantalla MIPI DSI, puerto de cámara MIPI CSI, salida estéreo de 4 polos y puerto de vídeo compuesto.
<b>Puertos</b>	2 x USB 3.0, 2 x USB 2.0
<b>Alimentación</b>	5V/3A vía USB-C, 5V vía cabezal GPIO
<b>Expansión</b>	Cabezal GPIO de 40 pines

Fuente: (Raspberry PI Foundation, 2021)

### Cámara para Raspberry Pi

Para implementar un sistema de visión facial es necesario contar con una cámara digital, Raspberry Pi Foundation suministra a nivel comercial un módulo de cámara digital especialmente diseño para la Raspberry Pi 4. Soportavideo en resolución 1080p (1920 x 1280 píxeles) a 30 cuadros por segundo, 720p (1280 x 720 píxeles) a 60 cuadros porsegundo

y VGA (640 x 480 píxeles) a 90cuadros por segundo, conectada en el puerto CSI por medio de un cable de tipo ribbon (González y Salcedo, 2017). En la Figura 3 se puede visualizar la cámara para Raspberry Pi

**Figura 3.**

*Cámara para Raspberry Pi:*



Fuente: (González y Salcedo, 2017)

**Python**

Python tiene la funcionalidad de poder usarse en cualquier plataforma a la vez que hace que el código sea fácil de entender e intuitivo (Walker, 2018). Python es un lenguaje de comunicación multiplataforma que es capaz de ejecutarse en esencia, en cualquier computador actual, y Raspberry Pi no es la excepción, el propio sistema operativo de Raspberry Pi incluye por defecto una instalación Python 3.

Python muy versátil, este lenguaje admite librerías o módulos para el desarrollo de sistemas de visión artificial, como lo es OpenCV. En la Figura 4 se puede observar que Python viene instalado por defecto en el sistema operativo de Raspberry Pi Os.

**Figura 4.**

*Python por defecto en Raspberry PiOs:*



Fuente: (Ospino, 2020)

### OpenCV y Tensorflow

OpenCV se creó para proporcionar una infraestructura común para aplicaciones de visión por computador y para acelerar el uso de la percepción de la máquina en los productos comerciales (Montesdeoca, 2020). OpenCV y tensor Flow entran en la categoría de librerías o módulos para el desarrollo de sistemas con inteligencia artificial, ambos sistemas son compatibles con el lenguaje de programación de Python.

En la Figura 5 se puede observar un ejemplo de las aplicaciones de un sistema de visión artificial implementado con Python como lengua de programación y con ayuda de la librería de código abierto de OpenCV.

**Figura 5.**

*Detección de usuario en sistema de visión artificial basado en con OpenCV:*



Fuente: (Montesdeoca, 2020)



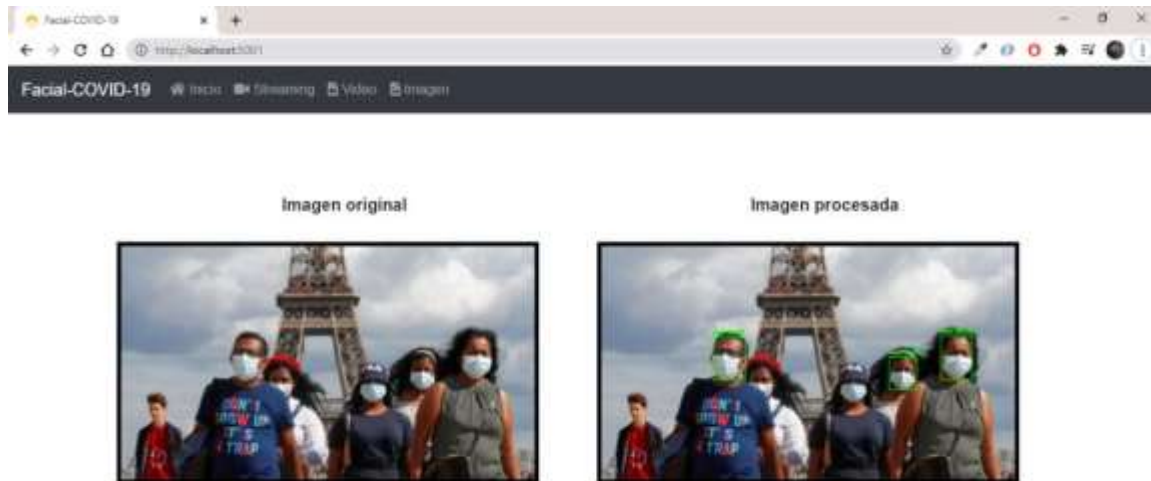
## Flask

Flask es un microframework de Python que trabaja bajo el patrón de MVC, utiliza un sistema de plantillas que depende del motor Jinja y del kit de herramientas Werkzeug WSGI, enrutamiento e incluye su propio servidor para ejecutar las aplicaciones (Montesdeoca, 2020). Es una herramienta que permite crear servidores dentro del sistema operativo donde se ejecuta Python, esto da la posibilidad de crear aplicaciones web donde se puede albergar toda la programación de Python y sus librerías, como por ejemplo OpenCV.

En la Figura 6 se observa una interfaz web creada con Flask y Python que ejecuta un algoritmo de visión artificial basada en OpenCV.

**Figura 6.**

*Interfaz web con Flask, Python y OpenCV:*



Fuente: (Montesdeoca, 2020)

## USB Accelerator Coral

USB Accelerator Coral es un dispositivo fabricado por Google para ayudar al procesamiento de computo en sistemas de inteligencia artificial, se conecta por puerto USB, lo que lo hace compatible con prácticamente todas las computadoras del mercado.

Este dispositivo posee un coprocesador llamado Edge TPU Coral que esta específicamente diseñado para el procesamiento de redes neuronales. En la Figura7 se puede observar el USB Accelerator Coral.



**Figura 7.**

*Coral Usb Accelerator:*



Fuente: (Google LLC , 2020)

El dispositivo Coral Usb Accelerator es perfectamente compatible con la Raspberry Pi modelo 4, en las Tablas 2, 3 y 4 se observan datos que evidencian las bondades de este equipo en la ejecución de sistemas de visión artificial.

**Tabla 2.**

*Resultados Obtenidos para imágenes fijas:*

Nº	Tecnología	Prueba	Tiempo de inferencia (m/s)	%CPU	Resultado
1	<i>TensorFlow Lite</i>	Detección por imagen	107	19%	Muy bueno
2	<i>TensorFlow Lite con TPU</i>	Detección por imagen	60	15%	Muy bueno

Fuente: (Ospino Martínez, C. E, 2020).

**Tabla 3.**  
*Resultados Obtenidos para imágenes de video:*

Nº	Tecnología	Prueba	Frame Rate (fps)	%CPU	Resultado
1	<i>OpenCV</i>	Reconocimiento por cámara Pi	0.41	92%	Pobre
2	<i>TensorFlow Lite</i>	Detección por vídeo	1.71	33%	Aceptable
3	<i>TensorFlow Lite con TPU</i>	Detección por vídeo	6.10	27%	Muy Bueno
4	<i>TensorFlow Lite</i>	Detección con cámara Pi	1.57	55%	Aceptable
5	<i>TensorFlow Lite con TPU</i>	Detección con cámara Pi	6.26	29%	Muy bueno

Fuente: (Ospino, 2020)

**Tabla 4.**  
*Resumen de porcentaje de Mejoras:*

Nº	Tecnología	Prueba	% de mejoras
1	<i>OpenCV</i>	Reconocimiento por Cámara Pi	N.A
2	<i>TensorFlow Lite Vs TensorFlow Lite con TPU</i>	Detección por imagen	56,1%
3		Detección por video	256%
4		Detección con la cámara pi	298%

Fuente: (Ospino, 2020)

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Luego de analizar toda la información obtenida por medio de la documentación bibliográfica se puede concluir que la Raspberry Pi 4 modelo B es una plataforma que es capaz de procesar sistemas de visión artificial con eficacia y exactitud.

Se pudo comprobar que existe el hardware y software especializado necesario para la implementación de un sistema de visión artificial eficaz, utilizando como base la Raspberry Pi 4 modelo B.

Por medio de los datos obtenidos se comprueba que la implementación de un coprocesador como el Coral Usb Accelerator es fundamental si se desea tener exactitud y

velocidad en los sistemas de la visión artificial aplicada en videos de tiempo real, en los casos donde solo sea necesario procesar fotografías la potencia nativa del Raspberry Pi 4 modelo B es suficiente, sin embargo por temas de confiabilidad, se recomienda utilizar siempre el Coral Usb Accelerator para certificar la eficacia del sistema.

La Raspberry Pi 4 modelo B podrá competir con sistemas de visión artificial comerciales siempre y cuando el desarrollador en cuestión cuente con las habilidades de programación adecuadas, las librerías o módulos de OpenCV y TensorFlow son capaces crear sistemas iguales o mejores que los utilizados en sistemas comerciales. Sumado a esto, se cuenta con el incentivo de que, todo el hardware y software que rodea a la Raspberry Pi 4 funciona bajo Open Source, esto significa que no hay limitantes en cuanto a la adquisición de licencias, todo los planos y código fuentes son de libre acceso.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, E., Serna, A., & Serna, E. (2017). Principios y características de las redes neuronales artificiales. *Desarrollo e innovación en ingeniería* , 173.
- Alvear-Puertas, V., Rosero-Montalvo, P., Peluffo-Ordoñez, D., & Pijal-Rojas, J. (2017). Internet de las cosas y visión artificial, funcionamiento y aplicaciones: Revisión de literatura. *Enfoque UTE* 8(1) , 244-256.
- Castillo, J. (2020). Sistema seleccionador de botellas mediante visión artificial en Raspberry PI. Valencia, España: Trabajo especial de grado de la Universidad Politécnica de Valencia para optar al título de Master en Ingeniería Mecatrónica.
- Del Castillo, E. (2018). Desarrollo de un sistema de visión artificial para realizar una clasificación uniforme de limones. Trujillo, Perú: Trabajo especial de grado de la Universidad Privada del Norte para optar al título de Ingeniero de Sistemas Computacionales.
- González, C., & Salcedo, O. (2017). Sistema de seguridad para locales comerciales mediante Raspberry Pi, cámara y sensor PIR. *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, (51) , 175-193.
- Google LLC . (2020). Build beneficial and privacy preserving AI. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de <https://coral.ai/>
- Martín, S., & Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación bibliotecológica*, 31(71) , 151-180.
- Montesdeoca, E. (2020). Implementación de un sistema de reconocimiento del uso de mascarillas como medida de precaución contra el COVID 19 usando Deep. Machala: Trabajo especial de grado de la Universidad Técnica de Machala para optar al título de Ingeniero de Sistemas.
- Ospino, C. (2020). Desarrollo de un sistema básico de inferencia de inteligencia artificial a bajo costo utilizando una TPU Google Coral y una Raspberry PI. Cartagena, Colombia: Trabajo especial de grado de la Universidad del Sinú Elías Bechará Zainúm para optar al título Ingeniero de Sistemas.
- Raspberry PI Foundation. (2021). Raspberry PI 4. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-4-model-b/>
- Rouhiainen, L. (2018). *Inteligencia artificial*. Madrid: Alienta Editorial.

Walker, J. (2018). Python: La Guía definitiva para principiantes para dominar Python. Recuperado el 16 de Agosto de 2021, de [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=T15tDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Walker,+J.+S.+\(2018\).+Python:+La+Gu%C3%ADa+Definitiva+para+Principiantes+para+Dominar+Python.+BabelcubeInc..&ots=EQOrSDtcIS&sig=fE6FiVzk-T7TwJ-NS-P-lJOccPg#v=onepage&q&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=T15tDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PT6&dq=Walker,+J.+S.+(2018).+Python:+La+Gu%C3%ADa+Definitiva+para+Principiantes+para+Dominar+Python.+BabelcubeInc..&ots=EQOrSDtcIS&sig=fE6FiVzk-T7TwJ-NS-P-lJOccPg#v=onepage&q&f=false)