



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PANAMÁ**  
Centro Regional de Veraguas, Facultad de Ingeniería de Sistemas  
Computacionales, Licenciatura en Ingeniería de Sistemas y  
Computación



**Monografía:**

Prototipo de Detección de Incendios en Propiedades y Fincas Rurales utilizando algoritmos  
de Inteligencia Artificial y Hardware de Bajo Costo

**Materia:**

Inteligencia Artificial (I.A.)

**Profesor:**

Cristian Pinzón

**Estudiantes:**

André Gomes

Jorge Duarte

Yuse Mejías

**Grupo:**

4IL131

**Fecha de Entrega:**

13 de Julio de 2022

**Semestre I, 2022**

# ÍNDICE

- A. Resumen Ejecutivo
- B. Capítulo I – Introducción
  - Antecedentes
  - Identificación del Problema
  - Objetivo General
  - Objetivos Específicos
  - Justificación
  - Delimitación
- C. Capítulo II – Revisión de la Literatura en el tema de interés dentro de la IA
  - Antecedentes
  - Concepto y definiciones
  - Característica
  - Campo de Aplicación
  - Futuro del tema de investigación
  - Ventajas y Desventaja
- D. Capítulo III: Propuesta
  - Tecnologías Implicadas
  - Escenario de Aplicación
  - Diseño General de la solución propuesta (Gráfico)
  - Método/Experimentación
  - Resultados
  - Cronograma de Actividades
  - Presupuesto (Sí lo requiere)
- G. Capítulo IV – Conclusiones y Resultados
- H. Bibliografía

# **Prototipo de Detección de Incendios en Propiedades y Fincas Rurales utilizando algoritmos de Inteligencia Artificial y Hardware de Bajo Costo**

## **A. Resumen Ejecutivo**

Datos básicos del negocio, ubicación y tipo de empresa, una descripción del producto o servicio a ofrecer.

- **Misión**

El prototipo tiene como objetivo ayudar en la detección de incendios en zonas de reservas forestales y fincas rurales de forma más temprana y así hacer que las autoridades trabajen más rápidamente.

- **Visión**

Hacer con que los lugares que sean propicias para incendios sean monitoreados para evitar mayores daños en dichas áreas.

- **Objetivos del Negocio**

Como objetivo general del proyecto se propone un prototipo de detección de incendios en zonas rurales utilizando algoritmos de Inteligencia Artificial y hardware de bajo costo.

A continuación, se establecen algunas limitaciones del proyecto:

1. Geográfica: El prototipo, a futuro, se plantea probarlo en una zona de reserva natural, como la Reserva Natural de la Yeguada, en el distrito de Calobre.
2. Económica: Por temas de costos se utilizará una cámara de bajo coste y bajas especificaciones.
3. Tiempo: El proyecto se ha limitado a pruebas en laboratorio por el espacio de tiempo disponible. A futuro se prevé probar el prototipo en campo.

- **Estrategias/Metodología**

Dentro de todo proyecto, el planteamiento de la metodología utilizada para la investigación es importante. Se plantea este proyecto como una investigación aplicada, ya que no se enfoca en la solución de un problema real. Por el alcance de la investigación, se considera una investigación descriptiva, al describir el problema y la solución encontrada. En esta sección mostraremos la metodología de investigación que hemos utilizado para la propuesta de este proyecto.

## **B. Capítulo I – Introducción**

- **Antecedentes**

Se considera un incendio forestal, a un fuego que se dispersa a través de un relieve rural o urbano por medio de su vegetación, poniendo en peligro a su ecosistema ambiental.

Veraguas, por ser una provincia que se destaca por tener gran parte de vegetación y también contar con una de las reservas más importantes del país (Reserva forestal

La Yeguada), tiene un gran índice de incendios en áreas boscosas y rurales, lo cual se torna un problema porque son identificados muy tarde. En este sentido, la implementación del proyecto en dichas áreas busca minimizar estos índices, entregar más seguridad a las personas y reducir el impacto en las reservas naturales que están en constante peligro, principalmente en el periodo de verano.

En el año de 2022 unas 347 hectáreas de terreno en la provincia de Coclé y 100 hectáreas en Veraguas, han sido afectadas por incendios de masa vegetal (IMAVE), a inicio de los primeros días de abril. En la Reserva Forestal La Yeguada en el distrito de Calobre, se dio un IMAVE que afectó unas 100 hectáreas aproximadamente, donde un 90% fue de Pino caribe y el resto de gramínea. [1]

Ante este escenario, y teniendo en cuenta que son limitadas las herramientas utilizadas por las instituciones encargadas en Panamá para detectar de forma temprana incendios en zonas rurales, se plantea una solución innovadora, basada en algoritmos de Inteligencia Artificial, para ayudar a detectar incendios en estas zonas y activar alertas tempranas para mitigar el incendio lo más pronto posible.

A continuación, se revisan las tecnologías necesarias para el desarrollo de la solución propuesta, basada en un prototipo.

- **Identificación del Problema**

Se realizó un análisis de la situación actual en cuanto a los incendios rurales y de masa vegetal y llegamos a la conclusión que es necesario un dispositivo que aporte una capacidad de detección más óptima y logre evitar a tiempo un posible incendio sin control.

Por medio de una entrevista realizada con las autoridades del Cuerpo de Bomberos de Santiago, se pudo obtener informaciones relevantes sobre las regiones más propensas al Incendio de Masa Vegetal (IMAVE), lugares propensos a incendios forestales en la provincia de Veraguas, así como el total de casos durante algunos meses del año de 2022.

- **Objetivo General**

Proponer un prototipo de detección de incendios en propiedades y fincas rurales utilizando algoritmos de Inteligencia Artificial y hardware de bajo costo.

- **Objetivos Específicos**

1. Búsqueda de información del tema propuesto
2. Identificación de los componentes de hardware y software para el desarrollo de la propuesta
3. Diseñar el prototipo para la detección de incendios utilizando IA y hardware de bajo costo del Sistema
4. Presentar los resultados del proyecto finalizado

- **Justificación**

Actualmente en Santiago no existe un sistema de detección de incendios en propiedades rurales o que estén más distantes de la ciudad.

- **Delimitación**

Para este proyecto se ha identificado una zona rural propensa a incendios, la cual carece de cualquier sistema de vigilancia automatizado para detectar incendios de forma temprana. El mismo se plantea como escenario de nuestro proyecto.

## **C. Capítulo II – Revisión de la Literatura en el Tema de Interés dentro de la IA**

- **Antecedentes**

Se considera un incendio forestal, a un fuego que se dispersa a través de un relieve rural o urbano por medio de su vegetación, poniendo en peligro a su ecosistema ambiental. Veraguas, por ser una provincia que se destaca por tener gran parte de vegetación y también contar con una de las reservas más importantes del país (Reserva forestal La Yeguada), tiene un gran índice de incendios en áreas boscosas y rurales, lo cual se torna un problema porque son identificados muy tarde. En este sentido, la implementación del proyecto en dichas áreas busca minimizar estos índices, entregar más seguridad a las personas y reducir el impacto en las reservas naturales que están en constante peligro, principalmente en el periodo de verano.

En el año de 2022 unas 347 hectáreas de terreno en la provincia de Coclé y 100 hectáreas en Veraguas, han sido afectadas por incendios de masa vegetal (IMAVE), a inicio de los primeros días de abril. En la Reserva Forestal La Yeguada en el distrito de Calobre, se dio un IMAVE que afectó unas 100 hectáreas aproximadamente, donde un 90% fue de Pino caribe y el resto de gramínea. [1]



**Figura 1.** Zonas afectadas por incendios en la Reserva Forestal La Yeguada. Fuente: Ministerio De Ambiente [2]

Ante este escenario, y teniendo en cuenta que son limitadas las herramientas utilizadas por las instituciones encargadas en Panamá para detectar de forma temprana incendios en zonas rurales, se plantea una solución innovadora, basada en algoritmos de Inteligencia Artificial, para ayudar a detectar incendios en estas zonas y activar alertas tempranas para mitigar el incendio lo más pronto posible.

- **Concepto y Definiciones**

1. **Incendios:** Fuegos de proporciones grandes que se desarrollan sin control de manera gradual o espontánea, siendo capaces de generar daños materiales, interrumpir procesos, producciones de cultivo, pérdida de viviendas y afectar al medio ambiente.
2. **Finca:** Tipo de establecimiento que tiene lugar en el ámbito rural y se enfoca en la producción de productos agrícolas o ganaderos.
3. **Sistema Inteligente:** Sistema que es capaz de disciplinarse de manera autónoma, para desempeñar y/o desarrollar tareas complejas, así como brindar soporte a un experto en determinada área.
4. **Inteligencia Artificial:** Combinación de algoritmos que tiene como fin dotar a las máquinas de habilidades semejantes a las de un ser humano.  
Aprendizaje Autónomo: Proceso mediante el cual un ser es capaz de disciplinarse y dirigirse a través del aprendizaje y conseguir potenciarse a sí mismo.
5. **Red Neuronal:** Método de la inteligencia artificial que enseña a las computadoras a procesar datos de manera más eficiente como lo haría el cerebro humano.
6. **Cámara ESP32:** Cámara de tamaño reducido con conexión Wifi y Bluetooth, con un procesador integrado capaz de transmitir imágenes con varios periféricos.

- **Característica**

Entre las características que vuelven llamativo nuestro proyecto es que a diferencia de otros métodos más complejos y caros, del nuestro podemos decir lo contrario ya que no necesitamos de alguien controlando directamente por lo que cualquier persona puede usarlo y solo sería necesario estar atento a la notificación en caso que ocurra el caso, también usamos tecnología de bajo coste por lo que no es necesaria grandes sumas de dinero para poder prescindir de nuestros beneficios.

- **Campo de Aplicación**

Nuestro proyecto cuenta con un bastante amplio campo de aplicación, ya que aunque lo tenemos enfocado principalmente a los campos rurales y forestales nuestra cámara es muy pequeña y versátil, pudiendo colocarla en el interior de un edificio, casa, o inclusive en un automóvil. Por lo que tenemos un campo de estudio muy grande para hacer pruebas de laboratorio y para la aplicación ya como un prototipo funcional.

- **Futuro del Tema de Investigación**

Se plantea seguir investigando otras aplicaciones similares a las nuestras con el fin de encontrar la forma de encontrar sus debilidades y mejorarlas para nuestro prototipo. También, se plantea el uso de una impresora 3D para crear un tipo de funda para la cámara tomando en cuentas las debilidades del mismo para poder contrarrestarlas.

- **Ventajas y Desventaja**

Entre las ventajas con las que cuenta nuestro proyecto tenemos aspectos como la buena durabilidad de batería de la cámara, es muy asequible gracias a su bajo coste, es de fácil instalación y de uso, funcionara y almacenará en la nube con el fin de bajar la necesidad de procesamiento en un dispositivo local, además de que gracias a guardar todo

en la nube es más sencillo implementar el uso de más cámaras simultáneamente, y por último y más importante es que logra su objetivo principal, el cual es captar y advertir ante la presencia de fuego.

Algunas de las desventajas o debilidades que tenemos por el momento son: la pieza central de la cámara es frágil por lo que hay que cuidarla de caídas, inclusive de caídas a la altura de una mesa, tiene una precisión no tan perfecta de 64%, pero esto es algo que se puede aumentar mucho con solo aumentar nuestro tamaño de dataset, lo cual nos lleva al siguiente punto débil, el cual es el pobre contenido de dataset llegando a solo 160 imágenes en total solamente, y por último todavía está en etapa de prototipo y no cuenta con una aplicación por el momento.

#### **D. Capítulo III: Propuesta**

- **Tecnologías Implicadas**

Las tecnologías que serán implementadas en el proyecto son las siguientes:

- 1. Python:**

Lenguaje de programación de interpretación de alto nivel, orientado a objetos y con una semántica dinámica. Sus estructuras de datos integradas de alto nivel, combinadas con la escritura dinámica y el enlace dinámico, lo hacen muy atractivo para el desarrollo rápido de aplicaciones [3]. Python también es el principal lenguaje de programación para el desarrollo de Inteligencia Artificial y Machine Learning.

- 2. Inteligencia Artificial:**

En términos simples, Inteligencia Artificial (IA) [4] se refiere a sistemas o máquinas que imitan la inteligencia humana para realizar tareas y pueden mejorar iterativamente a partir de la información que recopilan.

- 3. Visión Artificial:**

La Visión Artificial [6], es una de las tecnologías fundacionales de la automatización industrial. Que ha permitido la mejora en la calidad de productos, así como acelerar la producción y optimización en la fabricación y logística a lo largo de décadas.

- 4. ESP32-CAM:**

Como se dice en [9] “ESP32 es una serie de system on chip (SoC) y módulos de bajo coste y consumo capaz de soportar Wi-Fi y Bluetooth”. Sus capacidades son mejores que las de Arduino UNO y a las de un ESP8266, cuenta con un microprocesador de 32-bits, también cuenta con seguridad criptográfica por hardware y un coprocesador especializado para trabajar en modo bajo consumo.



### 5. Cámara OV2640:

La cámara tiene un sensor de imagen OV2640, ofrece imágenes fotograma completo, sub-muestra, escalado o ventana de 8/10 bits en una amplia gama de formatos, controlados a través de la interfaz de bus de control de cámara. Tiene una matriz de imágenes capaz de operar hasta 15 cuadros por segundo (FPS), y el usuario tiene total control sobre la calidad de la imagen, formateo y transferencia de datos de salida. Todas las funciones de procesamiento de imagen, son programables a través de la interfaz SCCB.



- Escenario de Aplicación

El proyecto tiene como campo de aplicación locales de reserva forestal, fincas rurales y zonas de difícil acceso muy propensas a incendios.

- Diseño General de la solución propuesta (Gráfico)

Se presenta el diseño conceptual del prototipo planteado donde se presentan las herramientas de software y hardware a utilizar, las librerías y el flujo de datos que se debe realizar para el funcionamiento del prototipo.





**Figura 4.** Diseño conceptual. Fuente: Propio

Con respecto a la figura 4, el modelo muestra una serie de fases, las cuales son:

- Fase 1 (Fotografía de incendio): Cada cámara ESP32 tomará durante determinado tiempo, una serie de fotografías RGB de la zona en observación; esta fase funciona como test para detectar el incendio.
- Fase 2 (Transferencia al ordenador): La cámara transferirá la serie de fotografías al ordenador a la que se encuentre conectada, dicha transferencia será realizada por conexión inalámbrica (WIFI o Bluetooth) y/o por cable directamente. El tipo de conexión dependerá del relieve donde se instalará la cámara, así como las disponibilidades de quienes hagan de su uso.
- Fase 3 (Ingreso al Centro de Datos): Durante la transferencia, las fotografías recibidas por el ordenador serán administradas en la base de datos para ser analizadas por la CNN. Esta base de datos contiene la mayoría de las fotografías del fuego en sus diferentes formas para una mejor detección del incendio.
- Fase 4 (Análisis y notificación por CNN): Como fase final, la CNN detectará aquellas fotografías que contengan indicios de fuego y notifique por medio de una plataforma en el ordenador al usuario, el incendio en proceso. La notificación será realizada sólo si hay un porcentaje alto de precisión de un posible incendio presente en la zona.

A continuación, se explica el funcionamiento general del modelo construido dentro del prototipo.

- **Método/Experimentación**

Dentro de todo proyecto, el planteamiento de la metodología utilizada para la investigación es importante. Se plantea este proyecto como una investigación aplicada, ya que no se enfoca en la solución de un problema real. Por el alcance de la investigación, se considera una investigación descriptiva, al describir el problema y la solución encontrada. En esta sección mostraremos la metodología de investigación que hemos utilizado para la propuesta de este proyecto

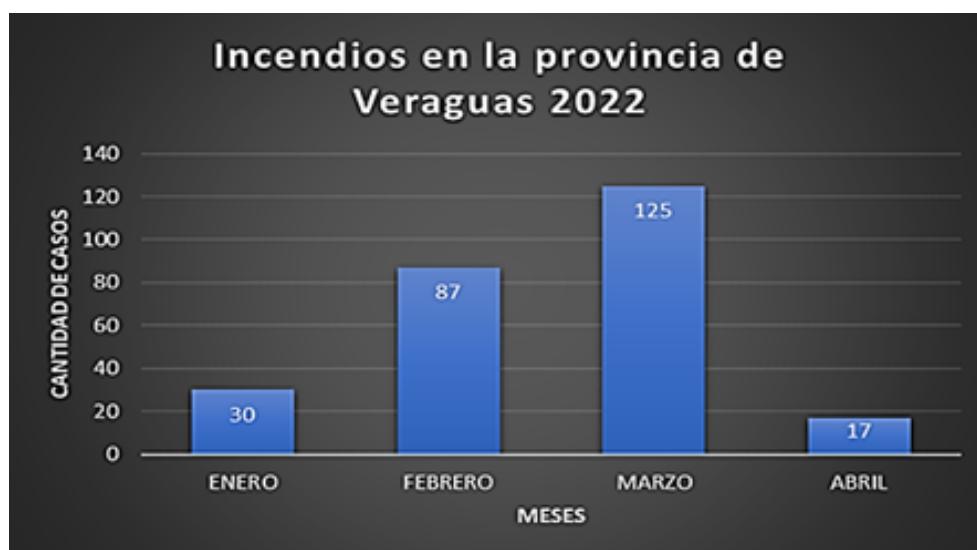
➤ **Identificación del Problema:**

Se realizó un análisis de la situación actual en cuanto a los incendios rurales y de masa vegetal y llegamos a la conclusión que es necesario un dispositivo que aporte una capacidad de detección más óptima y logre evitar a tiempo un posible incendio sin control.

Por medio de una entrevista realizada con las autoridades del Cuerpo de Bomberos de Santiago, se pudo obtener informaciones relevantes sobre las regiones más propensas al Incendio de Masa Vegetal (IMAVE), lugares propensos a incendios forestales en la provincia de Veraguas, así como el total de casos durante algunos meses del año de 2022. En la tabla 1 se listan los distritos con mayor riesgo a incendios forestales.

**Tabla 1.** Zonas agrícolas y de masa vegetal afectadas en el año de 2022. Fuente: Cuerpo de Bomberos de Santiago

Zonas Agrícolas y de Masa Vegetal Afectadas	
Santiago	Santa Fe
Atalaya	mariato
Soná	Calobre
Las Palmas	Cañazas
La Mesa	San Francisco
Rio de Jesús	



**Gráfica 2.** Número de incendios forestales y de masa vegetal en la provincia de Veraguas en el año de 2022. Fuente: Cuerpo de Bomberos de Santiago

➤ **Revisión Bibliográfica:**

Se realizó una búsqueda de información en fuentes bibliográficas sobre las técnicas de detección de incendios. También, se consultó información sobre los casos más recientes de incendios a nivel nacional para tener una visión más actual de lo que se plantea solucionar.

➤ **Recolección de Datos:**

Se realizó una revisión de datos ya existentes en documentos que tratan del problema de los incendios y sistemas de detección. A través de la búsqueda de fuentes bibliográficas se logró obtener manuales de detección de incendios y también posibles soluciones aplicables.

Adicionalmente realizamos una entrevista a autoridades del cuerpo de bomberos donde se pudo obtener información relevante y actual. Finalmente, se realizó un proceso de recolección de imágenes para la construcción de un dataset.

➤ **Selección de Tecnología:**

Dentro del proyecto se plantea una etapa donde se listan las tecnologías disponibles para la solución del problema. Luego de una evaluación detallada se seleccionan las herramientas de software y hardware necesario para una primera etapa del prototipo propuesto.

➤ **Diseño de la Propuesta:**

Se realizó un diseño conceptual donde se encuentran todos los pasos y acciones que hemos planteado para el funcionamiento del prototipo.

➤ **Resultado:**

Como resultado, se quiere como objetivo la creación de un prototipo de detección de incendios, que sea funcional, de bajo costo y de fácil uso para los usuarios que deseen utilizar el producto en diferentes campos. En este artículo se presentan los resultados preliminares de un primer prototipo desarrollado.

- **Resultados**

1. **Resultados de la Predicción:**

Terminada la evaluación sigue entonces la predicción, donde la red nos mostrará que identificó como una imagen con fuego y una con no fuego. Los resultados se muestran en la figura 8.



Figura 8. Predicción de Fuego-No fuego por la CNN. Fuente: Propio

## 2. Creación del Prototipo:

El modelo que aplicamos para la creación y entrenamiento de la red neuronal fue Secuencial, compuesto por 4 capas convolucionales conformadas por capas de agrupación máxima, una capa plana y 2 capas densas, cada una con 128 neuronas, los datos antes dichos se muestran en la figura 9.

Model: "sequential"		
Layer (type)	Output Shape	Param #
separable_conv2d (SeparableC	(None, 240, 240, 16)	211
activation (Activation)	(None, 240, 240, 16)	0
batch_normalization (BatchNo	(None, 240, 240, 16)	64
max_pooling2d (MaxPooling2D)	(None, 120, 120, 16)	0
separable_conv2d_1 (Separabl	(None, 120, 120, 32)	688
activation_1 (Activation)	(None, 120, 120, 32)	0
batch_normalization_1 (Batch	(None, 120, 120, 32)	128
max_pooling2d_1 (MaxPooling2	(None, 60, 60, 32)	0
separable_conv2d_2 (Separabl	(None, 60, 60, 64)	2400
activation_2 (Activation)	(None, 60, 60, 64)	0
batch_normalization_2 (Batch	(None, 60, 60, 64)	256
separable_conv2d_3 (Separabl	(None, 60, 60, 64)	4736
activation_3 (Activation)	(None, 60, 60, 64)	0
batch_normalization_3 (Batch	(None, 60, 60, 64)	256
max_pooling2d_2 (MaxPooling2	(None, 30, 30, 64)	0
flatten (Flatten)	(None, 57600)	0
dense (Dense)	(None, 128)	7372928
activation_4 (Activation)	(None, 128)	0
batch_normalization_4 (Batch	(None, 128)	512
dropout (Dropout)	(None, 128)	0
dense_1 (Dense)	(None, 128)	16512
activation_5 (Activation)	(None, 128)	0
batch_normalization_5 (Batch	(None, 128)	512
dropout_1 (Dropout)	(None, 128)	0
dense_2 (Dense)	(None, 2)	258
activation_6 (Activation)	(None, 2)	0

Figura 9. Ejecución del algoritmo CNN con las capas convolucionales. Fuente: Propio

### 3. Resultados y Discusión

Al final obtenemos como resultado usando las imágenes suministradas, en una primera etapa, una tasa de precisión del 54%. Posteriormente, en la segunda y última etapa se consigue extender el número de imágenes en el dataset y esto conlleva una mejora en los resultados, consiguiendo llegar al 64% de precisión, como mostramos en la figura 5, en la línea de *accuracy*. Con esto se demuestra que con más tiempo y más imágenes en el dataset se puede llegar a mejorar considerablemente los resultados y precisión del prototipo.

A continuación, se mostrará en la figura 10 una pequeña prueba de cómo está trabajando el prototipo.

Saving bosque-de-pinos.jpg to bosque-de-p  
Saving 0325pinos-1149971 (1).jpg to 0325p  
No fuego



No Fuego

fuego



Fuego

**Figura 10.** Resultados de prototipo (beta). Año 2022. Fuente: Propio

Como se puede ver el prototipo ya es capaz de capturar 1 o más imágenes, para luego hacer el correspondiente proceso de detección por medio de la red neuronal. Obteniéndose así resultados bastante buenos, consiguiendo detectar una imagen con fuego y detectando también la que no tiene fuego.

El Costo total aproximado del prototipo tomando en cuenta la mano de obra del programador (850\$), el hardware (5\$) y el software (10\$ al mes) nos da un costo aproximado de 860\$.

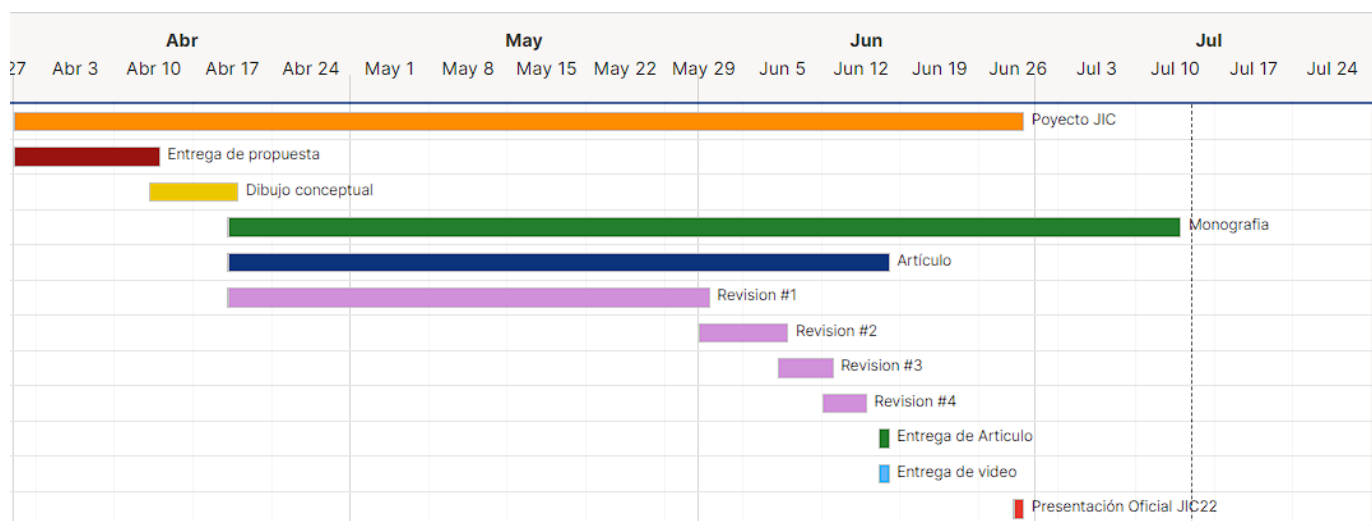
- **Cronograma de Actividades**

A continuación se presenta la manera como fue distribuido el tiempo durante la elaboración del proyecto.

- 1ª y 2ª semana del mes de abril: elegir el problema, aceptación y firma de la propuesta.
- 3ª semana del mes de abril: dibujo conceptual.

- c. 4ª semana del mes abril, 1ª, 2ª semana del mes de mayo: revisiones bibliográficas, investigaciones y redacción del artículo.
- d. 3ª y 4ª semana del mes de mayo, 1ª, 2ª y 3ª semana mes de junio: correcciones en el artículo, elaboración del prototipo, pruebas en laboratorio, elaboración de video de presentación.
- e. 4ª semana del mes de junio: presentación oficial del proyecto en la JIC 2022.

	Nombre de la da tarea	Fecha Inicio	Fecha de vencimiento	Status
1	Poyecto JIC	04/01/22	06/29/22	Concluído
2	Entrega de propuesta	04/01/22	04/13/22	Concluído
3	Dibujo conceptual	04/13/22	04/20/22	Concluído
4	Monografia	04/20/22	07/13/22	Concluído
5	Artículo	04/20/22	06/17/22	Concluído
6	Revision #1	04/20/22	06/01/22	Concluído
7	Revision #2	06/01/22	06/08/22	Concluído
8	Revision #3	06/08/22	06/12/22	Concluído
9	Revision #4	06/12/22	06/15/22	Concluído
10	Entrega de Articulo	06/17/22	06/17/22	Concluído
11	Entrega de video	06/17/22	06/17/22	Concluído
12	Presentación Oficial JIC22	06/29/22	06/29/22	Concluído



## ● Presupuesto

<b>Presupuesto Aproximado</b>	
Mano de Obra del Programa	B/. 800.00
Coste de la Electricidad	B/. 50.00
Coste del Hardware	B/. 10.00
Coste de Software	B/. 10.00
<b>TOTAL</b>	<b>B/. 870.00</b>

#### **G. Capítulo IV – Conclusiones y Resultados**

Con la llegada de la época seca al país se hacen más frecuentes los incendios forestales, trayendo consecuencias negativas a los ecosistemas y pérdidas económicas a las personas afectadas.

El objetivo del proyecto ha sido alcanzado. En esta primera parte del proyecto, a nivel de laboratorio, se ha construido un prototipo funcional que permite identificar la presencia de incendios usando imágenes recolectadas para las pruebas.

Con la implementación de un sistema de visión inteligente se propone detectar los incendios en zonas rurales lo más pronto posible para enviar las alertas a los cuerpos de seguridad y evitar incendios sin control que ocasionan graves pérdidas.

En conclusión, se logró en el proyecto propuesto:

- Identificar las tecnologías necesarias para la construcción del prototipo.
- Generar un diseño conceptual y la construcción de un prototipo funcional probado en laboratorio.
- Entre las limitaciones es importante mencionar el uso de una cámara ESP32 de bajo costo, por limitaciones de costo.
- Para futuros trabajos, se propone la implementación del sistema con cámaras infrarrojas y/o de detección de calor, para una mejor detección.
- Este proyecto puede ser ajustado, como un producto comercializable, para implementarse en empresas, fincas privadas y en el hogar como un mecanismo de seguridad adicional para proteger los bienes.

#### **H. Bibliografía**

[1] P. (2022b, abril 7). Más de 400 hectáreas son afectadas por incendio de masa vegetal en Coclé y Veraguas. MiAMBIENTE.

<https://www.miambiente.gob.pa/mas-400-hectareas-son-afectadas-por-incendio-de-mas-a-vegetal-en-cocle-y-veraguas/>

[2] P. (2021, febrero 25). Incendios afectan a la Reserva Forestal La Yeguada. MiAMBIENTE.

<https://www.miambiente.gob.pa/incendios-afectan-a-la-reserva-forestal-la-yeguada/>



- [3] What is Python? Executive Summary. (s. f.). Python.Org.  
<https://www.python.org/doc/essays/blurb/>
- [4] ¿Qué es la inteligencia artificial (IA)? (s. f.). Oracle México.  
<https://www.oracle.com/mx/artificial-intelligence/what-is-ai/>
- [5] Lanza programa para reforzar las labores de extinción de incendios de masa vegetal. (2022, Febrero 26). Benemérito cuerpo de bomberos de la República de Panamá.  
<https://www.bomberos.gob.pa/2022/02/26/lanzan-programa-para-reforzar-las-labores-de-extincion-de-incendios-de-masa-vegetal/>
- [6] ¿Qué es la Visión artificial? (s. f.). Intel.  
<https://www.intel.es/content/www/es/es/manufacturing/what-is-machine-vision.html>
- [7] Prensa. (2021, Diciembre 10). MiAMBIENTE inicia campaña para reducir los incendios de masa vegetal en Panamá. Gob.pa.  
<https://www.miambiente.gob.pa/miambiente-inicia-campana-para-reducir-los-incendios-de-masa-vegetal-en-panama/>
- [8] Incendios de masa vegetal registrados por MiAMBIENTE, según regional (2021, Julio 14), de  
<https://www.sinia.gob.pa/index.php/incendios-masa-vegetal-regional-por-ano-2004-2018>
- [9] Villar, M. (2021, mayo 12). Ventajas y características de los chips ESP32. Tecnología10. <https://tecnologia10.top/ventajas-y-caracteristicas-de-los-chips-esp32>
- [10] Baigorri, Pablo Federico Miranda, Japhy Monteiro Lima. (12-Ago-2021). O uso da visão computacional no processo de detecção de incêndios florestais.  
<https://biblioteca.cbm.df.gov.br/jspui/handle/123456789/269>
- [11] Baik, K. J. A. S. (2-May-2018). Early fire detection using convolutional neural networks during surveillance for effective disaster management.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925231217319203>
- [12] Qingjie Zhang, Jiaolong Xu, Liang Xu, Haifeng Guo. (Ene-2016). Deep Convolutional Neural Networks for Forest Fire Detection.  
<https://www.atlantis-press.com/proceedings/ifmeita-16/25850411>