



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

Detección de incendios forestales por vía aérea con
tecnología de visión artificial y aprendizaje automático.

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

AUTOR/A: Ionescu, Cosmin

Tutor/a: Berjano Zanón, Enrique

CURSO ACADÉMICO: 2022/2023



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL DISEÑO

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Curso 2022/2023

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de
Visión Artificial y Aprendizaje Automático.

DOCUMENTOS

- Nº1. MEMORIA
- Nº2. PLIEGO DE CONDICIONES
- Nº3. PRESUPUESTO
- Nº4. ODS
- Nº5. FICHAS TÉCNICAS
- Nº6. PLANOS

AUTOR: Cosmin Ionescu
TUTOR: Dr. Enrique Berjano Zanón

Contenido

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

| | | |
|---------|------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Introducción | 9 |
| 1.1 | Motivación | 9 |
| 1.2 | Objetivos | 9 |
| 1.2.1 | Objetivo técnico | 9 |
| 1.2.2 | Objetivo de integración en el mercado | 10 |
| 1.3 | Justificación..... | 10 |
| 2 | Estado del arte..... | 11 |
| 2.1 | Sistemas de detección y seguimiento de incendios forestales..... | 11 |
| 2.1.1 | Red de vigilancia terrestre fija | 11 |
| 2.1.2 | Red de vigilancia terrestre móvil | 12 |
| 2.1.3 | Vigilancia aérea | 13 |
| 2.1.4 | Teledetección espacial..... | 14 |
| 2.1.5 | Sistemas Predictores-Correctores | 15 |
| 2.2 | Técnicas de detección de fondo y detección de movimiento | 15 |
| 2.2.1.1 | Detección de regiones en movimiento | 16 |
| 2.2.1.2 | Estimación de fondo | 16 |
| 2.2.1.3 | Stauffer & Grimson | 16 |
| 2.2 | Clasificación de las imágenes..... | 18 |
| 3 | Estudio de necesidades | 19 |
| 3.1 | Planteamiento de soluciones alternativas..... | 19 |
| 3.2 | Justificación de la solución adoptada | 20 |
| 4 | Descripción detallada de la solución adoptada | 22 |
| 4.1 | Subsistema Electrónico | 23 |
| 4.1.1 | Nvidia Jetson Nano..... | 24 |
| 4.2 | Montaje electrónico completo | 32 |
| 4.2.1 | Descripción pines tarjeta Nvidia Jetson Nano | 32 |
| 4.2.2 | Conexión de componentes | 33 |
| 4.3 | Subsistema informático | 37 |
| 4.3.1 | Instalación del sistema operativo | 37 |

| | | |
|---------|----------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.2 | Desarrollo del algoritmo final..... | 42 |
| 4.3.2.2 | Entrenamiento del algoritmo | 54 |
| 4.3.2.3 | Resultado final | 58 |
| 4.4 | Rendimiento del algoritmo..... | 59 |
| 4.5 | Posibles mejoras | 59 |
| 4.6 | Implementación profesional en drones | 60 |
| 4.7 | Flujograma de actuación | 61 |
| 4.8 | Compatibilidad del algoritmo con la función de los drones..... | 63 |
| 5 | Referencias memoria..... | 64 |
| 5.1 | Incendios 2022..... | 64 |
| 5.2 | Estado del arte | 64 |
| 5.3 | Desarrollo de algoritmo | 64 |

DOCUMENTO Nº2. PLIEGO DE CONDICIONES.

| | | |
|--------|------------------------------------------------------|----|
| 1 | Definición y alcance del pliego de condiciones | 69 |
| 2 | Condiciones y normas de carácter general..... | 70 |
| 2.1. | Condiciones generales..... | 70 |
| 2.1.1. | Vigencia..... | 70 |
| 2.1.2. | Modificaciones | 70 |
| 2.1.3. | Dirección e inspección | 70 |
| 2.2 | Normas de carácter general | 70 |
| 2.2.1 | Extinción de incendios | 70 |
| 2.3 | Normativa de Calidad de Fabricación..... | 73 |
| 2.4 | Normativa de Mantenimiento..... | 73 |
| 2.5 | Normativa de Seguridad..... | 73 |
| 2.6 | Normativa de Diseño..... | 74 |
| 2.7 | Normativa de Obligado Cumplimiento | 74 |
| 3 | Condiciones técnicas | 75 |
| 3.1 | Objetivo..... | 75 |
| 3.2 | Materiales..... | 75 |
| 3.2.1 | Características..... | 75 |
| 3.2.2 | Materiales | 78 |
| 4 | Condiciones facultativas..... | 79 |

| | | |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 | Jefe de fabricación | 80 |
| 4.2 | Responsabilidades del contratista | 80 |
| 4.3 | Plazos e inicio de la fabricación..... | 81 |
| 4.4 | Trabajos no estipulados | 81 |
| 4.5 | Defectos en la fabricación o montaje..... | 81 |
| 4.6 | Garantía | 81 |
| 5 | Condiciones económicas | 82 |
| 5.1 | Garantías | 82 |
| 5.2 | Precios contradictorios | 82 |
| 5.3 | Reclamaciones por incremento de precios | 82 |
| 5.4 | Revisión de precios | 83 |
| 5.5 | Pagos | 83 |
| 5.6 | Gastos e impuestos..... | 83 |
| 5.7 | Suspensión debido a retrasos | 84 |
| 5.8 | Compensación por retraso en los trabajos | 84 |
| 5.9 | Seguro | 84 |
| 5.10 | Mejoras en la fabricación..... | 84 |
| 5.11 | Fianza | 84 |
| 6 | Ejecución..... | 85 |
| 6.1 | Generalidades de ejecución | 85 |
| 6.2 | Procesos de ejecución diseño y fabricación | 85 |
| 6.2.1 | Sistema de control | 85 |
| 6.2.2 | Cámara térmica para la detección de incendios forestales mediante la tarjeta Nvidia Jetson Nano..... | 85 |
| 6.3 | Procedimientos de implementación de la instalación..... | 86 |
| 6.3.1 | Conexión y alimentación de la placa Nvidia Jetson Nano | 86 |
| 6.3.2 | Configuración y conexión de la placa Nvidia Jetson Nano con los servomotores SG90 | 87 |
| 7 | Evaluación del Servicio | 87 |
| 8 | Procedimiento de entrega | 88 |
| 9 | Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad..... | 89 |
| 9.1 | Responsabilidades del usuario | 89 |
| 9.2 | Responsabilidades de la Empresa Encargada del Mantenimiento | 90 |
| 9.3 | Certificados y Documentación..... | 90 |

| | |
|------------------------------|----|
| 10 Registro de Órdenes | 90 |
|------------------------------|----|

DOCUMENTO N°3. PRESUPUESTO

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. Presupuesto del proyecto | 94 |
| 1.1 Presupuesto de componentes. | 94 |
| 1.2 Presupuesto de instalación | 95 |
| 2. Presupuesto total..... | 96 |

DOCUMENTO N°4. ODS.

| | |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 1. ODS..... | 98 |
| 1.1 Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles..... | 99 |
| 1.2 Objetivo 13: Acción por el clima. | 99 |
| 1.3 Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres..... | 100 |
| 1.4 Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura. | 100 |
| 1.5 Objetivo 17: Alianzas para lograr los objetivos. | 101 |

DOCUMENTO N°5. FICHAS TÉCNICAS.

| | |
|----------------------------|-----|
| 1. Nvidia Jetson Nano..... | 104 |
| 2. TP-Link | 108 |

DOCUMENTO N°6. PLANOS



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL
DISEÑO**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Curso 2022/2023

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de
Visión Artificial y Aprendizaje Automático.

DOCUMENTO 1. MEMORIA

AUTOR: Cosmin Ionescu

TUTOR: Dr. Enrique Berjano Zanón

Contenido

DOCUMENTO Nº1. MEMORIA

| | | |
|---------|------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | Introducción | 9 |
| 1.1 | Motivación | 9 |
| 1.2 | Objetivos | 9 |
| 1.2.1 | Objetivo técnico | 9 |
| 1.2.2 | Objetivo de integración en el mercado | 10 |
| 1.3 | Justificación..... | 10 |
| 2 | Estado del arte..... | 11 |
| 2.1 | Sistemas de detección y seguimiento de incendios forestales..... | 11 |
| 2.1.1 | Red de vigilancia terrestre fija | 11 |
| 2.1.2 | Red de vigilancia terrestre móvil | 12 |
| 2.1.3 | Vigilancia aérea | 13 |
| 2.1.4 | Teledetección espacial..... | 14 |
| 2.1.5 | Sistemas Predictores-Correctores | 15 |
| 2.2 | Técnicas de detección de fondo y detección de movimiento | 15 |
| 2.2.1.1 | Detección de regiones en movimiento | 16 |
| 2.2.1.2 | Estimación de fondo | 16 |
| 2.2.1.3 | Stauffer & Grimson | 16 |
| 2.2 | Clasificación de las imágenes | 18 |
| 3 | Estudio de necesidades | 19 |
| 3.1 | Planteamiento de soluciones alternativas..... | 19 |
| 3.2 | Justificación de la solución adoptada | 20 |
| 4 | Descripción detallada de la solución adoptada | 22 |
| 4.1 | Subsistema Electrónico | 23 |
| 4.1.1 | Nvidia Jetson Nano..... | 24 |
| 4.2 | Montaje electrónico completo | 32 |
| 4.2.1 | Descripción pines tarjeta Nvidia Jetson Nano | 32 |
| 4.2.2 | Conexión de componentes | 33 |

| | |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3 Subsistema informático | 37 |
| 4.3.1 Instalación del sistema operativo | 37 |
| 4.3.2 Desarrollo del algoritmo final..... | 42 |
| 4.3.2.2 Entrenamiento del algoritmo | 54 |
| 4.3.2.3 Resultado final | 58 |
| 4.4 Rendimiento del algoritmo..... | 59 |
| 4.5 Posibles mejoras | 59 |
| 4.6 Implementación profesional en drones | 60 |
| 4.7 Flujograma de actuación | 61 |
| 4.8 Compatibilidad del algoritmo con la función de los drones..... | 63 |
| 5 Referencias memoria..... | 64 |
| 5.1 Incendios 2022..... | 64 |
| 5.2 Estado del arte | 64 |
| 5.3 Desarrollo de algoritmo | 64 |

DOCUMENTO N°2. PLIEGO DE CONDICIONES.

DOCUMENTO N°3. PRESUPUESTOS.

DOCUMENTO N°4. ODS.

DOCUMENTO N°5. FICHAS TÉCNICAS.

DOCUMENTO N°6. PLANOS

1 Introducción

1.1 Motivación

La motivación de este trabajo se origina en el verano de 2022, durante un período de graves incendios forestales que afectaron de manera catastrófica a la península ibérica.

En respuesta a esta crisis, se decidió aprovechar los conocimientos adquiridos a lo largo de la formación en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática para desarrollar un sistema que pudiera abordar eficazmente este desafío.

Además, el creciente avance de la inteligencia artificial capturó mi interés, y decidí integrar ambos aspectos en este Trabajo de Fin de Grado. El objetivo era combinar el problema que más me preocupaba, los incendios forestales, con esta emocionante y novedosa rama de la inteligencia artificial. Así, pude unir ambas áreas de conocimiento y aplicar mis habilidades en hardware y software, adquiridas durante la carrera, para desarrollar una solución integral.

La formación académica en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática también me brindó conocimientos en el ámbito empresarial. Gracias a ello, se ha decidido llevar a cabo un proyecto técnico que no solo sea viable desde el punto de vista técnico, sino que también sea escalable en el contexto empresarial. Esta elección se debe al propósito de lograr una auténtica integración del proyecto en el mercado nacional, comenzado en el parque natural El Saler (Valencia).

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo técnico

El propósito principal de este proyecto es desarrollar un software que mejore la capacidad de respuesta y eficiencia de los profesionales encargados de la protección forestal.

El objetivo es utilizar tecnologías innovadoras, como la inteligencia artificial y la visión computarizada, para detectar los focos de incendio de manera inmediata.

Mediante esta solución, se podrá alertar rápidamente a los equipos de bomberos en la zona, permitiendo una intervención mucho más ágil y oportuna. Con ello, se busca reducir el tiempo necesario para extinguir los incendios forestales, evitando su propagación y minimizando los daños.

1.2.2 Objetivo de integración en el mercado

Un gran objetivo es implementar el software en el parque natural del Saler (Valencia), como un piloto para mejorar la detección de incendios forestales. Posteriormente, se pretende integrar el sistema a nivel nacional para la protección de los bosques.

Durante el desarrollo del proyecto, se han llevado a cabo entrevistas con diversos perfiles clave, incluyendo el equipo de bomberos de Valencia, pilotos militares de la base aérea de Torrejón y bomberos de California. Estos encuentros han proporcionado una comprensión profunda de los desafíos actuales que enfrentan, y cómo la implementación de este software podría ser de gran utilidad en sus labores.

1.3 Justificación

El año 2022 fue especialmente catastrófico en términos de incendios forestales en España. Según datos de las autoridades competentes, se registraron un total de 61 incendios a nivel nacional, que afectaron una superficie de 267.939,64 hectáreas de bosques y zonas naturales, esto es, casi el triple que la media del último decenio (94.249,00 hectáreas). Estas cifras representan un incremento alarmante en comparación con años anteriores, lo que evidencia la necesidad de implementar soluciones más efectivas y avanzadas para la detección temprana de incendios.



Figura 1: Puntos calientes detectados durante todo 2022. Fuente: MODIS-VIIRS, NASA.

La Comunidad Valenciana, en particular, fue una de las regiones más afectadas por los incendios forestales durante el año 2022. Donde se quemaron más de 50.000 hectáreas. Estos incendios no solo causaron daños irreparables en términos de pérdida de biodiversidad y destrucción de ecosistemas naturales, sino que también tuvieron un impacto significativo en la seguridad de las personas, la economía regional y la calidad del aire.

En este contexto, la implementación de un sistema de detección de incendios basado en tecnología de visión artificial y aprendizaje automático se presenta como una solución

eficiente y necesaria. Este tipo de sistema permitiría una detección temprana y precisa de los incendios forestales, lo que a su vez permitiría una respuesta más rápida por parte de los servicios de emergencia y la adopción de medidas de control y extinción más efectivas.

2 Estado del arte

Para lograr un efecto significativo y medible en la lucha contra los incendios forestales, se ha llevado a cabo una investigación sobre los sistemas de detección de incendios existentes, así como modernos desarrollos tecnológicos en el campo.

Dado al aumento tanto en escala, como en gravedad de este problema, se ha hecho hincapié en encontrar soluciones creativas y eficaces para este problema. A través de un análisis en profundidad, se ha evaluado la eficacia de los sistemas de detección de incendios existentes y se identificó la necesidad de una mejora significativa.

Además, se presta especial atención a las últimas tecnologías y avances en detección de incendios. Esto incluye un estudio detallado de nuevas herramientas y enfoques, como el uso de inteligencia artificial, análisis de imágenes satelitales de alta resolución y sensores avanzados de detección de humo.

2.1 Sistemas de detección y seguimiento de incendios forestales

En la actualidad, se disponen de múltiples sistemas que permiten detectar y monitorear incendios forestales, tal como se indica en la investigación realizada por Montiel y Solana.

A continuación, se presenta una clasificación de algunos de estos sistemas disponibles.

2.1.1 Red de vigilancia terrestre fija

Se encuentran disponibles diferentes tipos de puestos de vigilancia terrestre fija, como torres, casetas o refugios, distribuidos en diversas ubicaciones dentro del territorio. Estos puestos se localizan principalmente en áreas de alto valor en recursos forestales o en zonas de riesgo elevado de incendios. Para facilitar la localización rápida y precisa de los focos detectados desde estos puestos de vigilancia, se han desarrollado sistemas informáticos que utilizan fotografías panorámicas, como VIGIS en la Comunidad de Madrid y UBIFOC en la Comunidad Valenciana. Asimismo, se utilizan cámaras de vigilancia infrarrojas en la detección automática de incendios en sistemas como BOSQUE en Andalucía y en Castilla y León.

Los sistemas de vigilancia fija suelen implicar un alto coste tanto en su instalación como en su mantenimiento, pero ofrecen un campo de visión relativamente amplio. La incorporación de cámaras de vigilancia infrarrojas mejora las capacidades de estos

puestos de vigilancia al permitir la detección de focos de incendio en condiciones de visibilidad reducida, incluso durante la noche. Sin embargo, los costes de instalación y mantenimiento son elevados, y en áreas con terrenos escarpados, se requiere un número significativamente mayor de puntos de vigilancia. Además, la instalación de torres para albergar los sensores tiene un impacto visual considerable.

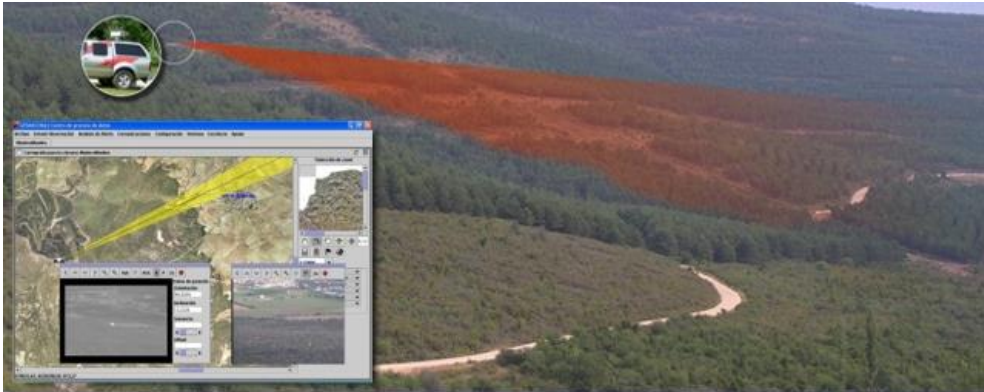


Figura 2: Sistema de detección de incendios GESMACOM (Castilla y León).

2.1.2 Red de vigilancia terrestre móvil

Las patrullas móviles de vigilancia en vehículos todo terreno se utiliza para detectar focos de incendio en áreas que no están cubiertas por la red de vigilancia fija. Estos vehículos, conocidos como VVPA (Vehículos de Vigilancia y Primer Ataque), suelen contar con un pequeño depósito de agua, lo que les permite llevar a cabo una primera respuesta ante el fuego. Una de las funciones habituales de estas patrullas terrestres es intentar localizar incendios provocados por rayos, utilizando coordenadas de impacto proporcionadas por la Agencia Estatal de Meteorología durante tormentas eléctricas.

La detección de incendios mediante estas técnicas se basa en la experiencia de los profesionales que forman parte de las patrullas terrestres. Sin embargo, la localización del incendio puede ser subjetiva debido a un campo de visión limitado, además de la dificultad de detección en condiciones atmosféricas desfavorables.



Figura 3: vehículos de vigilancia y primer ataque (denominados VVPA).

2.1.3 Vigilancia aérea

La supervisión desde el aire generalmente se realiza mediante helicópteros, aviones de coordinación y observación (ACO) de medios en emergencias, y aviones de carga ligera que permiten una respuesta inicial después de la detección (aeronave de vigilancia y primer ataque). Estas aeronaves suelen estar equipadas con sistemas electrónicos avanzados, como GPS, cámaras de vídeo (tanto visibles como infrarrojas) y comunicación de datos móviles a través de GPRS, que respaldan las tareas de detección. En los últimos años, se han estado desarrollando sistemas de vigilancia basados en vehículos aéreos no tripulados (UAV), que incluyen pequeñas aeronaves, helicópteros y plataformas aerostáticas controladas de forma remota. Estos sistemas de vigilancia aérea ofrecen un amplio campo de visión instantáneo combinado con una gran flexibilidad para supervisar áreas de riesgo. Muchas de las aeronaves tripuladas utilizadas no solo actúan como sistemas de vigilancia, sino también como primeros en responder.



Figura 4.1: aviones de coordinación y observación (ACO).

Sin embargo, una de las principales preocupaciones al utilizar la vigilancia aérea es la seguridad del piloto, que puede estar seriamente amenazada en condiciones climáticas adversas o debido a la proximidad al foco del incendio, especialmente en áreas montañosas con turbulencias locales. En estos casos, las aeronaves no tripuladas evitan poner en peligro la vida de la tripulación, pero su tamaño reducido las hace más inestables. En España, actualmente no existe una definición formal sobre la habilitación de un espacio aéreo segregado, lo que implica que normalmente no se puede compartir el mismo espacio aéreo entre aeronaves tripuladas y no tripuladas. Se entiende que en caso de pérdida de control, estas últimas pueden representar un peligro activo para la tripulación de otras aeronaves. Esta limitación, junto con la baja autonomía de las plataformas UAV, hace que su adopción no sea generalizada, aunque los resultados continuos en este campo sugieren un futuro prometedor.



Figura 4.2: UAV modelo 4X-UMV para detección de incendios.

2.1.4 Teledetección espacial

En España, se ha desarrollado el potencial de la teledetección en la lucha contra incendios a través de varios proyectos europeos de investigación, como INSA en 2007 y el proyecto REMFIRESAT en 2002. Este último destacó por su capacidad para generar productos de puntos calientes a partir de imágenes de baja resolución, los cuales fueron probados durante la campaña de incendios de 2003 en Castilla y León y se han utilizado desde entonces en la detección de incendios.

En 2003, la Agencia Espacial Europea (ESA) lanzó el proyecto RISKEOS dentro del programa GMES (Global Monitoring for Environment and Security). Actualmente, el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente utiliza un producto similar de puntos calientes, obtenido a partir de datos MODIS (Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer) generados por los satélites TERRA y AQUA. La teledetección espacial permite obtener imágenes multiespectrales que abarcan un amplio campo de visión, lo que facilita la detección de incendios en zonas remotas.

Sin embargo, debido a los largos tiempos de procesamiento y los pases de vuelo limitados, estos sistemas no pueden utilizarse como apoyo operativo en tiempo real durante las labores de extinción de incendios.



Figura 5: Comparativa satélite AQUA con un uso de detección de incendios, comparados a diferentes satélites.

2.1.5 Sistemas Predictores-Correctores

Recientemente se han desarrollado sistemas que permiten la visualización interactiva de la expansión de las líneas de fuego en un entorno virtual (SHUAI et al., 2011). Sin embargo, la mayoría de estos sistemas se basan en observaciones realizadas por las brigadas de incendio y utilizan algoritmos predefinidos para simular las condiciones del incendio, empleando herramientas GIS para representar los datos en un mapa virtual. Estos sistemas podrían mejorar su fiabilidad al incorporar una retroalimentación basada en datos reales obtenidos a través de una red de sensores, lo que aumentaría la objetividad de las medidas. Un ejemplo de esta mejora se encuentra en el estudio de (XUEFENG et al., 2009), donde el algoritmo de simulación mejora la predicción de manera iterativa a medida que recibe datos de sensores distribuidos en la zona afectada. La mayoría de estos sensores son pirómetros u otros dispositivos capaces de detectar aumentos significativos de temperatura, así como de monitorear variables directamente relacionadas con un incendio, como el incremento de niveles de CO₂ o la concentración de partículas provenientes de la combustión de recursos fósiles. Sin embargo, de forma individual, estos sensores no pueden discriminar la naturaleza del fuego o incluso su aspecto geométrico. En este sentido, el uso de cámaras de vídeo resulta crucial para obtener información más detallada sobre el incendio que se está combatiendo.

2.2 Técnicas de detección de fondo y detección de movimiento

En el ámbito de la detección de candidatos a humo, se emplean diversas técnicas, entre las que destacan la detección del foreground y la detección de movimiento en la imagen. Estas técnicas se fundamentan en el análisis de las funciones de densidad de probabilidad de los píxeles y su comparación con los valores correspondientes en los fotogramas sucesivos.

Las técnicas de detección del foreground se centran en el estudio de las distribuciones estadísticas de los píxeles y en su evaluación con relación a los fotogramas posteriores. Mediante esta comparación, se identifican aquellos píxeles que presentan variaciones significativas y se consideran como posibles candidatos a humo.

Por otro lado, los sistemas de detección de movimiento se encargan de analizar las diferencias entre una imagen y otra. Si se detecta algún cambio que supere un umbral establecido en un píxel determinado, se considerará dicho píxel como un posible candidato a humo en el contexto de este proyecto.

A continuación, se describen algunas de estas técnicas, y finalmente se menciona el algoritmo de Stauffer & Grimson, utilizado en este proyecto para la detección de fondo.

2.1.1. Detección de regiones en movimiento

La detección de regiones en movimiento implica la identificación de regiones candidatas a humo al calcular las diferencias entre una región de una imagen y una imagen de fondo de referencia predefinida.

Para determinar si un píxel está en movimiento, se compara la intensidad del píxel analizado con el valor correspondiente en la imagen anterior, y si esta diferencia supera un umbral establecido.

En particular, un píxel se considera en movimiento si se cumple la siguiente condición:

$$| I(x,y,t) - I(x,y,t - 1) | > TI (x, y, t)$$

Donde $I(x, y, t - 1)$ representa la intensidad del píxel (x, y) en el fotograma $(t - 1)$ de la imagen I , y $TI (x, y, t)$ es un valor umbral definido experimentalmente.

2.1.2. Estimación de fondo

En el método de estimación de fondo, se realiza una estimación recursiva de una imagen de fondo B_{n+1} en el instante de tiempo $n+1$, a partir de una imagen I_n y el fondo de la imagen B_n del video.

La estimación se calcula de la siguiente manera:

$$B_{n+1}(x, y) = (1 - a) * B_n(x, y) + a * I_n(x, y)$$

Donde $I_n(x, y)$ representa un píxel en el fotograma número n del video, y 'a' es un parámetro que varía entre 0 y 1.

Los píxeles en movimiento se determinan extrayendo la imagen actual de la imagen de fondo. Se utiliza un umbral 'T', el cual se define en función del análisis de la escena de fondo.

En el algoritmo propuesto, el siguiente paso implica un análisis de color para los píxeles clasificados como foreground, con el objetivo de determinar si un píxel corresponde a humo o no.

2.1.3. Stauffer & Grimson

El método de Stauffer & Grimson es un estimador que permite utilizar hasta un número N de funciones Gaussianas por cada canal de color para estimar la función de densidad de

probabilidad del modelo de cada píxel y, de esta manera, crear un modelo de fondo [1] [2] [3]. Cada gaussiana está definida por su media y su varianza σ^2 .

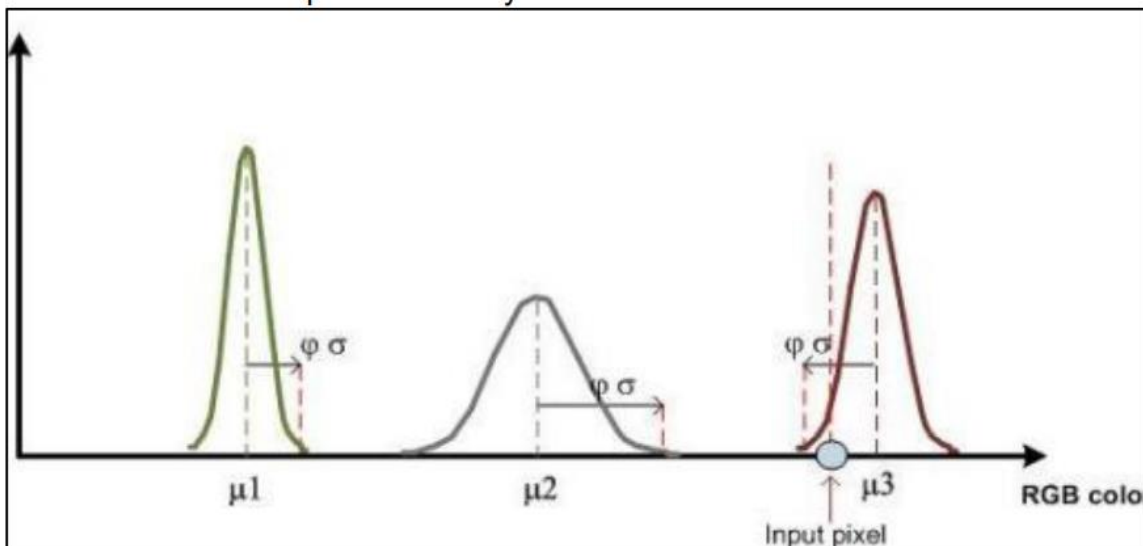


Figura 6: Ejemplo de gaussianas.

La distribución de cada píxel en una imagen viene dada por la siguiente expresión:

$$\text{Píxel}(x, y) = \sum (w_{i,t} * N(I(x, y) | \mu_i, \sigma_i^2))$$

Donde n es el número de gaussianas utilizadas para modelar cada píxel (generalmente entre 3 y 5), $w_{i,t}$ es el peso asociado a cada gaussiana, y el resto de la expresión corresponde a la definición de la gaussiana con media μ_i .

Para cada píxel de la imagen, se genera un modelo de probabilidad del píxel como una combinación de varias gaussianas, que se combinan entre sí con un factor de ponderación $w_{i,t}$. Este factor de ponderación depende de la frecuencia con la que se encuentre un valor en las gaussianas.

Finalmente, para cada píxel se tienen N gaussianas, cada una con sus respectivos pesos, medias y varianzas. Se utiliza esta estimación para obtener un modelo de píxeles de fondo y luego decidir si un píxel se corresponde con el modelo y, por lo tanto, si se trata de un píxel de fondo o de primer plano.

Las gaussianas de cada píxel se ordenan de mayor a menor en función de la relación entre el peso w_i y la varianza. De esta manera, se calcula la prioridad de la siguiente manera:

$$\text{Prioridad} = w_i / \sigma_i^2$$

El modelo de fondo para cada píxel se crea utilizando las B gaussianas con mayor peso y menor varianza, es decir, aquellas que tienen la prioridad más alta.

T es un umbral de decisión (generalmente 0.6) y B es el número mínimo de gaussianas para cada píxel. Las gaussianas con menor prioridad se consideran que modelan el color de los objetos de primer plano observados en el píxel.

El peso en una gaussiana representa la frecuencia con la que aparece ese estado para cada píxel. Cuanto más frecuente sea un estado, mayor será el peso de la gaussiana correspondiente. Por ejemplo, si un avión aterriza en un aeropuerto y se mantiene en la pista, su color no tendrá mucho peso en el conjunto de gaussianas. Sin embargo, a medida que transcurre el tiempo y el avión permanece estático, el peso de este estado en la distribución del píxel aumentará, ya que el avión siempre estará presente.

Para tomar una decisión sobre si un píxel clasificado corresponde al fondo de la imagen, se tiene en cuenta lo siguiente:

Un píxel se considerará fondo si su valor se corresponde con alguna de las B gaussianas, lo que indica que ha aparecido lo suficiente anteriormente como para ser considerado parte del fondo.

Un píxel se considerará primer plano y, por lo tanto, candidato a ser humo en nuestro algoritmo.

2.2 Clasificación de las imágenes

Para la clasificación de las imágenes, se aplican actualmente dos metodologías. Una de ellas se basa en el análisis de características del humo, donde se aplican ciertos umbrales para determinar si hay presencia de humo en una imagen. La otra metodología utiliza redes neuronales para clasificar una imagen de entrada (ya sea un frame completo o un recorte del mismo) utilizando una red previamente entrenada. A continuación, se explican algunas de estas técnicas.

2.2.1. Análisis del color del humo

Se realiza un análisis píxel a píxel de la imagen, obteniendo su valor RGB. Este valor puede ser convertido a luminancia y crominancia en el espacio de color YUV o HSV. Cada componente de color tiene un rango de valores entre 0 y 255.

La mayoría de las muestras de humo presentan tonalidades grisáceas. Por lo tanto, se pueden identificar los píxeles de humo mediante la siguiente fórmula, donde T_h es un umbral global que varía entre 15 y 25. Si las componentes de color de un píxel se encuentran dentro de este umbral, se considera que dicho píxel tiene una intensidad

similar al color del humo. Los píxeles que cumplan con estas características y sean detectados en la imagen serán clasificados como humo. Es importante destacar que antes de aplicar esta fórmula, se deben limitar los candidatos a humo mediante técnicas de extracción de fondo u otras técnicas relevantes.

2.2.2. Análisis de componentes conexas

El humo tiende a presentarse en bloques o agrupaciones, por lo que se busca encontrar objetos en la imagen que estén conectados entre sí. Debido a la naturaleza de las imágenes, los píxeles que cumplen patrones de color y movimiento tienden a agruparse en regiones de píxeles conexas. Cada una de estas regiones corresponderá a elementos físicos presentes en la imagen. Estos elementos físicos serán considerados como candidatos a ser humo.

3. Estudio de necesidades

3.1 Planteamiento de soluciones alternativas

Para el desarrollo del algoritmo de detección de incendios forestales se ha escogido la tarjeta de Nvidia Jetson Nano, dado que esta tarjeta es una opción excelente para crear algoritmos de inteligencia artificial con el objetivo de detectar incendios debido a su potencia de cómputo, eficiencia energética, soporte de software y capacidad de integración en sistemas aéreos como drones.

Existen varias alternativas para la creación de algoritmos de inteligencia artificial, aparte de la tarjeta Nvidia Jetson Nano. Algunas opciones relevantes son las siguientes:

- Tarjetas gráficas Nvidia GeForce RTX: Estas tarjetas ofrecen una alta potencia de cómputo y son ampliamente utilizadas en el campo de la inteligencia artificial. Son adecuadas para tareas intensivas en cómputo, como la detección de incendios.
- Google Coral: La plataforma Coral de Google, que incluye el Coral Dev Board y el Coral USB Accelerator, proporciona soluciones compactas y de baja potencia para el procesamiento de inteligencia artificial en dispositivos de borde. Es compatible con TensorFlow Lite y permite la ejecución de algoritmos de aprendizaje automático en tiempo real.
- Intel Neural Compute Stick: Este dispositivo de Intel ofrece una solución de baja potencia y tamaño compacto para el procesamiento de redes neuronales profundas. Puede utilizarse para acelerar tareas de inteligencia artificial en dispositivos con recursos limitados, como drones y sistemas embebidos.

- Raspberry Pi: La placa de desarrollo Raspberry Pi es una opción accesible y versátil para implementar algoritmos de aprendizaje automático utilizando bibliotecas como TensorFlow y PyTorch. Aunque su capacidad de cómputo es menor en comparación con otras opciones, sigue siendo una alternativa popular para aplicaciones de detección de incendios.
- Plataformas en la nube: Los servicios en la nube, como Amazon AWS, Google Cloud y Microsoft Azure, ofrecen soluciones de inteligencia artificial basadas en la nube. Estas plataformas proporcionan recursos de cómputo escalables y herramientas de desarrollo para entrenar y desplegar algoritmos de aprendizaje automático.

3.2 Justificación de la solución adoptada

Al evaluar las alternativas mencionadas anteriormente para la creación de algoritmos de inteligencia artificial, se puede concluir que la tarjeta Nvidia Jetson Nano es una opción destacada para el objetivo de crear un algoritmo de detección de incendios por las siguientes razones:

- Potencia de cómputo: La tarjeta Nvidia Jetson Nano ofrece un procesador ARM Cortex-A57 de cuatro núcleos y una GPU Nvidia Maxwell con 128 núcleos CUDA. Esta combinación proporciona una potencia de cómputo significativa, permitiendo ejecutar algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de imágenes de manera eficiente. En comparación con las tarjetas gráficas Nvidia GeForce RTX y el Google Coral Dev Board, la Jetson Nano se encuentra en un rango de rendimiento similar, lo que la coloca como una opción competitiva en términos de capacidad de cómputo.
- Eficiencia energética: La Jetson Nano está diseñada específicamente para ser altamente eficiente en términos de consumo de energía. Esto es crucial para aplicaciones aéreas, como la detección de incendios forestales con drones, donde se busca maximizar la duración del vuelo. En comparación con las tarjetas gráficas Nvidia GeForce RTX, que son más potentes, pero también más demandantes en cuanto a energía, la Jetson Nano destaca por su equilibrio óptimo entre rendimiento y eficiencia energética.
- Soporte de software: Nvidia proporciona un completo conjunto de herramientas de desarrollo de software para aprovechar al máximo el potencial de la Jetson Nano. Esto incluye el kit de desarrollo de software JetPack, que cuenta con bibliotecas de aprendizaje automático como TensorFlow, PyTorch y OpenCV. Estas bibliotecas

son fundamentales para el procesamiento de imágenes y la detección de incendios. En comparación con la plataforma Google Coral y las opciones basadas en Raspberry Pi, la Jetson Nano ofrece un ecosistema de desarrollo sólido y probado, respaldado por Nvidia, lo que brinda una mayor estabilidad y confiabilidad en la implementación del algoritmo.

- Integración y tamaño: La tarjeta Nvidia Jetson Nano tiene un tamaño compacto y se integra fácilmente en drones y sistemas aéreos. Esta característica es esencial para aplicaciones de detección de incendios en entornos forestales. En comparación con las tarjetas gráficas Nvidia GeForce RTX, que están diseñadas para su uso en computadoras de escritorio, y las opciones como el Coral Dev Board y el Intel Neural Compute Stick, que pueden requerir adaptaciones adicionales para su integración en drones, la Jetson Nano sobresale por su enfoque específico en la integración en sistemas aéreos.

A continuación, se presenta una tabla comparativa de las ventajas y desventajas de las diferentes opciones para la creación de algoritmos de inteligencia artificial, incluyendo la tarjeta Nvidia Jetson Nano como la opción destacada:

| RESUMEN ELECCIÓN EN BASE A CARACTERÍSTICA | | |
|--------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------|
| Alternativa | Ventajas | Desventajas |
| Nvidia Jetson Nano | - Potencia de cómputo significativa | - Precio relativamente más alto |
| | - Eficiencia energética | - Capacidad de cómputo menor en comparación con tarjetas gráficas de gama alta |
| | - Soporte de software completo, incluyendo bibliotecas de aprendizaje automático | - Requiere adaptaciones adicionales para integración en ciertos sistemas aéreos |
| | - Integración de cámaras para captura de imágenes | |
| | - Tamaño compacto para integración en drones y sistemas aéreos | |
| | - Procesamiento acelerado de aprendizaje automático | |
| Tarjetas gráficas Nvidia GeForce | - Alta potencia de cómputo | - Mayor consumo de energía |
| RTX | - Soporte de software completo | - Requiere una computadora de escritorio para su uso |
| | - Amplia comunidad y ecosistema de desarrollo | - Precio más elevado en comparación con otras opciones |

| | | |
|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| Google Coral | - Solución compacta y de baja potencia | - Rendimiento de cómputo más limitado en comparación con otras opciones |
| | - Soporte para TensorFlow Lite y ejecución en tiempo real | - Menos opciones de conectividad y capacidad de procesamiento |
| Intel Neural Compute Stick | - Solución de bajo consumo y tamaño compacto | - Limitaciones en la potencia de cómputo para tareas intensivas en IA |
| | - Aceleración de redes neuronales profundas | - Capacidad de cómputo más limitada en comparación con otras opciones |
| Raspberry Pi | - Opción accesible y versátil | - Capacidad de cómputo inferior en comparación con otras opciones |
| | - Amplia comunidad y soporte de bibliotecas de IA | - Limitaciones de rendimiento para tareas intensivas en IA |
| Plataformas en la nube | - Recursos de cómputo escalables | - Dependencia de la conectividad a Internet |
| (Amazon AWS, Google Cloud, Microsoft Azure) | - Herramientas de desarrollo y despliegue completas | - Costos asociados al uso continuado |
| | - Amplia gama de servicios y opciones personalizables | - Requiere aprendizaje y familiarización con las plataformas en la nube |

4. Descripción detallada de la solución adoptada

La solución adoptada se centra en el desarrollo de un sistema integral basado en visión e inteligencia artificial para la detección de incendios forestales. Este sistema, que presenta un peso total de tan solo 0.8 kg, es altamente versátil y puede ser implementado en diversas plataformas de vigilancia, como torres de observación, drones o aviones no tripulados (UAV).

La solución se fundamenta en la implementación de tecnologías de vanguardia en electrónica y programación, lo que permite la adquisición y procesamiento en tiempo real de imágenes y datos térmicos para la detección precisa y temprana de incendios en áreas boscosas. Mediante el análisis de patrones y características distintivas asociadas al fuego, se logra una detección efectiva.

El sistema se caracteriza por su diseño compacto y liviano, lo que facilita su integración en infraestructuras de vigilancia existentes y su adaptabilidad a plataformas aéreas, como drones y aviones UAV. Esta capacidad de monitoreo en tiempo real, combinada con la

movilidad y acceso a áreas de difícil alcance, potencia la efectividad y eficiencia del sistema en la detección de incendios forestales.

Además, el sistema cuenta con una capacidad de procesamiento optimizada y una respuesta automatizada, lo que permite una actuación ágil y precisa ante situaciones de emergencia. Su despliegue y operación se realizan en consonancia con los protocolos de seguridad y normativas vigentes, garantizando así una adecuada gestión de las contingencias.

La solución adoptada se estructura en el siguiente organigrama técnico del proyecto:

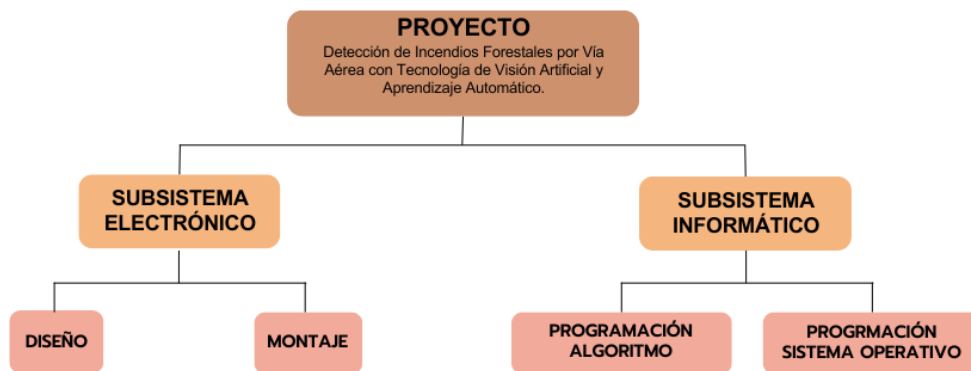


Figura 7: Organigrama técnico del proyecto.

4.1 Subsistema Electrónico

Con el fin de asegurar el correcto funcionamiento de dicha tarjeta, es necesario considerar la adquisición de varios componentes adicionales. Estos componentes complementarios resultan fundamentales para aprovechar al máximo las capacidades y características de la Jetson Nano, optimizando así el desempeño y la eficacia de la solución propuesta.

Dichos componentes adicionales son:

- Alimentación.
- Tarjeta Micro SD.
- Monitor.
- HDMI.
- Mouse y Teclado.
- Adaptador WiFi.
- Webcam.
- Disco duro externo.

4.1.1 Nvidia Jetson Nano

El principal protagonista de este proyecto es la tarjeta de Nvidia Jetson Nano, un sistema embebido que destaca como una excelente opción para crear un algoritmo de inteligencia artificial para la detección de incendios debido a su potencia de cómputo, eficiencia energética y soporte de software.

Su capacidad para ejecutar algoritmos de aprendizaje automático y procesamiento de imágenes de manera eficiente se debe a su procesador ARM Cortex-A57 de cuatro núcleos y GPU Nvidia Maxwell con 128 núcleos CUDA. Además, su diseño altamente eficiente en términos de consumo de energía la convierte en una elección ideal para aplicaciones aéreas, maximizando la duración del vuelo de los drones.

La tarjeta Jetson Nano también se destaca por su sólido conjunto de herramientas de desarrollo de software, incluido el kit JetPack, que proporciona bibliotecas de aprendizaje automático como TensorFlow, PyTorch y OpenCV.

Su capacidad de integración de cámaras y su tamaño compacto facilitan su implementación en drones y sistemas aéreos, lo que resulta especialmente relevante para la detección de incendios en entornos forestales.

Además, su arquitectura GPU permite el procesamiento acelerado de aprendizaje automático, lo que contribuye a una detección de incendios más rápida y precisa. En resumen, la tarjeta Nvidia Jetson Nano ofrece un conjunto de características que la hacen una opción altamente beneficiosa para la creación de algoritmos de inteligencia artificial en la detección de incendios.



Figura 8: Tarjeta Nvidia Jetson Nano.

Como se puede comprobar, la tarjeta de Nvidia Jetson Nano presenta diferentes puertos, entre ellos se encuentran:

- HDMI: Puerto de salida de vídeo de alta definición para conectar monitores o pantallas externas.
- USB 3.0: Puertos USB de alta velocidad para la conexión de periféricos como teclados, ratones, discos duros externos, cámaras, entre otros dispositivos.
- USB 2.0: Puertos USB de velocidad estándar para la conexión de periféricos compatibles.
- Ethernet: Puerto Ethernet para la conexión a redes cableadas.
- Conector para tarjeta microSD: Ranura para insertar una tarjeta de memoria microSD para el almacenamiento de datos y el sistema operativo.
- Conector para cámara CSI (Camera Serial Interface): Puerto específico para la conexión de cámaras compatibles con el protocolo CSI para la captura de imágenes y videos.
- Conector GPIO (General Purpose Input/Output): Conjunto de pines de entrada/salida de propósito general para la conexión de dispositivos externos y la interacción con el entorno.
- Conector para ventilador: Puerto para la conexión de un ventilador externo que ayuda a mantener la temperatura de la tarjeta bajo control durante operaciones intensivas.
- Conector para alimentación: Puerto de entrada de energía para la conexión de la fuente de alimentación externa.

Estos puertos son imprescindibles para el funcionamiento de la tarjeta Nvidia Jetson Nano.

4.1.1.1 Alimentación

La elección de una fuente de alimentación adecuada para la tarjeta Nvidia Jetson Nano es fundamental para garantizar un suministro de energía estable y confiable durante el funcionamiento del sistema. Se recomienda adquirir una fuente de alimentación con una capacidad de corriente suficiente para cubrir los requisitos de potencia de la Jetson Nano, asegurando así un rendimiento óptimo y evitando posibles fluctuaciones o interrupciones en la energía suministrada. La tensión y corriente necesaria para alimentar esta tarjeta es de 5 V y 5 A.

La tarjeta Nvidia Jetson Nano presenta dos opciones de alimentación disponibles:

- Configuración de fuente de alimentación de puerto USB: Si bien existen varias opciones de fuentes de alimentación compatibles con este tipo de conexión, no se recomienda su utilización debido a una limitación significativa. Al optar por la alimentación a través del puerto USB, se perderá la capacidad de utilizar la conexión USB 2.0 para conectar la tarjeta directamente a un PC. Esta limitación representa un inconveniente importante, ya que implica la necesidad de disponer de un monitor, un teclado y un ratón adicionales siempre que se desee trabajar con la tarjeta.



Figura 9.1: Alimentación USB 2.0

- Configuración de fuente de alimentación de barril: Opción recomendable, aunque existen menos fuentes de alimentación de este estilo en el mercado.



Figura 9.2: Alimentación de barril.

4.1.1.1.1 Configuración de fuente de alimentación de barril

En caso de optar por utilizar la configuración de fuente de alimentación de barril, es necesario llevar a cabo los siguientes pasos:

Insertar el puente de 2 pines en el conector de 2 pines, J48, ubicado junto al conector de la cámara MIPI CSI o detrás del puerto de alimentación de barril (versión B01). Esto habilita el suministro de energía a través del puerto de alimentación de barril.

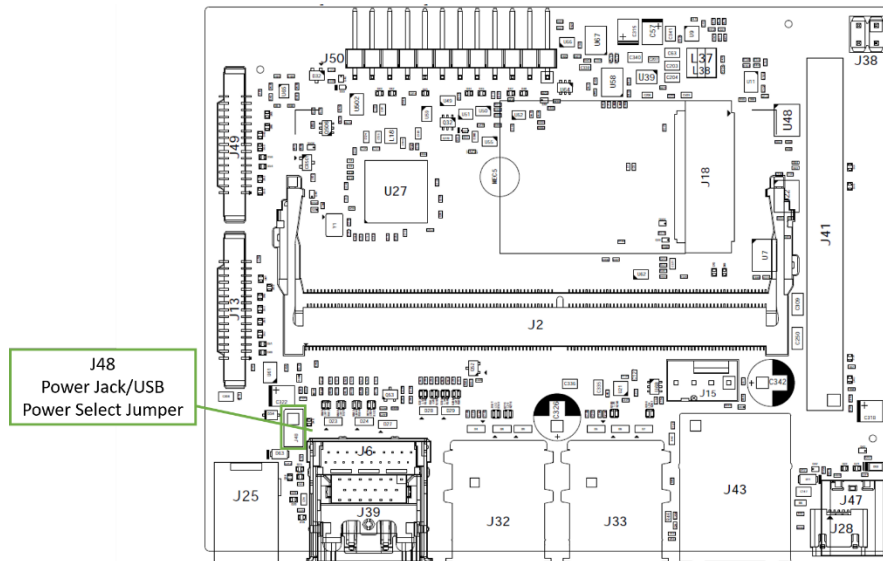


Figura 10: Pin J48.

Conectar la fuente de alimentación de barril (5V/4A) al conector correspondiente. El Kit de Desarrollo Jetson Nano se encenderá y se iniciará automáticamente.

Un LED verde situado junto al conector Micro-USB se iluminará tan pronto como el kit de desarrollo se encienda.

Es importante seguir estos pasos cuidadosamente para garantizar una configuración correcta de la fuente de alimentación de barril y asegurar el funcionamiento adecuado del Kit de Desarrollo Jetson Nano. El LED verde proporciona una indicación visual de que el kit está encendido y en funcionamiento.

4.1.1.2 Tarjeta Micro SD

La utilización de la tarjeta microSD resulta fundamental para la instalación del sistema operativo, posibilitando así el desarrollo de actividades en la tarjeta Nvidia Jetson Nano.

En este contexto, la capacidad de almacenamiento de la tarjeta microSD adquiere una relevancia significativa, ya que el entrenamiento de algoritmos de inteligencia artificial

demanda tanto una capacidad considerable como una alta velocidad de procesamiento de datos.

La tarjeta microSD desempeña un papel crucial al permitirnos instalar el sistema operativo necesario para habilitar el funcionamiento adecuado de la tarjeta Nvidia Jetson Nano. Esta tarjeta, concebida para facilitar la ejecución de tareas relacionadas con la inteligencia artificial, requiere de un sistema operativo previamente instalado para su operatividad.

Asimismo, la capacidad de almacenamiento de la tarjeta microSD adquiere una dimensión crítica en el contexto del entrenamiento de algoritmos de inteligencia artificial. Dado el volumen y la complejidad de los datos requeridos para dicho entrenamiento, es imperativo contar con una capacidad de almacenamiento lo suficientemente amplia como para poder albergarlos adecuadamente. Por otro lado, la alta velocidad de procesamiento de datos resulta igualmente esencial para asegurar un desempeño eficiente en la ejecución de las tareas de entrenamiento de los algoritmos.

Es recomendable en este caso una tarjeta microSD de 64 GB.



Figura 11: Tarjeta microSD 64 GB.

4.1.1.3 Monitor

El uso de un monitor es esencial al trabajar con la tarjeta Nvidia Jetson Nano debido a diversas razones fundamentales.

En primer lugar, el monitor permite acceder y visualizar la interfaz gráfica del sistema operativo instalado en la tarjeta, lo que facilita la configuración inicial, la instalación de software adicional y el monitoreo del rendimiento del sistema. Además, proporciona una interfaz visual para observar y evaluar los resultados de los procesos y aplicaciones en ejecución, especialmente en el campo de la inteligencia artificial, permitiendo realizar ajustes y mejoras en tiempo real. También desempeña un papel importante en la depuración y resolución de problemas, ya que permite visualizar mensajes de error y registros.

Por último, el monitor posibilita la interacción con herramientas y software adicionales necesarios para el desarrollo de proyectos, como la visualización de documentación, el acceso a entornos de programación y la interacción con otras aplicaciones relacionadas. En conclusión, el monitor se convierte en una herramienta indispensable para maximizar la eficiencia y productividad al trabajar con la tarjeta Nvidia Jetson Nano en entornos académicos y profesionales.



Figura 12: Imagen monitor utilizado. Modelo LG 24BK550Y-i 24"

4.1.1.4 HDMI

Es necesario un adaptador HDMI para conectar la tarjeta Nvidia Jetson Nano con el monitor.



Figura 13: Imagen HDMI utilizado. Modelo SOEYBAE Cable HDMI 4K.

4.1.1.5 Teclado y ratón

Es necesario a su vez, un teclado y un ratón para utilizar el sistema embebido de Nvidia Jetson Nano. Los cuales se conectarán a los 4 puertos USB disponibles en la tarjeta.

4.1.1.6 Adaptador Wi-Fi

Para habilitar la conectividad Wi-Fi en la tarjeta Nvidia Jetson Nano, es necesario utilizar un adaptador externo. En este proyecto, se ha elegido el adaptador TP-Link debido a su reconocida compatibilidad y rendimiento confiable. Esta elección asegura una conexión inalámbrica eficiente y estable, proporcionando una solución adecuada para aprovechar plenamente las capacidades de la tarjeta Jetson Nano en diversas aplicaciones académicas y profesionales.



Figura 14: Imagen TP-Link UB5A Adaptador Nano USB Bluetooth 5.0.

4.1.1.7 Webcam

En el proceso de selección de una webcam para su uso con la tarjeta Nvidia Jetson Nano, es necesario verificar la compatibilidad de la webcam consultando el datasheet proporcionado por el fabricante de la tarjeta. Esto se debe a que, en una etapa inicial del proyecto, se experimentaron dificultades con una webcam que resultó no ser compatible, lo que condujo a un mal funcionamiento.

Entre las webcams más comunes utilizadas con la tarjeta Nvidia Jetson Nano se encuentran:

- Logitech C920: Esta webcam es ampliamente utilizada y ofrece una calidad de video de alta definición (1080p). Es compatible con el sistema operativo Linux y se ha utilizado exitosamente con la tarjeta Jetson Nano.

- Logitech C270: Es una opción más asequible, pero aún ofrece una calidad de video decente (720p). También es compatible con Linux y ha sido utilizada con éxito en la tarjeta Nvidia Jetson Nano.
- Microsoft LifeCam HD-3000: Es otra opción popular que ofrece video de alta definición (720p). Esta webcam es compatible con Linux y se ha utilizado con éxito en la tarjeta Jetson Nano.

Además, existen otras opciones disponibles en el mercado, como la Logitech C920/C920s, que ofrece video de alta definición (1080p) y es compatible con Linux, y la Logitech C922/C922x, que presenta mejoras adicionales, como la capacidad de grabar a 60 fps. También se encuentran la Logitech C930e, que brinda video de alta calidad (1080p) y un amplio campo de visión, y la Logitech BRIO, una cámara de gama alta con video 4K y características avanzadas. Estas webcams también son compatibles con Linux y han sido utilizadas con éxito en la tarjeta Jetson Nano.

En el caso de la incompatibilidad experimentada, se optó por trabajar con la webcam Logitech C270 debido a su compatibilidad comprobada y resultados satisfactorios en conjunto con la tarjeta Nvidia Jetson Nano.



. Figura 15: Webcam Logitech C270.

4.1.1.8 Disco duro externo

Se recomienda utilizar un disco duro externo de al menos 1 TB para facilitar la transferencia de información al trabajar con videos para el entrenamiento de algoritmos de inteligencia artificial en la tarjeta Nvidia Jetson Nano. La capacidad estándar de 64 GB resulta insuficiente en este contexto, por lo que se requiere una mayor capacidad de almacenamiento. Un disco duro de 1 TB permitirá superar estas limitaciones y optimizar el flujo de trabajo en estas tareas.

4.2 Montaje electrónico completo

4.2.1 Descripción pines tarjeta Nvidia Jetson Nano

La tarjeta Nvidia Jetson Nano ofrece una variedad de puertos que permiten la conexión de diversos componentes para su correcto funcionamiento y utilización.

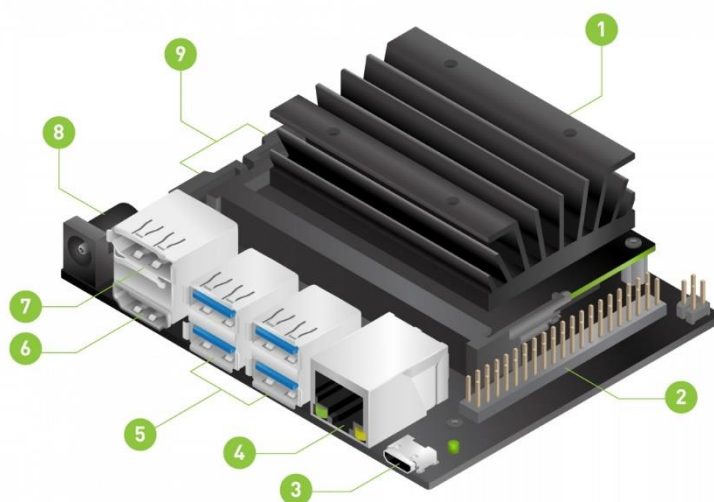


Figura 16: Dibujo de puertos Nvidia Jetson Nano.

Los puertos disponibles en la tarjeta Jetson Nano son los siguientes:

1. Ranura para tarjeta microSD para almacenamiento principal.
2. Encabezado de expansión de 40 pines.
3. Puerto Micro-USB para entrada de energía de 5V o para Modo de Dispositivo.
4. Puerto Ethernet Gigabit.
5. Puertos USB 3.0 (x4).
6. Puerto de salida HDMI.
7. Conector DisplayPort.
8. Conector de barril de CC para entrada de energía de 5V.
9. Conectores de cámara MIPI CSI-2.

Estos pines proporcionan una variedad de opciones de conectividad y expansión para la tarjeta Jetson Nano. La ranura para tarjeta microSD permite el almacenamiento principal

del sistema, mientras que el encabezado de expansión de 40 pines brinda la posibilidad de conectar periféricos y accesorios adicionales.

El puerto Micro-USB se puede utilizar tanto para la entrada de energía de 5V como para el modo de dispositivo, lo que permite una flexibilidad en la configuración de la tarjeta. Además, el puerto Ethernet Gigabit ofrece conectividad de red rápida y confiable.

Con los puertos USB 3.0, se pueden conectar dispositivos externos de alta velocidad, como unidades de almacenamiento, cámaras, teclados o ratones.

Los puertos de salida HDMI y el conector DisplayPort permiten la conexión de monitores externos para visualización de contenido. El conector de barril de CC brinda una opción adicional para la entrada de energía de 5V.

Por último, los conectores de cámara MIPI CSI-2 están disponibles para la conexión de cámaras compatibles, lo que permite la captura de imágenes y videos de alta calidad.

4.2.2 Conexión de componentes

Para facilitar las conexiones del sistema completo de detección de incendios forestales se proporciona la Figura 17, en la cual describe con una imagen real de la tarjeta los diferentes puertos y pines:

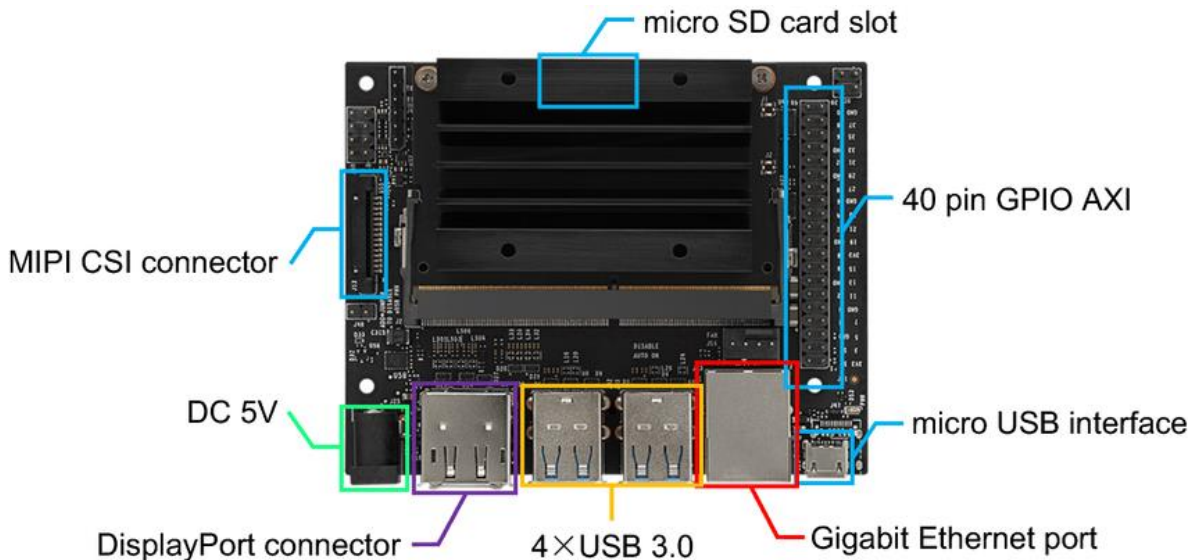


Figura 17: Imagen real puertos Nvidia Jetson Nano.

4.2.2.1 Conexión de componentes principales

A continuación, se describe cómo se debe conectar los siguientes componentes en la tarjeta:

- Alimentación: La tarjeta Nvidia Jetson Nano se alimenta a través de un conector de alimentación de barril de 5V. Se debe conectar un adaptador de corriente adecuado al conector de alimentación para suministrar energía a la tarjeta.

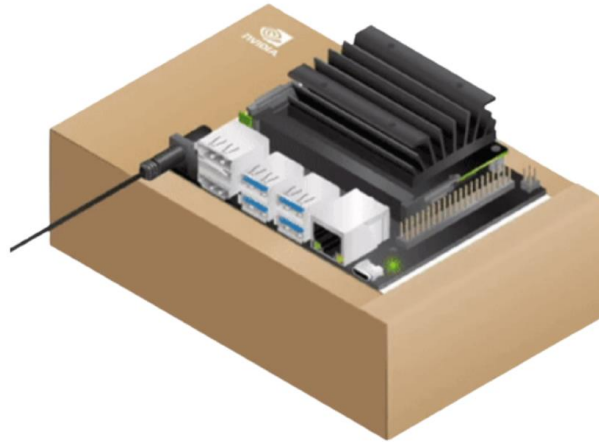


Figura 18: Conexión alimentación 5V//4A con Nvidia Jetson Nano.

- Tarjeta microSD: La tarjeta microSD se utiliza para almacenar el sistema operativo y otros archivos relacionados con la tarjeta Nvidia Jetson Nano. La tarjeta microSD se inserta en la ranura correspondiente en la parte inferior de la tarjeta.

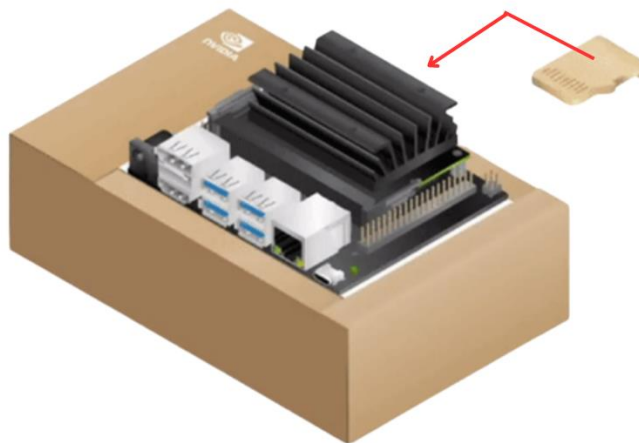


Figura 19: Conexión MicroSD con Nvidia Jetson Nano.

- Monitor: La conexión de un monitor se realiza a través del puerto HDMI de tamaño completo que se encuentra en la tarjeta Nvidia Jetson Nano. Se debe utilizar un cable HDMI para establecer la conexión entre el puerto HDMI de la tarjeta y el puerto HDMI del monitor.

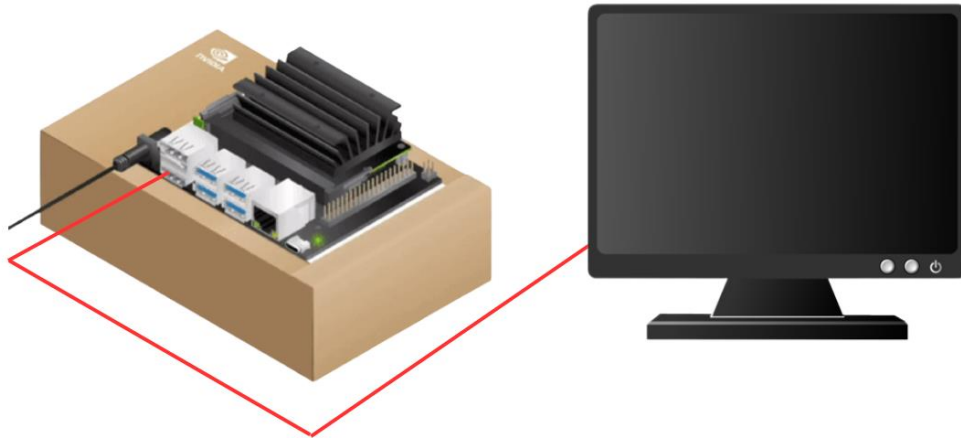


Figura 20: Conexión mediante HDMI con Nvidia Jetson Nano.

- Mouse y Teclado: Para conectar un mouse y un teclado a la tarjeta Nvidia Jetson Nano, se debe utilizar un hub USB. El hub USB se conecta al puerto USB 2.0 de la tarjeta, y tanto el mouse como el teclado se conectan al hub USB.

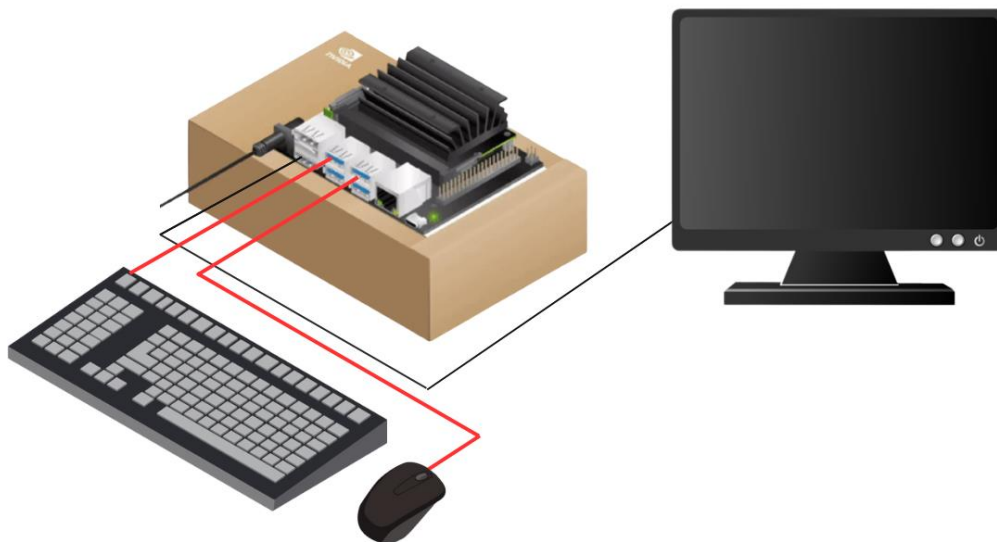


Figura 21: Conexión teclado y mouse con Nvidia Jetson Nano.

4.2.2.2 Conexión de componentes en los puertos USB

Los componentes por conectar en los puertos USB son:

- Adaptador WiFi: La tarjeta Nvidia Jetson Nano no tiene un adaptador WiFi incorporado, por lo que se requiere un adaptador WiFi externo. El adaptador WiFi se conecta a través de uno de los puertos USB disponibles en la tarjeta.
- Disco duro externo: Para conectar un disco duro externo a la tarjeta Nvidia Jetson Nano, se debe utilizar uno de los puertos USB disponibles en la tarjeta. El disco duro externo se conecta al puerto USB para permitir la transferencia de datos entre la tarjeta y el disco duro.
- Webcam: Permite la captación de imágenes.

4.2.2.3 Montaje final

Una vez que se ha realizado el montaje final del proyecto, se dispone a la instalación y entrenamiento del algoritmo de inteligencia artificial para detectar incendios forestales.

A continuación, se muestra el montaje completo real que se ha utilizado durante todo el desarrollo del proyecto:



Figura 22: Montaje completo real de la tarjeta Nvidia Jetson Nano.

4.3 Subsistema informático

Dentro del subsistema informático del sistema, se destacan dos aspectos fundamentales: la instalación del sistema operativo y el proceso de aprendizaje que ha conducido al desarrollo del algoritmo final.

La instalación del sistema operativo constituye un paso inicial y esencial en el establecimiento del subsistema informático. Esta etapa involucra la configuración adecuada del entorno de software, incluyendo la selección y despliegue del sistema operativo apropiado que satisfaga los requisitos del sistema. Mediante este proceso, se establecen las bases necesarias para el funcionamiento óptimo del subsistema informático, asegurando la interacción correcta entre los componentes hardware y software.

Por otro lado, el camino de aprendizaje que ha conducido a la creación del algoritmo final es un proceso iterativo y en constante evolución. Este recorrido implica la aplicación de técnicas de aprendizaje automático, análisis de datos y desarrollo de modelos predictivos. A través de la recolección, preparación y análisis exhaustivo de datos relevantes, se ha llevado a cabo un proceso de entrenamiento y ajuste del algoritmo.

4.3.1 Instalación del sistema operativo

La instalación del sistema operativo es el primer paso necesario para comenzar a trabajar con el sistema embebido Nvidia Jetson Nano. Dado que este dispositivo no viene con un sistema operativo preinstalado, es crucial seleccionar una distribución de software compatible y seguir las instrucciones proporcionadas por el fabricante para llevar a cabo la instalación. Una vez instalado el sistema operativo, se establecen las bases para el desarrollo del algoritmo de detección de incendios forestales.

4.3.1.1 Descargar JetPack 4.4

JetPack 4.4 es un conjunto de herramientas de desarrollo de software proporcionado por Nvidia para la placa Nvidia Jetson Nano. Es necesario descargarlo debido a que incluye el sistema operativo Jetson Linux, drivers específicos, bibliotecas y software adicional que son fundamentales para el correcto funcionamiento y aprovechamiento de todas las capacidades del Nvidia Jetson Nano. JetPack 4.4 ofrece un entorno de desarrollo completo que facilita la creación, depuración y optimización de aplicaciones y algoritmos en el dispositivo.

4.3.1.2 Formatear tarjeta MicroSD

Para formatear la tarjeta microSD, se recomienda utilizar SD Memory Card Formatter, un software proporcionado por la SD Association diseñado específicamente para este

propósito. Los siguientes pasos describen el procedimiento para formatear la tarjeta microSD utilizando SD Memory Card Formatter:

1. Descargar e instalar SD Memory Card Formatter en el ordenador con Windows desde el sitio web oficial de la SD Association.
2. Iniciar la aplicación SD Memory Card Formatter y seleccionar la unidad correspondiente a la tarjeta microSD.
3. Elejir la opción "Formato rápido" y dejar en blanco el campo de "Etiqueta de volumen".
4. Hacer clic en "Format" para iniciar el proceso de formateo, confirmando su decisión si se muestra un cuadro de diálogo de advertencia.

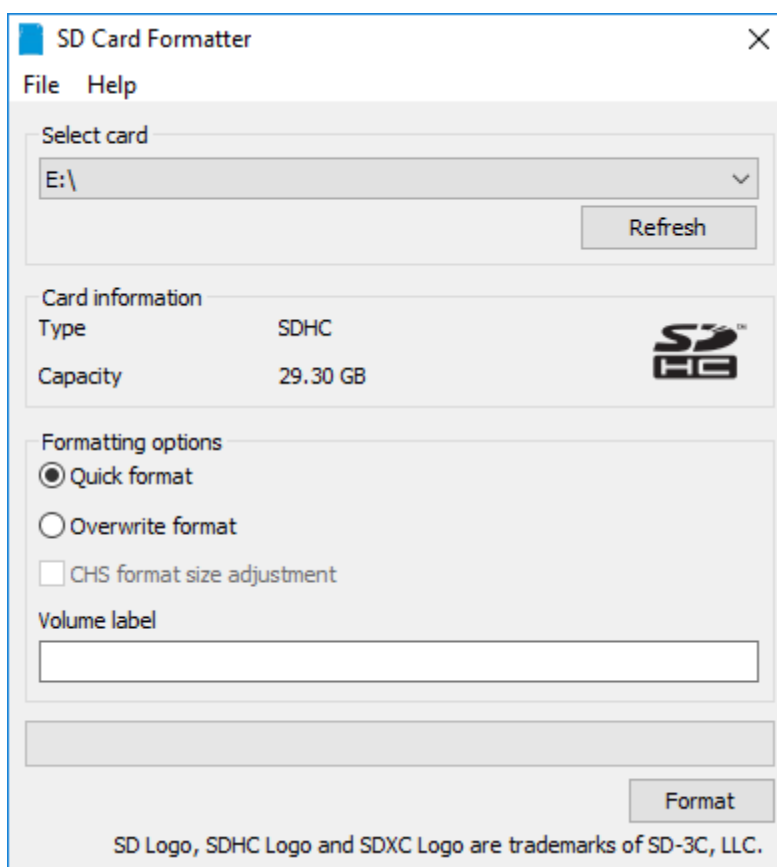


Figura 23: Programa SD Card Formatter.

4.3.1.3 Etcher

Se utiliza el programa de Etcher para instalar el sistema operativo en la tarjeta microSD del Kit de Desarrollo Jetson. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Descargar, instalar e iniciar Etcher:
 - Se debe descargar la aplicación Etcher desde su sitio web oficial y se procede a instalarla en el sistema.
 - Se debe iniciar la aplicación Etcher después de la instalación.

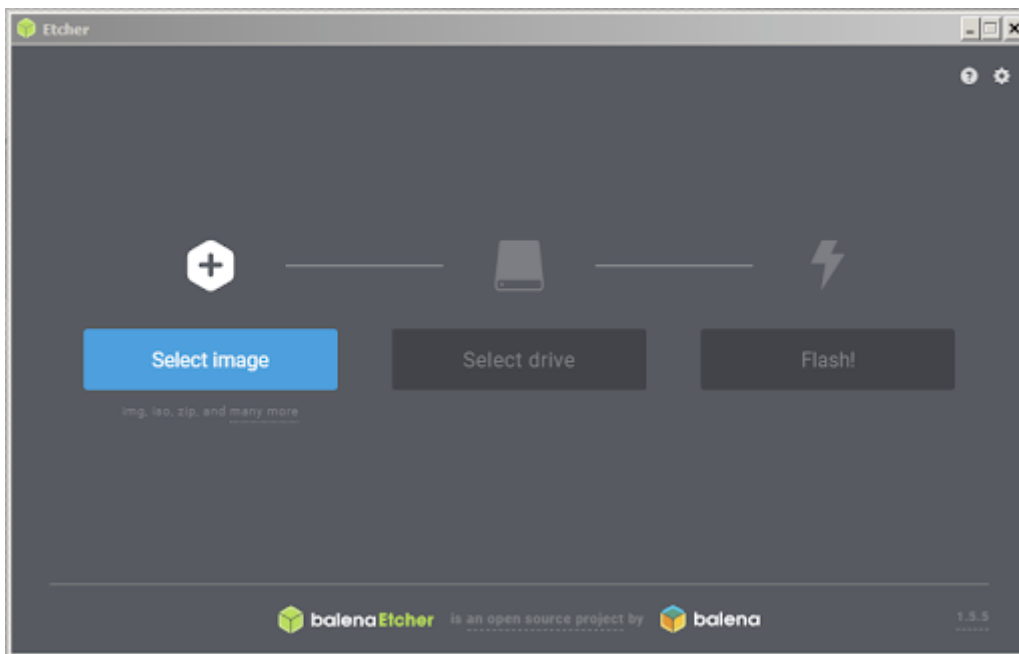


Figura 25: Programa Etcher.

2. Seleccionar la imagen y dispositivo:
 - Se selecciona dando clic en "Select image" y se elige el archivo de imagen comprimido previamente descargado.
 - Si aún no se ha insertado la tarjeta microSD, se debe insertar en el dispositivo.
3. Configurar opciones de escritura:
 - En caso de que aparezca un cuadro de diálogo en Windows, similar a la descripción proporcionada, haga clic en Cancel.
 - Se debe hacer clic en "Select drive" y se debe elegir el dispositivo correcto que corresponda a la tarjeta microSD.
4. Iniciar el proceso de escritura:

- Haga clic en "Flash!". Etcher iniciará el proceso de escritura y validación de la imagen en su tarjeta microSD.
- El tiempo estimado para completar este proceso es de aproximadamente 10 minutos si su tarjeta microSD está conectada a través de USB3.

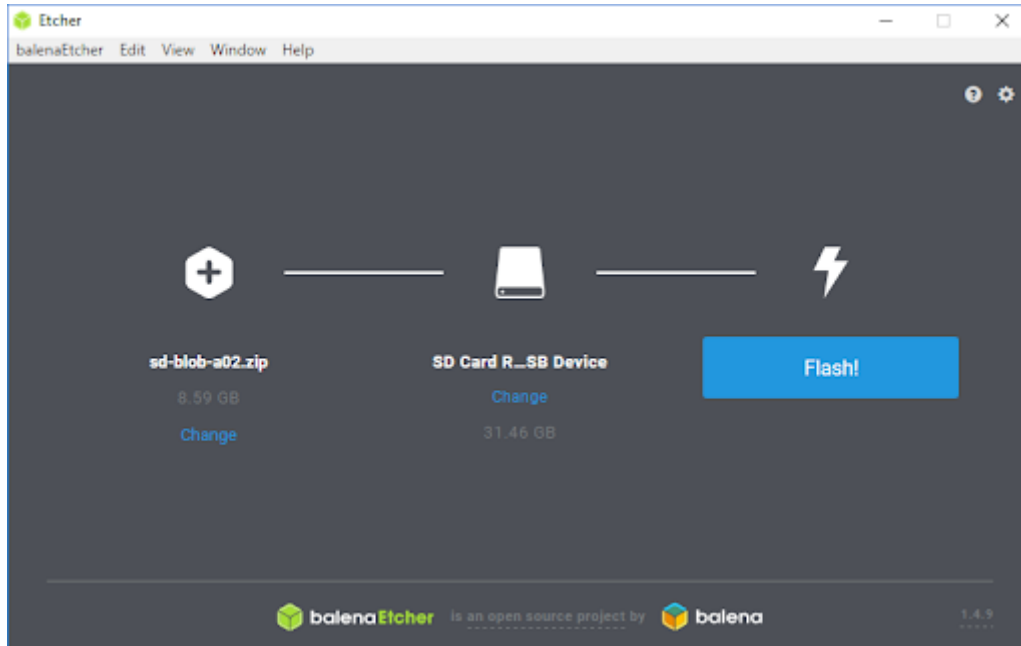


Figura 26: Programa Etcher al finalizar el proceso.

5. Finalizar y retirar la tarjeta microSD:
 - Una vez que Etcher haya finalizado el proceso, es posible que Windows le notifique que no puede leer la tarjeta SD. Simplemente haga clic en Cancel y retire la tarjeta microSD de manera segura.
6. Continuar con la configuración del kit de desarrollo:
 - Con su tarjeta microSD preparada, puede configurar su kit de desarrollo Jetson Nano según las instrucciones proporcionadas por el fabricante.

4.3.1.4 Aumento de memoria RAM

Antes de comenzar con el desarrollo del algoritmo, es recomendable aumentar la potencia de la tarjeta Nvidia Jetson Nano a 4 GB, ya que de serie la tarjeta está limitada a 2 GB, como se puede observar si se escribe el siguiente comando: `free -m`

```
cosmin@cosmin-desktop: ~
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.

cosmin@cosmin-desktop:~$ clear
cosmin@cosmin-desktop:~$ free -m
              total        used         free       shared  buff/cache   available
Mem:           3956         2038           518          552        1399        1212
Swap:          1978           15        1962
```

Figura 27: Comando free -m.

Para cambiar la configuración de la tarjeta de Nvidia Jetson Nano y aumentar la memoria RAM de la tarjeta de 2GB a 4 GB, se debe escribir los siguientes comandos:

```
To run a command as administrator (user "root"), use "sudo <command>".
See "man sudo_root" for details.

cosmin@cosmin-desktop:~$ clear
cosmin@cosmin-desktop:~$ free -m
              total        used         free       shared  buff/cache   available
Mem:           3956         2038           518          552        1399        1212
Swap:          1978           15        1962
cosmin@cosmin-desktop:~$ sudo systemctl disable nvzramconfig
[sudo] password for cosmin:
Removed /etc/systemd/system/multi-user.target.wants/nvzramconfig.service.
cosmin@cosmin-desktop:~$ sudo fallocate -l 4G /mnt/4GB.swap
cosmin@cosmin-desktop:~$ sudo chmod 600/mnt/4GB.swap
chmod: missing operand after '600/mnt/4GB.swap'
Try 'chmod --help' for more information.
cosmin@cosmin-desktop:~$ sudo chmod 600 /mnt/4GB.swap
cosmin@cosmin-desktop:~$ sudo mkswap /mnt/4GB.swap
Setting up swapspace version 1, size = 4 GiB (4294963200 bytes)
no label, UUID=2b885251-089c-4744-989a-0d21fb3eecda
cosmin@cosmin-desktop:~$
```

Figura 28: Comandos para cambiar la configuración RAM.

Se deben realizar las declaraciones necesarias que se pueden visualizar en la Figura 28, donde se han deshabilitado funciones como el zram, estas declaraciones permiten abrir la información del sistema de archivos estático:

```
# /etc/fstab: static file system information.
#
# These are the filesystems that are always mounted on boot, you can
# override any of these by copying the appropriate line from this file into
# /etc/fstab and tweaking it as you see fit. See fstab(5).
#
# <file system> <mount point>          <type>          <options>          <dump> <pass>
/dev/root          /                ext4             defaults            0 1
```

Figura 29: Static file system information.

Una vez que se pueda visualizar la ventana de la Figura 29, se necesita añadir el siguiente comando:

```
/mnt/4GB.swap swap swap defaults 0 0
```

```
# /etc/fstab: static file system information.
#
# These are the filesystems that are always mounted on boot, you can
# override any of these by copying the appropriate line from this file into
# /etc/fstab and tweaking it as you see fit. See fstab(5).
#
# <file system> <mount point>          <type>          <options>          <dump> <pass>
/dev/root          /                ext4             defaults            0 1
/mnt/4GB.swap swap swap defaults 0 0
```

Figura 30: Implementación de la declaración: /mnt/4GB.swap swap swap defaults 0 0

El comando "/mnt/4GB.swap swap swap defaults 0 0" configura un archivo de intercambio de 4 GB en la ubicación "/mnt/4GB.swap" en un sistema Linux. El archivo de intercambio se utiliza para ampliar la memoria virtual del sistema cuando la memoria física está agotada. Los parámetros especifican el tipo de sistema de archivos utilizado, las opciones de montaje predeterminadas y las configuraciones de copia de seguridad y comprobación automática del sistema de archivos.

Una vez implementado correctamente el comando, se puede comprobar el incremento de la memoria RAM escribiendo nuevamente el comando free -m:

```
cosmin@cosmin-desktop:~$ free -m
              total        used         free       shared  buff/cache   available
Mem:           3956         1073         2165           31          717        2713
Swap:          4095           0         4095
```

Figura 31: Comprobación incremento de RAM.

4.3.2 Desarrollo del algoritmo final

En el contexto previo al desarrollo del algoritmo final de detección de incendios forestales, se han llevado a cabo una serie de pruebas y exploraciones en el campo de la creación de algoritmos utilizando herramientas y modelos como GoogleNet, ResNet y JupyterLab. Estas evaluaciones han sido fundamentales para comprender las fortalezas y limitaciones

de cada enfoque, así como para seleccionar el enfoque más adecuado para abordar el desafío en cuestión, finalmente se ha decidido elaborar el algoritmo mediante PyTorch. Además, se realiza programación en los lenguajes de Python y Linux.

A continuación, se muestra una de las pruebas realizada, donde se muestra como el algoritmo interpreta el escritorio donde se ha desarrollado este proyecto:

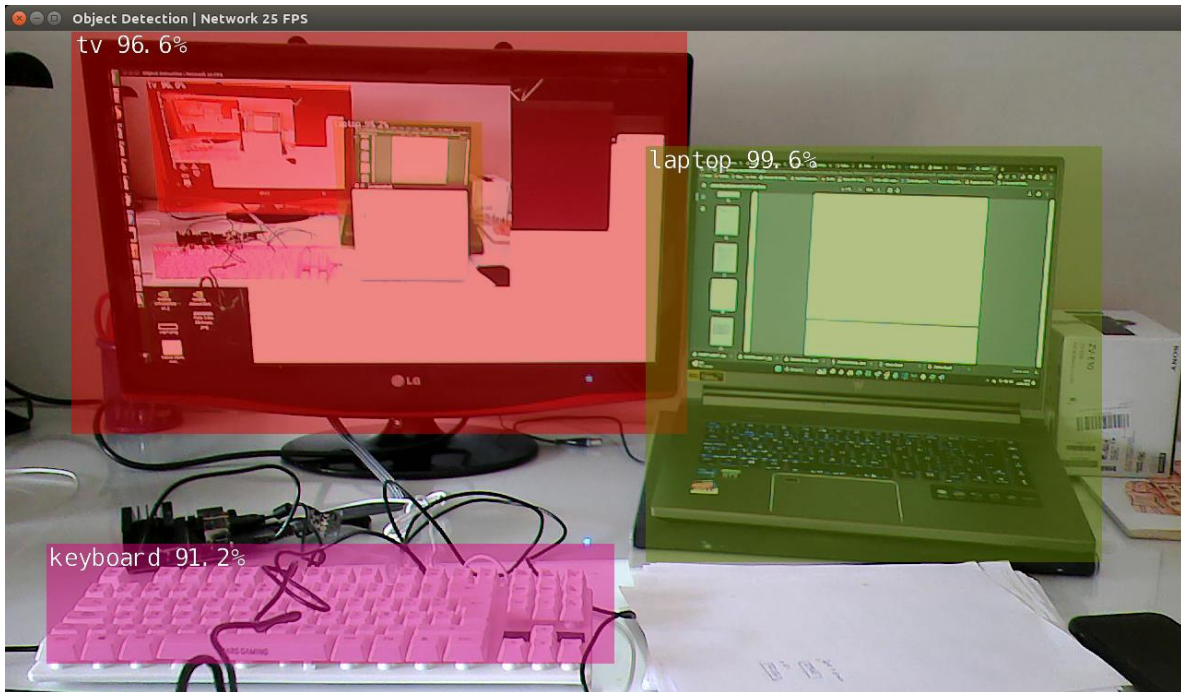


Figura 32: Prueba del algoritmo en el escritorio de trabajo.

Sin embargo, a fin de evitar la extensión excesiva del presente trabajo, se centrará únicamente en el proceso de desarrollo del algoritmo final y funcional de detección de incendios forestales.

4.3.2.1 Recopilación de conjuntos de datos personalizados para detección de objetos

Es necesario llevar a cabo la recopilación de conjuntos de datos personalizados para la detección de objetos. Para este fin, utilizaremos la herramienta de captura de cámara que nos proporciona el sistema embebido de Nvidia Jetson Nano, además de la cámara Logitech C270. Esta herramienta tiene la capacidad de etiquetar conjuntos de datos de detección de objetos a partir de videos en vivo.

Al seleccionar el modo de detección en el menú desplegable "Tipo de Conjunto de Datos", la herramienta generará los conjuntos de datos en el formato Pascal VOC, ampliamente reconocido y utilizado en el ámbito del entrenamiento de modelos de detección.

4.3.2.2 Directorio SSD

La tarjeta Nvidia Jetson Nano permite trabajar directamente con los archivos y recursos específicos para el entrenamiento de algoritmos de detección de objetos utilizando la técnica de Single-Shot MultiBox Detection (SSD) en la tarjeta Nvidia Jetson Nano.

El directorio "jetson-inference/python/training/detection/ssd" contiene los archivos y scripts necesarios para realizar tareas cruciales durante el entrenamiento. Esto incluye la preparación y etiquetado de conjuntos de datos, la configuración de parámetros de entrenamiento y la generación de modelos de detección personalizados.

Además, al acceder a este directorio, tenemos acceso a la biblioteca y las utilidades específicas de Jetson-Inference que facilitan el desarrollo y entrenamiento de modelos de inteligencia artificial en dispositivos Jetson. Esto nos permite aprovechar al máximo la capacidad de procesamiento y las características específicas de la tarjeta Nvidia Jetson Nano para obtener resultados precisos y eficientes en nuestras aplicaciones de detección de objetos.

Para trabajar en este directorio SSD deberemos seguir una serie de comandos.

4.3.2.3 Acceso al directorio SSD

Los pasos a seguir para el entrenamiento de algoritmos de detección de objetos utilizando SSD en la tarjeta Nvidia Jetson Nano:

1. Navegar al directorio "jetson-inference/": El comando "cd jetson-inference/" se utiliza para cambiar el directorio actual al directorio "jetson-inference/". Este directorio contiene los recursos necesarios para el desarrollo y entrenamiento de modelos de detección de objetos en la tarjeta Nvidia Jetson Nano.

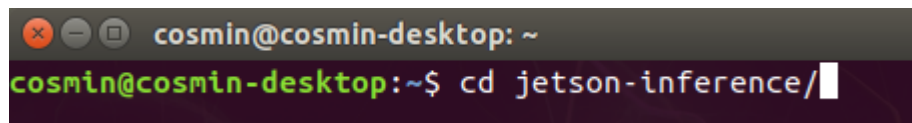
A terminal window with a dark background. The prompt is 'cosmin@cosmin-desktop: ~'. The command 'cd jetson-inference/' has been entered and executed, with a cursor at the end of the line. The text 'cosmin@cosmin-desktop:~\$ cd jetson-inference/' is highlighted in green.

Figura 33: Comando cd jetson-inference/

2. Ejecutar el script "docker/run.sh": El comando "docker/run.sh" se utiliza para ejecutar el script "run.sh" en la carpeta "docker/". Este script se encarga de iniciar y configurar el entorno de desarrollo dentro de un contenedor Docker. Proporciona todas las dependencias y herramientas necesarias para el entrenamiento de los algoritmos de detección de objetos.

```
root@cosmin-desktop: /jetson-inference
cosmin@cosmin-desktop:~$ cd jetson-inference/
cosmin@cosmin-desktop:~/jetson-inference$ docker/run.sh
ARCH: aarch64
reading L4T version from /etc/nv_tegra_release
L4T BSP Version: L4T R32.7.3
[sudo] password for cosmin:
CONTAINER: dustynv/jetson-inference:r32.7.1
DATA_VOLUME: --volume /home/cosmin/jetson-inference/data:/jetson-inference/data --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/classification/data:/jetson-inference/python/training/classification/data --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/classification/models:/jetson-inference/python/training/classification/models --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data:/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/detection/ssd/models:/jetson-inference/python/training/detection/ssd/models
USER_VOLUME:
USER_COMMAND:
V4L2_DEVICES: --device /dev/video0
localuser:root being added to access control list
DISPLAY_DEVICE: -e DISPLAY=:0 -v /tmp/.X11-unix:/tmp/.X11-unix
root@cosmin-desktop: /jetson-inference#
```

Figura 34: Comando cd jetson-inference/

3. Navegar al directorio "python/training/detection/ssd": El comando "cd python/training/detection/ssd" se utiliza para cambiar el directorio actual al directorio "python/training/detection/ssd". Este directorio contiene los archivos y scripts específicos para el entrenamiento de algoritmos de detección de objetos utilizando la técnica de Single-Shot MultiBox Detection (SSD). Aquí se realizan tareas como la preparación de conjuntos de datos, la configuración de parámetros de entrenamiento y la generación de modelos personalizados.

```
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd
cosmin@cosmin-desktop:~$ cd jetson-inference/
cosmin@cosmin-desktop:~/jetson-inference$ docker/run.sh
ARCH: aarch64
reading L4T version from /etc/nv_tegra_release
L4T BSP Version: L4T R32.7.3
[sudo] password for cosmin:
CONTAINER: dustynv/jetson-inference:r32.7.1
DATA_VOLUME: --volume /home/cosmin/jetson-inference/data:/jetson-inference/data --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/classification/data:/jetson-inference/python/training/classification/data --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/classification/models:/jetson-inference/python/training/classification/models --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data:/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data --volume /home/cosmin/jetson-inference/python/training/detection/ssd/models:/jetson-inference/python/training/detection/ssd/models
USER_VOLUME:
USER_COMMAND:
V4L2_DEVICES: --device /dev/video0
localuser:root being added to access control list
DISPLAY_DEVICE: -e DISPLAY=:0 -v /tmp/.X11-unix:/tmp/.X11-unix
root@cosmin-desktop:~/jetson-inference# cd python/training/detection/ssd
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd#
```

Figura 35: Comando python/training/detection/ssd

Estos pasos nos permiten acceder al entorno de trabajo adecuado, configurar el entorno de desarrollo necesario y navegar a la ubicación específica donde se lleva a cabo el entrenamiento de los algoritmos de detección de objetos utilizando SSD en la tarjeta Nvidia Jetson Nano.

4.3.2.4 Herramienta de captura de cámara

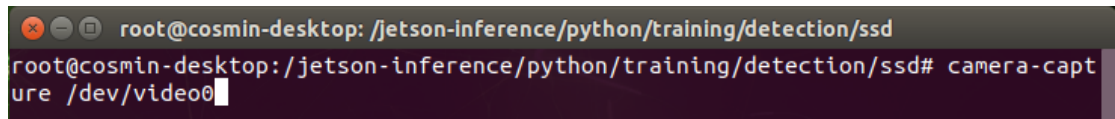
Una vez en el directorio "SSD", se procede a establecer la conexión e iniciar el dispositivo de cámara que nos permitirá capturar las imágenes necesarias para la creación de nuestro algoritmo personalizado.

En este punto del proceso de desarrollo, resulta fundamental contar con un dispositivo de cámara adecuado y configurado correctamente para obtener las imágenes requeridas. La captura de imágenes es un paso crucial en la creación de un algoritmo personalizado, ya que estas imágenes serán utilizadas como datos de entrenamiento para enseñar al algoritmo a reconocer y detectar objetos de interés.

4.3.2.5 Iniciar herramienta de captura de cámara

Para iniciar la herramienta de captura de cámara declaramos el siguiente comando en el directorio SSD:

- `camera-capture /dev/video0`



```
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd# camera-capture /dev/video0
```

Figura 36: Comando `camera-capture /dev/video0`

El comando "camera-capture /dev/video0" se utiliza para capturar imágenes o videos desde un dispositivo de cámara específico, identificado como "/dev/video0". Este comando es útil en el desarrollo de algoritmos de detección de objetos utilizando la técnica SSD. Al ejecutarlo, se obtienen datos visuales en tiempo real que pueden ser procesados para diversos fines.

Una vez que el dispositivo de cámara está conectado e iniciado, se está listo para comenzar a capturar las imágenes correspondientes para la creación del algoritmo personalizado. Estas imágenes actuarán como datos de entrada para entrenar el algoritmo y permitirle aprender a reconocer y clasificar los objetos de interés según los criterios establecidos.

4.3.2.6 Interfaz herramienta de captura de cámara

Si el comando de iniciación de la herramienta de captura de cámara se ha ejecutado de forma correcta, se muestra en pantalla la siguiente interfaz:

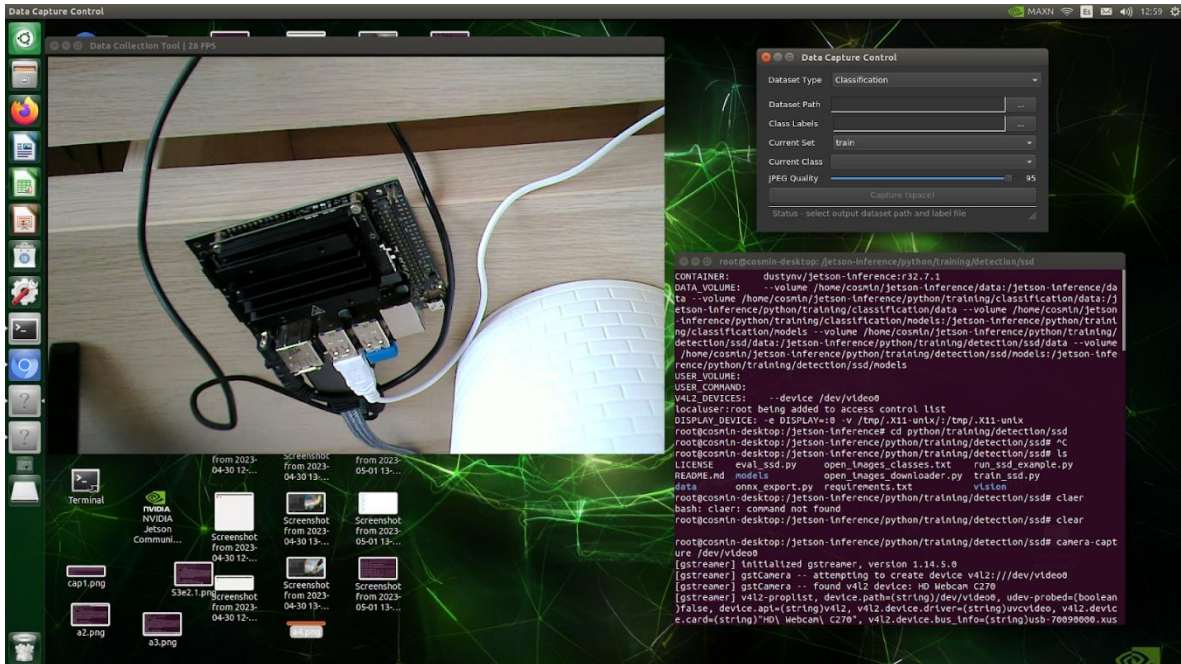


Figura 37: Interfaz captura de imágenes.

A continuación, se muestra la ventana de control de captura de datos. En primer lugar, se debe configurar el menú desplegable del tipo de conjunto de datos en modo de detección. Después, se debe abrir la ruta del conjunto de datos y las etiquetas de clase que se hayan creado. Una vez hecho esto, los botones "Freeze/Edit" y "Save" estarán disponibles.

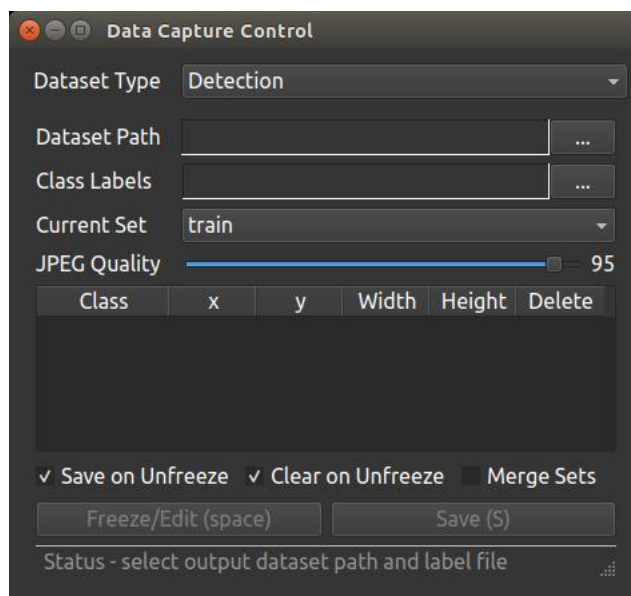


Figura 38: Imagen de la ventana de control de captura de datos.

Para capturar los objetos de la escena, es necesario posicionar la cámara adecuadamente y hacer clic en el botón "Freeze/Edit" o presionar la barra espaciadora.

Esto congelará la vista en vivo de la cámara y permitirá dibujar cuadros delimitadores alrededor de los objetos. A continuación, en la ventana de control, se debe seleccionar la clase de objeto correspondiente para cada cuadro delimitador en la tabla. Cuando se haya terminado de etiquetar la imagen, se debe hacer clic nuevamente en el botón "Freeze/Edit" para guardar los datos y desactivar el modo de congelación de la cámara.

Otros elementos presentes en la ventana de control incluyen:

- "Guardar al descongelar": esta opción permite guardar automáticamente los datos al desactivar el modo de congelación.
- "Limpiar al descongelar": esta opción permite eliminar automáticamente los cuadros delimitadores anteriores al desactivar el modo de congelación.
- "Combinar conjuntos": esta opción permite guardar los mismos datos en los conjuntos de entrenamiento, validación y prueba.
- "Conjunto actual": aquí se puede seleccionar entre los conjuntos de entrenamiento, validación y prueba. Para la detección de objetos, se requiere al menos un conjunto de entrenamiento y un conjunto de prueba. Sin embargo, si se selecciona la opción "Combinar conjuntos", los datos se replicarán en los tres conjuntos.
- "Calidad JPEG": esta configuración permite controlar la calidad de codificación y el tamaño de las imágenes guardadas en disco.

Es importante asegurarse de capturar datos desde diferentes orientaciones de objetos, ángulos de cámara, condiciones de iluminación e idealmente con diferentes fondos. Esto contribuirá a crear un modelo robusto capaz de manejar el ruido y los cambios en el entorno. Si el rendimiento del modelo no es satisfactorio, se recomienda agregar más datos de entrenamiento y experimentar con diferentes condiciones de captura.

4.3.2.7 Ruta de conjunto de datos

Para gestionar eficientemente la gran cantidad de imágenes que se van a utilizar en el entrenamiento del algoritmo, es necesario crear una ruta de conjunto de datos. Esta ruta servirá como ubicación para almacenar y organizar las imágenes. Asimismo, será utilizada para el proceso de entrenamiento del algoritmo mediante el lenguaje de programación Python. Establecer una ruta específica para el conjunto de datos facilitará la

gestión y acceso a las imágenes, optimizando el flujo de trabajo en el desarrollo del algoritmo de inteligencia artificial.

A continuación, se muestra los pasos que se han seguido para realizar una ruta correcta en este proyecto:

1. Se crea una carpeta con nombre FIRE en la siguiente ruta: /home/cosmin/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data.

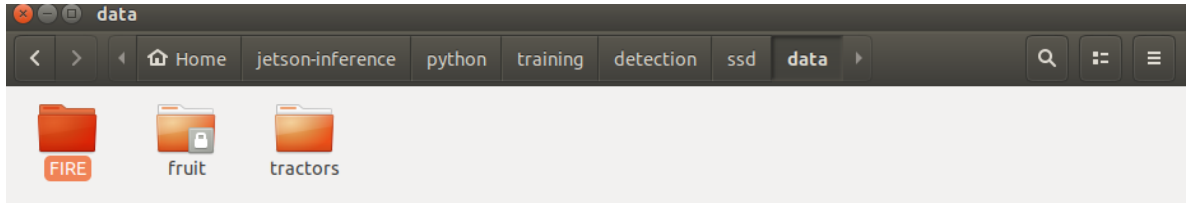


Figura 39: Carpeta FIRE.

2. Se crea un documento de texto dentro de esta misma carpeta:

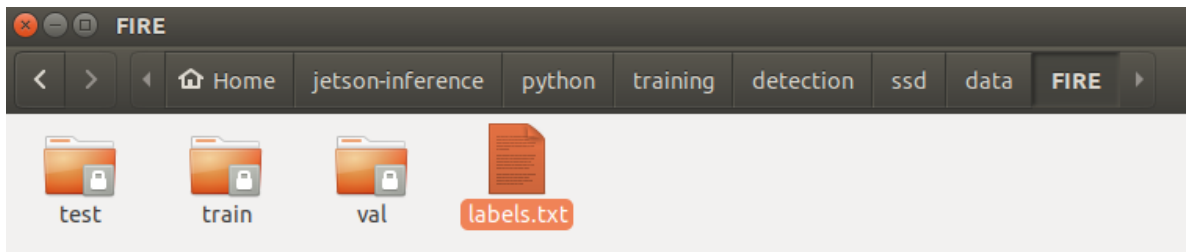


Figura 40: Documento de texto.

3. Se debe escribir en el documento de texto las variables que se quiere detectar en el algoritmo:

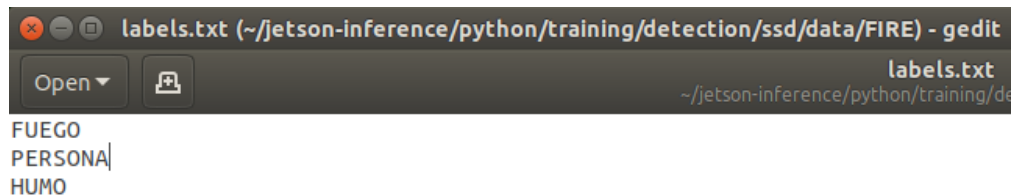


Figura 41: Variables.

4. Se indica en la ventana de control de captura de datos, las rutas creadas en los puntos anteriores:

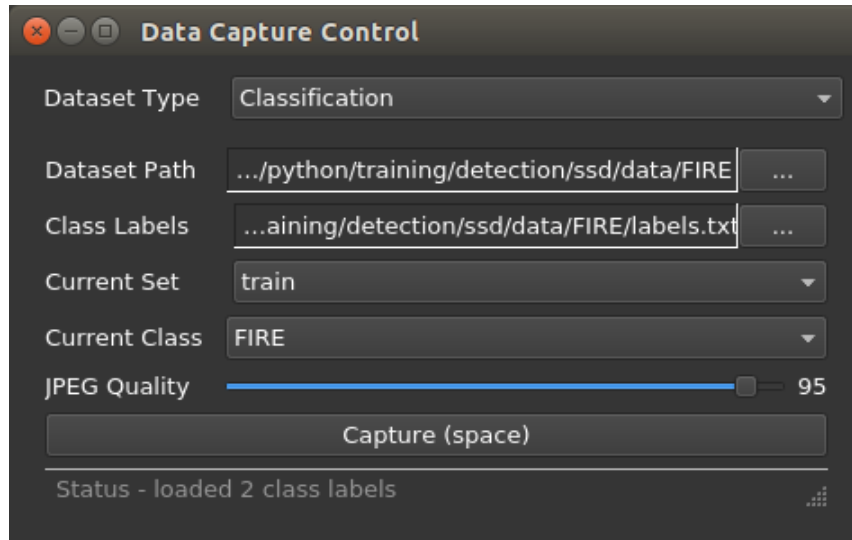


Figura 42: Variables.

4.3.2.8 Base de datos

Una vez alcanzado este punto, se inicia el proceso de recolección de imágenes necesarias para el entrenamiento del algoritmo. En el contexto de este proyecto, cuyo objetivo es desarrollar un algoritmo de detección de incendios forestales, se ha llevado a cabo la recopilación de diversas imágenes, tanto aéreas como terrestres. Estas imágenes han sido seleccionadas con el propósito de capturar el humo, el fuego y la presencia de personas, elementos fundamentales en la interpretación de los escenarios de incendios forestales.

Para ello, congelamos la imagen con el botón "Capture" en el control de captura de datos:

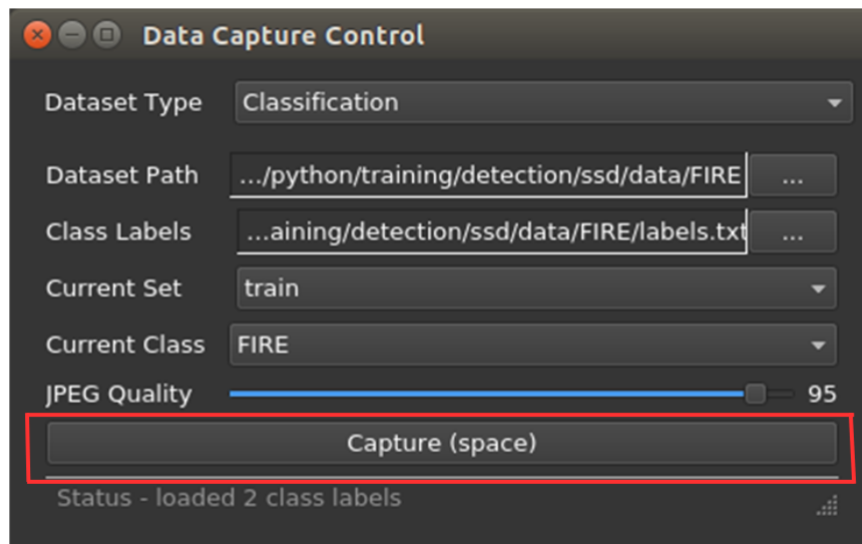


Figura 43: Variables.

Una vez que la imagen ha sido capturada, se procede a resaltar visualmente las variables de interés mediante un cuadrado delimitador. Estos cuadrados son utilizados para indicar la presencia de las siguientes variables en la imagen: FUEGO, HUMO o PERSONAS.

Esta técnica de marcado permite una identificación clara y precisa de las características relevantes dentro de la imagen, facilitando así el proceso de análisis y clasificación de los elementos de interés en el contexto del proyecto en cuestión.

Al recolectar imágenes para una base de datos destinada a entrenar un algoritmo de inteligencia artificial, es importante tener en cuenta los siguientes puntos:

1. Representatividad: La base de datos debe contener imágenes que sean representativas de las diferentes clases o categorías que se desean detectar o clasificar. Esto garantizará que el algoritmo aprenda de manera adecuada y pueda generalizar correctamente en situaciones reales.

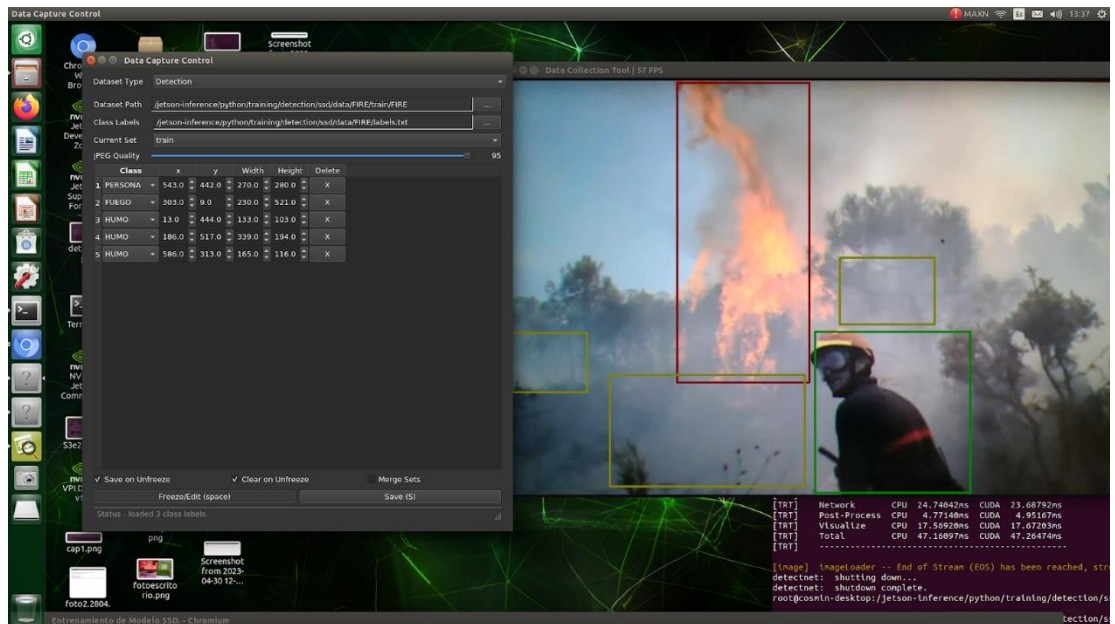


Figura 44: Ejemplo 1 de recolección de imágenes.

2. Diversidad: Es fundamental incluir imágenes con una variedad de condiciones y escenarios. Esto implica capturar imágenes en diferentes entornos, iluminaciones, ángulos de captura, variaciones de fondo y objetos presentes. La diversidad en los datos de entrenamiento ayudará al algoritmo a ser más robusto y generalizar mejor.

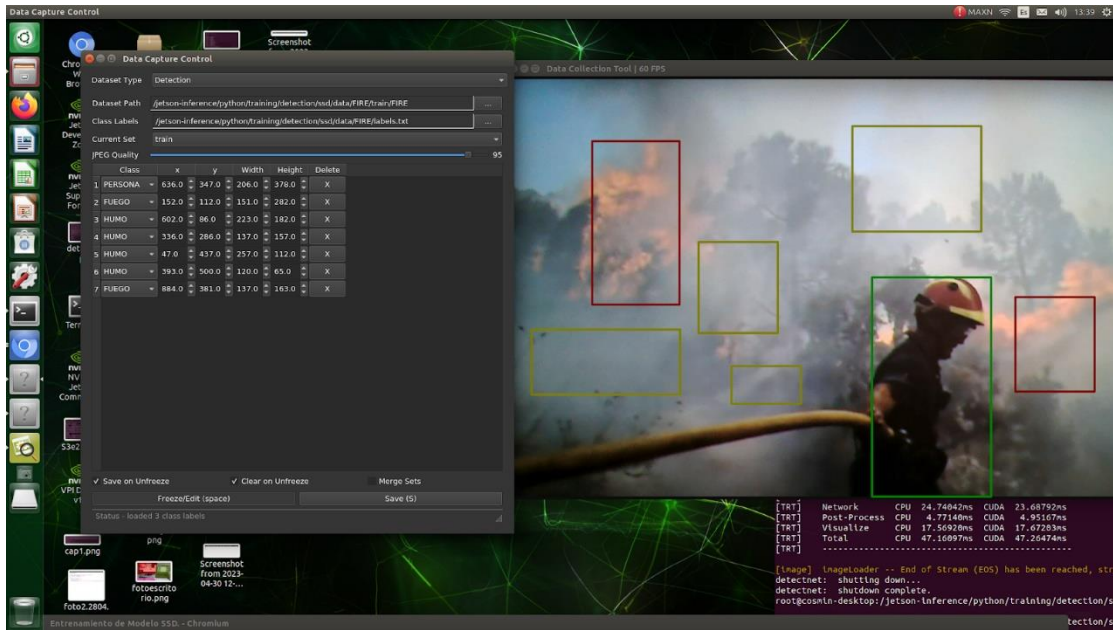


Figura 45: Ejemplo 2 de recolección de imágenes.

- Etiquetado preciso: Cada imagen debe estar correctamente etiquetada con la clase o categoría correspondiente. El etiquetado preciso permitirá al algoritmo aprender de manera correcta y precisa, asociando cada imagen con la información correcta.

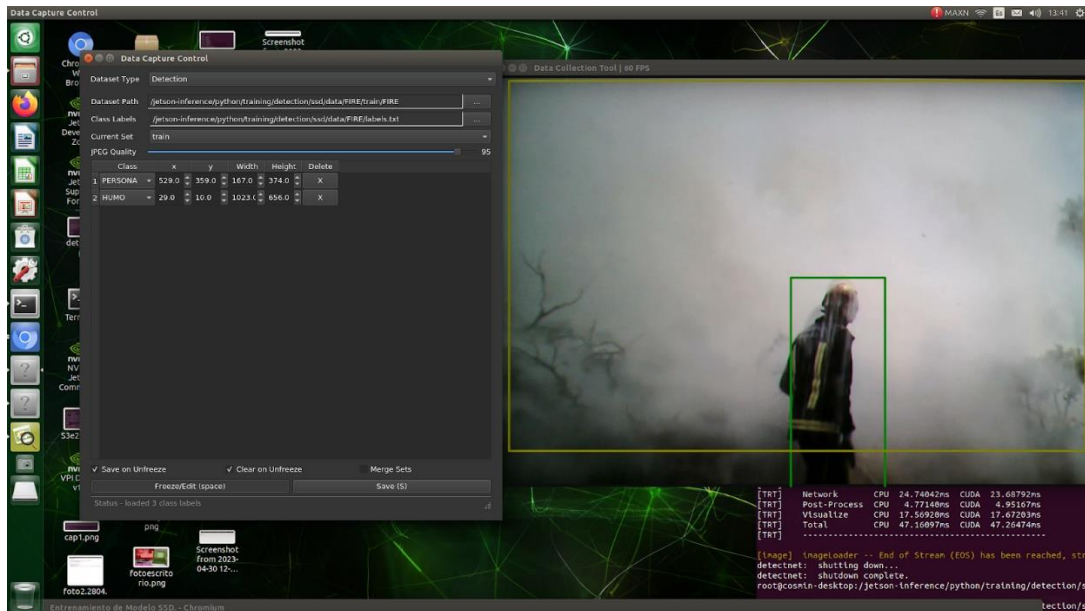


Figura 46: Ejemplo 3 de recolección de imágenes.

- Suficiente cantidad de datos: Es importante recolectar una cantidad suficiente de imágenes para cada clase o categoría. Un conjunto de datos más grande

proporciona al algoritmo más ejemplos para aprender y puede mejorar su desempeño general. En este proyecto se han entrenado 1200 imágenes.

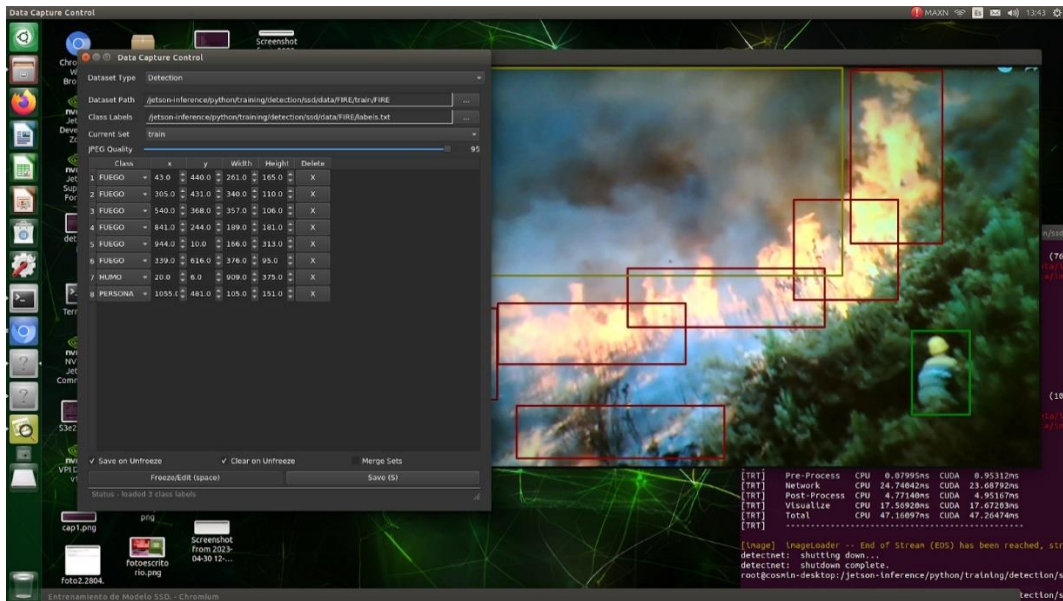


Figura 47: Ejemplo 4 de recolección de imágenes.

5. Calidad de las imágenes: Se debe asegurar que las imágenes recolectadas sean de alta calidad y resolución. Esto incluye evitar imágenes borrosas, con ruido o distorsiones significativas, ya que esto puede afectar negativamente el rendimiento del algoritmo.

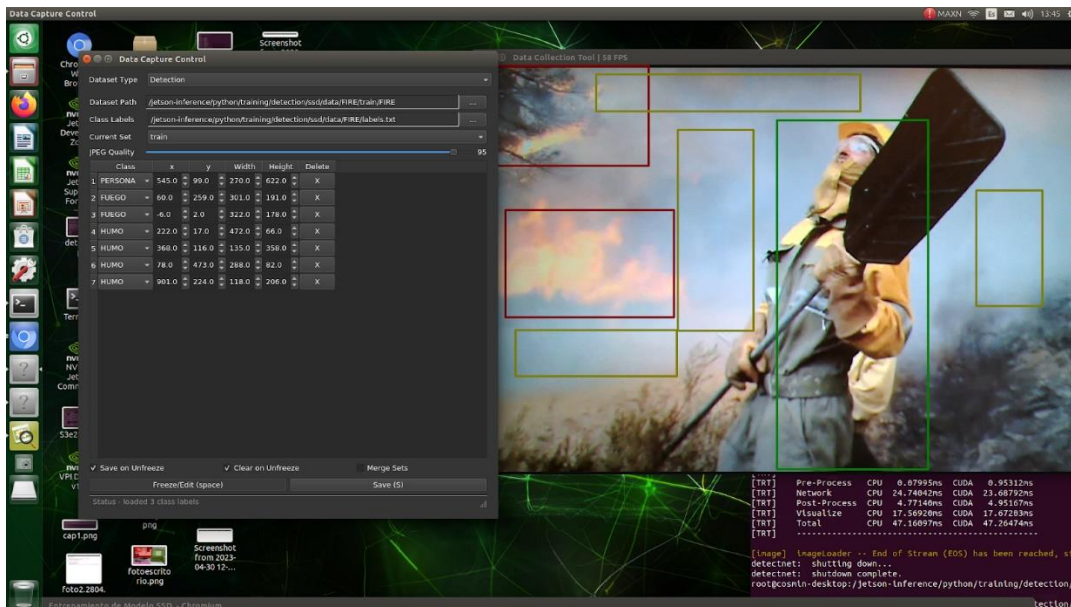


Figura 48: Ejemplo 5 de recolección de imágenes.


Estos puntos fundamentales ayudarán a construir una base de datos de entrenamiento sólida y confiable, lo cual es esencial para obtener resultados precisos y eficientes al utilizar algoritmos de inteligencia artificial.

4.3.2.2 Entrenamiento del algoritmo

4.3.2.2.1 Formato VOC

Para entrenar nuestro algoritmo en la tarjeta Nvidia Jetson Nano, utilizaremos el formato VOC de Pascal. Este formato es ampliamente utilizado en tareas de detección de objetos y nos permitirá organizar y etiquetar correctamente nuestras imágenes de entrenamiento. Al adoptar el formato VOC de Pascal, podremos estructurar nuestros datos de manera eficiente, asignando anotaciones a cada objeto de interés en las imágenes. Esta metodología nos proporciona una base sólida para entrenar nuestro algoritmo de manera efectiva y lograr resultados precisos en la detección de objetos en la plataforma Jetson Nano.

En la siguiente muestra de código, se puede observar la representación en formato VOC de las imágenes previamente capturadas. Mediante esta representación, se han asignado las etiquetas correspondientes a las variables FUEGO, HUMO y PERSONA, en un formato interpretado por el lenguaje de programación Python. Esta interpretación de las imágenes nos permite trabajar con los datos de manera estructurada y facilita el proceso de entrenamiento del algoritmo, brindando una base sólida para la detección precisa de estas variables en la plataforma Jetson Nano.



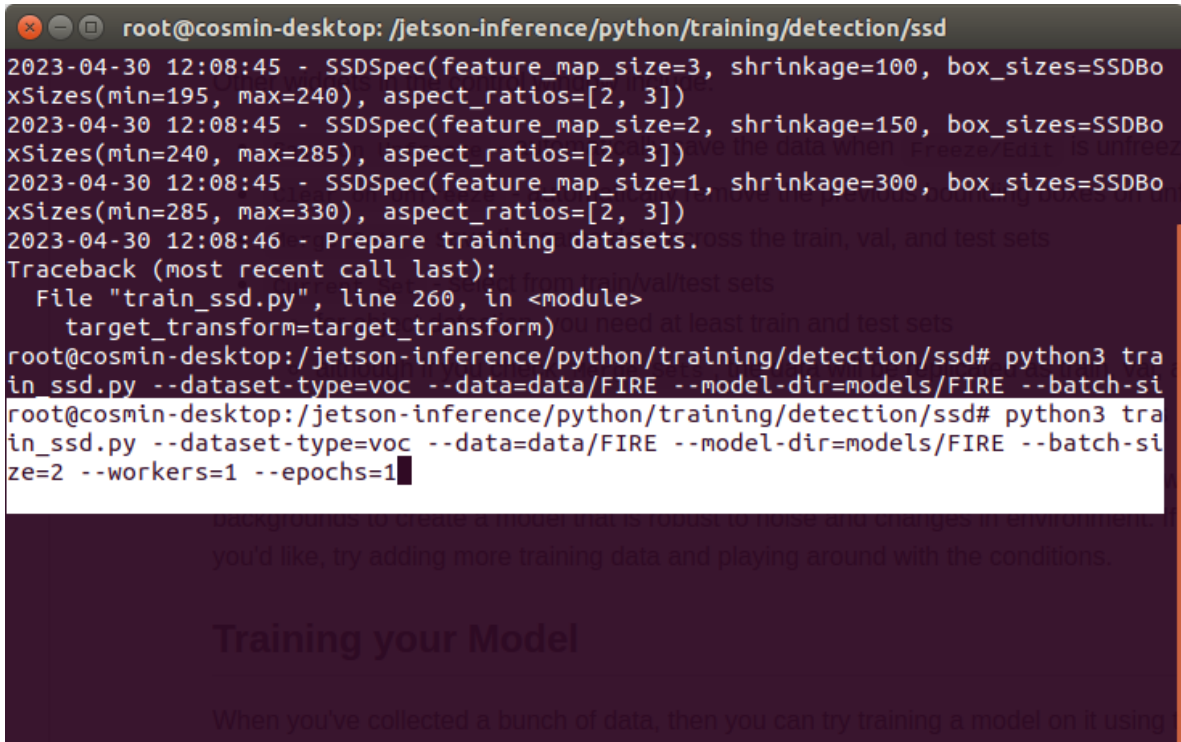
```
20230430-113453.xml [Read-Only] (~/.jetson-inference/python/t
20230430-113453.xml [Read-Only]
~/jetson-inference/python/training/detection/ssd/data/Fl... Save
<annotation>
  <filename>20230430-113453.jpg</filename>
  <folder>FIRE</folder>
  <source>
    <database>FIRE</database>
    <annotation>custom</annotation>
    <image>custom</image>
  </source>
  <size>
    <width>1280</width>
    <height>720</height>
    <depth>3</depth>
  </size>
  <segmented>0</segmented>
  <object>
    <name>PERSONA</name>
    <pose>unspecified</pose>
    <truncated>0</truncated>
    <difficult>0</difficult>
    <bndbox>
      <xmin>538</xmin>
      <ymin>426</ymin>
      <xmax>813</xmax>
      <ymax>725</ymax>
    </bndbox>
  </object>
  <object>
    <name>FUEGO</name>
    <pose>unspecified</pose>
    <truncated>0</truncated>
    <difficult>0</difficult>
    <bndbox>
      <xmin>321</xmin>
      <ymin>95</ymin>
      <xmax>552</xmax>
      <ymax>577</ymax>
    </bndbox>
  </object>
  <object>
    <name>HUMO</name>
    <pose>unspecified</pose>
    <truncated>0</truncated>
    <difficult>0</difficult>
    <bndbox>
      <xmin>438</xmin>
      <ymin>3</ymin>
      <xmax>562</xmax>
      <ymax>221</ymax>
    </bndbox>
  </object>
</annotation>
XML Tab Width: 8 Ln 1, Col 1 INS
```

Figura 49: Ejemplo imagen VOL con variables PERSONA, FUEGO y HUMO.

4.3.2.2.2 Comando de entrenamiento del algoritmo

Para dar comienzo al entrenamiento del algoritmo, se ha indicado el siguiente comando en el directorio SSD:


```
python3 train_ssd.py --dataset-type=voc --data=data/FIRE --model-dir=models/FIRE --batch-size --workers=1 --epochs=1
```



```
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd
2023-04-30 12:08:45 - SSDSpec(feature_map_size=3, shrinkage=100, box_sizes=SSDBo
xSizes(min=195, max=240), aspect_ratios=[2, 3])
2023-04-30 12:08:45 - SSDSpec(feature_map_size=2, shrinkage=150, box_sizes=SSDBo
xSizes(min=240, max=285), aspect_ratios=[2, 3])
2023-04-30 12:08:45 - SSDSpec(feature_map_size=1, shrinkage=300, box_sizes=SSDBo
xSizes(min=285, max=330), aspect_ratios=[2, 3])
2023-04-30 12:08:46 - Prepare training datasets.
Traceback (most recent call last):
  File "train_ssd.py", line 260, in <module>
    target_transform=target_transform)
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd# python3 tra
in_ssd.py --dataset-type=voc --data=data/FIRE --model-dir=models/FIRE --batch-si
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd# python3 tra
in_ssd.py --dataset-type=voc --data=data/FIRE --model-dir=models/FIRE --batch-si
ze=2 --workers=1 --epochs=1
```

Figura 50: Comando entrenamiento del modelo.

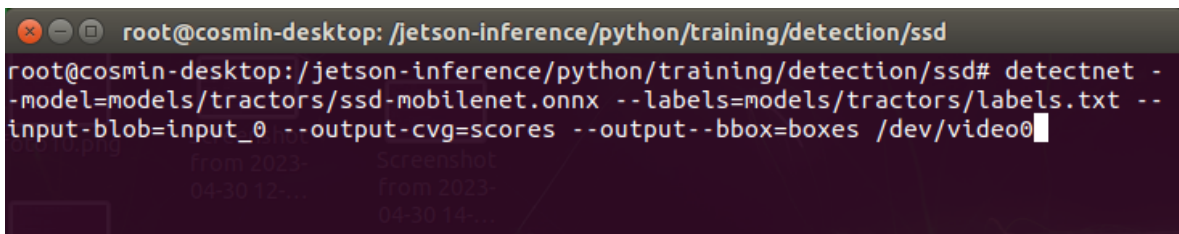
El comando "python3 train_ssd.py --dataset-type=voc --data=data/FIRE --model-dir=models/FIRE --batch-size --workers=1 --epochs=1" ejecutado en la tarjeta Nvidia Jetson Nano inicia el entrenamiento de un modelo de detección de incendios utilizando el algoritmo SSD (Single Shot MultiBox Detector). A continuación, se describen los parámetros y opciones utilizados en el comando:

- "--dataset-type=voc": especifica el tipo de conjunto de datos a utilizar, en este caso, se utiliza el formato VOC.
- "--data=data/FIRE": indica la ruta donde se encuentran los datos de entrenamiento y validación del conjunto de datos FIRE.
- "--model-dir=models/FIRE": establece el directorio de destino donde se guardarán los modelos entrenados para el conjunto de datos FIRE.
- "--batch-size": determina el tamaño de lote utilizado durante el entrenamiento. El valor no está especificado en el comando proporcionado.
- "--workers=1": define el número de trabajadores utilizados para cargar los datos de entrenamiento. En este caso, se utiliza un solo trabajador.

- "--epochs=1": indica el número de épocas, es decir, el número de veces que el modelo pasará por todo el conjunto de datos durante el entrenamiento. En este caso, se realiza solo una época de entrenamiento.

4.3.2.2. Ejecutar el algoritmo

Después de completar el entrenamiento del algoritmo utilizando la base de datos recopilada, pasamos a ejecutar el algoritmo en PyTorch y exportarlo en formato ONNX para su uso con TensorRT. A continuación, se presenta el comando utilizado para ejecutar el algoritmo:



```

root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd
root@cosmin-desktop: /jetson-inference/python/training/detection/ssd# detectnet -
-model=models/tractors/ssd-mobilenet.onnx --labels=models/tractors/labels.txt --
input-blob=input_0 --output-cvg=scores --output--bbox=boxes /dev/video0

```

Figura 51: Comando para ejecutar el algoritmo

En este comando, se especifican los siguientes parámetros y opciones:

- "--model=models/tractors/ssd-mobilenet.onnx": indica la ubicación del archivo del modelo entrenado en formato ONNX que se utilizará para la detección. En este caso, se utiliza el modelo "ssd-mobilenet" entrenado para la detección de tractores.
- "--labels=models/tractors/labels.txt": establece la ubicación del archivo de etiquetas que contiene las clases de objetos detectables. En este caso, se utiliza el archivo "labels.txt" que contiene las etiquetas correspondientes a los tractores.
- "--input-blob=input_0": especifica el nombre del blob de entrada utilizado por el modelo. En este caso, el nombre del blob de entrada es "input_0".
- "--output-cvg=scores": indica el nombre del blob de salida que contiene las puntuaciones de confianza para cada detección. En este caso, el nombre del blob de salida es "scores".
- "--output--bbox=boxes": establece el nombre del blob de salida que contiene las coordenadas del cuadro delimitador para cada detección. En este caso, el nombre del blob de salida es "boxes".
- "/dev/video0": representa la fuente de video en la que se realizará la detección. En este caso, se utiliza el dispositivo de video "/dev/video0".

4.3.2.3 Resultado final

Después de ejecutar el código, el algoritmo se activará y podremos evaluar su funcionamiento.

Es importante destacar que, en la etapa inicial del entrenamiento, el algoritmo mostró una detección enfocada principalmente en el humo. Esto se debe a que la mayoría de las imágenes utilizadas para el entrenamiento presentaban predominantemente la presencia de humo. En este caso, el algoritmo se entrenó con un conjunto de datos limitado, compuesto por tan solo 250 imágenes.



Figura 52: Captura de pantalla del funcionamiento del algoritmo.

Sin embargo, con el objetivo de mejorar la precisión del algoritmo, se procedió a entrenarlo con un conjunto de datos más amplio, que incluyó 1200 imágenes. Como resultado, se pudo observar una notable mejora en la detección del fuego.



Figura 53: Captura de pantalla detección de fuego.

Es importante tener en cuenta que, para una implementación en situaciones reales, se recomienda contar con una base de datos mucho más extensa, compuesta por al menos 100,000 imágenes. Esto se debe a que estamos tratando con algoritmos que deben funcionar de manera confiable en momentos críticos, como los incendios forestales.

4.4 Rendimiento del algoritmo

En relación con el rendimiento de la tarjeta Nvidia Jetson Nano, es importante destacar que ofrece un rendimiento aceptable para diversas tareas, incluida la detección de incendios forestales. Sin embargo, en el caso de un uso profesional y en situaciones donde se requiera un procesamiento más exigente y rápido, se recomienda considerar sistemas embebidos de mayor potencia y capacidad.

| | | | | | |
|-------|--------------|-----|------------|------|------------|
| [TRT] | Pre-Process | CPU | 0.44657ms | CUDA | 1.28734ms |
| [TRT] | Network | CPU | 34.44378ms | CUDA | 29.47917ms |
| [TRT] | Post-Process | CPU | 2.61671ms | CUDA | 2.61328ms |
| [TRT] | Visualize | CPU | 0.21308ms | CUDA | 5.83839ms |
| [TRT] | Total | CPU | 37.72013ms | CUDA | 39.21818ms |
| [TRT] | ----- | | | | |

Figura 53: Captura de rendimiento al ejecutar el algoritmo.

Existen opciones más avanzadas en el mercado, como los sistemas embebidos de la serie Nvidia Jetson Xavier, que ofrecen un mayor poder de procesamiento y capacidad para abordar tareas computacionalmente intensivas en tiempo real. Estos sistemas están diseñados específicamente para aplicaciones de inteligencia artificial y visión por computadora, lo que los hace ideales para aplicaciones críticas como la detección de incendios forestales.

4.5 Posibles mejoras

Para una implementación profesional se deben considerar herramientas de mayor potencia y actuales como YOLO (You Only Look Once) y SCAM (Single Camera Active

Multiple object tracking). Estas herramientas ofrecen diversas ventajas significativas para la detección de objetos en tiempo real.

YOLO se destaca por su velocidad y eficiencia en la detección de objetos. Mediante un enfoque de una sola pasada, YOLO predice directamente las clases y las regiones de los objetos en una imagen. Esto permite un procesamiento en tiempo real, una característica fundamental en aplicaciones que requieren una detección rápida, como la detección de incendios forestales. Además, YOLO logra una buena precisión en la detección de objetos y tiene la capacidad de manejar múltiples clases de objetos simultáneamente.

Por otro lado, SCAM es una técnica de seguimiento de objetos que se centra en el seguimiento activo de múltiples objetos utilizando una única cámara. Permite el seguimiento continuo de objetos en movimiento en tiempo real y se adapta a los cambios en el entorno y en la apariencia de los objetos. Esta funcionalidad es especialmente valiosa en escenarios de detección de incendios forestales, donde resulta crucial rastrear y monitorear la propagación del fuego en tiempo real.

La combinación de YOLO y SCAM en el algoritmo de inteligencia artificial propuesto permitiría obtener resultados precisos y en tiempo real para la detección de incendios forestales. Estas herramientas destacan por su velocidad, precisión y capacidad de seguimiento, lo que las convierte en opciones ideales para aplicaciones profesionales que requieren un alto rendimiento y un procesamiento eficiente de imágenes en tiempo real.

4.6 Implementación profesional en drones

El algoritmo de detección de incendios forestales desarrollado está destinado a ser implementado en drones para la vigilancia y detección temprana de focos de incendios en áreas forestales. Diseñado como un sistema independiente, este algoritmo puede adaptarse y ser integrado en diferentes tipos de drones, siempre y cuando cuenten con el espacio y la capacidad de carga suficiente para alojar y soportar la tarjeta Nvidia Jetson Nano, utilizada como unidad de procesamiento central.

Encontramos drones con estas características en las empresas UME y SITEP:



Figura 54: Dron UME.



Figura 55: Dron SITEP.

4.7 Flujograma de actuación

El flujo de trabajo de este algoritmo en el dron se puede describir de la siguiente manera:
Inicio: El dron equipado con la tarjeta Nvidia Jetson Nano y la cámara comienza su vuelo de vigilancia en el área forestal designada.

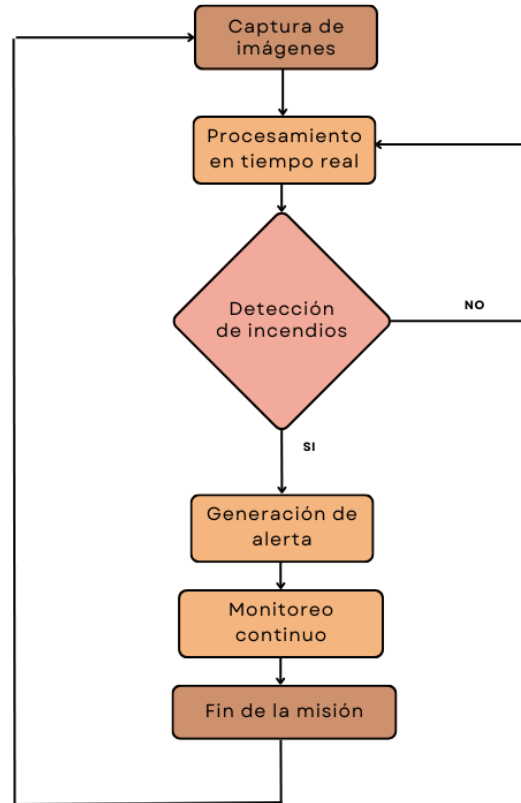


Figura 56: Flujograma funcionamiento del algoritmo en detección de incendios.

1. Captura de imágenes: La cámara del dron captura imágenes de alta resolución del entorno forestal en tiempo real.
2. Procesamiento en tiempo real: La tarjeta Nvidia Jetson Nano realiza el procesamiento en tiempo real de las imágenes capturadas, utilizando algoritmos de detección de incendios especialmente entrenados.
3. Detección de incendios: El algoritmo analiza las imágenes en busca de características y patrones que indiquen la presencia de un incendio forestal. Esto puede incluir la detección de llamas, columnas de humo, cambios drásticos de temperatura, entre otros.
4. Generación de alertas: Si se detecta un incendio forestal, se genera una alerta inmediata para informar a los operadores o autoridades responsables de la situación. Esto permite una respuesta rápida y eficiente para combatir el incendio en sus etapas iniciales.
5. Monitoreo continuo: El dron continúa su vuelo y monitoreo constante, capturando imágenes adicionales y actualizando las detecciones en tiempo real. Esto

proporciona una supervisión continua del área y permite un seguimiento preciso de la evolución del incendio.

6. Fin de la misión: Una vez que la misión de vigilancia ha finalizado o cuando se cumple el tiempo de vuelo establecido, el dron retorna a su punto de partida o a una ubicación segura para su aterrizaje.

Este algoritmo de detección de incendios forestales en drones proporciona una solución efectiva y rápida para la detección temprana de incendios en áreas de difícil acceso. Su implementación en la tarjeta Nvidia Jetson Nano garantiza un procesamiento de imágenes eficiente y en tiempo real, permitiendo una respuesta inmediata ante situaciones críticas y minimizando los daños causados por los incendios forestales.

4.8 Compatibilidad del algoritmo con la función de los drones

A continuación, se puede observar el funcionamiento de los drones SITEP:

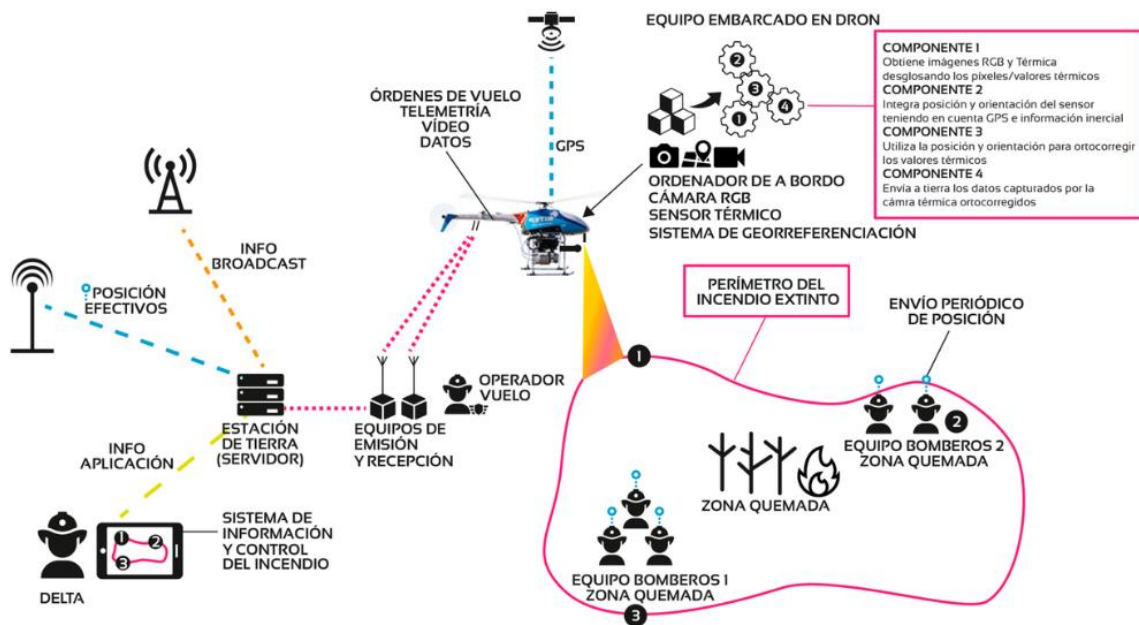


Figura 57: Flujograma funcionamiento dron SITEP

El algoritmo desarrollado en este proyecto demuestra una alta capacidad de adaptación a las operaciones de las empresas SITEP (Sistema de Información de Incendios Forestales) y UME (Unidad Militar de Emergencias), como se puede evidenciar en su diseño específico para la detección de personas, humo y fuego. Esta aplicación permite un monitoreo continuo de la propagación de los incendios forestales, lo que a su vez contribuye a la prevención y control efectivo de dichos eventos.

Al adaptarse a las necesidades particulares de las empresas SITEP y UME, el algoritmo proporciona una herramienta sólida y confiable para el monitoreo y la gestión de incendios forestales. La detección precisa de personas, humo y fuego permite una evaluación temprana de la situación y una respuesta oportuna ante cualquier evento de incendio forestal.

La capacidad de realizar un monitoreo continuo brinda la posibilidad de seguir la evolución del incendio en tiempo real, facilitando la toma de decisiones informadas y la coordinación de los recursos disponibles. Esto permite una intervención más eficiente, tanto en términos de recursos humanos como de medios materiales, minimizando los impactos negativos de los incendios forestales en el entorno natural y la seguridad de las personas.

5 Referencias memoria

5.1 Incendios 2022

<https://almazcara.forestry.es/p/gif2022.html>

<https://www.rtve.es/noticias/20221213/incendios-ultima-hora/2355461.shtml>

5.2 Estado del arte

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/planes-y-estrategias/orientacionesestrategicasiff_cs28072022_tcm30-543585.pdf

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/instrucciones_parte_incendio_tcm30-512355.pdf

<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/prevencion-extincion.aspx>

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/incendios-forestales/informeintercambiogifcaceresoct2021_tcm30-535796.pdf

5.3 Desarrollo de algoritmo

<https://developer.nvidia.com/embedded/learn/jetson-ai-certification-programs>

<https://courses.nvidia.com/courses/course-v1:DLI+S-RX-02+V2/course/>

<https://developer.nvidia.com/embedded/learn/jetson-ai-certification-programs>

<https://forums.developer.nvidia.com/c/agx-autonomous-machines/jetson-embedded-systems/70>



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL
DISEÑO**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Curso 2022/2023

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de
Visión Artificial y Aprendizaje Automático.

DOCUMENTO 2. PLIEGO DE CONDICIONES.

AUTOR: Cosmin Ionescu

TUTOR: Dr. Enrique Berjano Zanón

Contenido

DOCUMENTO N°1. MEMORIA.

DOCUMENTO N°2. PLIEGO DE CONDICIONES.

| | |
|--------------------------------------------------------|----|
| 1 Definición y alcance del pliego de condiciones. | 69 |
| 2 Condiciones y normas de carácter general. | 70 |
| 2.1. Condiciones generales. | 70 |
| 2.1.1. Vigencia. | 70 |
| 2.1.2. Modificaciones. | 70 |
| 2.1.3. Dirección e inspección. | 70 |
| 2.2 Normas de carácter general. | 70 |
| 2.2.1 Extinción de incendios. | 70 |
| 2.3 Normativa de Calidad de Fabricación. | 73 |
| 2.4 Normativa de Mantenimiento. | 73 |
| 2.5 Normativa de Seguridad. | 73 |
| 2.6 Normativa de Diseño. | 74 |
| 2.7 Normativa de Obligado Cumplimiento. | 74 |
| 3 Condiciones técnicas. | 75 |
| 3.1 Objetivo. | 75 |
| 3.2 Materiales. | 75 |
| 3.2.1 Características. | 75 |
| 3.2.2 Materiales. | 78 |
| 4 Condiciones facultativas. | 79 |
| 4.1 Jefe de fabricación. | 80 |
| 4.2 Responsabilidades del contratista. | 80 |
| 4.3 Plazos e inicio de la fabricación. | 81 |
| 4.4. Trabajos no estipulados. | 81 |
| 4.5. Defectos en la fabricación o montaje. | 81 |
| 4.6. Garantía. | 81 |
| 5 Condiciones económicas. | 82 |
| 5.1. Garantías. | 82 |
| 5.2. Precios contradictorios. | 82 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 5.3. Reclamaciones por incremento de precios | 82 |
| 5.4. Revisión de precios | 83 |
| 5.5. Pagos..... | 83 |
| 5.6. Gastos e impuestos..... | 83 |
| 5.7. Suspensión debido a retrasos | 84 |
| 5.8. Compensación por retraso en los trabajos | 84 |
| 5.9. Seguro | 84 |
| 5.10. Mejoras en la fabricación..... | 84 |
| 5.11. Fianza | 84 |
| 6 Ejecución..... | 85 |
| 6.1 Generalidades de ejecución | 85 |
| 6.2. Procesos de ejecución diseño y fabricación | 85 |
| 6.2.1. Sistema de control | 85 |
| 6.2.2. Cámara térmica para la detección de incendios forestales mediante la tarjeta Nvidia Jetson Nano..... | 85 |
| 6.3. Procedimientos de implementación de la instalación..... | 86 |
| 6.3.1 Conexión y alimentación de la placa Nvidia Jetson Nano | 86 |
| 6.3.2 Configuración y conexión de la placa Nvidia Jetson Nano con los servomotores SG90 | 87 |
| 7 Evaluación del Servicio..... | 87 |
| 8 Procedimiento de entrega..... | 88 |
| 9 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad..... | 89 |
| 9.1. Responsabilidades del usuario | 89 |
| 9.2. Responsabilidades de la Empresa Encargada del Mantenimiento | 90 |
| 9.3. Certificados y Documentación..... | 90 |
| 10 Registro de Órdenes | 90 |

DOCUMENTO N°3. PRESUPUESTOS.

DOCUMENTO N°4. ODS.

DOCUMENTO N°5. FICHAS TÉCNICAS.

DOCUMENTO N°6. PLANOS

1 Definición y alcance del pliego de condiciones

El propósito de este documento es establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas y legales para la ejecución de un proyecto que involucra el diseño, implementación y programación de un sistema de detección de incendios forestales por vía aérea utilizando tecnología de visión artificial y aprendizaje automático.

En este proyecto se establece el contrato entre el cliente, Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia y la empresa proyectista FIREDETECTION, con el objetivo de abordar el problema de detección de incendios forestales utilizando un enfoque innovador.

El proyecto se enfoca específicamente en el desarrollo de un algoritmo de inteligencia artificial utilizando la tarjeta NVIDIA Jetson Nano y los componentes asociados.

La solución propuesta implica el diseño e implementación de un sistema capaz de analizar imágenes capturadas por una cámara aérea en tiempo real, utilizando tecnología de visión artificial y aprendizaje automático para detectar incendios forestales. El algoritmo desarrollado se ejecutará en la tarjeta NVIDIA Jetson Nano, aprovechando su potencia de procesamiento y capacidad de aprendizaje automático.

Este pliego de condiciones tiene como objetivo regular la relación contractual entre el cliente y la empresa proyectista, definiendo los detalles de ejecución de la solución propuesta, así como los requisitos técnicos, de calidad y los materiales necesarios. También se incluirán las condiciones facultativas y económicas que se aplicarán durante el desarrollo del proyecto.

El proyecto se llevará a cabo considerando la ubicación del cliente, Saler (Valencia), donde se realizarán pruebas y ajustes necesarios para garantizar el correcto funcionamiento del sistema de detección de incendios forestales. Además, se establecerá una comunicación constante entre ambas partes para compartir actualizaciones, informes de progreso y solucionar cualquier problema que surja durante el desarrollo del proyecto.

El pliego de condiciones también contemplará aspectos relacionados con la propiedad intelectual, confidencialidad y responsabilidades de ambas partes involucradas en el proyecto.

Es importante destacar que este pliego de condiciones es un documento vivo y sujeto a modificaciones y actualizaciones en caso de ser necesario, siempre en acuerdo mutuo entre el cliente y la empresa proyectista.

2 Condiciones y normas de carácter general

2.1. Condiciones generales

El presente proyecto adquiere carácter de vinculante y de obligado cumplimiento una vez que haya sido debidamente sellado y legalizado. Durante la ejecución del proyecto, cualquier modificación que se pretenda realizar deberá someterse a una previa aprobación.

2.1.1. Vigencia

El presente Pliego de Condiciones, junto con todos sus artículos, estará vigente desde el inicio de la ejecución de la instalación hasta su finalización. Se establece que todas las partes mencionadas en este documento serán aceptadas en su totalidad por el adjudicatario de la instalación. En caso de discrepancias, se seguirá el orden de prioridad de los documentos básicos del proyecto de la siguiente manera:

- 1 Pliego de Condiciones.
- 2 Presupuesto.
- 3 Memoria.

2.1.2. Modificaciones

Durante la ejecución del proyecto, se podrán realizar las modificaciones necesarias, siempre y cuando sean aprobadas por el responsable de la Dirección del Proyecto y estén en concordancia con los requisitos del cliente.

2.1.3. Dirección e inspección

La dirección de la instalación electrónica estará a cargo del responsable designado para la dirección del proyecto, quien podrá delegar las labores de ejecución práctica de la instalación en personal cualificado.

2.2 Normas de carácter general

2.2.1 Extinción de incendios

Dado que el sistema de detección de incendios forestales de FIREDETECTION se encuentra estrechamente relacionado con las herramientas convencionales utilizadas en la lucha contra incendios, es imprescindible considerar las regulaciones aplicables a cada una de estas herramientas.

2.2.1.1 Normas de Extintores Portátiles de Incendios

UNE-EN 3-8:2022 - Requisitos para la construcción, resistencia a la presión y ensayos mecánicos de extintores con una presión máxima admisible igual o inferior a 30 bar, que cumplen con los requisitos de la Norma EN 3-7.

2.2.1.2 Normas de Sistemas de Detección y Alarma de Incendio

UNE-EN 54-1:2022 - Introducción.

2.2.1.3 Normas de Ensayos de Resistencia al Fuego de Instalaciones de Servicio

UNE-EN 1366-4:2022 - Sellados de juntas lineales.

UNE-EN 1366-11:2019+A1:2022 - Sistemas protectores contra incendios para sistemas de cables y componentes asociados. Anexo.

UNE-EN 1366-5:2022 - Conductos horizontales y verticales de servicios.

2.2.1.4 Normas de Sistemas para el Control de Humo y de Calor

UNE-EN 12101-2:2021 - Especificaciones para aireadores de extracción natural de humo y calor.

UNE-EN 12101-6:2022 - Especificaciones para sistemas de presión diferencial. Kits.

UNE-EN 12101-13:2022 - Sistemas de presión diferencial (PDS). Métodos de diseño y cálculo, instalación, ensayos de aceptación, pruebas rutinarias y mantenimiento.

2.2.1.5 Normas de Sistemas Fijos de Lucha contra Incendios

UNE-EN 12845:2016+A1:2021 - Diseño, instalación y mantenimiento.

UNE-EN 14972-3:2022 - Protocolo de ensayo de sistemas de boquillas automáticas para oficinas, colegios y hoteles.

UNE-EN 14972-10:2022 - Protocolo de ensayo para la protección de atrios con boquillas de pared en sistemas de boquilla abierta.

UNE-EN 14972-14:2022 - Protocolo de ensayo de sistemas con boquillas abiertas para turbinas de gas en recintos de más de 260 m³.

UNE-EN 14972-15:2022 - Protocolo de ensayo de sistemas con boquillas abiertas para turbinas de gas en recintos de no más de 260 m³.

2.2.1.6 Normas de Sistemas de Extinción por Aerosoles Condensados

UNE-EN 15276-1:2022 - Requisitos y métodos de ensayo para los componentes.

UNE-EN 15276-2:2022 - Diseño, instalación y mantenimiento.

2.2.1.7 Normas de Extensión del Campo de Aplicación de los Resultados de Ensayos de Resistencia al Fuego de Instalaciones de Servicio

UNE-EN 15882-5:2022 - Sellados de penetración combinados.

2.2.1.8 Normas de Sistemas Fijos de Extinción contra Incendios - Sistemas Automáticos de Rociadores Residenciales

UNE-EN 16925:2020/1M:2022 - Diseño, instalación y mantenimiento. Anexo Nacional a la Norma UNE-EN 16925.

2.2.1.9 Normas de Extensión de la Aplicación de los Resultados de Ensayo de la Durabilidad del Cierre Automático de Puertas y Ventanas Practicables

UNE-EN 17020-4:2022 - Durabilidad del cierre automático de puertas y ventanas practicables, resistentes al fuego y/o con control de humos, abisagradas y pivotantes, acristaladas y con marco metálico.

2.2.1.10 Normas de Sistemas de Extinción de Incendios en Cocinas Comerciales

UNE-EN 17446:2022 - Requisitos de diseño, documentación y ensayo.

2.2.1.11 Normas de Sistemas de Abastecimiento de Agua contra Incendios

UNE 23500:2021 - Sistemas de abastecimiento de agua contra incendios.

2.2.1.12 Normas de Prefabricación de Tubería para Instalaciones de Protección contra Incendios

UNE 23540-1:2022 - Tubos de acero no aleado.

2.2.1.13 Normas de Actas de Mantenimiento de las Instalaciones y Equipos de Protección contra Incendios

UNE 23580-1:2022 - Generalidades.

UNE 23580-2:2022 - Sistemas de detección y alarma de incendios.

UNE 23580-3:2022 - Abastecimiento de agua.

UNE 23580-4:2022 - Red general: hidrantes y válvulas.

UNE 23580-5:2022 - Red de bocas de incendio equipadas.

UNE 23580-6:2022 - Sistemas de rociadores.

UNE 23580-9:2022 - Extintores.

UNE 23580-11:2022 - Sistemas de agua nebulizada.

UNE 23580-10:2022 - Sistemas de columna seca.

UNE 23580-14:2022 - Sistemas de control de temperatura y evacuación de humos.

UNE 23580-15:2022 - Señalización.

2.2.1.14 Normas de Servicios Remotos Seguros para Sistemas de Protección contra Incendios y Sistemas de Seguridad

UNE-EN 50710:2022 - Requisitos para la prestación de servicios remotos seguros.

2.2.1.15 Normas de Ensayos Relativos a los Riesgos del Fuego

UNE-EN IEC 60695-6-1:2022 - Opacidad del humo. Guía general.

2.3 Normativa de Calidad de Fabricación

En el marco de la ejecución del proyecto, se han desarrollado distintas piezas electrónicas que han sido fabricadas cumpliendo con las siguientes normativas:

UNE ISO 9001/2018: Sistemas de Gestión de Calidad.

- Capítulo 7: Realización del producto.
- Capítulo 8: Medición, análisis y mejora.

UNE 66900/1999: Sistemas de la Calidad.

- Capítulo 4.4: Control del diseño.
- Capítulo 4.5: Control de la documentación.
- Capítulo 4.10: Inspección y ensayo.

2.4 Normativa de Mantenimiento

La normativa aplicada al mantenimiento en este proyecto se rige por:

UNE 151001/2011: Mantenimiento.

- Capítulo 7: Evaluación de los indicadores de mantenibilidad.
- Capítulo 8: Recomendaciones para la utilización de esta norma.

2.5 Normativa de Seguridad

La normativa de seguridad implementada abarca los siguientes aspectos relacionados con las máquinas:

UNE 12100-1/2004: Seguridad de las máquinas. Terminología básica.

- Capítulo 4.2: Peligro mecánico.
- Capítulo 4.3: Peligro eléctrico.
- Capítulo 5.2: Determinación de los límites de la máquina.

UNE 12100-2/2004: Seguridad de las máquinas. Principios técnicos.

- Capítulo 4.6: Disposiciones para la estabilidad.
- Capítulo 4.9: Prevención riesgo eléctrico.
- Capítulo 4.10: Prevención de los peligros debidos a los equipos neumático e hidráulico. Capítulo 4.11: Medidas de diseño seguro a los sistemas de mando (parada emergencia). Capítulo 6.5: Documentos que acompañan a la máquina (manual de instrucciones).
- Real Decreto 1801/2003, de 26 de diciembre, sobre seguridad general de los productos. Capítulo 2: Deberes para garantizar la seguridad general de los productos.

2.6 Normativa de Diseño

La normativa relacionada con el diseño y la documentación técnicos de productos se encuentra regulada por las siguientes normas:

UNE 10209/2022: Documentación técnica de producto. Vocabulario. Términos relacionados con los diseños técnicos, la definición de productos y productos relacionados.

UNE EN ISO 128-2:2020: Documentación técnica de productos. Principios generales de representación.

UNE-EN ISO 3098-0: Escritura. Requisitos generales.

UNE-EN ISO 5455: Dibujos Técnicos. Escalas.

UNE-EN ISO 5457: Documentación técnica de productos. Formatos y presentación de los elementos gráficos de las hojas de dibujo.

UNE-EN ISO 6433: Dibujos Técnicos. Referencia de los elementos.

UNE-EN ISO 7200: Documentación técnica de productos. Campos de datos en bloques de títulos y en cabeceras de documentos.

2.7 Normativa de Obligado Cumplimiento

La normativa de obligado cumplimiento aplicada en este proyecto incluye:

BOE-A-2016-4442: Real Decreto 186/2016. Mercado CE Equipos Eléctricos.

BOE-A-2002-18099: Real Decreto 842/2002. Reglamento electrotécnico de baja tensión.

3 Condiciones técnicas

3.1 Objetivo

El presente documento detalla el desarrollo de un sistema de detección de incendios forestales mediante visión artificial para el Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia.

El objetivo principal es implementar una solución tecnológica que permita la detección temprana y precisa de incendios en áreas forestales de la región. El sistema se basará en cámaras de alta resolución y algoritmos de procesamiento de imágenes en tiempo real para identificar posibles focos de incendio. Se pondrá especial énfasis en garantizar la confiabilidad y reducir al mínimo los falsos positivos, siguiendo estándares de visión artificial.

Es fundamental garantizar la confiabilidad y la precisión del sistema, ya que la detección temprana de incendios forestales es crucial para una respuesta rápida y efectiva por parte del Consorcio Provincial de Bomberos. Se seguirán estándares y normativas en el campo de la visión artificial y se pondrá especial énfasis en la optimización del rendimiento del sistema, la reducción de falsos positivos y la minimización del tiempo de respuesta.

3.2 Materiales

3.2.1 Características

3.2.1.1 Sistema embebido

La tarjeta Nvidia Jetson Nano será utilizada como parte fundamental del sistema. Es una tarjeta de desarrollo de inteligencia artificial que ofrece un alto rendimiento de procesamiento de datos y capacidad de ejecución de algoritmos de visión artificial en tiempo real. Su diseño compacto y eficiente la convierte en una opción ideal para aplicaciones de detección de incendios forestales.

La tarjeta Nvidia Jetson Nano cuenta con las siguientes características:

- **Procesador:** Incorpora un procesador ARM Cortex-A57 quad-core con una frecuencia de hasta 1.43 GHz, lo que permite un procesamiento rápido y eficiente de los datos capturados por las cámaras.
- **Memoria RAM:** Dispone de 4 GB de memoria RAM, lo que garantiza un almacenamiento temporal adecuado de la información necesaria para el análisis de las imágenes.

- Almacenamiento: Cuenta con una ranura para tarjetas microSD, que permite expandir la capacidad de almacenamiento y facilita la gestión de los datos generados por el sistema.
- Conectividad: Incluye puertos USB 3.0, HDMI y Ethernet, lo que facilita la conexión con otros dispositivos y sistemas externos.
- Compatibilidad con visión artificial: La tarjeta Nvidia Jetson Nano es compatible con frameworks y bibliotecas de visión artificial, lo que facilita la implementación de algoritmos de procesamiento de imágenes y detección de incendios forestales.
- Consumo de energía: Presenta un bajo consumo de energía, lo que contribuye a la eficiencia energética del sistema y permite su funcionamiento continuo durante largos periodos de tiempo.

La utilización de la tarjeta Nvidia Jetson Nano en este proyecto garantiza un rendimiento óptimo y confiable en la detección de incendios forestales mediante visión artificial. Su capacidad de procesamiento y su compatibilidad con los componentes del sistema aseguran una detección temprana y precisa de los focos de incendio, permitiendo una respuesta rápida por parte del Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia.

3.2.1.2 Alimentación

La Tarjeta Nvidia Jetson Nano requiere una alimentación adecuada para su correcto funcionamiento. Se deben considerar las siguientes especificaciones para su suministro de energía:

- Voltaje de Alimentación: La tarjeta Nvidia Jetson Nano debe ser alimentada con una fuente de 5V. Es importante garantizar que el voltaje suministrado sea estable y esté dentro del rango especificado.
- Corriente de Alimentación: Para asegurar un rendimiento óptimo, se recomienda una corriente de alimentación de al menos 4A. Esto permitirá cubrir los requerimientos energéticos del procesador y demás componentes de la tarjeta.
- Fuente de Alimentación: Se debe utilizar una fuente de alimentación confiable y de calidad que cumpla con las especificaciones mencionadas anteriormente. Es recomendable contar con una fuente de alimentación regulada y con protección contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Conexión de Alimentación: Para conectar la fuente de alimentación a la tarjeta Nvidia Jetson Nano, se debe utilizar un cable de alimentación adecuado que sea compatible con los conectores de la tarjeta. Es importante asegurarse de que los cables estén correctamente conectados y fijados de manera segura.

3.2.1.3 Cámara de Detección de Incendios Forestales

La cámara de detección de incendios forestales es un componente fundamental del sistema desarrollado para el Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia. A continuación, se detallan las características técnicas y los requisitos asociados a la cámara:

- Resolución y calidad de imagen: La cámara debe contar con una resolución óptima que permita capturar imágenes claras y detalladas de las áreas bajo vigilancia. Se requiere una resolución mínima de [especificar resolución] para garantizar la detección precisa de posibles incendios forestales.
- Espectro de detección: La cámara debe ser capaz de capturar imágenes en el espectro infrarrojo o térmico, ya que esta tecnología permite identificar y diferenciar fuentes de calor, como los incendios, en condiciones de baja visibilidad o durante la noche.
- Ángulo de visión: La cámara debe tener un ángulo de visión amplio que permita cubrir una extensa área de vigilancia. Se recomienda un ángulo mínimo de [especificar ángulo] para garantizar una cobertura efectiva del terreno forestal.
- Sensibilidad y precisión: La cámara debe tener una alta sensibilidad térmica y ser capaz de detectar cambios sutiles en la temperatura, lo que permitirá identificar focos de calor asociados a incendios forestales en etapas tempranas.
- Integración y conectividad: La cámara debe contar con interfaces y protocolos de comunicación que permitan su integración con el sistema de detección de incendios forestales. Esto facilitará la transmisión de datos y la interacción con otros componentes del sistema.
- Protección y resistencia: La cámara debe estar diseñada para resistir las condiciones ambientales adversas propias de los entornos forestales, como la humedad, el polvo y las variaciones de temperatura. Además, debe contar con protección contra impactos y vibraciones.

3.2.1.4 Señales y Conexión Wi-Fi

La transmisión y recepción de señales es un aspecto esencial en el sistema de detección de incendios forestales. Para garantizar una comunicación eficiente y confiable, se deben considerar los siguientes aspectos relacionados con las señales y la conexión Wi-Fi:

- Transmisión inalámbrica: El sistema debe contar con un módulo de conexión Wi-Fi que permita la transmisión de datos de manera inalámbrica. Se recomienda utilizar estándares de comunicación modernos y confiables, como Wi-Fi 5 (802.11ac) o

superior, para garantizar un ancho de banda adecuado y una cobertura óptima en el área de despliegue.

- Alcance y cobertura: El módulo de conexión Wi-Fi debe tener un alcance suficiente para abarcar el área de vigilancia de incendios forestales. Se deben realizar pruebas de campo para verificar la cobertura y asegurar una comunicación estable en diferentes condiciones y terrenos.
- Seguridad de la red: La conexión Wi-Fi debe estar protegida mediante protocolos de seguridad, como WPA2 (Wi-Fi Protected Access 2) o superiores, para evitar accesos no autorizados y garantizar la confidencialidad e integridad de los datos transmitidos.
- Antenas y amplificación de señal: Se deben utilizar antenas adecuadas y sistemas de amplificación de señal si es necesario, con el fin de mejorar la calidad de la conexión Wi-Fi y optimizar la recepción y transmisión de datos en entornos con obstáculos o distancias más largas.
- Integración con otros sistemas: El módulo de conexión Wi-Fi debe ser compatible e integrable con otros componentes del sistema de detección de incendios forestales, como la unidad central de procesamiento y los sistemas de monitoreo y alerta, para facilitar la gestión y el análisis de los datos recopilados.
- Configuración y administración remota: Se debe proporcionar una interfaz de configuración y administración remota para el módulo Wi-Fi, lo que permitirá realizar ajustes y actualizaciones de forma remota, así como monitorear el estado de la conexión y gestionar la seguridad de la red.

3.2.2 Materiales

En la implementación del sistema de detección de incendios forestales mediante visión artificial, se requiere el uso de diversos materiales y componentes.

3.2.2.1 Sistema de gestión de calidad

La norma UNE-EN ISO 9001:2015 establece los requisitos para un sistema de gestión de calidad eficiente. En el contexto de la Tarjeta NVIDIA Jetson Nano, se requiere que los materiales utilizados cumplan con los estándares de calidad establecidos en esta norma. Esto garantiza que los componentes de la tarjeta sean producidos y ensamblados siguiendo procesos controlados y que se realicen pruebas de calidad para asegurar el cumplimiento de los requisitos especificados.

3.2.2.2 Sistema de gestión ambiental

La norma UNE-EN ISO 14001:2015 establece los requisitos para un sistema de gestión ambiental efectivo. En el contexto de la Tarjeta NVIDIA Jetson Nano, se requiere que los materiales utilizados sean respetuosos con el medio ambiente y cumplan con las regulaciones ambientales vigentes. Esto implica que los fabricantes de los componentes de la tarjeta deben tener políticas y prácticas que minimicen el impacto ambiental de su producción y que cumplan con los estándares de sostenibilidad establecidos.

3.2.2.3 Evaluación biológica de productos sanitarios

La norma UNE-EN ISO 10993-1:2018 establece los requisitos para la evaluación biológica de los materiales utilizados en productos sanitarios, incluyendo las tarjetas electrónicas. En el caso de la Tarjeta NVIDIA Jetson Nano, se exige que los materiales utilizados sean seguros para su uso en aplicaciones médicas. Esto implica que los componentes de la tarjeta deben ser evaluados y certificados para garantizar que no causen daño a los usuarios y que cumplan con los estándares de seguridad sanitaria establecidos.

3.2.2.4 Compatibilidad electromagnética de equipos multimedia

La norma UNE-EN 55032:2015 establece los límites y métodos de medición de las emisiones electromagnéticas de equipos multimedia, incluyendo las tarjetas electrónicas. En el contexto de la Tarjeta NVIDIA Jetson Nano, se requiere que cumpla con los requisitos de compatibilidad electromagnética establecidos en esta norma. Esto implica que la tarjeta debe ser diseñada y fabricada de tal manera que las emisiones electromagnéticas generadas estén dentro de los límites aceptables y no interfieran con otros dispositivos cercanos.

3.2.2.5 Inmunidad de los equipos de tecnología de la información y las telecomunicaciones

La norma UNE-EN 55024:2010 establece los requisitos de inmunidad de los equipos de tecnología de la información y las telecomunicaciones, incluyendo las tarjetas electrónicas. En el contexto de la Tarjeta NVIDIA Jetson Nano, se requiere que cumpla con los requisitos de inmunidad establecidos en esta norma. Esto implica que la tarjeta debe ser capaz de resistir interferencias.

4 Condiciones facultativas

La gestión de la fabricación será llevada a cabo por un ingeniero previamente seleccionado, quien asumirá diversas responsabilidades en el marco del proyecto. Entre sus funciones se incluirá la verificación exhaustiva de las labores realizadas, así como la

supervisión del cumplimiento de las directrices establecidas por el proyecto por parte del contratista.

Por su parte, el contratista tendrá la responsabilidad de designar a sus propios representantes en el ámbito de la fabricación, incluyendo al jefe de fabricación. Asimismo, se requerirá que el contratista proporcione al ingeniero encargado de la dirección toda la información necesaria para llevar a cabo una gestión efectiva. Además, deberá informar de cualquier incidencia que pueda surgir durante el desarrollo del proceso de fabricación.

Adicionalmente, el contratista será el encargado de garantizar el cumplimiento de los plazos de fabricación establecidos en el proyecto. En caso de que se produzcan retrasos en la ejecución, será necesario informar a la dirección de fabricación, quien tomará la decisión final correspondiente.

4.1 Jefe de fabricación

El contratista asumirá la responsabilidad de seleccionar un jefe de fabricación competente que garantice la adecuada ejecución del proyecto. El jefe de fabricación actuará como representante oficial del contratista a lo largo de todo el proceso, teniendo la obligación de hacer cumplir de manera clara y con autoridad las disposiciones establecidas en el proyecto.

El jefe de fabricación estará encargado de aplicar y transmitir las instrucciones recibidas por parte de la dirección facultativa, asegurándose de notificar cualquier contratiempo o incidencia que surja durante el desarrollo del proyecto, en caso de que sea necesario.

En el supuesto de que sea preciso sustituir al jefe de fabricación, el contratista deberá informar con antelación a la dirección facultativa, dejando en manos de dicha dirección la decisión a tomar. Es esencial mantener una comunicación fluida y efectiva entre todas las partes involucradas para asegurar el buen funcionamiento del proceso de fabricación.

4.2 Responsabilidades del contratista

El contratista asumirá la máxima responsabilidad en caso de incumplimiento de las directrices establecidas en el pliego, siendo el jefe de fabricación el segundo responsable. El contratista deberá proporcionar, cuando sea necesario, los certificados de calidad correspondientes a los materiales, maquinaria y equipo utilizados en el proceso de fabricación. Asimismo, deberá informar de cualquier incidencia que surja durante dicho proceso. Un representante designado por el contratista deberá asistir obligatoriamente a todas las reuniones convocadas por la dirección facultativa, y en caso de ser imposible su presencia, deberá justificarlo debidamente y nombrar a un representante alternativo, como, por ejemplo, el jefe de fabricación. Otra de las responsabilidades primordiales del

contratista será supervisar la fabricación de manera presencial durante su horario laboral, garantizando así el cumplimiento de lo estipulado en el proyecto.

4.3 Plazos e inicio de la fabricación

Los plazos de ejecución y la fecha de inicio de la fabricación serán establecidos en el contrato y deberán ser cumplidos de manera obligatoria por el contratista. Este deberá informar a la dirección facultativa sobre el inicio del proceso y será el máximo responsable de cualquier retraso que ocurra. En caso de imprevistos, el contratista deberá notificar a la dirección facultativa, quien tomará la decisión pertinente.

El jefe de fabricación podrá solicitar a la dirección facultativa una prórroga en los plazos si la fabricación lo requiere, debiendo justificar debidamente los motivos que lo fundamenten.

4.4. Trabajos no estipulados

Todos los trabajos serán llevados a cabo de acuerdo con el proyecto que ha sido la base del contrato. Además, tanto la empresa encargada del diseño como la empresa instaladora tienen la obligación de realizar trabajos que no estén contemplados en el proyecto cuando sea necesario para garantizar la calidad y apariencia de la obra, siempre y cuando así lo determine el jefe de proyecto dentro de los límites establecidos por el presupuesto asignado para cada unidad de trabajo y tipo de ejecución.

En caso de surgir dudas, se formará un comité compuesto por el director del proyecto, el director de la obra y el cliente para tomar la decisión más adecuada. Cualquier modificación que implique un incremento de precios en una unidad de trabajo superior al 20% o en el presupuesto total superior al 10% requerirá una revisión y actualización del presupuesto.

4.5. Defectos en la fabricación o montaje

El contratista asume la máxima responsabilidad en caso de fallos o defectos en el montaje del brazo articulado. En caso de detectar fallos en el montaje, se procederá a desmontarlo de inmediato y se realizará el montaje nuevamente de manera adecuada. Si los fallos son directamente atribuibles al contratista, los gastos derivados correrán a su cargo.

4.6. Garantía

El sistema de detección de incendios por parte de FIREDETECTION tendrá una garantía de cuatro años desde el momento en el que se entregue al cliente. El tiempo en el

producto este en garantía los fallos o piezas defectuosas serán arreglados y remplazados sin ningún coste para el cliente.

5 Condiciones económicas

5.1. Garantías

La empresa tiene el derecho de solicitar al contratista la presentación de referencias bancarias u otras referencias de entidades o personas, con el fin de verificar si cumple con todas las condiciones requeridas para el cumplimiento exacto del contrato. Estas referencias deben ser presentadas por el contratista antes de la firma del contrato.

5.2. Precios contradictorios

En caso de que surja alguna situación que requiera establecer un nuevo precio, se procederá a estudiar y acordar de la siguiente manera: El contratista presentará por escrito, firmado por él, el nuevo precio que considera debería aplicarse.

La Dirección Técnica estudiará el precio que, según su criterio, debería utilizarse. Si ambas partes coinciden, se elaborará un acta formalizando el nuevo precio, incluso si se solucionan pequeñas diferencias o errores mediante una simple exposición y convicción de una de las partes. Si no es posible llegar a un acuerdo mediante discusión, se propondrá a la propiedad que tome la resolución que considere apropiada, ya sea aprobando el precio solicitado por el contratista o, en caso contrario, separando la ejecución del proyecto para que sea realizada por la administración o por otro contratista. La fijación del precio en disputa debe realizarse al comienzo de la nueva etapa, ya que, si se ha iniciado por cualquier motivo, el contratista estará obligado a aceptar el precio que se le fije y completar la tarea satisfactoriamente según lo determinado por la parte responsable.

5.3. Reclamaciones por incremento de precios

Si el contratista no ha presentado las reclamaciones u observaciones oportunas antes de la firma del contrato, no podrá, bajo ningún pretexto de error u omisión, solicitar un aumento en los precios establecidos en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirve de base para la ejecución del proyecto. Los errores materiales o errores aritméticos en las unidades del importe se corregirán en cualquier momento en que se detecten, pero no se tendrán en cuenta para rescindir el contrato.

5.4. Revisión de precios

En caso de que los precios actuales de salarios, cargas sociales y materiales, en el momento de firmar el contrato, sufran una variación oficial superior o inferior al 5%, se podrá solicitar una revisión de precios por parte de cualquiera de las partes, la cual se aplicará a la parte restante por ejecutar del trabajo.

Inicialmente, no se debe aceptar la revisión de los precios acordados en el contrato. Sin embargo, debido a la continua variabilidad de los precios de los salarios y sus cargas sociales, así como de los materiales y transportes, que son características de épocas anormales, se permiten durante dichos períodos la modificación de los precios acordados, ya sea al alza o a la baja, en concordancia con las fluctuaciones del mercado.

El contratista puede solicitar al propietario una revisión al alza en caso de que se produzca cualquier alteración de precio que impacte en un aumento de los costos acordados. Ambas partes acordarán el nuevo precio unitario antes de iniciar o continuar la ejecución de la parte del trabajo en la que esté involucrado el elemento cuyo precio en el mercado haya subido por causas justificadas. También se especificará y acordará previamente la fecha a partir de la cual se tendrán en cuenta, cuando corresponda, los materiales almacenados en caso de que hayan sido totalmente o parcialmente abonados por el propietario.

Si el propietario no está de acuerdo con los nuevos precios de los materiales que el contratista considera normales en el mercado, tiene la facultad de proponer al contratista una revisión, en cuyo caso se tomarán en cuenta los precios de los materiales adquiridos por el contratista según la información proporcionada por el propietario.

5.5. Pagos

Los pagos serán realizados por el propietario de acuerdo con los plazos establecidos previamente, y su importe corresponderá precisamente a las certificaciones de obra emitidas por el ingeniero director.

5.6. Gastos e impuestos

Todos los gastos e impuestos de cualquier orden, que por disposición del estado, provincia o municipio se deriven del contrato, y estén vigentes en la fecha de la firma, dicho contrato se dará por cuenta del contratista con excepción del IVA. Las modificaciones tributarias establecidas con posterioridad al contrato afectarán al sujeto pasivo directo, sin que las partes puedan repercutirlas entre sí. En ningún caso podrá ser causa de revisión de precios la modificación del sistema tributario vigente a la firma del contrato.

5.7. Suspensión debido a retrasos

En ningún caso, el contratista podrá alegar retrasos en los pagos, suspender los trabajos ni llevarlos a cabo a un ritmo inferior al establecido, de acuerdo con el plazo estipulado para su finalización.

5.8. Compensación por retraso en los trabajos

El contratista será responsable de pagar una compensación por retrasos injustificados en el plazo de finalización de las obras contratadas. El importe de esta indemnización será calculado en base a los perjuicios materiales causados por la imposibilidad de ocupar la propiedad, debidamente justificados.

5.9. Seguro

La empresa encargada del diseño y la instalación deberá asumir los pagos que superen el precio acordado con el cliente debido a una mala previsión en los presupuestos. Se contratará un seguro de responsabilidad civil para hacer frente a posibles indemnizaciones por defectos en la ejecución del proyecto.

5.10. Mejoras en la fabricación

Solo se aceptarán mejoras en la fabricación cuando la compañía contratante haya solicitado por escrito la realización de nuevos trabajos o mejoras que beneficien la calidad de los trabajos contratados, así como los materiales y equipos especificados en el contrato. No se permitirán aumentos en las unidades contratadas, a menos que exista un error en las mediciones del proyecto, a menos que la compañía contratante ordene también por escrito la ampliación de las unidades contratadas.

5.11. Fianza

El cliente estará obligado a realizar un primer pago a la empresa encargada del diseño en concepto de fianza en el momento de encargar el proyecto técnico, equivalente al 5% del presupuesto total. Posteriormente, deberá realizar un segundo pago al inicio de la obra y el tercer y último pago al finalizar la obra.

6 Ejecución

6.1 Generalidades de ejecución

El propósito de la documentación técnica que acompaña a esta especificación tiene como objetivo principal la correcta instalación de un sistema de detección de incendios forestales por vía aérea con tecnología de visión artificial y aprendizaje automático.

El contratista será responsable de suministrar los materiales necesarios, los cuales deberán ser completamente nuevos, estando libres de cualquier tipo de defecto y debidamente certificados con el marcado CE. Además, el contratista asumirá la responsabilidad tanto del adecuado almacenamiento de los materiales como de cualquier daño que puedan sufrir durante el proceso.

La ejecución de toda la instalación se llevará a cabo en estricta conformidad con las indicaciones de montaje del sistema embebido, el cual ha sido diseñado en concordancia con la documentación técnica previamente mencionada.

Es importante destacar que FIREDETECTION no se responsabilizará por los posibles daños ocasionados debido a una instalación deficiente del dispositivo, dado que la empresa no está encargada de llevar a cabo dicha instalación.

6.2. Procesos de ejecución diseño y fabricación

6.2.1. Sistema de control

El ingeniero informático autorizado realizará la revisión y programación del sistema de control en el momento de la instalación del dispositivo para asegurar su correcto funcionamiento y comprobar que el software (proporcionado por FIREDETECTION) se encuentre lo más actualizado posible.

6.2.2. Cámara térmica para la detección de incendios forestales mediante la tarjeta Nvidia Jetson Nano

La solución para la creación de una cámara térmica capaz de detectar incendios forestales de manera efectiva ha sido diseñada por el equipo de ingenieros de FIREDETECTION.

Con el fin de garantizar el correcto funcionamiento de esta cámara térmica y su capacidad para detectar incendios forestales, es imprescindible que los componentes utilizados se ajusten a las especificaciones establecidas.

La responsabilidad de diseñar, fabricar e implementar todas las piezas que conforman la cámara térmica recae en la empresa FIREDETECTION. La cámara debe estar construida en material plástico ABS y contar con un recubrimiento antideslizante y suave. Además, deberá estar compuesta por una lente térmica de alta calidad y una carcasa protectora que garantice su resistencia ante condiciones ambientales adversas.

El material plástico ABS utilizado en la fabricación de la cámara debe cumplir con las normas de fabricación UNE-EN ISO/ASTM 52910, tal y como se especifica en el apartado correspondiente a la normativa del documento "Pliego de condiciones".

El objetivo principal de esta cámara térmica es proporcionar una herramienta efectiva para la detección temprana de incendios forestales, contribuyendo así a la prevención y control de dichos eventos. Es fundamental que todos los elementos de la cámara cumplan con los estándares de calidad y rendimiento establecidos para garantizar su correcto funcionamiento en situaciones críticas.

6.3. Procedimientos de implementación de la instalación

La empresa encargada de la instalación dispone de un equipo de ingenieros capacitados y especializados en programación e instalación de sistemas embebidos. Con la finalidad de llevar a cabo la implementación correcta del proyecto proporcionado por la empresa contratante.

A continuación, se describen los procedimientos de ejecución realizados por los técnicos de FIREDETECTION.

6.3.1 Conexión y alimentación de la placa Nvidia Jetson Nano

La placa Nvidia Jetson Nano requiere una conexión adecuada a una fuente de alimentación para su correcto funcionamiento. Es esencial asegurarse de realizar una conexión segura y estable, evitando corrientes inversas que puedan dañar los circuitos. Se recomienda utilizar el puerto de alimentación designado para garantizar una conexión apropiada y confiable.

Además, es de vital importancia establecer una conexión a tierra adecuada. Esto no solo contribuirá a la seguridad de la instalación, sino que también evitará posibles daños en los circuitos debido a fluctuaciones eléctricas. Siguiendo las especificaciones técnicas y las pautas de seguridad, se logrará una conexión confiable y segura para la placa Nvidia Jetson Nano.

6.3.2 Configuración y conexión de la placa Nvidia Jetson Nano con los servomotores SG90

En relación con la configuración y conexión de la placa Nvidia Jetson Nano con los servomotores, es importante destacar que el sistema proporcionado por FIREDETECTION es completamente independiente de la electrónica del dron o UAV en el cual se instale. Esto significa que el funcionamiento y la operatividad del sistema de detección y prevención de incendios forestales no dependen de la interacción con la electrónica interna del dron.

Sin embargo, FIREDETECTION reconoce que algunos contratistas pueden desear utilizar los pines disponibles en la placa Nvidia Jetson Nano para aplicaciones adicionales, como la conexión con los servomotores del dron o la transmisión de señales, entre otros posibles usos. En tales casos, es responsabilidad del contratista realizar la configuración y conexión adecuadas de acuerdo con las necesidades específicas de su proyecto.

El contratista deberá seguir las indicaciones y especificaciones técnicas proporcionadas por FIREDETECTION y los fabricantes de los servomotores y otros componentes adicionales. Asimismo, se recomienda tomar las medidas de seguridad necesarias al manipular las conexiones eléctricas, evitando cualquier daño a los componentes y garantizando la integridad del sistema en su totalidad.

7 Evaluación del Servicio

Con el objetivo de garantizar el cumplimiento de las normativas de seguridad, se lleva a cabo una exhaustiva evaluación del servicio una vez que el proyecto ha sido ejecutado, con el propósito de identificar y corregir posibles fallos. Esta evaluación será realizada por el director del proyecto, quien se basará en la norma UNE 10218-2/2016 "Requisitos de seguridad para robots industriales".

Inicialmente, se verifica que el subsistema electrónico, conectado al subsistema eléctrico según lo indicado en el proyecto, cumpla con las especificaciones y no presente ninguna falla. Esta revisión será realizada por el director del proyecto. Posteriormente, se procede a realizar una segunda prueba que confirme el correcto funcionamiento tanto del subsistema mecánico, diseñado y fabricado por la empresa correspondiente, como del sistema en su conjunto.

Finalmente, una vez que el sistema embebido de FIREDETECTION ha sido instalado en sistemas de vía aérea Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia, con ubicación Camí de Montcada, 24, 37, 46009 València, España, se realiza una verificación exhaustiva del correcto funcionamiento de la solución implementada en dicho emplazamiento. Durante esta etapa, se ajustan los movimientos del sistema de cámara

térmica para lograr la posición y velocidad deseadas, así como se ajusta la presión de la pinza con el objetivo de evitar daños en las probetas que serán manipuladas. Se verifica que el proceso se desarrolle sin ningún tipo de error. En caso de detectarse alguna irregularidad, se procede a corregir los fallos correspondientes, documentando los errores encontrados en un informe pertinente.

8 Procedimiento de entrega

La entrega del material, junto con la documentación pertinente, se lleva a cabo de acuerdo con ciertas condiciones.

Una vez que el equipo ha sido instalado y puesto en funcionamiento por parte de la empresa adjudicataria, se deben proporcionar dos copias de los manuales de usuario o funcionamiento en idioma castellano.

Para el equipo suministrado, se debe presentar al Servicio de Mantenimiento del Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia. la siguiente documentación:

- Descripción detallada del equipo y todos sus componentes principales, indicando sus respectivos números de serie.
- Documentación técnica completa, que incluye esquemas eléctricos, mecánicos y cualquier otro tipo de documentación considerada necesaria, tanto para el equipo principal como para cada uno de sus componentes.
- Declaración de conformidad según la Directiva 93/42 CEE o R.D. 414/1996. En caso de que dicha directiva no sea aplicable, se debe proporcionar un certificado de conformidad conforme a la normativa correspondiente, donde se especifique que el equipo cumple con los requisitos de seguridad requeridos.
- Plan de Mantenimiento Preventivo.
- Protocolos de Mantenimiento.
- Certificado de garantía emitido por el fabricante del equipo.
- En el momento de la puesta en marcha del equipo, el adjudicatario deberá entregar al responsable del Servicio receptor la información establecida en la Ley 31/1995, de 8 de noviembre (Jefatura del Estado) de Prevención de Riesgos Laborales, en particular, cumpliendo con lo establecido en su artículo 41.
- El equipo suministrado debe incluir todos los dispositivos y accesorios necesarios para su correcto funcionamiento.

- El material adjudicado se debe entregar con un embalaje protector adecuado para evitar colisiones y garantizar que los componentes electrónicos no estén expuestos a temperaturas extremadamente altas o bajas.
- Se proporcionará una copia del proyecto visada, que incluirá la memoria, los planos, el pliego de condiciones, el presupuesto y los anexos. Además, se incluirán los planos "AS BUILT" que reflejen las modificaciones realizadas durante la ejecución del proyecto.

Estas condiciones aseguran una entrega completa, documentada y segura del material adjudicado, cumpliendo con los estándares de calidad y garantizando un adecuado funcionamiento del equipo suministrado.

9 Condiciones de uso, mantenimiento y seguridad

9.1. Responsabilidades del usuario

El mantenimiento y reparación del sistema embebido de detección de incendios forestales serán responsabilidad exclusiva de la empresa instaladora. Estas tareas deberán ser llevadas a cabo por instaladores autorizados, quienes deberán informar previamente a la empresa suministradora acerca de cualquier manipulación realizada en la instalación. En ninguna circunstancia se permitirá realizar modificaciones en los elementos del sistema sin el expreso consentimiento de la empresa suministradora.

La conexión de los dispositivos del sistema a las instalaciones proyectadas deberá ser realizada por personal competente, siguiendo siempre las instrucciones del fabricante de cada aparato. Es importante tener en cuenta que, para salvaguardar la seguridad de las personas frente a posibles contactos indirectos, se han incorporado interruptores diferenciales. Dichos interruptores deberán ser sometidos a pruebas periódicas o cuando existan dudas acerca de su correcto funcionamiento, activando los botones de prueba de disparo correspondientes.

Asimismo, se dispone de un botón de parada de emergencia en caso de fallos o situaciones de emergencia. Este botón de emergencia se podrá conectar al sistema completo de dron o UAV para prevenir incidentes. Cualquier modificación significativa o ampliación de las instalaciones eléctricas proyectadas deberá ser realizada únicamente por un instalador electricista autorizado, cumpliendo con las normativas y regulaciones vigentes.

9.2. Responsabilidades de la Empresa Encargada del Mantenimiento

En el caso de que se requiera suscribir un contrato de mantenimiento para la instalación, la empresa mantenedora deberá cumplir con las obligaciones establecidas en la legislación sectorial correspondiente. Las labores de mantenimiento general serán realizadas por empresas instaladoras autorizadas en el ámbito de la electricidad y la electrónica, debidamente registradas en el Servicio Provincial de Industria e Innovación correspondiente.

9.3. Certificados y Documentación

Antes de iniciar los trabajos de la instalación contemplada en el presente proyecto, o durante el período de montaje, la Dirección de Obra tiene la facultad de requerir certificados de homologación de los materiales que componen la instalación, así como documentación y catálogos que detallen sus características principales. Estos documentos son necesarios para verificar el cumplimiento de los estándares y especificaciones técnicas exigidas. La empresa responsable del proyecto deberá facilitar dicha documentación en los plazos y formatos requeridos.

La presentación de certificados de homologación y documentación técnica relevante es fundamental para garantizar la calidad, seguridad y conformidad de la instalación. Estos registros proporcionan una evidencia documentada de que los materiales utilizados cumplen con los requisitos establecidos y son adecuados para su implementación. Además, permiten a la Dirección de Obra evaluar y supervisar el proceso de montaje y asegurar que se cumplan los estándares y regulaciones pertinentes.

La empresa mantenedora y la Dirección de Obra deben mantener una comunicación fluida y coordinada para facilitar el intercambio de certificados y documentación necesarios, asegurando así la transparencia y el cumplimiento normativo durante todo el proceso de instalación y mantenimiento.

10 Registro de Órdenes

Con el fin de llevar un seguimiento preciso de las instalaciones y documentar cualquier aclaración o detalle relevante del proyecto, se establecerá en el lugar de trabajo un Registro de Órdenes. Este registro estará compuesto por hojas numeradas de forma correlativa, donde se registrarán todas las órdenes emitidas y las modificaciones realizadas en el proyecto, en caso de que existan. Esto permitirá mantener informada tanto a la Propiedad como a la Empresa Instaladora autorizada encargada de llevar a cabo las instalaciones.

El Libro de Órdenes constituye una herramienta fundamental para asegurar la trazabilidad de las decisiones tomadas durante la ejecución del proyecto, así como para facilitar la comunicación y el intercambio de información entre las partes involucradas. En este libro

se registrarán de manera detallada todas las órdenes emitidas, incluyendo fechas, descripción de las modificaciones y cualquier otra anotación pertinente.

La existencia de un Libro de Órdenes adecuadamente organizado y actualizado brinda un mecanismo eficaz para mantener un registro claro y preciso de los cambios realizados en el proyecto, lo cual es esencial para garantizar la transparencia y la trazabilidad de las acciones llevadas a cabo. Además, proporciona un medio de comunicación formal y centralizado entre las partes involucradas, facilitando la coordinación y la toma de decisiones fundamentales para el éxito del proyecto.

La Propiedad y la Empresa Instaladora autorizada tendrán acceso al Libro de Órdenes y podrán consultar y verificar las modificaciones realizadas en el proyecto en cualquier momento. Esta práctica contribuye a mantener una gestión eficiente y ordenada de las instalaciones, promoviendo la claridad, la responsabilidad y la adecuada documentación de los procesos ejecutados.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL
DISEÑO**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Curso 2022/2023

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de
Visión Artificial y Aprendizaje Automático.

DOCUMENTO 3. PRESUPUESTO

AUTOR: Cosmin Ionescu

TUTOR: Dr. Enrique Berjano Zanón

Contenido

DOCUMENTO N°1. MEMORÍA.

DOCUMENTO N°2. PLIEGO DE CONDICIONES.

DOCUMENTO N°3. PRESUPUESTOS.

| | |
|--------------------------------------|----|
| 1. Presupuesto del proyecto | 94 |
| 1.1 Presupuesto de componentes..... | 94 |
| 1.2 Presupuesto de instalación | 95 |
| 2. Presupuesto total..... | 96 |

DOCUMENTO N°4. ODS.

DOCUMENTO N°5. FICHAS TÉCNICAS.

DOCUMENTO N°6. PLANOS.

1. Presupuesto del proyecto

1.1 Presupuesto de componentes.

En el marco del proyecto de diseño, implementación y programación de un sistema de detección de incendios forestales basado en la tarjeta Nvidia Jetson Nano, se ha realizado un exhaustivo proceso de selección de los componentes necesarios, como se ha podido comprobar en el punto 3 de la Memoria. La elección de los componentes se ha basado en criterios de compatibilidad, rendimiento y relación costo-beneficio, con el objetivo de asegurar un funcionamiento óptimo del sistema y maximizar la eficiencia en la detección de incendios.

A continuación, se presenta una tabla detallada que muestra cada componente, su descripción, modelo exacto o compatible, y el costo unitario en euros:

| Presupuesto de componentes. | | | |
|------------------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Componente | Descripción | Modelo Exacto/Compatible | Costo Unitario (EUR) |
| Alimentación | Fuente de alimentación para la Nvidia Jetson Nano | XYZ Power Supply 500W | 45 € |
| Tarjeta Micro SD | Tarjeta de memoria microSD para almacenamiento | SanDisk Ultra microSDXC 64GB | 15 € |
| Monitor | Pantalla para visualización de datos | Dell P2419H | 120 € |
| HDMI | Cable HDMI para conexión de la tarjeta con el monitor | AmazonBasics HDMI Cable | 8 € |
| Mouse y Teclado | Conjunto de mouse y teclado para control del sistema | Logitech MK270 | 25 € |
| Adaptador WiFi | Adaptador inalámbrico para conectividad WiFi | TP-Link TL-WN725N | 12 € |
| Webcam | Cámara web para captura de imágenes y video | Logitech C920 | 35 € |
| Disco duro externo | Disco duro externo para almacenamiento adicional | WD Elements Portable 1TB | 70 € |
| TOTAL | | | 330 € |

1.2 Presupuesto de instalación

El Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia ha adjudicado la instalación del sistema de detección de incendios forestales basado en la tarjeta Nvidia Jetson Nano a una empresa especializada en ingeniería y seguridad. La instalación del sistema requiere de una planificación detallada, mano de obra calificada y el uso de herramientas y equipos especializados para garantizar su correcto funcionamiento.

A continuación, se presenta un desglose detallado de los costos de instalación del sistema de detección de incendios forestales para el Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia:

| Presupuesto de instalación | | | |
|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| Concepto | Descripción | Cantidad de Horas | Costo Unitario (€) |
| Ingeniero de Instalación | Costo por hora de trabajo de un ingeniero | 300 horas | 30 €/hora |
| Mano de Obra Calificada | Equipo de instaladores autorizados | 90 horas | 2700 € |
| Herramientas y Equipos Especializados | Equipos y herramientas necesarios para la instalación | 30 horas | 900 € |
| Cableado y Conexiones | Material necesario para la conexión de los componentes | 24 horas | 480 € |
| Pruebas y Verificaciones | Verificación del funcionamiento del sistema | 56 horas | 1680 € |
| Documentación y Manuales | Elaboración de documentación técnica y manuales | 40 horas | 1200 € |
| Transporte | Costos de transporte para el traslado de los materiales | 26 horas | 780 € |
| Soporte Técnico | Asistencia técnica durante la instalación | 30 horas | 900 € |
| Capacitación | Entrenamiento y capacitación del personal | - | 300 € |
| Seguros y Licencias | Costos de seguros y licencias necesarios | - | 150 € |
| Contingencias | Reserva de presupuesto para imprevistos | - | 250 € |
| Otras Licencias | Licencias adicionales requeridas para la instalación | - | 150 € |
| Adaptadores y Conectores | Componentes para adaptar y conectar los dispositivos | - | 100 € |
| Infraestructura de Comunicación | Redes y conexiones para la comunicación del sistema | - | 200 € |
| Certificaciones y Pruebas | Costos asociados a la certificación y pruebas del sistema | - | 250 € |
| Total (Sin IVA) | | 300 horas | 10.400 € |
| Total (Con IVA) | | 300 horas | 12.148,4 € |
| Beneficio Industrial (6%) | | | 12.877,3 € |

2. Presupuesto total.

El presupuesto final del proyecto de diseño, implementación y programación del sistema de detección de incendios forestales utilizando una tarjeta Nvidia Jetson Nano y los componentes mencionados, asciende a un total de 12.877,3 euros. Este presupuesto incluye los costos de los componentes necesarios, como la fuente de alimentación, la tarjeta microSD, el monitor, el cable HDMI, el conjunto de ratón y teclado, el adaptador WiFi, la cámara web y el disco duro externo.

Además de los costos de los componentes, se han tenido en cuenta los costos de instalación del sistema para el Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia. Estos costos incluyen el trabajo del ingeniero especializado, cuya tarifa por hora es de 30 euros. Se ha estimado un total de 80 horas de trabajo para la instalación, configuración y puesta en marcha del sistema.

El presupuesto detallado proporciona una visión clara de los costos involucrados en el proyecto, garantizando la transparencia y la adecuada asignación de recursos. Con esta información, el Consorcio Provincial de Bomberos de Valencia puede tomar decisiones informadas y planificar el proyecto de manera efectiva, asegurando la implementación exitosa del sistema de detección de incendios forestales.

Es importante tener en cuenta que este presupuesto es una estimación y puede estar sujeto a cambios según los requerimientos específicos del proyecto y cualquier ajuste adicional necesario durante su ejecución. Se ha trabajado diligentemente para proporcionar una solución eficiente y de calidad dentro de los límites presupuestarios establecidos.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL
DISEÑO**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Curso 2022/2023

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de
Visión Artificial y Aprendizaje Automático.

DOCUMENTO 4. ODS

AUTOR: Cosmin Ionescu

TUTOR: Dr. Enrique Berjano Zanón

Contenido

- DOCUMENTO N°1. MEMORIA.**
- DOCUMENTO N°2. PLIEGO DE CONDICIONES.**
- DOCUMENTO N°3. PRESUPUESTOS.**
- DOCUMENTO N°4. ODS.**

| | |
|---------------------------------------------------------------|-----|
| 1. ODS..... | 98 |
| 1.1 Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles..... | 99 |
| 1.2 Objetivo 13: Acción por el clima. | 99 |
| 1.3 Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres..... | 100 |
| 1.4 Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura. | 100 |
| 1.5 Objetivo 17: Alianzas para lograr los objetivos. | 101 |

- DOCUMENTO N°5. FICHAS TÉCNICAS.**
- DOCUMENTO N°6. PLANOS**

1. ODS

El proyecto "Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de Visión Artificial y Aprendizaje Automático" está directamente relacionado con varias metas y

Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), destacando su contribución a un desarrollo sostenible y la protección del medio ambiente. A continuación, se mencionan algunos de los ODS relacionados:

1.1 Objetivo 11: Ciudades y comunidades sostenibles.

El ODS 11 busca garantizar la seguridad, la sostenibilidad y la resiliencia de las ciudades y comunidades. Este proyecto contribuye a este objetivo al mejorar la detección temprana y la respuesta rápida a los incendios forestales, lo que ayuda a proteger áreas cercanas a zonas urbanas y comunidades vulnerables.



Figura 58: ODS 11

1.2 Objetivo 13: Acción por el clima.

El ODS 13 promueve medidas urgentes para combatir el cambio climático y sus impactos. Al detectar incendios forestales de manera temprana y precisa, este proyecto ayuda a reducir la propagación de los incendios y, en última instancia, disminuye las emisiones de gases de efecto invernadero y los efectos negativos sobre el clima.



1.3 Objetivo 15: Vida de ecosistemas terrestres.

El ODS 15 tiene como objetivo proteger, restaurar y promover un uso sostenible de los ecosistemas terrestres. Al detectar y combatir incendios forestales, se contribuye a la preservación de los bosques y la biodiversidad, evitando la degradación de los ecosistemas y protegiendo la flora y fauna que dependen de ellos.



Figura 60: ODS 15

1.4 Objetivo 9: Industria, innovación e infraestructura.

El ODS 9 busca promover la innovación y el desarrollo de tecnologías sostenibles. Tu proyecto de "detección de incendios forestales mediante inteligencia y visión artificiales" entra en esta categoría, ya que utiliza tecnología avanzada para enfrentar un desafío medioambiental importante.



1.5 Objetivo 17: Alianzas para lograr los objetivos.

El ODS 17 fomenta la colaboración entre diferentes actores para abordar los problemas globales. Este proyecto probablemente involucra la colaboración entre ingenieros, científicos, autoridades locales, organismos de protección ambiental y otras partes interesadas para desarrollar e implementar soluciones eficaces para la detección de incendios forestales.



Figura 62: ODS 17

Al abordar la detección de incendios forestales mediante tecnologías inteligentes y sostenibles, estás ayudando a proteger el medio ambiente y promover un desarrollo más seguro y resiliente para las comunidades afectadas.



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL
DISEÑO**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Curso 2022/2023

TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de
Visión Artificial y Aprendizaje Automático.

DOCUMENTO 5. FICHAS TÉCNICAS

AUTOR: Cosmin Ionescu
TUTOR: Dr. Enrique Berjano Zanón

Contenido

- DOCUMENTO N°1. MEMORIA**
- DOCUMENTO N°2. PLIEGO DE CONDICIONES.**
- DOCUMENTO N°3. PRESUPUESTOS.**
- DOCUMENTO N°4. ODS.**
- DOCUMENTO N°5. FICHAS TÉCNICAS.**

| | |
|----------------------------|-----|
| 1. Nvidia Jetson Nano..... | 104 |
| 2. TP-Link | 108 |

DOCUMENTO N°6. PLANOS

1. Nvidia Jetson Nano



Key Features and Power

Jetson Nano Module

- > 128-core NVIDIA Maxwell™ GPU
- > Quad-core ARM® Cortex® A57 CPU
- > 4 GB 64-Bit LPDDR4
- > 10/100/1000BASE-T Ethernet
- > HDMI/DisplayPort
- > M.2 Key E
- > Gigabit Ethernet
- > GPIOs, I2C, I2S, SPI, UART
- > MIPI-CSI camera connector
- > Fan connector

Power Options

- > Micro-USB 5V 2A
- > DC power adapter 5V 4A

Kit Contents

- > NVIDIA Jetson Nano module with heatsink and reference carrier board
- > Quick Start guide and support guide

I/O

- > USB 3.0 Type A
- > USB 2.0 Micro-B

TECHNICAL SPECIFICATIONS

| | Developer Kit |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| GPU | 128-core NVIDIA Maxwell architecture GPU |
| CPU | Quad-core ARM® Cortex®-A57 MPCore processor |
| Memory | 4GB 64-bit LPDDR4 |
| Storage | microSD (Card not included) |
| Video Encoder | 1x 4K30 2x 1080p60 4x 1080p30 9x 720p30 (H.264/H.265) |
| Video Decoder | 1x 4K60 2x 4K30 4x 1080p60 8x 1080p30 18x 720p30 (H.264/H.265) |
| Camera | 2x 15-pin 2-lane MIPI CSI-2 camera connectors |
| Connectivity | Gigabit Ethernet, M.2 Key E |
| Display | 1x HDMI 2.0, 1x DP 1.2 |
| USB | 4x USB 3.0 Type-A connectors 1x USB 2.0 Micro-B connector |
| Others | 40-pin header (UART, SPI, I2S, I2C, PWM, GPIO) 12-pin automation header 4-pin fan header 4-pin POE header DC power jack Power, Force Recovery, and Reset buttons |
| Mechanical | 100mm x 79mm x 30.21mm (height includes carrier board, module, and thermal solution.) |

Table 1 Power and System Control Pin Descriptions

| Pin | Name | Direction | Type | PoR | Description |
|--------------------------------------------------------------------|-----------------|---------------|------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 251 252 253 254 255 256 257 258 259 260 | VDD_IN | Input | 5.0V | | Power: Main DC input, supplies PMIC and other regulators |
| 235 | PMIC_BBAT | Bidirectional | 1.65V-5.5V | | Power: PMIC Battery Back-up. Optionally used to provide back-up power for the Real-Time Clock (RTC). |
| 240 | SLEEP/WAKE* | Input | CMOS – 5.0V | PU | Sleep / Wake. Configured as GPIO for optional use to place system in sleep mode or wake system from sleep. |
| 214 | FORCE_RECOVERY* | Input | CMOS – 1.8V | PU | Force Recovery: strap pin |
| 237 | POWER_EN | Input | CMOS – 5.0V | | Module on/off: high = on, low = off. |
| 233 | SHUTDOWN_REQ* | Output | CMOS – 5.0V | z | Shutdown Request: used by the module to request a shutdown from the carrier board (POWER_EN low). 100kΩ pull-up to VDD_IN (5V) on the module. |
| 239 | SYS_RESET* | Bidirectional | Open Drain, 1.8V | 1 | Module Reset. Reset to the module when driven low by the carrier board. When module power sequence is complete used as carrier board supply enable. Used to ensure proper power on/off sequencing between module and carrier board supplies. 4.7kΩ pull-up to 1.8V on the module. |
| 178 | MOD_SLEEP* | Output | CMOS – 1.8V | | Indicates the module sleep status. Low is in sleep mode, high is normal operation. This pin is controlled by system software and should not be modified. |

Table 2: PMIC_BBAT Pin Descriptions

| Pin | Name | Description | Direction | Pin Type |
|-----|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|
| 235 | PMIC_BBAT | PMIC Battery Back-up. Optionally used to provide back-up power for the Real-Time Clock (RTC). Connects to Lithium Cell or super capacitor on Carrier Board. PMIC is supply when charging cap or coin cell. Super cap or coin cell is source when system is disconnected from power. Constant current of 2.0μA for 2.5V; 2.3μA for 3.3V typical; 4.2μA maximum. | Bidir | 1.65V-5.5V |

Table 3 Power Domains

| Power Domain | Power Island in Domain | Modules in Power Island |
|-------------------|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|
| RTC (VDD_RTC) | N/A | PMC (Power Management Controller) |
| | | RTC (Real Time Clock) |
| CORE (VDD_SOC) | NPG (Non-Power-Gated) | AHB, APB Bus, AVP, Memory Controller (MC/EMC), USB 2.0, SDMMC |
| | VE, VE2 | ISPs (image signal processing) A and B, VI (video input), CSI (Camera Serial Interface) |
| | NVENC | Video Encode |
| | NVDEC | Video Decode |
| | NVJPG | JPG accelerator and additional Video Decode |
| | PCX | PCIe |

| Power Domain | Power Island in Domain | Modules in Power Island |
|---------------|------------------------|-------------------------------|
| | SOR | HDMI, DSI, DP |
| | IRAM | IRAM |
| | DISP-A, DISP-B | Display Controllers A and B |
| | XUSBA, XUSBB, XUSBC | USB 3.0 |
| | VIC | VIC (Video Image Compositor) |
| | ADSP | APE (Audio Processing Engine) |
| | DFD | Debug logic |
| GPU (VDD_GPU) | GPU | 3D, FE, PD, PE, RAST, SM, ROP |
| CPU (VDD_CPU) | CPU 0 | CPU 0 |
| | CPU 1 | CPU 1 |
| | CPU 2 | CPU 2 |
| | CPU 3 | CPU 3 |
| | Non-CPU | L2 Cache for Main CPU complex |
| | TOP | Top level logic |

Figure 2 Power-up Sequence (No Power Button – Auto-Power-On Enabled)

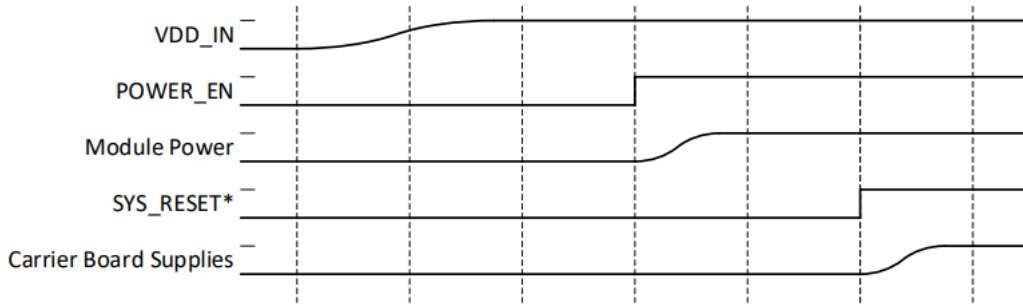


Figure 3 Power Down Sequence (Initiated by SHUTDOWN_REQ* Assertion)

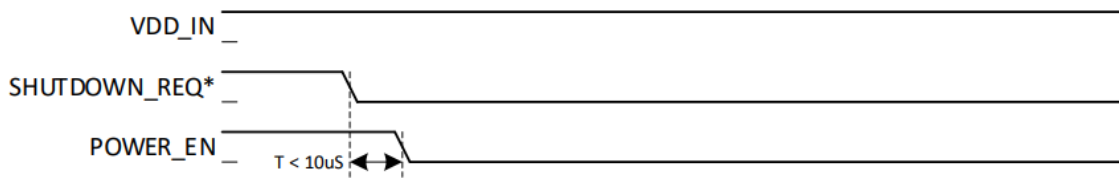


Figure 4 DPD Wait Times

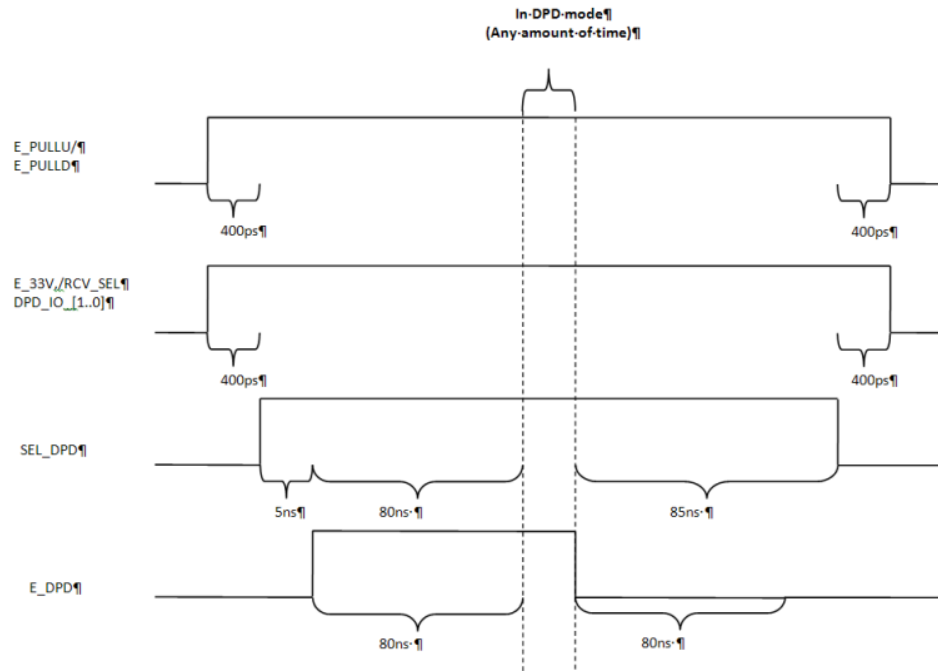


Table 6 Dedicated GPIO Pin Descriptions

| Pin | Name | Direction | Type | PoR | Alternate Function |
|-----|-----------|---------------|------------------|-----|-------------------------------------|
| 87 | GPIO00 | Bidirectional | Open-Drain [DD] | 0 | USB VBUS Enable (USB_VBUS_EN0) |
| 118 | GPIO01 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | Camera MCLK #2 (CLK) |
| 124 | GPIO02 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 126 | GPIO03 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 127 | GPIO04 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 128 | GPIO05 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 130 | GPIO06 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 206 | GPIO07 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | Pulse Width Modulation Signal (PWM) |
| 208 | GPIO08 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | Fan Tachometer |
| 211 | GPIO09 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | Audio Clock (AUD_MCLK) |
| 212 | GPIO10 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 216 | GPIO11 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | Camera MCLK #3 |
| 218 | GPIO12 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 228 | GPIO13 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | Pulse Width Modulation Signal |
| 230 | GPIO14 | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | Pulse Width Modulation Signal |
| 114 | CAM0_PWDN | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |
| 120 | CAM1_PWDN | Bidirectional | CMOS – 1.8V [ST] | pd | |

2. TP-Link

300Mbps Mini Wireless N USB Adapter

TL-WN823N

⦿ Features:

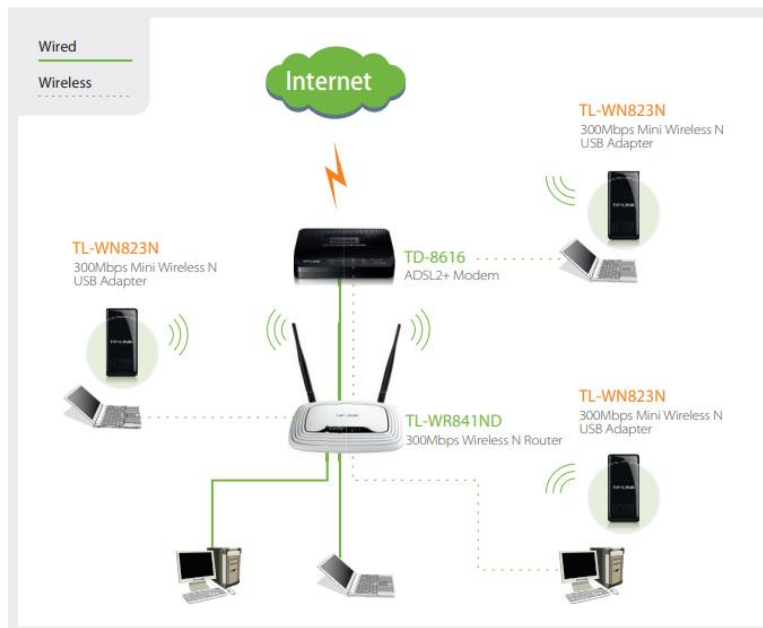
- Wireless N speed up to 300Mbps makes the TL-WN823N ideal for HD video streaming, online gaming and VoIP calls
- Easy one-touch wireless security encryption with the WPS(Wi-Fi Protected Setup) button
- Supports Soft AP function for Wireless Internet Sharing
- Supports 64/128 WEP, WPA/WPA2, WPA-PSK/WPA2-PSK security
- Supports Windows 8/7/Vista/XP 32/64bit
- Supports ad-hoc and infrastructure mode
- Supports Sony PSP X-Link for lag-free online gaming for Windows XP
- Bundled utility provides quick & hassle free installation
- Seamlessly compatible with 802.11b/g/n products



⊙ Specifications:

| HARDWARE FEATURES | |
|-----------------------|-----------------------------------------------------|
| Interface | USB 2.0 |
| Button | Wi-Fi Protected Setup (WPS) Button |
| Dimensions (Wx Dx H) | 1.54x 0.72x 0.31 in. (39x 18.35x 7.87mm) |
| Antenna Type | Internal |
| Antenna Gain | 0dBi |
| WIRELESS FEATURES | |
| Wireless Standards | IEEE 802.11b, IEEE 802.11g, IEEE 802.11n |
| Frequency | 2.400~2.4835GHz |
| Signal Rate | 11b: Up to 11Mbps(dynamic) |
| | 11g: Up to 54Mbps(dynamic) |
| | 11n: Up to 300Mbps(dynamic) |
| EIRP | <20dBm (EIRP) |
| Reception Sensitivity | 300M: -65dBm@10% PER |
| | 270M: -65dBm@10% PER |
| | 130M: -68dBm@10% PER |
| | 108M: -68dBm@10% PER |
| | 54M: -72dBm@10% PER |
| | 11M: -85dBm@8% PER |
| | 6M: -87dBm@10% PER |
| Wireless Modes | Soft AP Mode |
| | Client Mode (support Ad-hoc/Infrastructure network) |
| Wireless Security | 64/128-bit WEP, WPA / WPA2, WPA-PSK / WPA2-PSK |
| Modulation Technology | DBPSK, DQPSK, CCK, OFDM, 16-QAM, 64-QAM |

⊙ Diagram:



Package:

- 300Mbps Mini Wireless N USB Adapter TL-WN823N
- Resource CD
- Quick Installation Guide

Related Products:

- 300Mbps Wireless N Router TL-WR841ND
- ADSL2+ Modem TD-8616



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA DEL
DISEÑO**

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

Curso 2022/2023

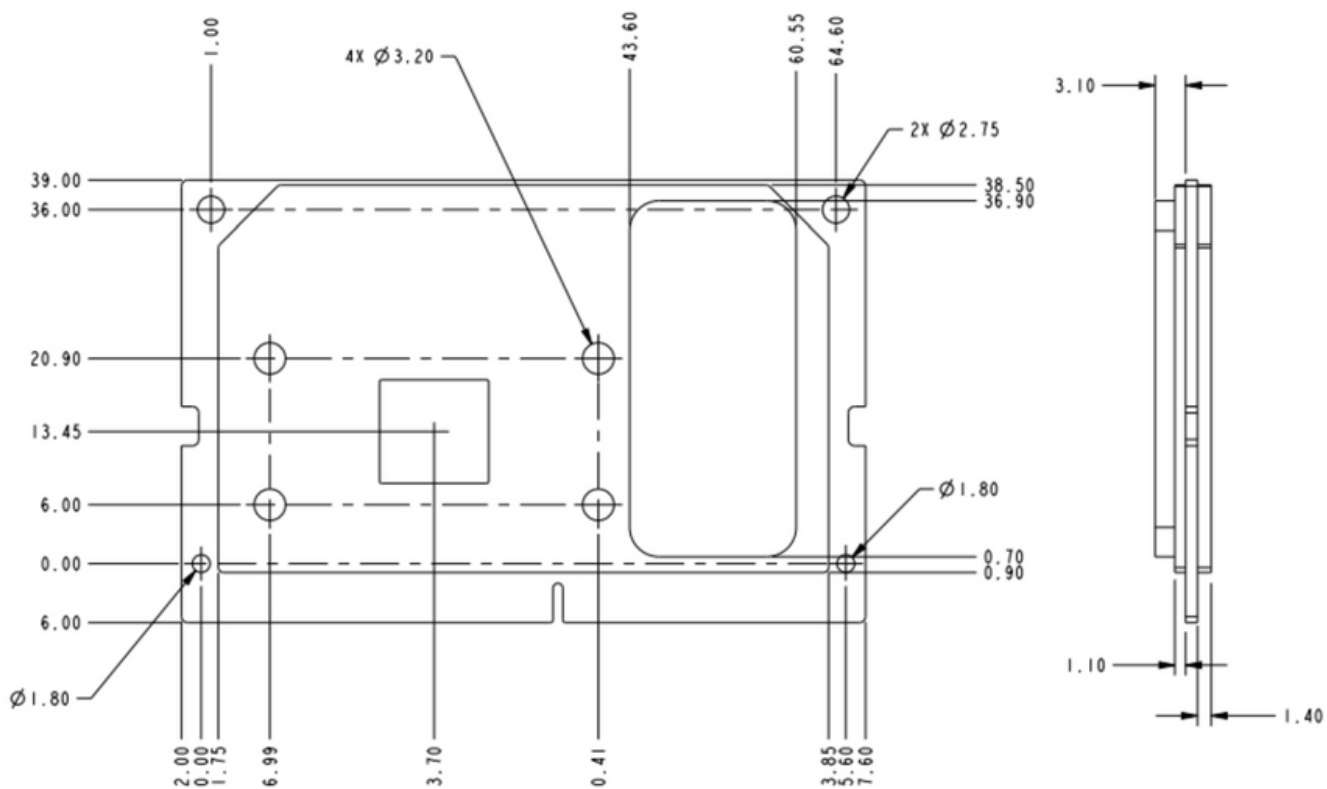
TRABAJO DE FIN DE GRADO:

Detección de Incendios Forestales por Vía Aérea con Tecnología de
Visión Artificial y Aprendizaje Automático.

DOCUMENTO 6. PLANOS

AUTOR: Cosmin Ionescu

TUTOR: Dr. Enrique Berjano Zanón



Proyecto: Vista superior y lateral del módulo con el contorno de la cubierta

Fecha: 20/06/2023

Titular: Cosmin Ionescu

Escala

Emplazamiento: Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia

1:1

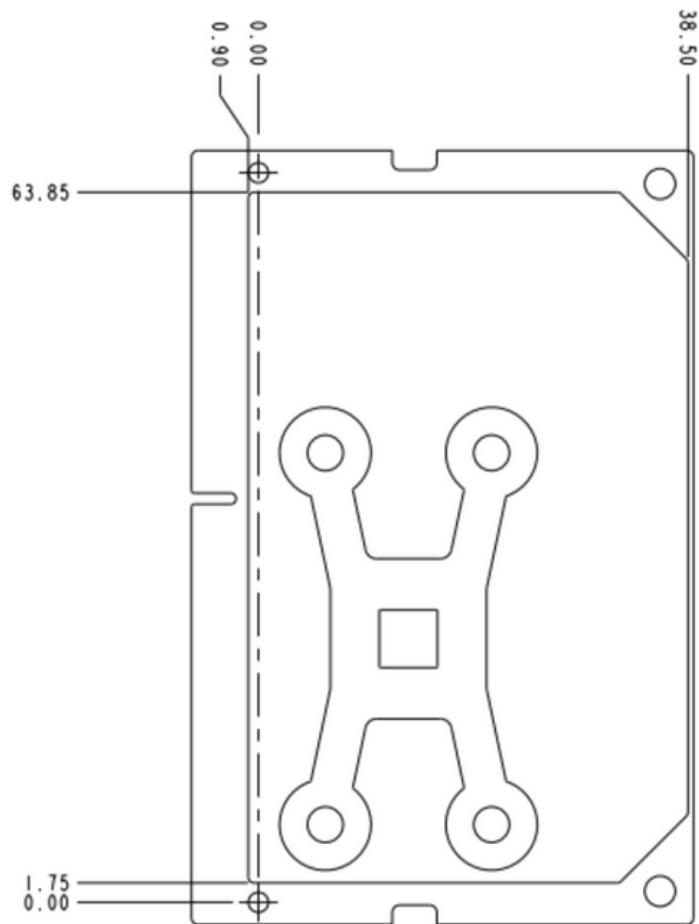
Autor:

Plano:

Cosmin Ionescu

Plano: Esquema electrónico 1

1



Proyecto: Parte inferior de 8 módulos con contorno de cubierta.

Fecha: 22/06/2023

Titular: Cosmin Ionescu

Escala

1:1

Emplazamiento: Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia

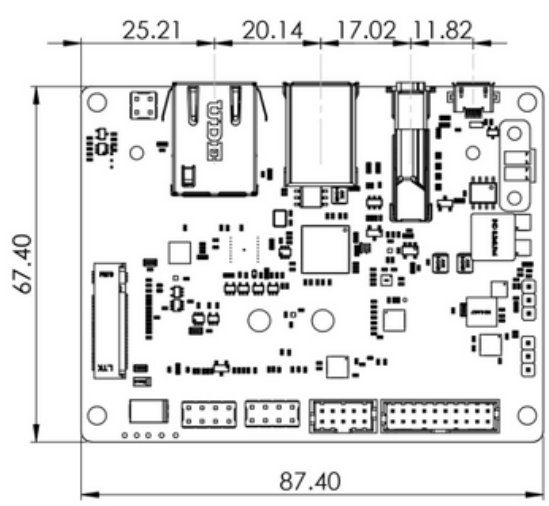
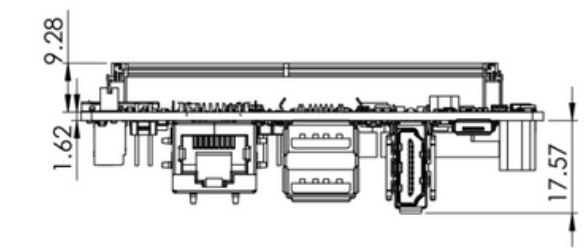
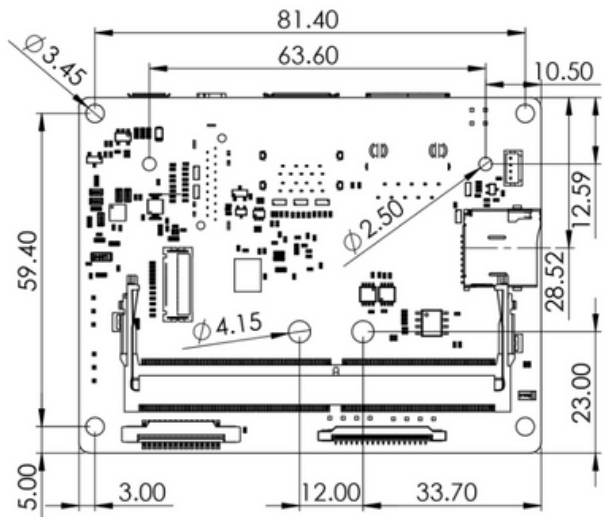
Autor:

Plano:

Cosmin Ionescu

Plano: Esquema electrónico 2

2



| | | |
|------------------------------------------------------------|------------------------------|-------------------|
| Proyecto: Sistema Embebido de Nvidia Jetson Nano | | Fecha: 22/06/2023 |
| Titular: Cosmin Ionescu | | Escala 1:2 |
| Emplazamiento: Camí de Vera, s/n, 46022 València, Valencia | | |
| Autor: Cosmin Ionescu | Plano: Esquema electrónico 3 | Plano: 3 |