

INVESTIGACIÓN DEL MÉTODO ÓPTIMO DE VISIÓN ARTIFICIAL Y REDES NEURONALES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ATERRIZAJE DE UN CUADRICÓPTERO

LUIS ROBALINO
FABRICIO SEGOVIA

**VOLAR NO ES UN CAMINO DE ROSAS, PERO POR LA
DIVERSIÓN VALE LA PENA EL PRECIO.**

AMELIA EARTH

- **OBJETIVOS**
- **PROBLEMA**
- **HIPOTESIS**
- **MULTIROTOR**
- **CONTROL AUTÓNOMO**
- **RNA Y VISIÓN ARTIFICIAL**
- **CONCLUSIONES**

OBJETIVOS

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

INVESTIGAR EL CONJUNTO ÓPTIMO DE TÉCNICAS EN VISIÓN ARTIFICIAL Y REDES NEURONALES QUE PERMITAN LA IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE ATERRIZAJE EN UN CUADRICÓPTERO.

OBJETIVOS

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ENTRENAR LAS REDES NEURONALES CON UNA BASE DE DATOS PARA IDENTIFICAR EL OBJETIVO (HELIPAD) O PUNTO DE ATERRIZAJE.
- IDENTIFICAR LOS PARÁMETROS DEL VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) NECESARIOS PARA CONTROLAR EL ATERRIZAJE
- ACOPLAR EL SISTEMA DE CONTROL AL VEHÍCULO AÉREO NO TRIPULADO (UAV) PARA REALIZAR LAS PRUEBAS DE SU FUNCIONAMIENTO.
- CALIBRAR Y CORREGIR POSIBLES EVENTUALIDADES PARA OPTIMIZAR EL PROYECTO.
- ANALIZAR LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

PROBLEMA

PROBLEMA

“ASÍ COMO EL DESPEGUE, EL ATERRIZAJE DE UNA AERONAVE PRESUPONE DEL PILOTO CONCENTRACIÓN EXTREMA Y EJECUCIÓN PRECISA DE LA TÉCNICAS CORRESPONDIENTES” (ZEIDAN, 1990)

HIPOTESIS

HIPOTESIS

SE PUEDE OBTENER UN MÉTODO ÓPTIMO DE VISIÓN ARTIFICIAL Y REDES NEURONALES QUE PERMITA EL ATERRIZAJE DE UN CUADRICÓPTERO

MULTIROTOR

CONFIGURACIÓN

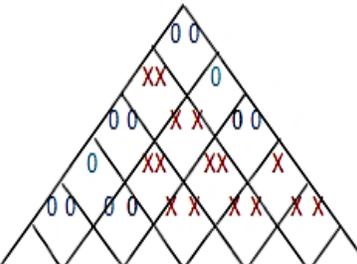
CUADRICÓPTERO TIPO X

- DISEÑO SIMPLE.
- NO DISPONE DE PARTES MÓVILES.
- ESTABILIDAD EN VUELO.
- CARGA MAYOR A SU PESO.



ELECCIÓN DEL MULTIROTOR

| CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS | PRIORIDAD (1 - 5) | Peso Total (g.) | Tiempo de Vuelo | Capacidad de Batería | Vibración Cámara | Disponibilidad Mercado | Precio | EVALUACION COMPETITIVA | | | | | | | | | |
|------------------------------------|-------------------|-----------------|-----------------|----------------------|------------------|------------------------|--------|------------------------|-----|-----|----|-----|---|---|---|--|---|
| | | | | | | | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | | |
| REQUERIMIENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Peso < 1500 g. | 3 | 5 | 5 | 5 | 5 | 4 | 2 | ABC | | | | | | | | | |
| Tiempo de vuelo > 10 min. | 3 | 5 | 5 | 4 | 2 | 2 | 3 | | ABC | | | | | | | | |
| Capacidad de la batería > 4000mah. | 2 | 3 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | | | ABC | | | | | | | |
| Vibración de la cámara < ± 0,04 | 4 | 0 | 0 | 0 | 5 | 2 | 4 | | | | AC | | | | | | |
| Tamaño de imagen cámara < 13MPx | 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 1 | | | | | ABC | | | | | |
| Precio < 800 | 5 | 3 | 4 | 5 | 4 | 5 | 5 | | | | | | | | A | | |
| Disponibilidad < 1 semana | 5 | 1 | 1 | 1 | 1 | 5 | 5 | | | | | | | | | | A |
| IMPORTANCIA % 100 | | 56 | 65 | 67 | 74 | 91 | 88 | | | | | | | | | | |
| IMPORTANCIA RELATIVA / 10 | | 6 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | | | | | | | | | | |



| CORRELACION |
|-----------------|
| OO MUY POSITIVA |
| O POSITIVA |
| X NEGATIVA |
| XX MUY NEGATIVA |



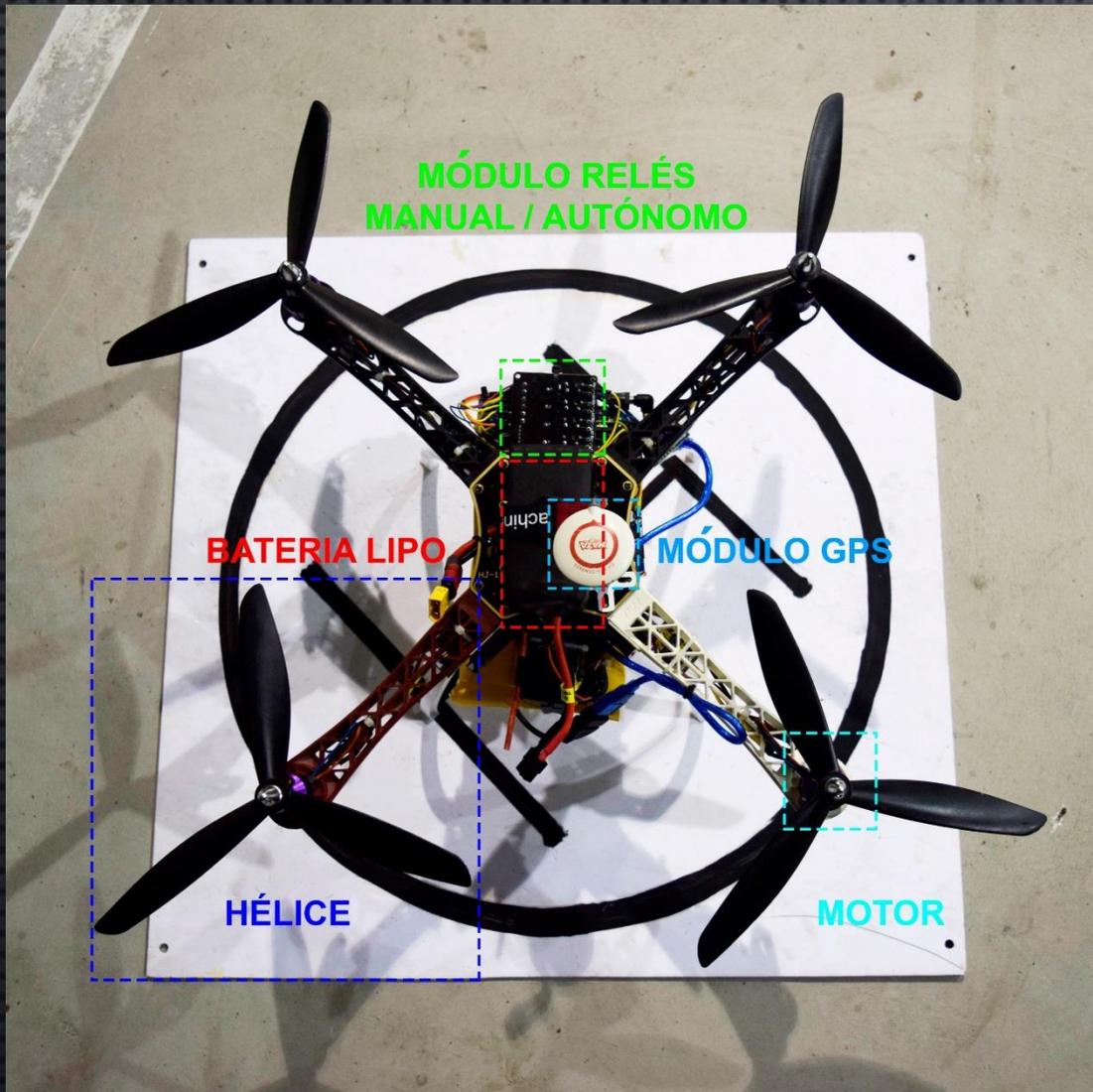
MULTIROTOR

DISPOSITIVOS

DISPOSITIVOS



DISPOSITIVOS



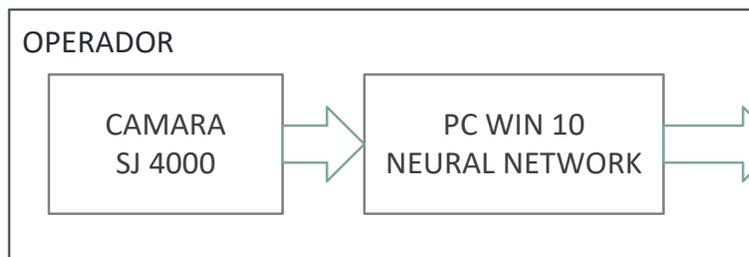
CONTROL AUTÓNOMO

CONTROL AUTÓNOMO

QUANUM VENTURE DRONE

B)

CONTROL



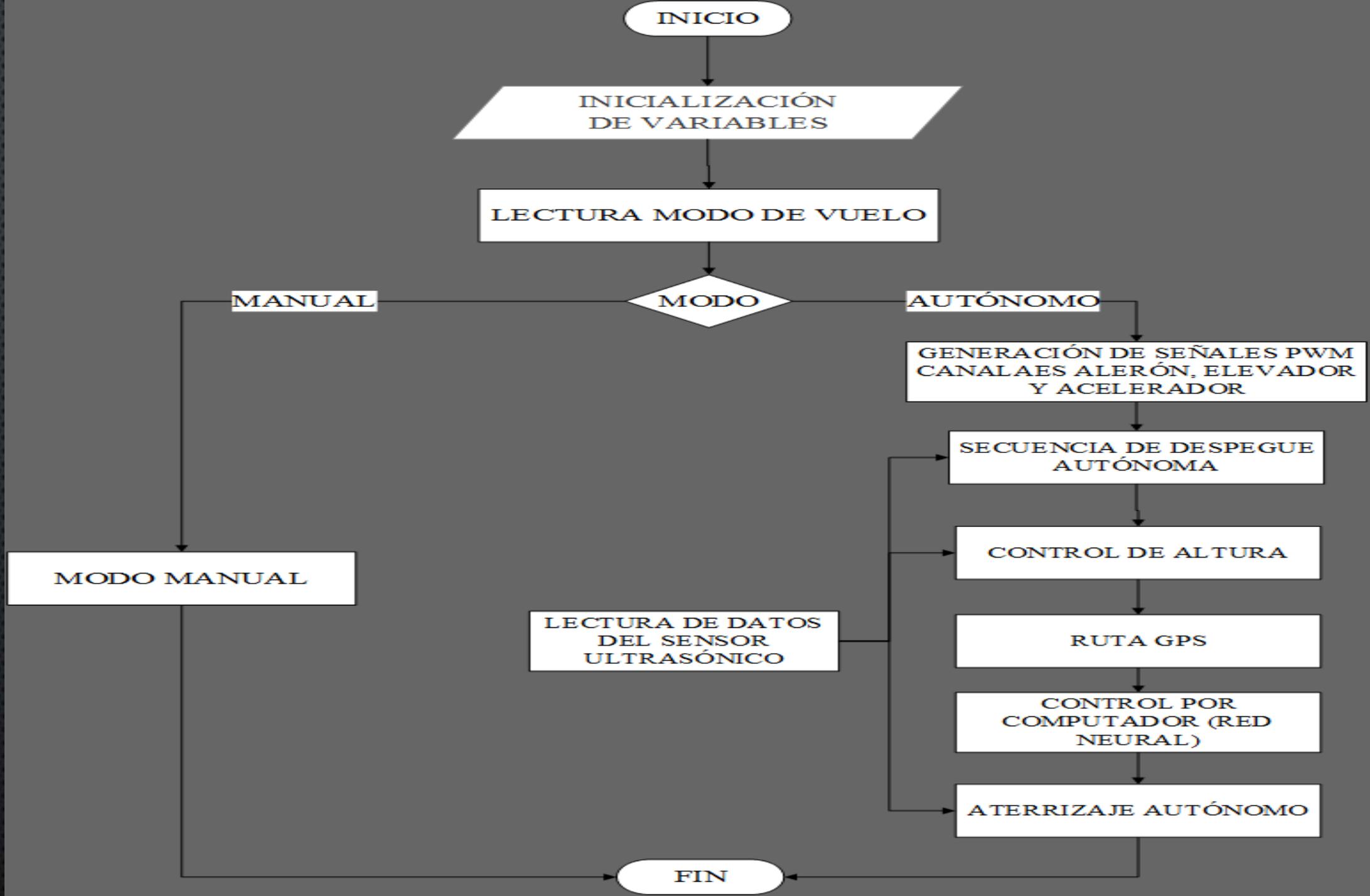
CONTROLADOR DE VUELO



POTENCIA

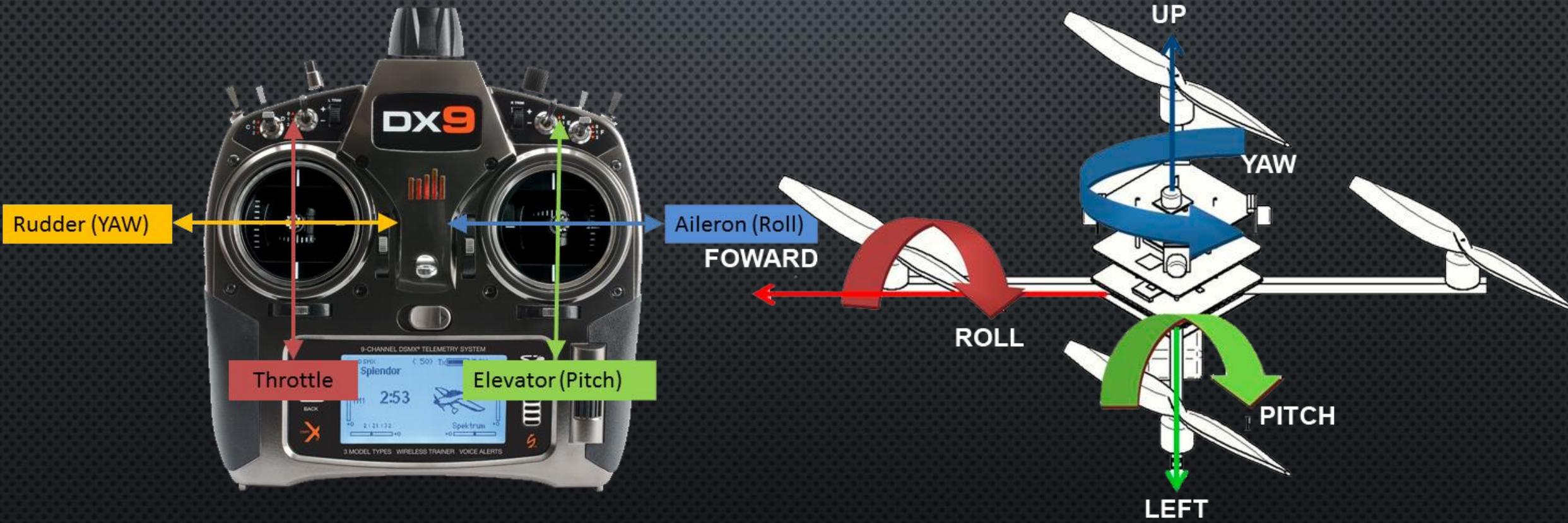


BATERIA LIPO 11.1 v / 5 A



CONTROL AUTÓNOMO

SEÑALES PWM



CONTROL AUTÓNOMO

SEÑALES PWM



CANAL 1 / ELVADOR

$$T = 19500 \mu\text{s}$$

$$f = 51,282 \text{ Hz}$$

CONTROL AUTÓNOMO

SEÑALES PWM

CANAL 1 / ELVADOR NIVEL MÍNIMO



$$t_{min} = 1060 \mu S$$

$$D_{min} = 5,43 \%$$



CONTROL AUTÓNOMO

SEÑALES PWM

CANAL 1 / ELVADOR NIVEL MEDIO



$$t_{med} = 1440 \mu S$$

$$D_{med} = 7,38 \%$$



CONTROL AUTÓNOMO

SEÑALES PWM

CANAL 1 / ELVADOR NIVEL MÁXIMO



$$t_{max} = 1880 \mu\text{s}$$

$$D_{max} = 9,64 \%$$



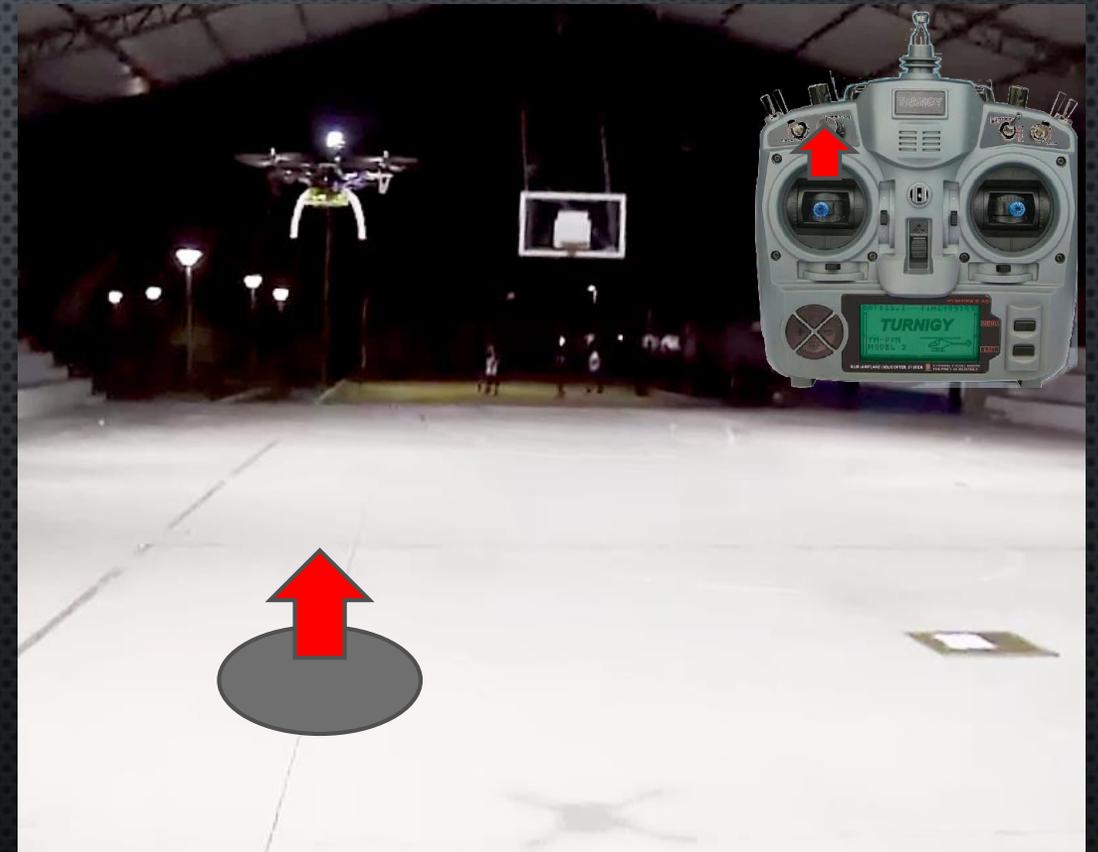
CONTROL AUTÓNOMO

DESPEGUE AUTÓNOMO

ACELERADOR
CANAL 3

$$t_{DESPEGUE} = 1532 \mu S \quad 60\%$$

2,9 kg.

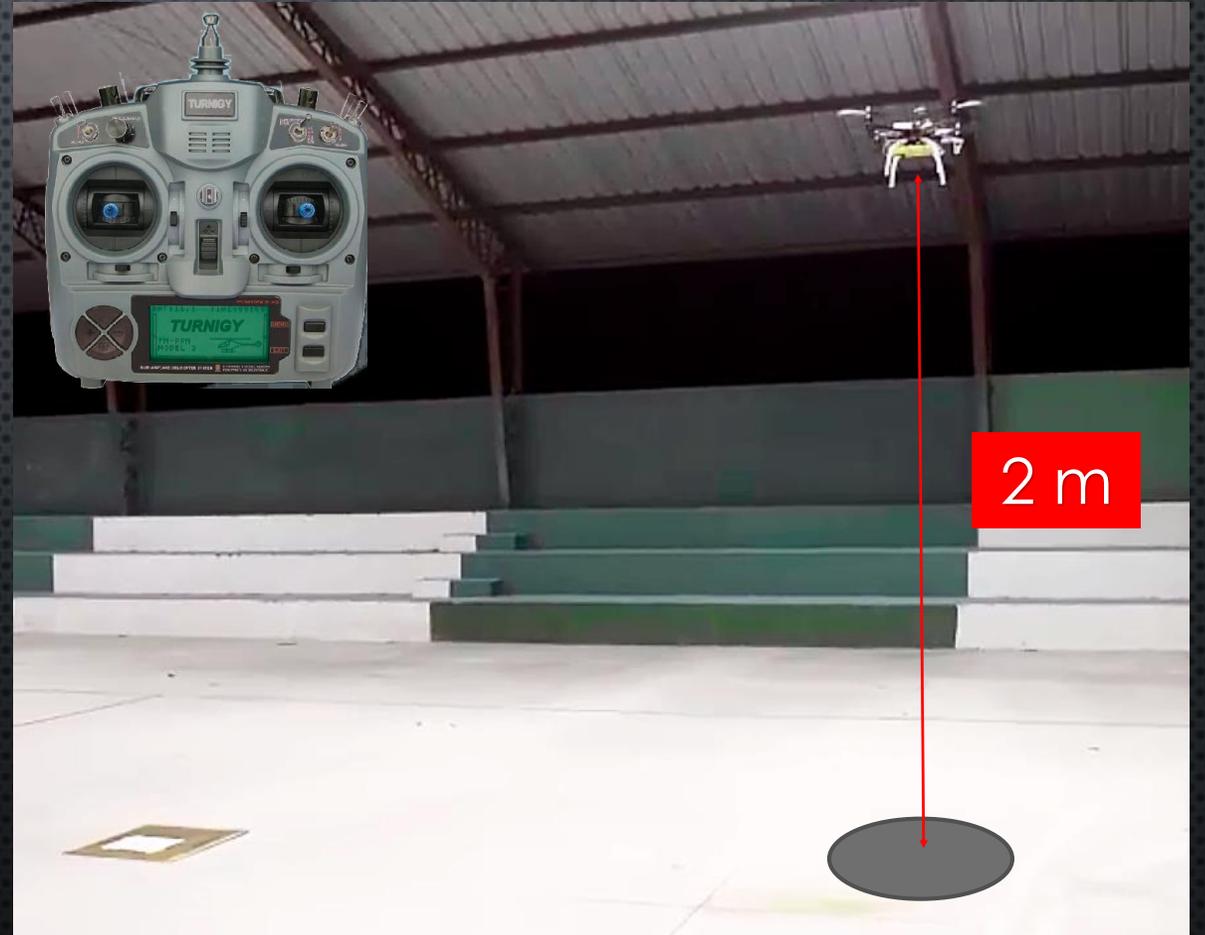


CONTROL AUTÓNOMO

CONTROL DE ALTURA

ACELERADOR
CANAL 3

$$t_{ALTURA} = 1466 \mu S \quad 52\%$$

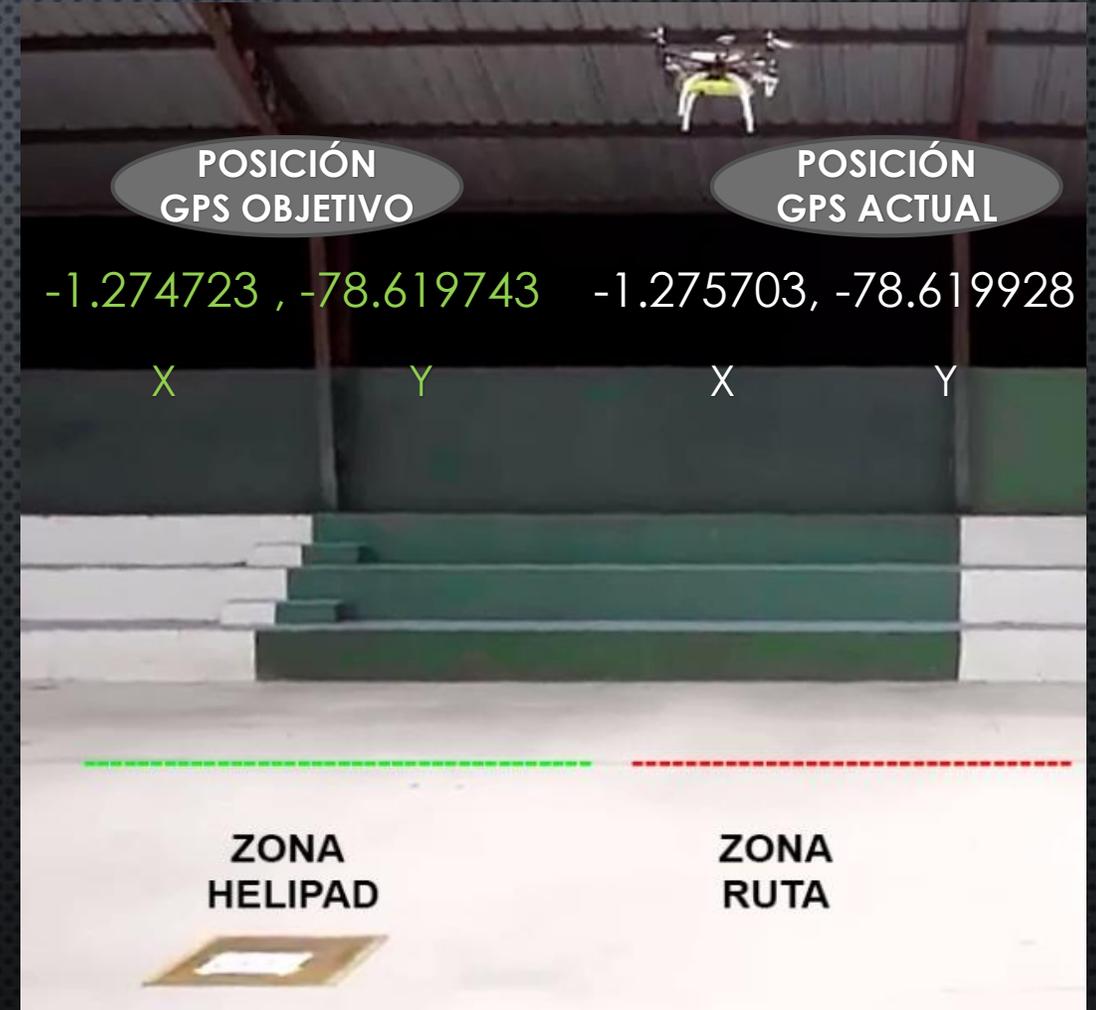


RUTA GPS



$$t_{ALERÓN} = 1480 \mu S \quad 8\%$$
$$t_{ELEVADOR} = 1423 \mu S \quad 8\%$$

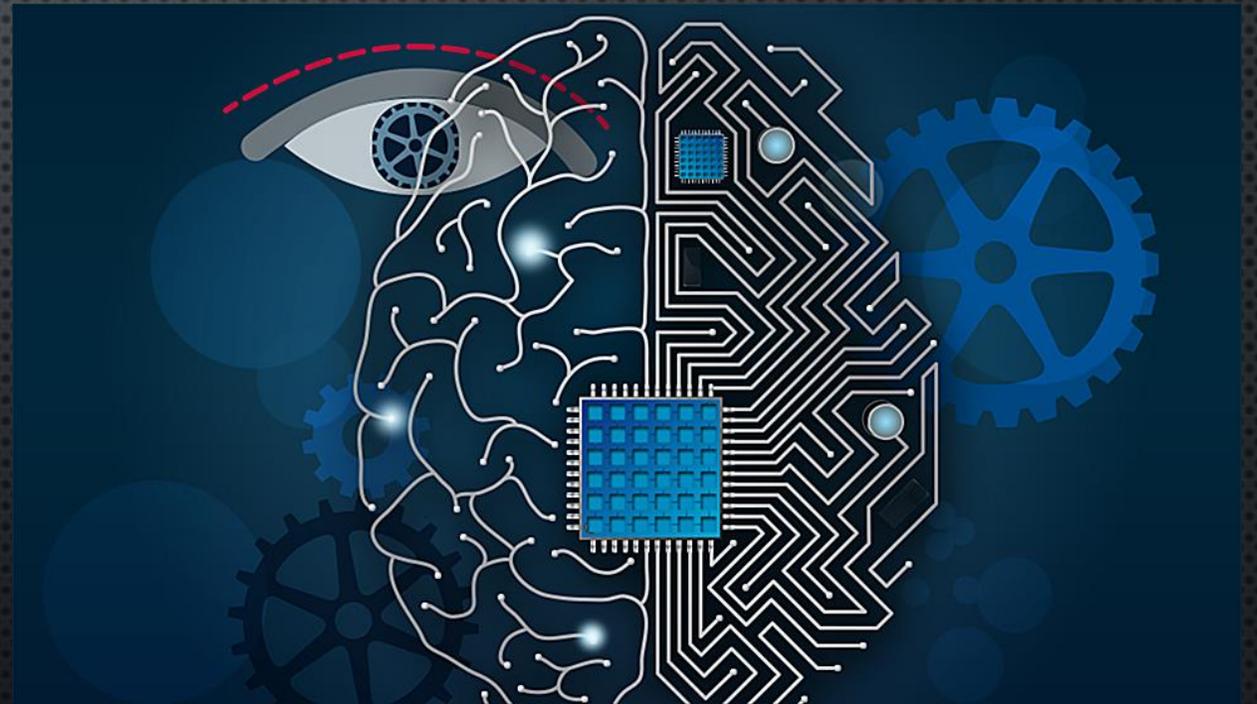
CONTROL AUTÓNOMO



REDES NEURONALES ARTIFICIALES y VISIÓN ARTIFICIAL

REDES NEURONALES ARTIFICIALES y VISIÓN ARTIFICIAL

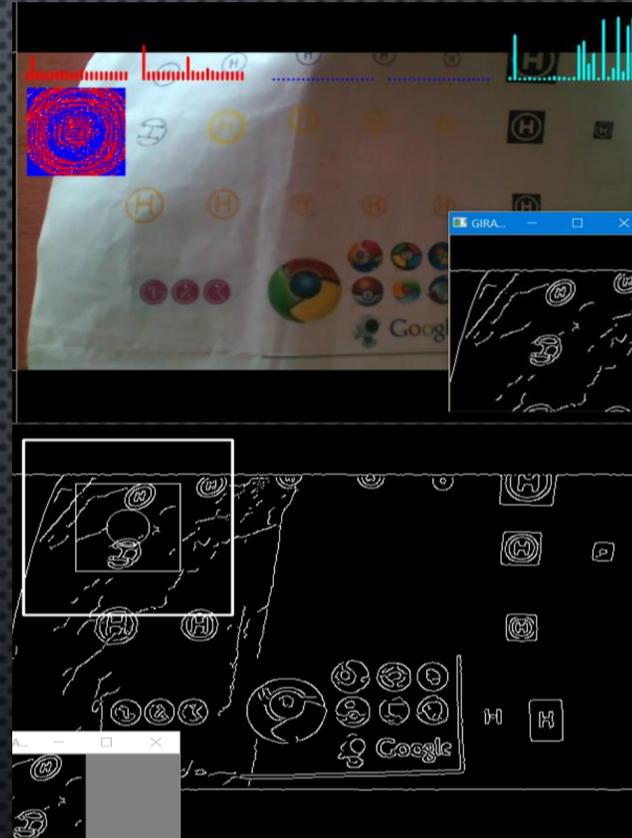
- ENTRENADOR DE LA PRIMERA RNA
- ENTRENADOR DE LA SEGUNDA RNA
- BUSCADOR



ENTRENADOR DE LA PRIMERA RNA

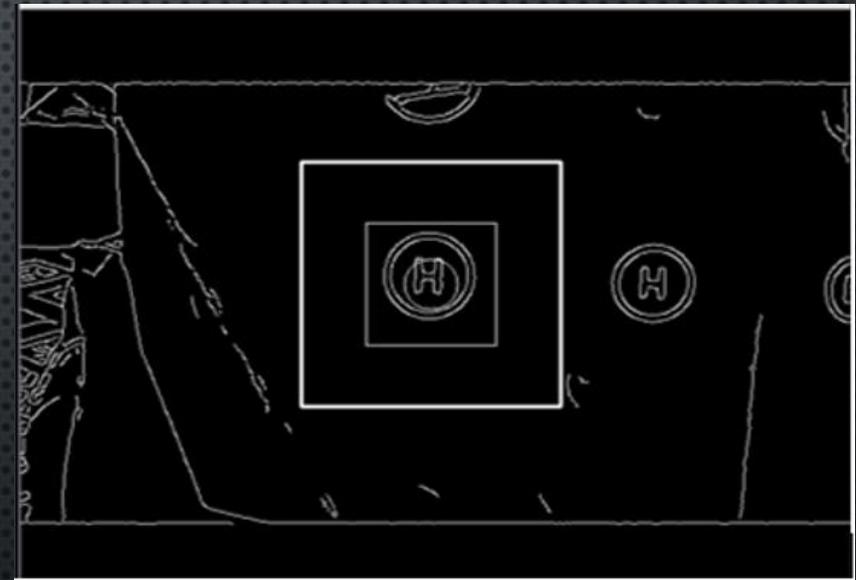
ENTRENADOR PRIMERA RNA

- ALIMENTACIÓN DE IMAGEN BINARIZADA
- RED NEURONAL DE TRES CAPAS
- ENTRENAMIENTO POR PROPAGACIÓN HACIA ATRÁS

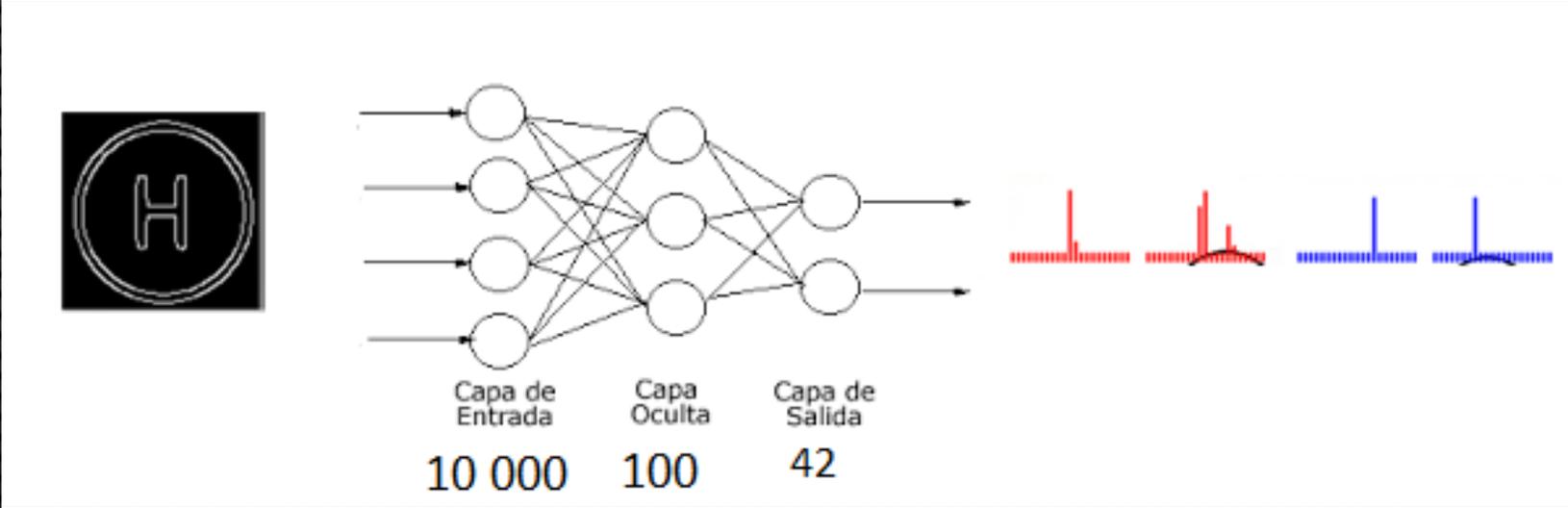


ALIMENTACIÓN DE LA IMAGEN BINARIZADA

- CAPTURAR LA IMAGEN (DESDE UN ARCHIVO PREFERENCIA)
- BINARIZACIÓN DE LA IMAGEN (CANNY)
- ATRAPA UN IMAGEN DE 200 X 200 PX DE LA IMAGEN BINARIZADA (SE PUEDE GIRAR ESTA IMAGEN)
- COGE UNA IMAGEN DE (100 X 100 PX) DE LA IMAGEN DE 200 X 200, SE PUEDE DESPLAZAR DESDE EL CENTRO 21PX EN "X" Y 21 EN "Y"



RED NEURONAL ARTIFICIAL DE TRES CAPAS

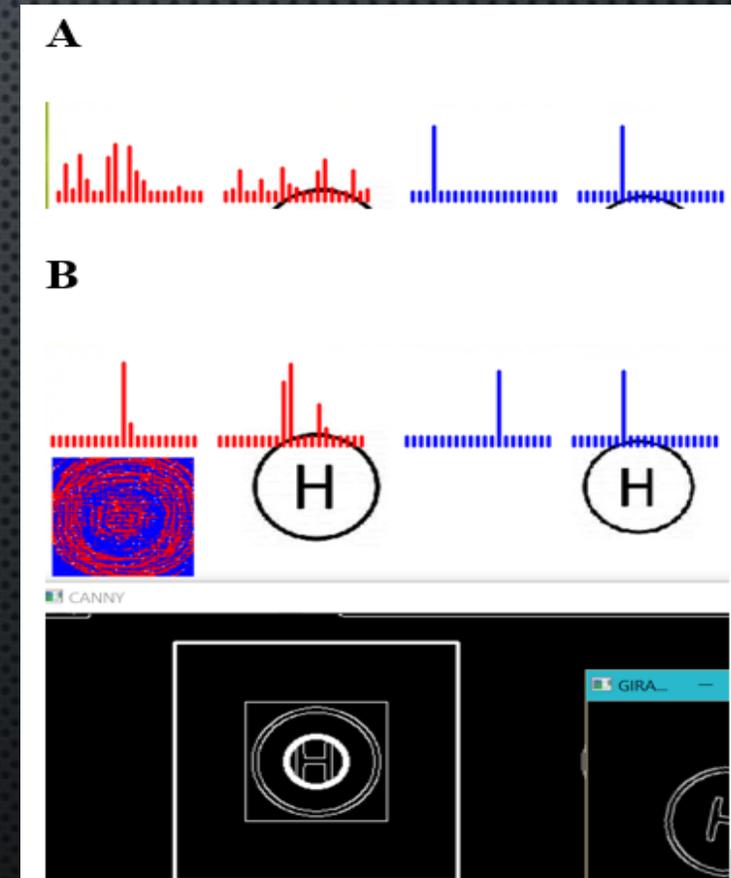


- CAPA DE ENTRADA 10 000 NODOS
 SE ALIMENTA DA LA IMAGEN DE 100X100 PÍXELES
- CAPA ESCONDIDA 100 NODOS
- CAPA DE SALIDA 42 NODOS
 (POSICIÓN EN “X” E “Y” DEL HELIPAD)

| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|
| posiciones ROI en "x" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 | -5 | -6 | -7 | -8 | -9 | -10 |
| neuronas de salida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| posiciones ROI en "y" | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 | -1 | -2 | -3 | -4 | -5 | -6 | -7 | -8 | -9 | -10 |
| neuronas de salida | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | 38 | 39 | 40 | 41 | 42 |

ENTRENAMIENTO POR PROPAGACIÓN HACIA ATRÁS

- ENTRENAR COMPARANDO EL ERROR ENTRE LA POSICIÓN REAL DEL HELIPAD Y LA POSICIÓN DETECTADA POR LA RED
- ENTRENAMIENTO PROGRESIVO PARA EVITAR LA APARICIÓN DE MÍNIMOS LOCALES
 - ENTRENAR SOLO CAMBIANDO EL TAMAÑO
 - ENTRENAR CAMBIANDO EL ÁNGULO DE LA IMAGEN Y EL TAMAÑO
 - ENTRENAR CAMBIANDO LA POSICIÓN DEL HELIPAD CON RESPECTO AL CENTRO DE LA IMAGEN, CAMBIANDO EL ÁNGULO Y EL TAMAÑO



ENTRENADOR DE LA SEGUNDA RNA

ENTRENADOR DE LA SEGUNDA RNA

ESTA RED SE ENTRENA CON LAS SALIDAS DE LA PRIMERA RED NEURONAL (CON LAS POSICIONES DEL HELIPAD) Y A LA SALIDA MUESTRA SI ES O NO EL DESPLAZAMIENTO DE UN HELIPAD

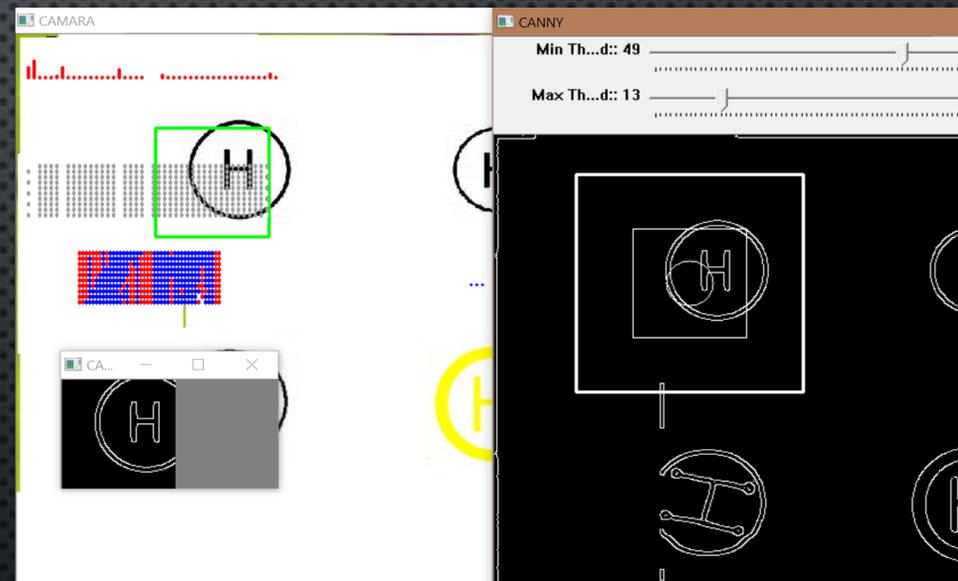
PARA ENTRENAR ES NECESARIO LA PRESENCIA DE LA PRIMERA RED

- IMPLEMENTACIÓN DE LA CAPTURA IMAGEN
- IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA Y SEGUNDA RED EN CASCADA
- ENTRENAMIENTO DE LA SEGUNDA RNA



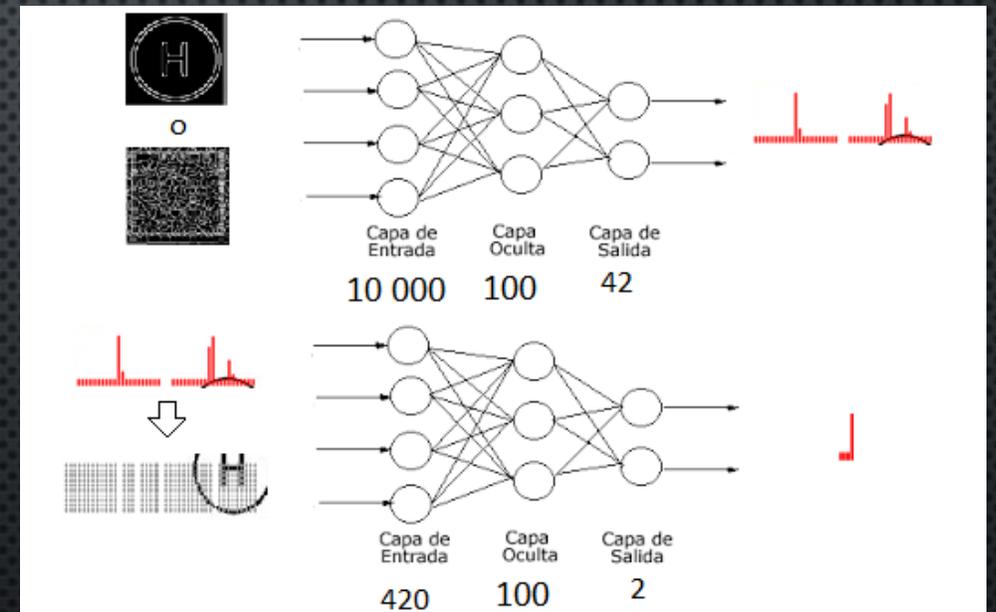
IMPLEMENTACIÓN DE LA CAPTURA IMAGEN

- CAPTURA DE IMAGEN DESDE LA CÁMARA
- BINARIZACIÓN DE LA IMAGEN CAPTURADA CANNY
- CAPTURA DE UNA ZONA DE LA IMAGEN EN POSICIÓN "X" "Y" BINARIZADA (100x100PX)
- CREAR IMAGEN DE 100*100 PX PARA INGRESAR COMO CONTRA EJEMPLO



IMPLEMENTACIÓN DE LA PRIMERA Y SEGUNDA RNA EN CASCADA

- IMPLEMENTAR LA CAPTURA DE IMAGEN
- IMPLEMENTAR LA PRIMERA RNA CON EL CONOCIMIENTO ADQUIRIDO EN EL PRIMER ENTRENAMIENTO
- CREAR UNA SEGUNDA RNA (420 NODOS DE ENTRADA, 100 NODOS EN LA SEGUNDA CAPA Y 2 NODOS EN LA TERCERA CAPA)
- CONECTAR LA IMAGEN CREADA (100x100 PX) Y LA IMAGEN CAPTURADA(100x100PX) A LAS 10 000 ENTRADAS DE LA PRIMERA RNA (CAMBIAN CADA 10 SICLO)
- CREAR UNA MATRIZ DE (42 x 10) EN ESTA INGRESARÁN LOS DATOS DE SALIDA DE LA PRIMERA RED Y ALIMENTARA A LA ENTRADA DE LA SEGUNDA RNA



ENTRENAMIENTO DE LA SEGUNDA RNA



- CABE RECALCAR QUE ESTA RNA ENTRENA CON LAS POSICIONES DEL HELIPAD
- PARA ESTE ENTRENAMIENTO SE LE INGRESA A LA SEGUNDA RED LAS POSICIONES DEL HELIPAD EN 10 CICLOS DE PROCESAMIENTO Y LUEGO SE MUESTRA UN CONTRA EJEMPLO TAMBIÉN EN 10 CICLOS
- CUANDO SE MUESTRA EL HELIPAD SE DISPARA UN TARGET QUE INDICA QUE ESTA Y CUANDO ES EL CONTRA EJEMPLO SE ACTIVE OTRO TARGET
- USANDO BACKPROPAGATION SE ENTRENA LA RED COMPARANDO CADA TARGET CON UNA NEURONA DE SALIDA DE LA SEGUNDA RNA

BUSCADOR

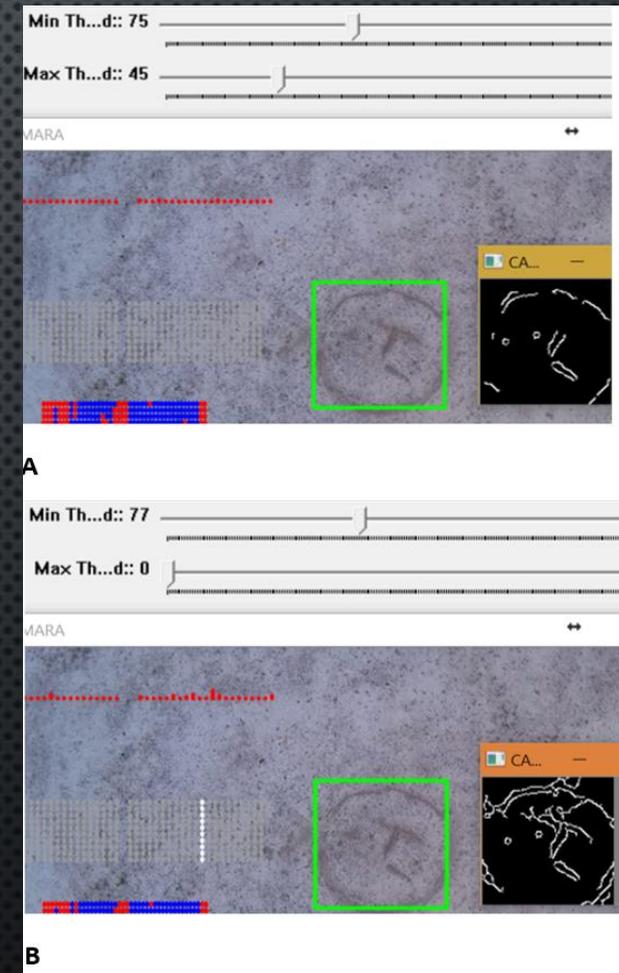
BUSCADOR

EL BUSCADOR ES EL PROGRAMA ENCARGADO DE MAPEAR LA ZONA, ENCONTRAR EL HELIPAD, ENVIAR LA POSICIÓN EN LA QUE SE ENCUENTRA Y ORDENAR ATERRIZAR; PARA ESTO SE REALICE.

- IMPLEMENTAR LA CAPTURA DE IMAGEN Y FILTRO CANNY.
- IMPLEMENTAR LAS 2 RNA EN CASCADA.
- IMPLEMENTAR EL PREDICTOR DE FLUJO ÓPTICO LUCAS KANADE.
- IMPLEMENTAR LOS ALGORITMOS NECESARIOS PARA LA COMUNICACIÓN SERIAL.

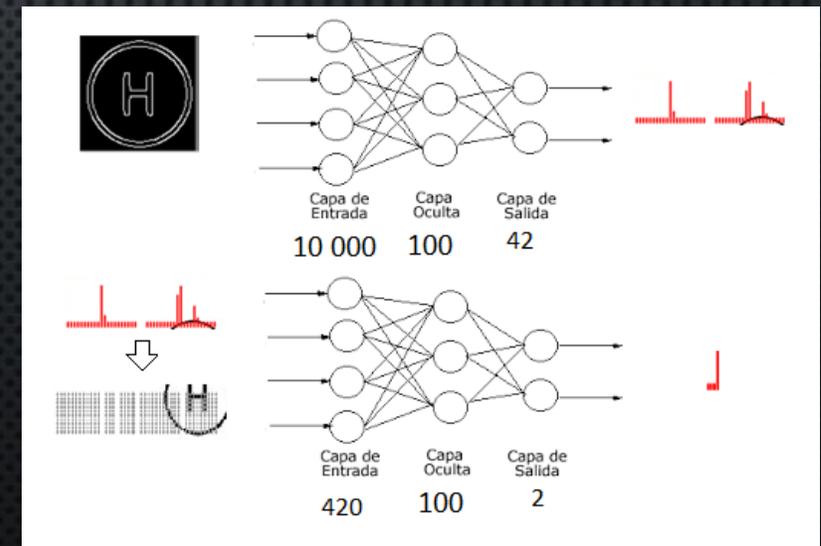
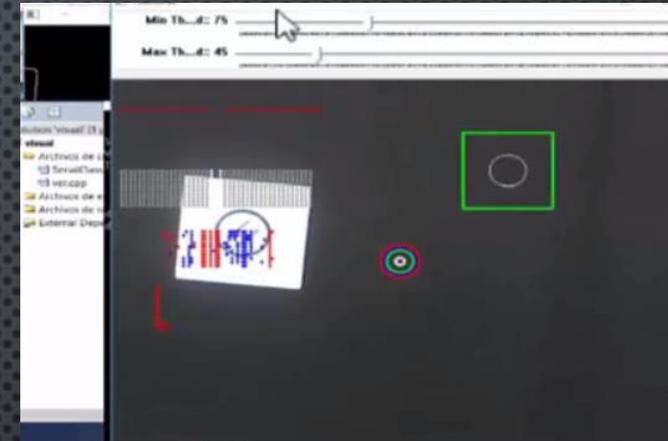
IMPLEMENTAR LA CAPTURA DE IMAGEN Y FILTRO CANNY

- SE CAPTURA UNA IMAGEN DESDE LA CÁMARA.
- SE TOMA UNA PARTE DE LA IMAGEN CAPTURADA DE 100x100PX (ROI) EN LA POSICIÓN "X" "Y".
- SE APLICA EL ALGORITMO DE CANNY A LA ROI.
- SE IMPLEMENTA UN CONTROL MANUAL DEL THRESHOLD PARA MEJORAR EL RECONOCIMIENTO EN TERRENOS MUY RUGOSOS



IMPLEMENTAR LAS 2 RNA EN CASCADA.

- IMPLEMENTAR LAS 2 RNA ENTRENADAS E INGRESAR LOS PESOS DE LOS ENTRENADORES (CONOCIMIENTO DE CADA RED).
- CONECTAR LOS NODOS DE ENTRADA DE LA RNA 1 A LOS VALORES DE LA ROI BINARIZADA.
- ALIMENTAR UNA MATRIZ DE 42×10 CON LOS VALORES DE SALIDA DE LA RNA 1 EN 10 CICLOS.
- INGRESAR LOS 420 VALORES DE LA MATRIZ A LA RNA 2.
- DESPLAZAR LA ROI POR LA IMAGEN CAPTURADA DESDE LA CÁMARA EN BUSCA DEL HELIPAD (INDICA EL NODO DE SALIDA DE LA RNA 2)



IMPLEMENTAR EL PREDICTOR DE FLUJO ÓPTICO LUCAS KANADE.

LUCAS KANADE NOS PERMITE SEGUIR LA POSICIÓN DE LA IMAGEN QUE ESTE DENTRO DE LA ROI YA QUE TOMA LOS BORDES DE LA MISMA.

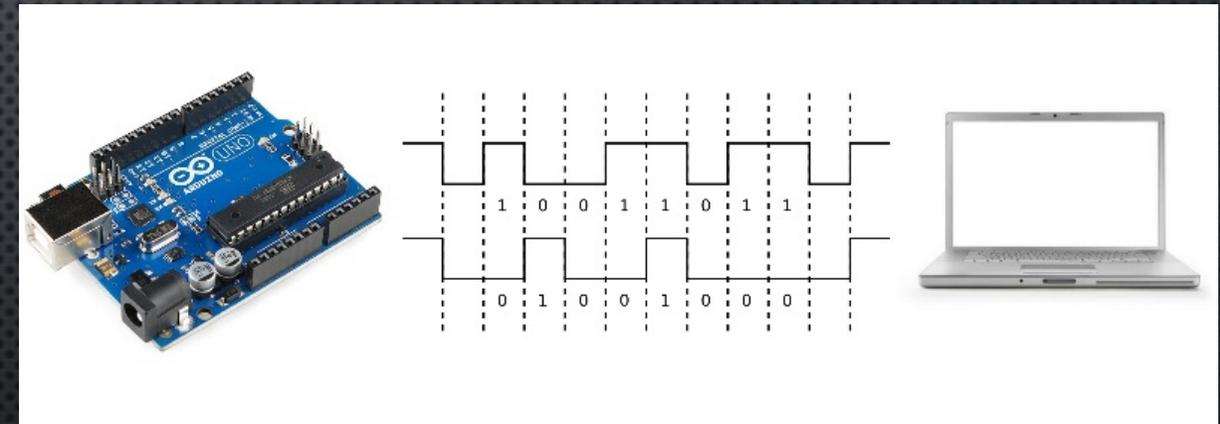
- LUEGO DE DEFINIR QUE EXISTE UN HELIPAD DENTRO DE LA ROI (EXCITACIÓN NODO 2 SALIDA RNA 2).
- CAPTURA PUNTOS DE INTERÉS (ESQUINAS) DENTRO DE LA ROI.
- SE PASAN ESTOS DATOS A LA IMAGEN ATRAPADA DESDE LA CÁMARA.
- SE CALCULA EL CENTROIDE APROXIMADO Y EL ERROR QUE EXISTE ENTRE ESTE Y EL CENTRO DE LA IMAGEN



IMPLEMENTAR LOS ALGORITMOS NECESARIOS PARA LA COMUNICACIÓN SERIAL.

ESTAS LIBRERÍAS Y SUB PROGRAMA PERMITE TRASFERIR DATOS ENTRE EL ARDUINO Y EL COMPUTADOR.

- PERMITE ESPERAR AL MOMENTO CUANDO EL DRONE ESTE EN POSICIÓN DE BÚSQUEDA PARA COMENZAR A DESPLAZAR LA ROI.
- PERMITE ENVIAR LA POSICIÓN DE LA ROI CON RESPECTO AL CENTRO DE LA IMAGEN CAPTADA POR LA CÁMARA,
- PERMITE ENVIAR LA ORDEN DE ATERRIZAJE.

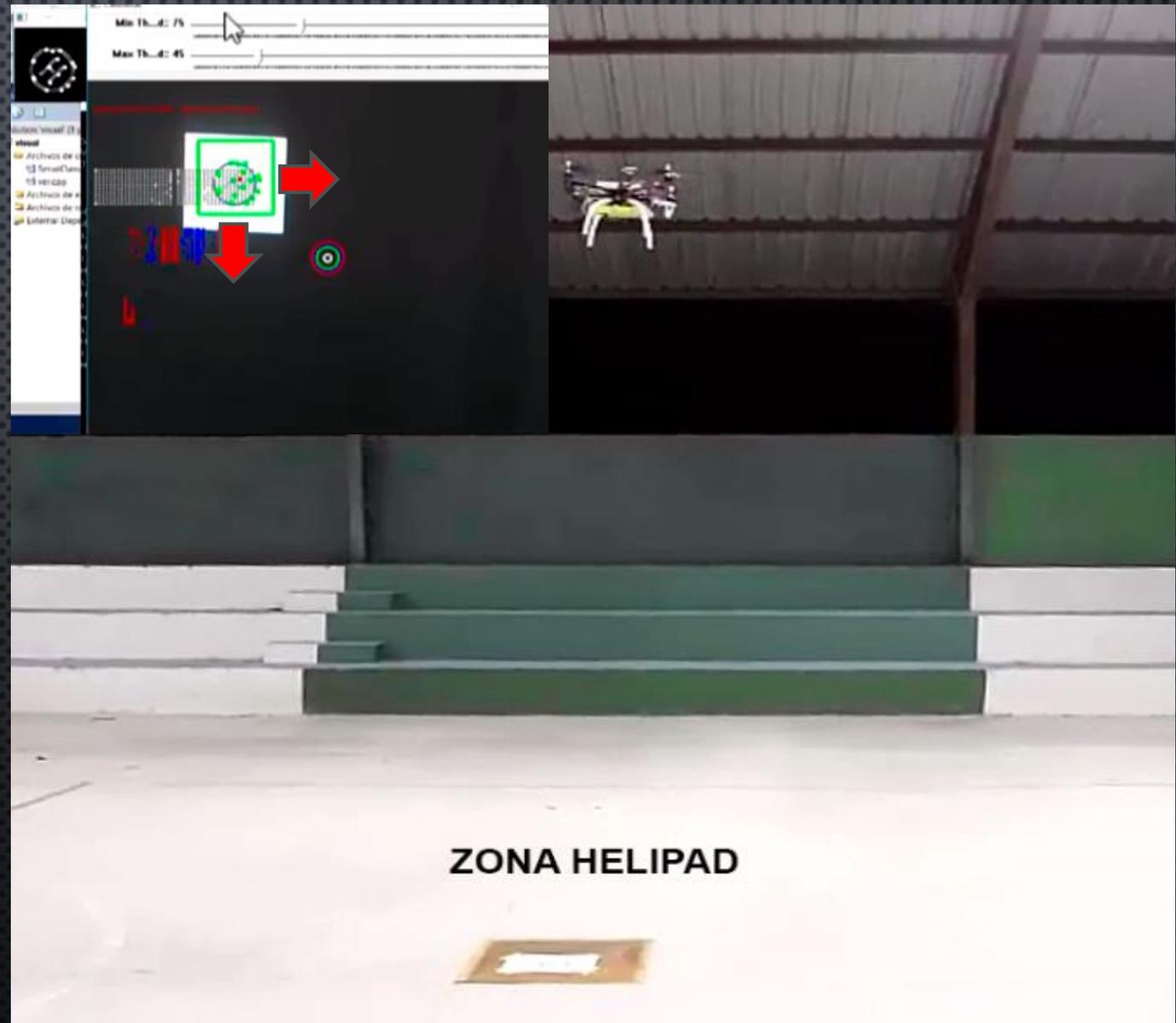


POSICIONAMIENTO NEURAL

CONTROL AUTÓNOMO

CÓDIGOS DE DIRECCIÓN DEL MULTIROTOR HACIA EL HELIPAD

| | CÓDIGO | DIRECCIÓN |
|------------|--------|-------------------------------|
| ALERÓN | A | 20 % Derecha |
| | B | 15 % Derecha |
| | C | 10 % Derecha |
| | D | 5 % Derecha |
| | E | Estacionario |
| | F | 5 % Izquierda |
| | G | 10 % Izquierda |
| | H | 15 % Izquierda |
| | I | 20 % Izquierda |
| ELEVADOR | J | 20 % Adelante |
| | K | 15 % Adelante |
| | L | 10 % Adelante |
| | M | 5 % Adelante |
| | N | Estacionario |
| | O | 5 % Atrás |
| | P | 10 % Atrás |
| | Q | 15 % Atrás |
| | R | 20 % Atrás |
| BUSCADOR | 5 | Activa el buscador Red Neural |
| ATERRIZAJE | T | Activa el aterrizaje autónomo |

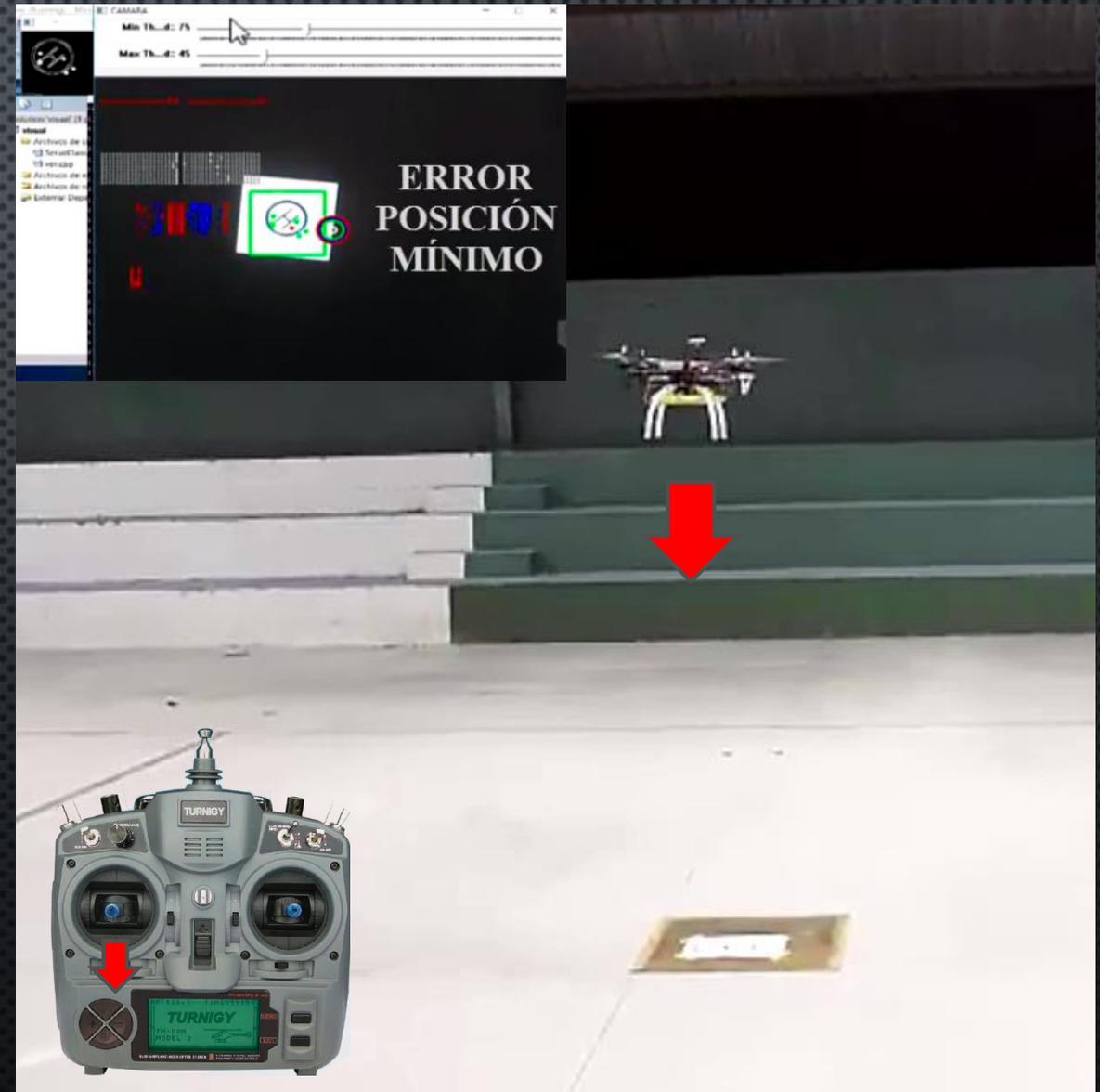


CONTROL AUTÓNOMO

ATERRIAJE AUTÓNOMO

ACELERADOR
CANAL 3

$$t_{ATERRIAJE} = 1399 \mu S \quad 44\%$$



RESULTADOS

SUPERFICIE ASFALTO

| # PRUEBAS | CONTROL | ATERRIZAJE |
|-----------|---------|------------|
|-----------|---------|------------|

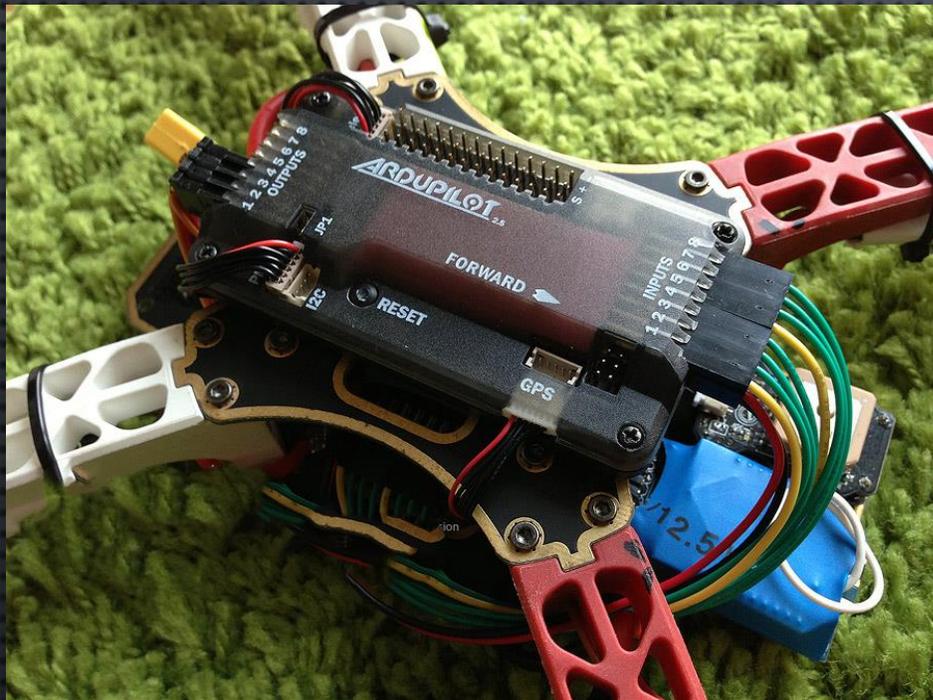
| | | |
|----|--------|--------|
| 14 | 84,37% | 86,25% |
|----|--------|--------|

| | | |
|----|--------|----------|
| 14 | 2,31 m | 29,12 mm |
|----|--------|----------|

SHELL - PUYO



ARDUPILOT VS ATERRIZAJE AUTÓNOMO



2 m



1 m

CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

SE LOGRÓ USAR DE MANERA ÓPTIMA Y COORDINADA LAS REDES NEURONALES ARTIFICIALES, ASÍ COMO TAMBIÉN UN SISTEMA DE BINARIZACIÓN DE IMAGEN Y UN PREDICTOR QUE PERMITEN IDENTIFICAR Y POSICIONAR AL DRONE SOBRE EL HELIPAD PARA EL ATERRIZAJE AUTÓNOMO.

CONCLUSIONES

- SE LOGRÓ CREAR UNA BASE DE DATOS PARA ENTRENAR LAS RNAs QUE POSTERIOR MENTE PERMITIERON RECONOCER CON ÉXITO EL PUNTO DE ATERRIZAJE SUPERANDO PROBLEMAS DE PERTURBACIONES AMBIENTALES Y VARIACIONES EN LAS MUESTRAS.
- SE CONSIGUIÓ UN ACOUPLE EXITOSO ENTRE EL DRONE, EL COMPUTADOR ABORDO, UN ARDUINO Y UN SISTEMA DE RELÉS QUE ADEMÁS PERMITE EL CONTROL MANUAL DEL UAV ADEMÁS DE GARANTIZAR EL CONTROL EN CASO DE EMERGENCIAS O FALLOS EN EL PROGRAMA.
- LUEGO DE REALIZAR DISTINTAS PRUEBAS TANTO EN TIERRA CON EJEMPLOS Y SIMULACIONES, COMO EN EL AIRE SE CONSIGUIERON RESULTADOS FAVORABLES, AÚN A PESAR DE LOS DISTINTOS PARÁMETROS AMBIENTALES COMO LA VIBRACIÓN LA LUMINOSIDAD EL TIEMPO DE VUELO ENTRE OTROS.

SI DEJAMOS VOLAR NUESTROS SUEÑOS, PODEMOS SER
CAPACES DE TODO.

BRIAN SELZNICK

GRACIAS