



**UNIVERSIDAD  
DE GRANADA**



**ETSIIT**

Escuela Técnica Superior  
de Ingenierías Informática  
y de Telecomunicación

# Control y coordinación de drones Crazyflie

**ALUMNO:** ÁNGEL HURTADO FLORES

**TUTOR:** HÉCTOR GARCÍA DE MARINA PEINADO

# ÍNDICE

## 1. Introducción

1. Descripción general
2. Objetivos
3. Planificación

## 2. Preliminares

1. Pruebas con software oficial
2. Pruebas con Paparazzi

## 3. Control de un Crazyflie

1. Control básico
2. Algoritmos GVF
3. Implementación de GVF

## 4. Coordinación entre Crazyflies

1. Algoritmos de coordinación
2. Implementación de la coordinación
3. Simulación de formaciones
4. Resultados de las formaciones

## 5. Conclusiones

# DESCRIPCIÓN GENERAL

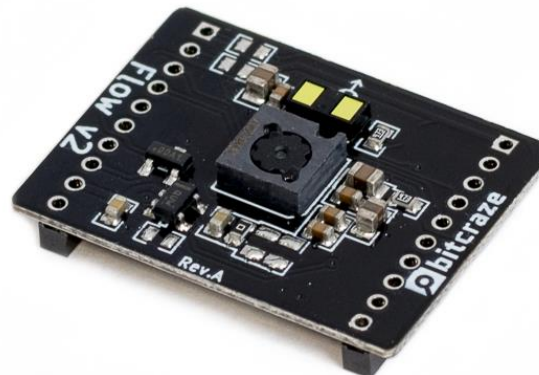
## Crazyflie 2.1

- UAV (popularmente llamado dron) de contenidas dimensiones y peso
- Se le puede cambiar el firmware por uno *open source*
- Queremos mover coordinadamente 2 o más drones



## Accesorios

- Permite mejor localización en el espacio. Ejemplo:
- Flow Deck v2, incluye altímetro y opticflow
- Permite localización relativa



## Paparazzi UAV

- Proyecto que abarca software, firmware y hardware para UAVs
- Usaremos un firmware para Crazyflie 2.1 que expandiremos
- Usaremos el software Paparazzi Center para control del dron



# OBJETIVOS

El objetivo final trata de conseguir que los **Crazyflies** puedan seguir trayectorias de forma coordinada utilizando **firmware y software open source** de **Paparazzi UAV**.

- **OBJ-1**: familiarización con el trabajo. Realización de la planificación, objetivos etc...
- **Preliminares (OBJ-2)**: pruebas que verifiquen el correcto funcionamiento
- **Control de un Crazyflie (OBJ-3)**: control de un solo Crazyflie
- **Coordinación entre Crazyflies (OBJ-4)**: extender OBJ-3 añadiendo coordinación entre 2 Crazyflies
- **Conclusiones (OBJ-5)**: entender los resultados, posibles aplicaciones y extraer conclusiones
- **OBJ-6**: Repaso general del trabajo.

# PLANIFICACIÓN

Planificación General																			
Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
	OBJ-1																		
		OBJ-2																	
			OBJ-3																
								OBJ-4											
												OBJ-5							
																OBJ-6			

# ÍNDICE

1. Introducción
  1. Descripción general
  2. Objetivos
  3. Planificación
2. **Preliminares**
  1. **Pruebas con software oficial**
  2. **Pruebas con Paparazzi**
3. Control de un Crazyflie
  1. Control básico
  2. Algoritmos GVF
  3. Implementación de GVF
4. Coordinación entre Crazyflies
  1. Algoritmos de coordinación
  2. Implementación de la coordinación
  3. Simulación de formaciones
  4. Resultados de las formaciones
5. Conclusiones

# PRUEBAS CON SOFTWARE OFICIAL

## Crazyflie 2.1

- Montamos los drones
- Actualizamos firmware, no obligatorio, pero recomendable



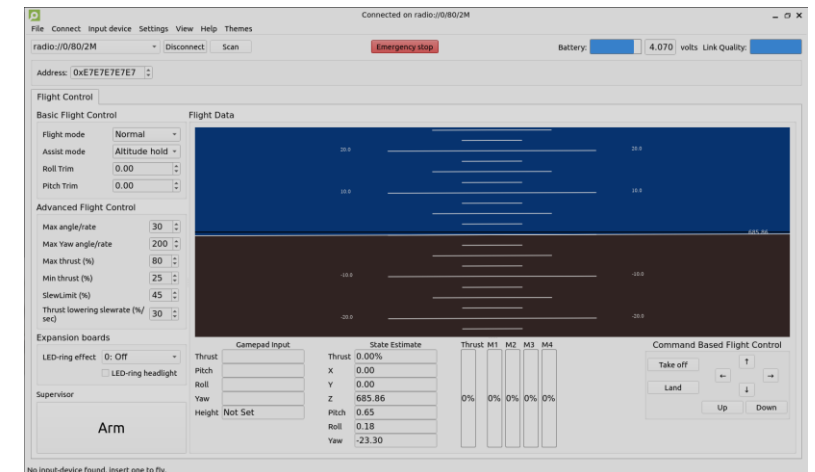
## Crazyradio 2.0

- Permite conectarnos a los Crazyflie 2.1
- No funciona de fábrica
- Necesitamos cargar el firmware



## Crazyflie Client

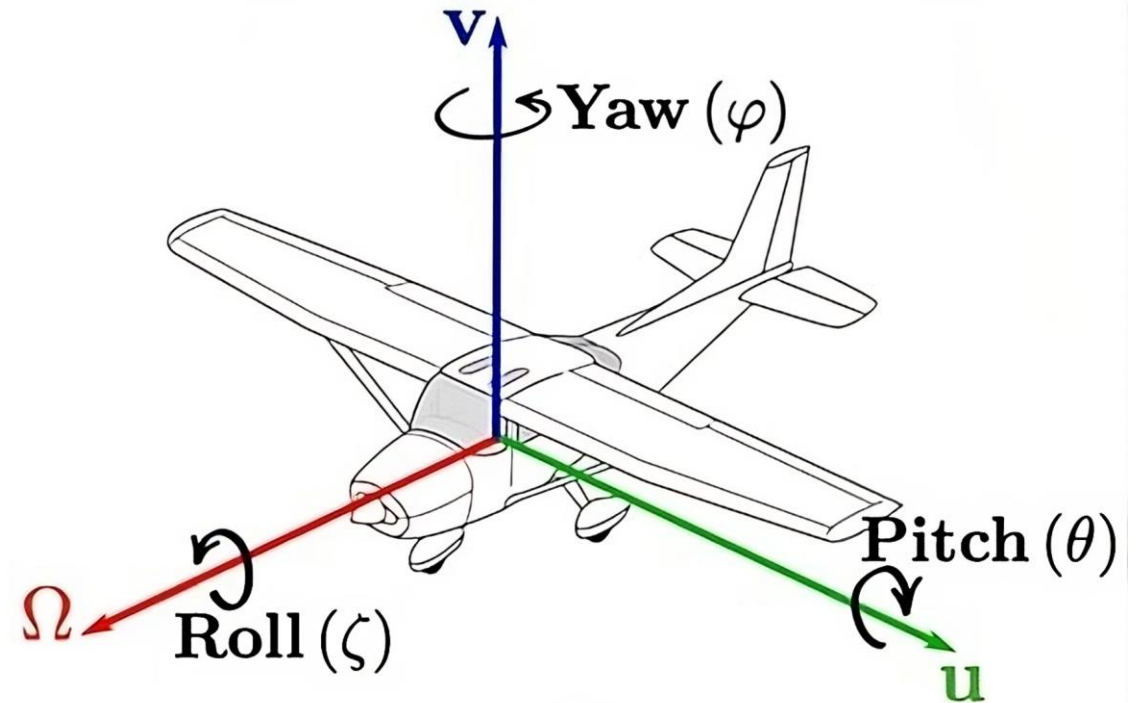
- Permite controlar los Crazyflie
- Puede actualizar el firmware de los Crazyflie
- Necesita Crazyradio 2.0



# VARIABLES DE CONTROL DE UN ROTORCRAFT

Entre las variables más típicas de control en un dron tenemos las siguientes. En **negrita** las que Crazyflie Client nos muestra:

- **Roll, pitch y yaw:** Rotación sobre los ejes X,Y,Z, respectivamente
- **Posición en los ejes X,Y,Z** (posición relativa)
- Coordenadas GPS (posición absoluta)
- **Altura**, respecto a nivel del mar o suelo
- **Throttle/Thrust o uso/empuje** de los motores
- Nivel de batería
- Velocidades y aceleraciones en cada eje





# PRIMERAS PRUEBAS



# PRUEBAS CON PAPARAZZI

## Paparazzi Center

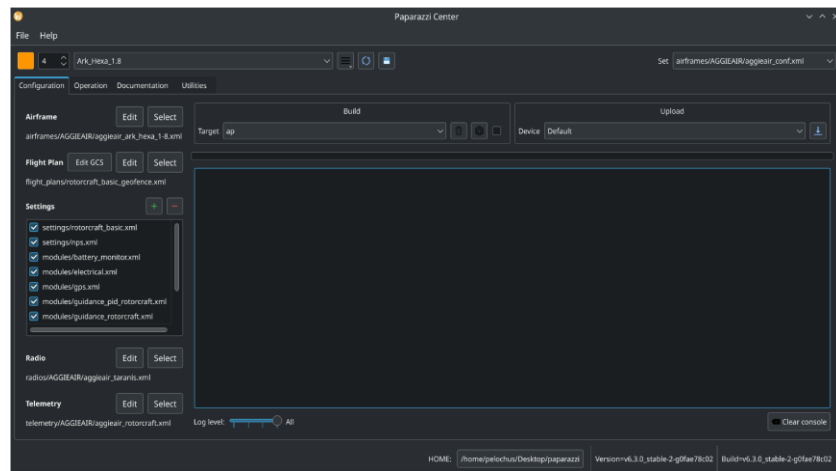
- Sustituye a Crazyflie Client
- Incluye otras herramientas como Paparazzi GCS para control de los drones

## Simulaciones

- Podemos realizar simulaciones de vuelo usando Paparazzi Center + Paparazzi Ground Control Station

## Firmware Crazyflie 2.1

- Instalamos dependencias diversas y ajustamos ciertos parámetros
- Cambiamos el firmware al firmware de Paparazzi siguiendo la guía oficial





# SIMULACIÓN

pprzgcs

File Aircrafts Help Map

SRTM No SRTM WGS84 37.296957, -3.683136

gvf-bebop2-1 00:02:32 Ø GVF Segment

12.40 V 0m | +0.0 m NAV

25.0 % 0.3 m/s

gvf-bebop2-2 00:02:01 Ø GVF Segment

gvf-bebop2-1 gvf-bebop2-2

Blocks Details

- FPInit
- Holding point
- Start Engine
- Takeoff
- Standby
- Move East
- GVF Segment 1
- GVF Segment 2
- GVF 1m Circle
- GVF 25m Circle
- GVF Ellipse
- Land Here
- Land

server status: green

# ÍNDICE

1. Introducción
  1. Descripción general
  2. Objetivos
  3. Planificación
2. Preliminares
  1. Pruebas con software oficial
  2. Pruebas con Paparazzi
3. **Control de un Crazyflie**
  1. **Control básico**
  2. **Algoritmos GVF**
  3. **Implementación de GVF**
4. Coordinación entre Crazyflies
  1. Algoritmos de coordinación
  2. Implementación de la coordinación
  3. Simulación de formaciones
  4. Resultados de las formaciones
5. Conclusiones

# (DES) CONTROL BÁSICO

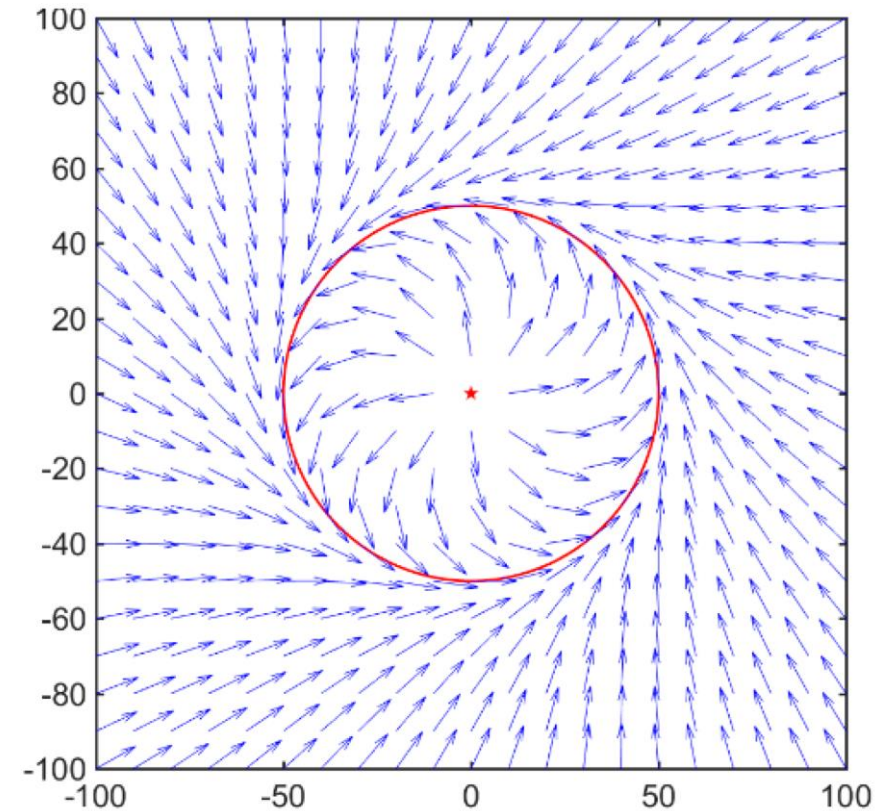
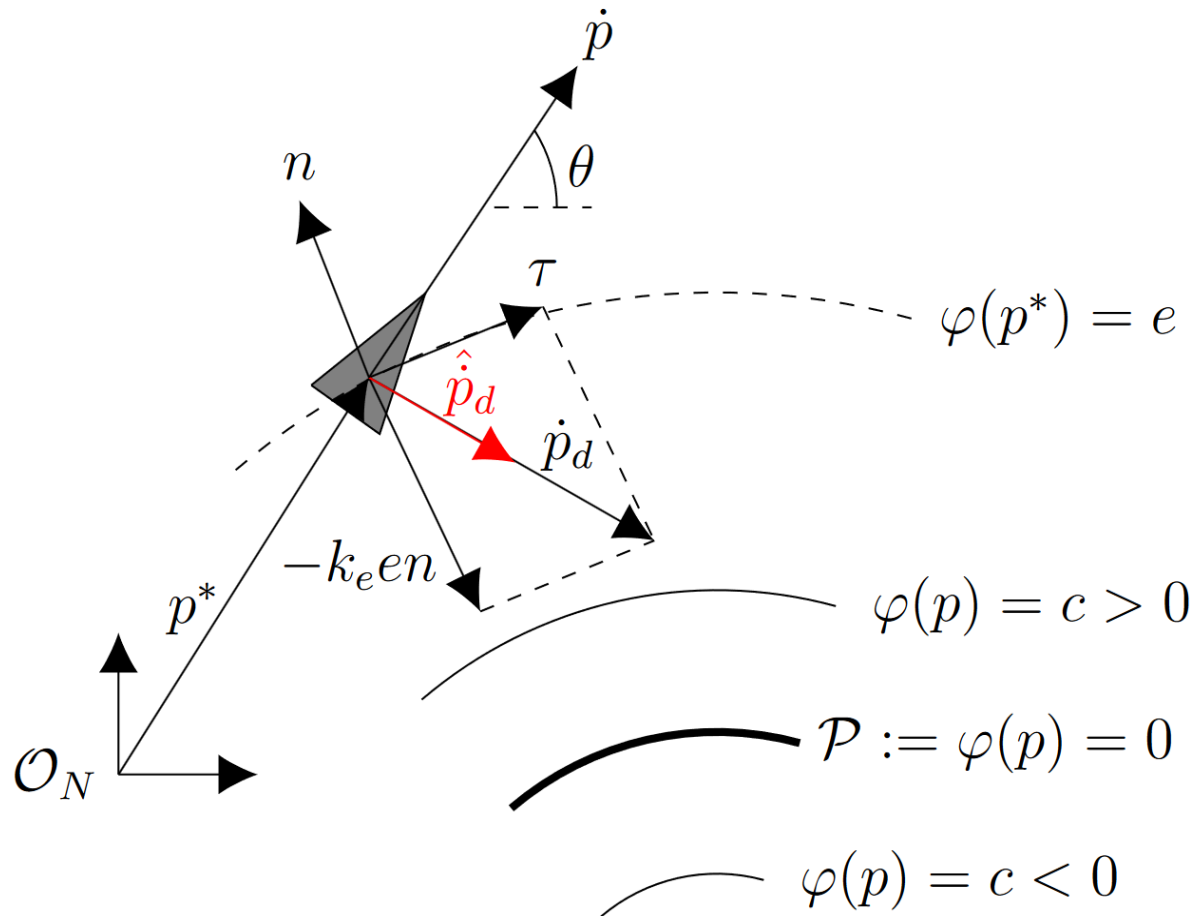


# CONTROL BÁSICO: HOVERING



# ALGORITMOS GVF

Campo vectorial de guiado, del inglés *Guiding Vector Field*





# IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO

## Control mínimo

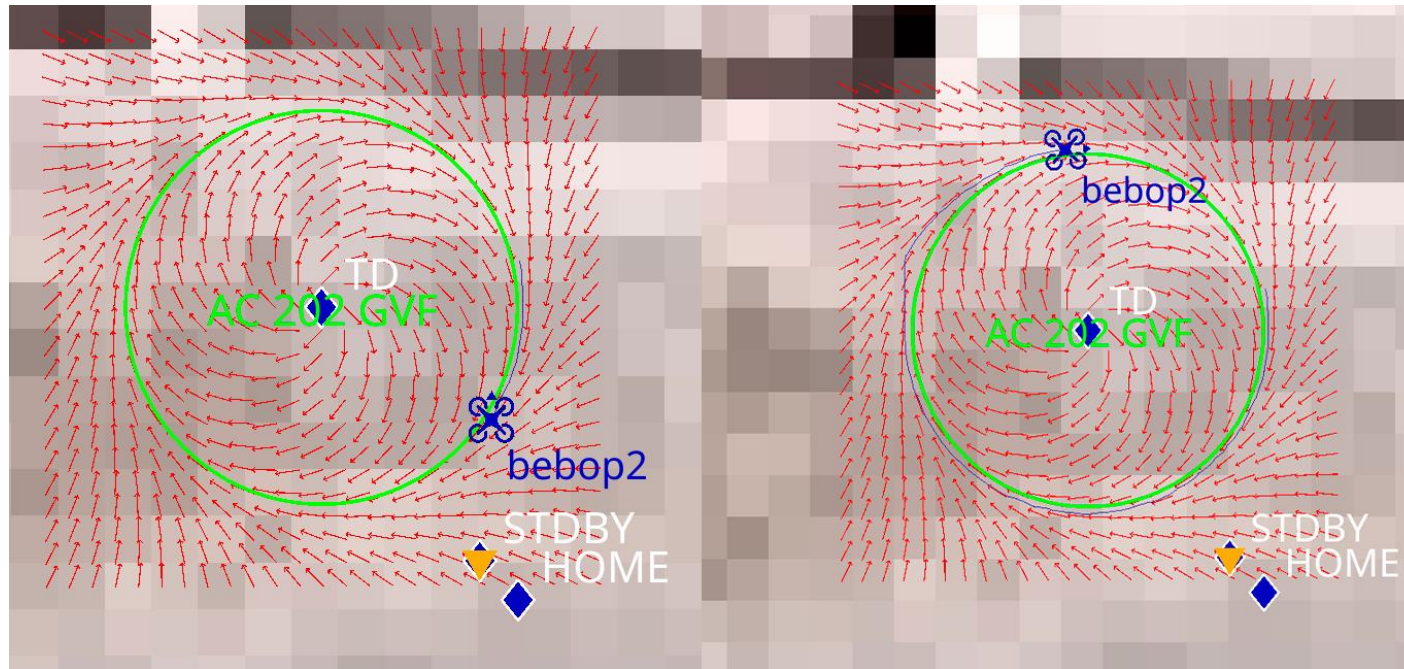
- Integrado parcialmente en Paparazzi
- Falta el control para rotorcrafts

## Control de velocidad

- Aprovechando las variables de GVF, podemos añadir control de velocidad constante

## Alineación con trayectoria

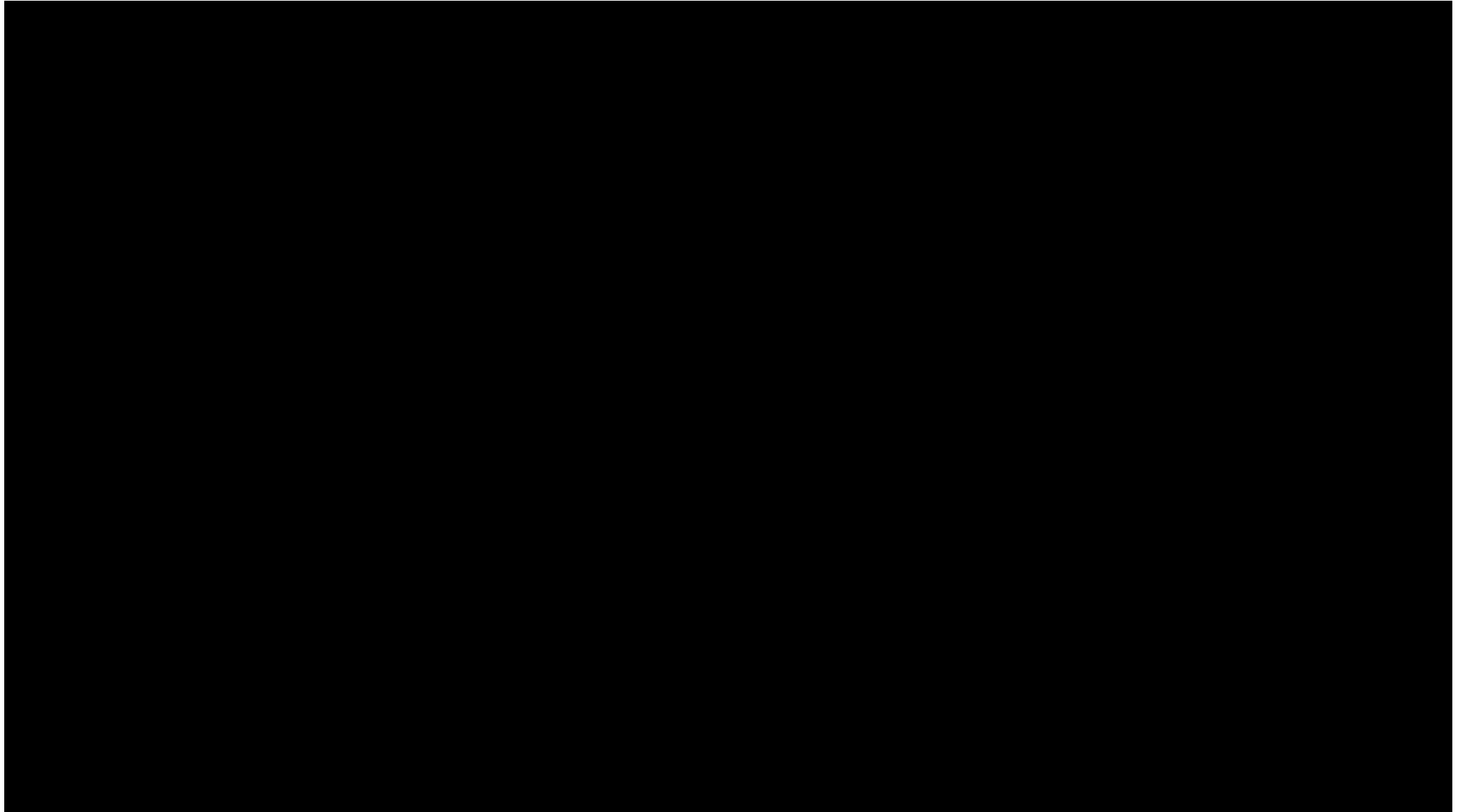
- Los rotorcrafts pueden alinearse o no con la trayectoria, al tener más grados de libertad
- Modificamos el **yaw** para que mire en la dirección del campo





---

# IMPLEMENTACIÓN DEL ALGORITMO: PRUEBA



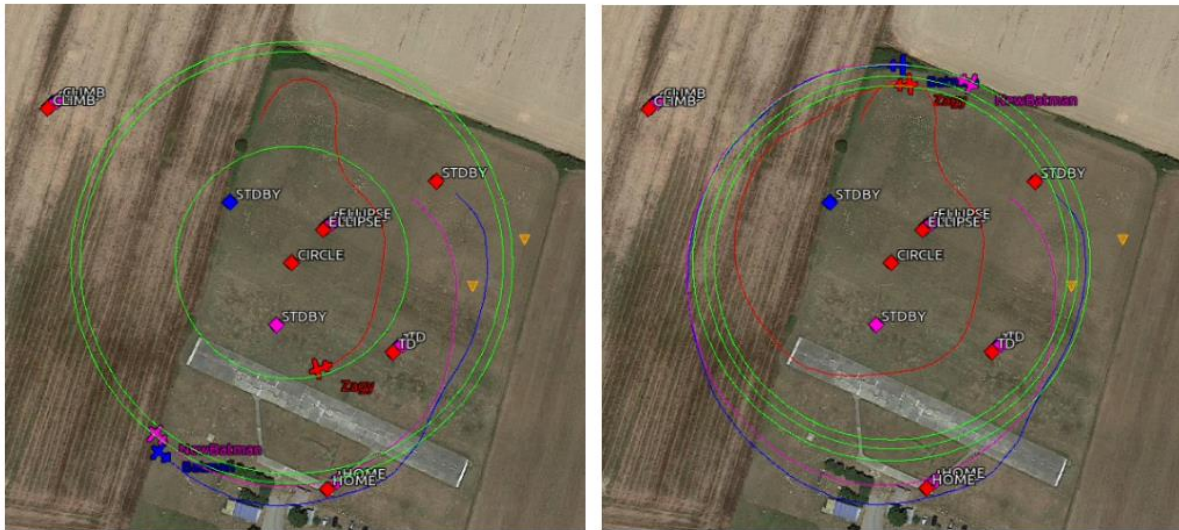
# ÍNDICE

1. Introducción
  1. Descripción general
  2. Objetivos
  3. Planificación
2. Preliminares
  1. Pruebas con software oficial
  2. Pruebas con Paparazzi
3. Control de un Crazyflie
  1. Control básico
  2. Algoritmos GVF
  3. Implementación de GVF
4. **Coordinación entre Crazyflies**
  1. **Algoritmos de coordinación**
  2. **Implementación de la coordinación**
  3. **Simulación de formaciones**
  4. **Resultados de las formaciones**
5. Conclusiones

# ALGORITMOS DE COORDINACIÓN

## Formaciones Circulares

- UAVs se coordinan para ir en círculos con cierto desfase deseado entre ellos **con velocidad constante**
- Integrado parcialmente en Paparazzi, falta soporte para rotorcrafts



## Formaciones en segmentos paralelos

- Ida y vuelta en segmentos de misma longitud y paralelos, los UAVs deberán tener un desfase fijo
- Nueva implementación y nuevo algoritmo sólo para rotorcrafts

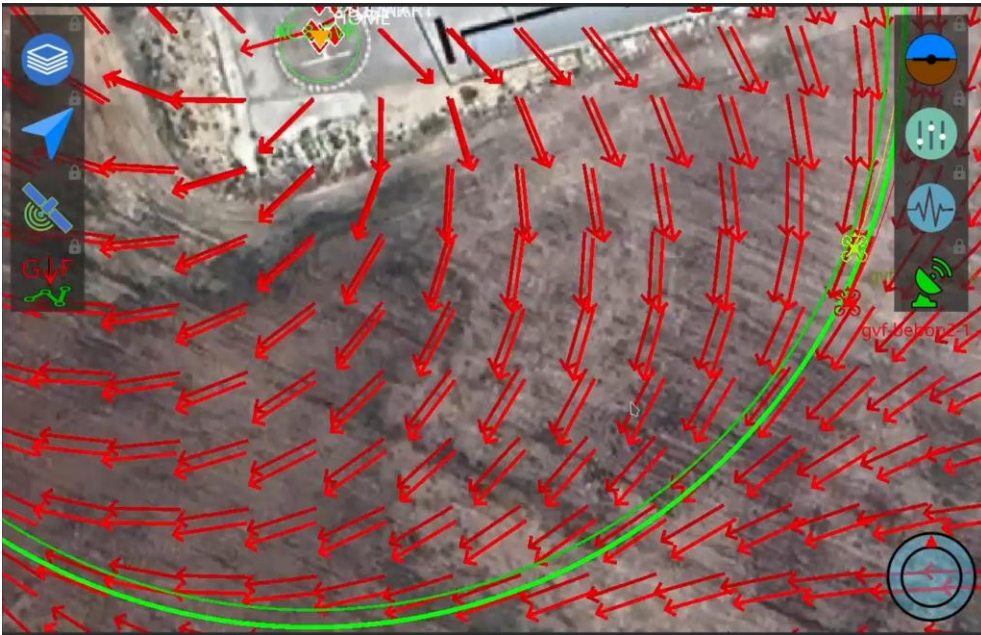


Ambos están pensados para aplicarse sobre un algoritmo de control, no necesariamente GVF

# IMPLEMENTACIÓN DE LA COORDINACIÓN

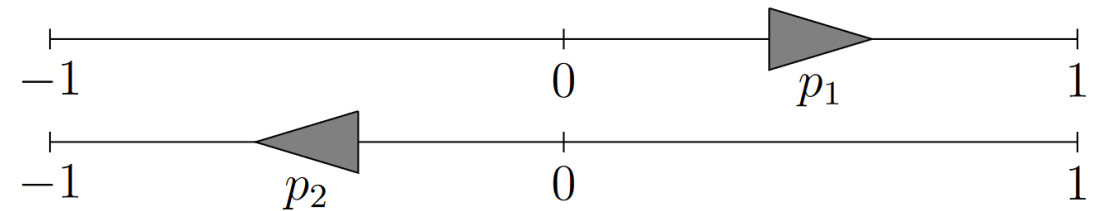
## Formaciones Circulares

- Al estar ya integrado en Paparazzi, tan sólo se modifica un script de Python para que pueda interactuar con rotorcrafts (distintas variables de telemetría, control etc...). **Pensado para usarse con GVF**



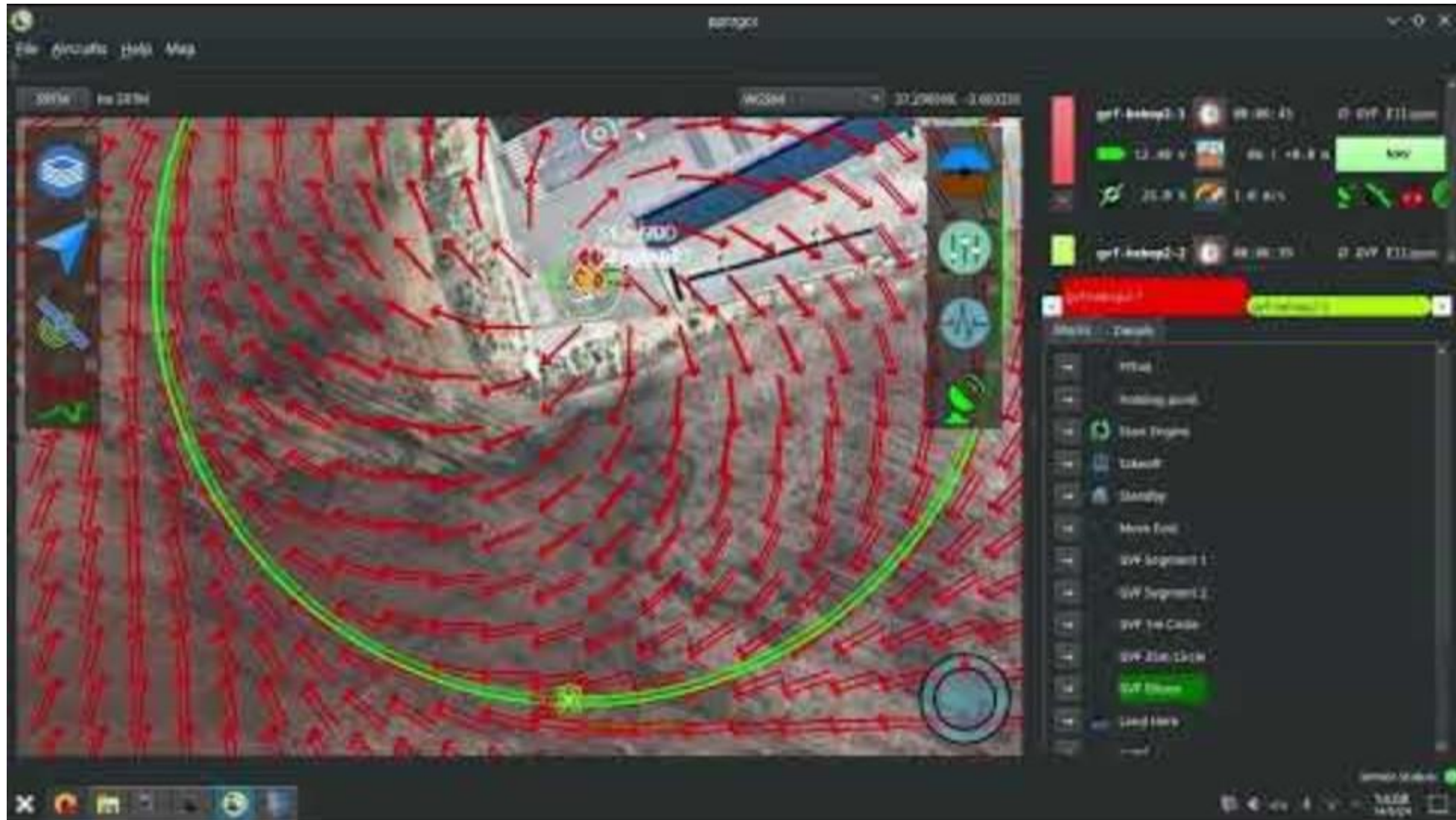
## Formaciones en segmentos paralelos

- Basado en el ejemplo de formaciones circulares, modificamos la implementación para que funcione con segmentos (puede o no con GVF)
- Se añade normalización del segmento

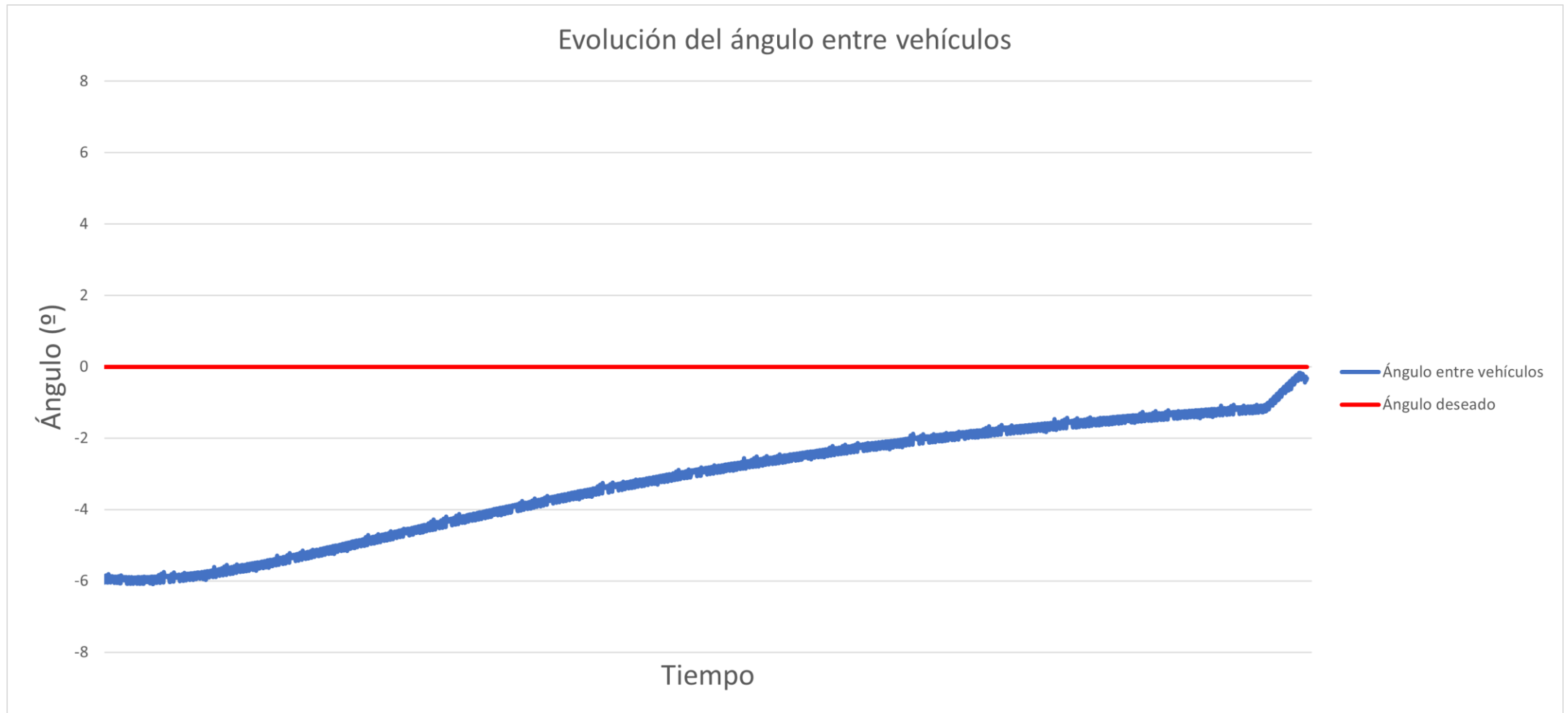




# SIMULACIÓN DE FORMACIONES: CÍRCULOS



# SIMULACIÓN DE FORMACIONES: CÍRCULOS



# SIMULACIÓN DE FORMACIONES: SEGMENTOS



# SIMULACIÓN DE FORMACIONES: SEGMENTOS





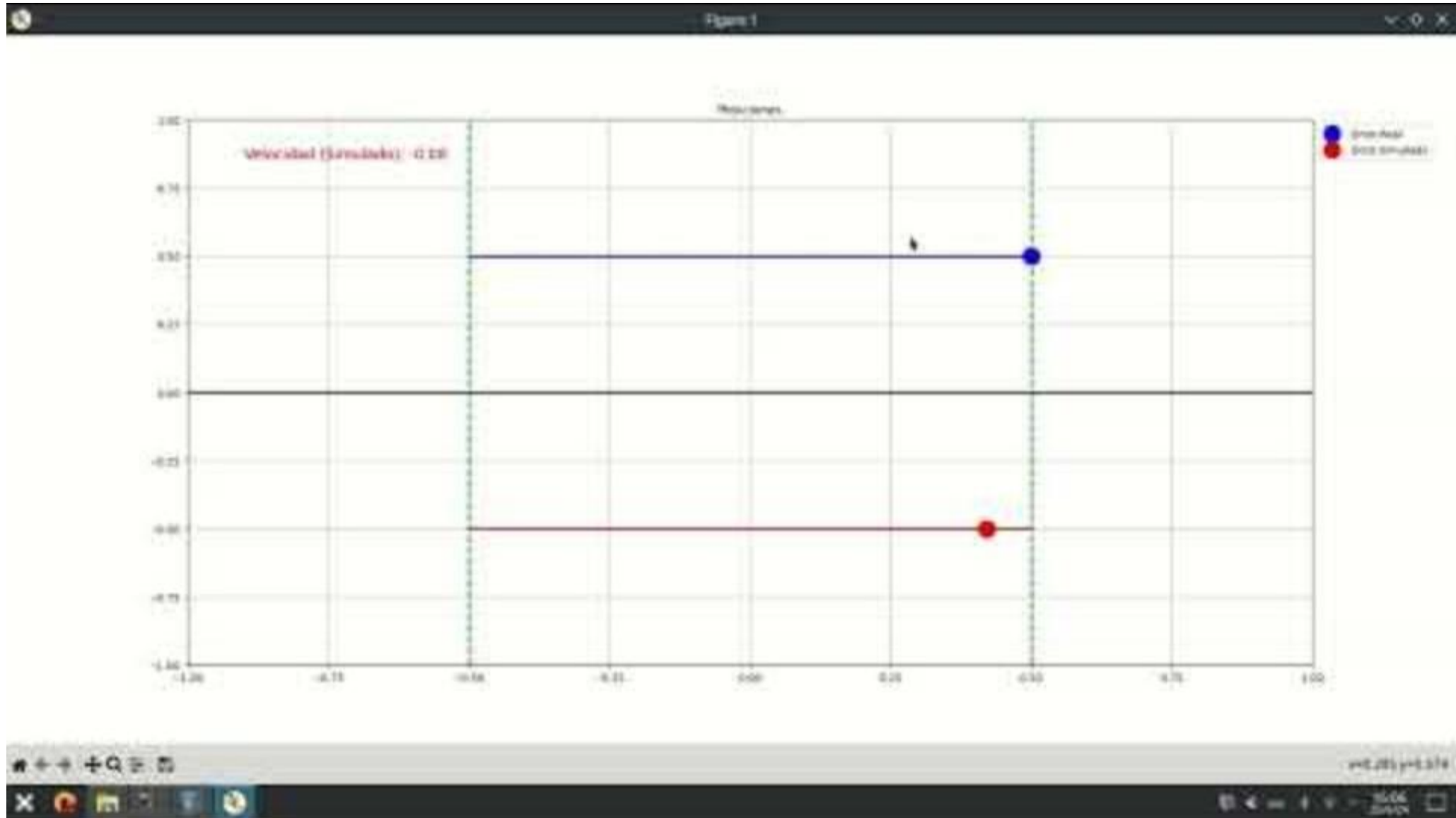
# RESULTADOS DE LAS FORMACIONES: PAPARAZZI



# RESULTADOS DE LAS FORMACIONES: BITCRAZE



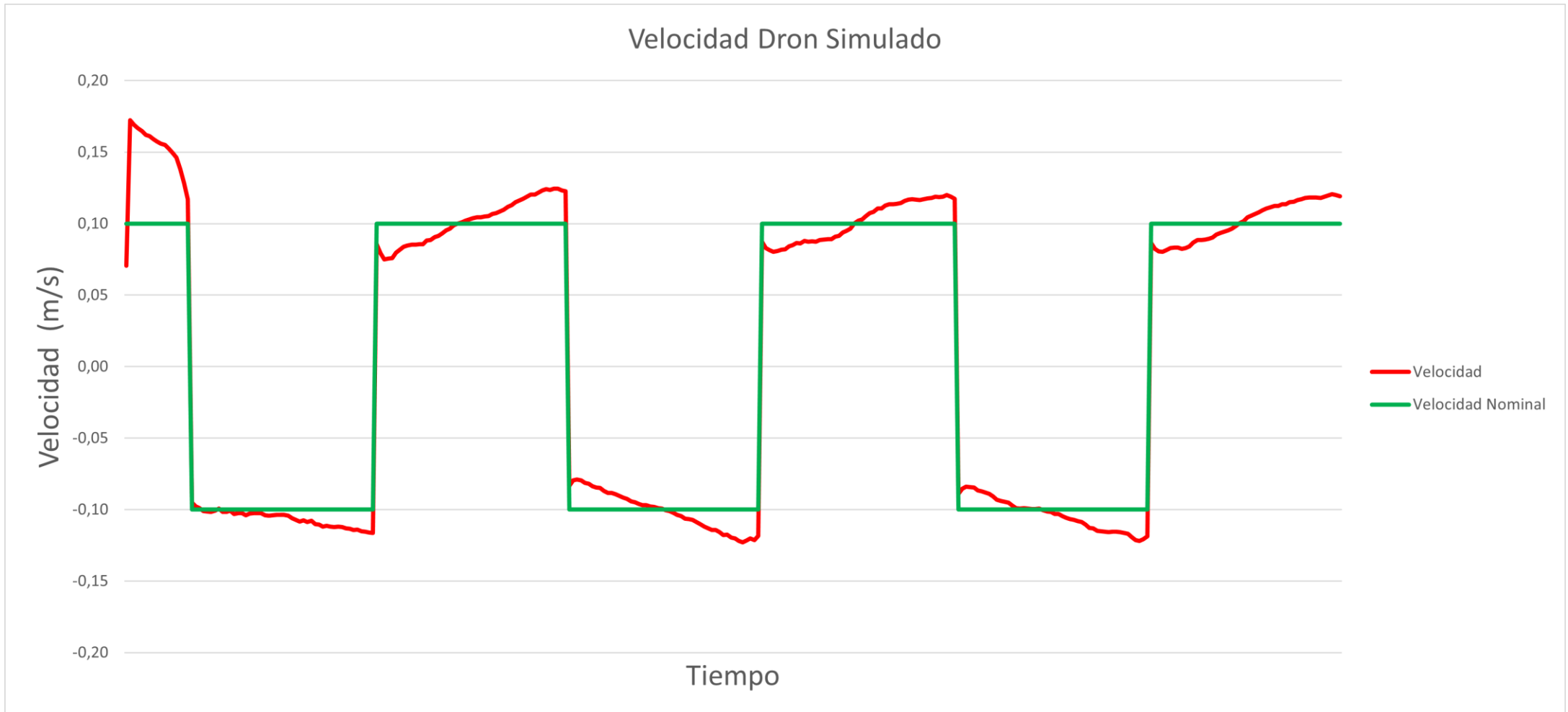
# RESULTADOS DE LAS FORMACIONES



# RESULTADOS DE LAS FORMACIONES



# RESULTADOS DE LAS FORMACIONES



# ÍNDICE

1. Introducción
  1. Descripción general
  2. Objetivos
  3. Planificación
2. Preliminares
  1. Pruebas con software oficial
  2. Pruebas con Paparazzi
3. Control de un Crazyflie
  1. Control básico
  2. Algoritmos GVF
  3. Implementación de GVF
4. Coordinación entre Crazyflies
  1. Algoritmos de coordinación
  2. Implementación de la coordinación
  3. Simulación de formaciones
  4. Resultados de las formaciones
5. **Conclusiones**

# CONCLUSIONES

Planificación (Resultado Real)																			
Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio			
W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4	W1	W2	W3	W4
	OBJ-1																		
		OBJ-2																	
								OBJ-3											
												OBJ-4							
																OBJ-5			
		OBJ-6																	

---

# CONCLUSIONES

- Resultados prometedores, GVF permite buen control y la coordinación tiende a bajo error.
- Aplicaciones y usos futuros muy diversos
- Muchas ramificaciones futuras: mejor coordinación, coordinación descentralizada, uso para N drones...
- En general, buenos resultados y potencial a futuro



---

# FIN

# ¿PREGUNTAS?