



UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**Presentación del trabajo de titulación modalidad: Artículo Científico
previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Electrónica e
Instrumentación**

**CONTROL COOPERATIVO PARA MULTIPLES VEHICULOS AEREOS NO TRIPULADOS
TEACHING AND LEARNING VIRTUAL STRATEGY FOR THE NAVIGATION OF MULTIPLE-UAV**

Autores:

Rodriguez Conde Jacson Javier
Bonilla Borja Edison Luciano

Dr. Acosta Nuñez Julio Francisco, *Tutor*
Dr. Andaluz Ortiz Victor Hugo, *Co-Tutor*





15ª Conferencia Ibérica de
Sistemas y Tecnologías
de Información

24 a 27
JUNIO
2020
Sevilla/ES



DOI: [10.23919/CISTI49556.2020.9140989](https://doi.org/10.23919/CISTI49556.2020.9140989)



Scopus Preview

IEEE Xplore®
Digital Library

Teaching and Learning Virtual Strategy for the Navigation of Multiple-UAV

Edison L. Bonilla, Jacson J. Rodriguez, Julio F. Acosta, and
Víctor H. Andaluz
Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE
Sangolquí – Ecuador
{elbonilla, jjrodriguez9, jfacosta, vandaluz1}@espe.edu.ec



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA
- 3 CONTROL COOPERATIVO
- 4 RESULTADOS
- 5 CONCLUSIONES
- 6 TRABAJOS FUTUROS



- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA
- 3 CONTROL COOPERATIVO
- 4 RESULTADOS
- 5 CONCLUSIONES
- 6 TRABAJOS FUTUROS



1. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES



1. INTRODUCCIÓN

1.2 PROBLEMÁTICA



- Actividades peligrosas para los seres humanos
- Grandes alturas trabajo
- Mantener forma y orientation específica ante perturbaciones externas
- Tareas repetitivas, generando fatiga al operario

1. INTRODUCCIÓN

1.3 OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un esquema de control cooperativo entre múltiples vehículos aéreos no tripulados, a fin de ejecutar tareas de formación de manera autónoma

COOPERATIVE CONTROL SIMULATOR

arsl

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

TIME SIMULATION

Stop Time 300 [s] **START**

Sample Time 0.1 [s] **LINEAR VELOCITY**

PARAMETRES FORMATION **ANGULAR VELOCITY**

Distance 4 [m]

Elevation 10 [Degrees] **ERRORS**

Orientation 50 [Degrees]

DESIRED TRAJECTORY **EXIT**

$x = 2 \sin(0.1t) + 5$

$y = 0.01t^2$

$z = 0.1$

Legend:
- Current Trajectory
- Desired Trajectory
- SHAPE
- SHAPE
- UAV 1
- UAV 2
- UAV 3

ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Investigar las diferentes estrategias de control cooperativo entre robots con el propósito de proponer un esquema de control en lazo cerrado.

Determinar las características de movimiento y sus restricciones de un UAV, con el propósito de proponer algoritmos de control en lazo cerrado

Proponer un esquema de control cooperativo para múltiples robots UAV con el objetivo de cumplir tareas de formación de manera autónoma.

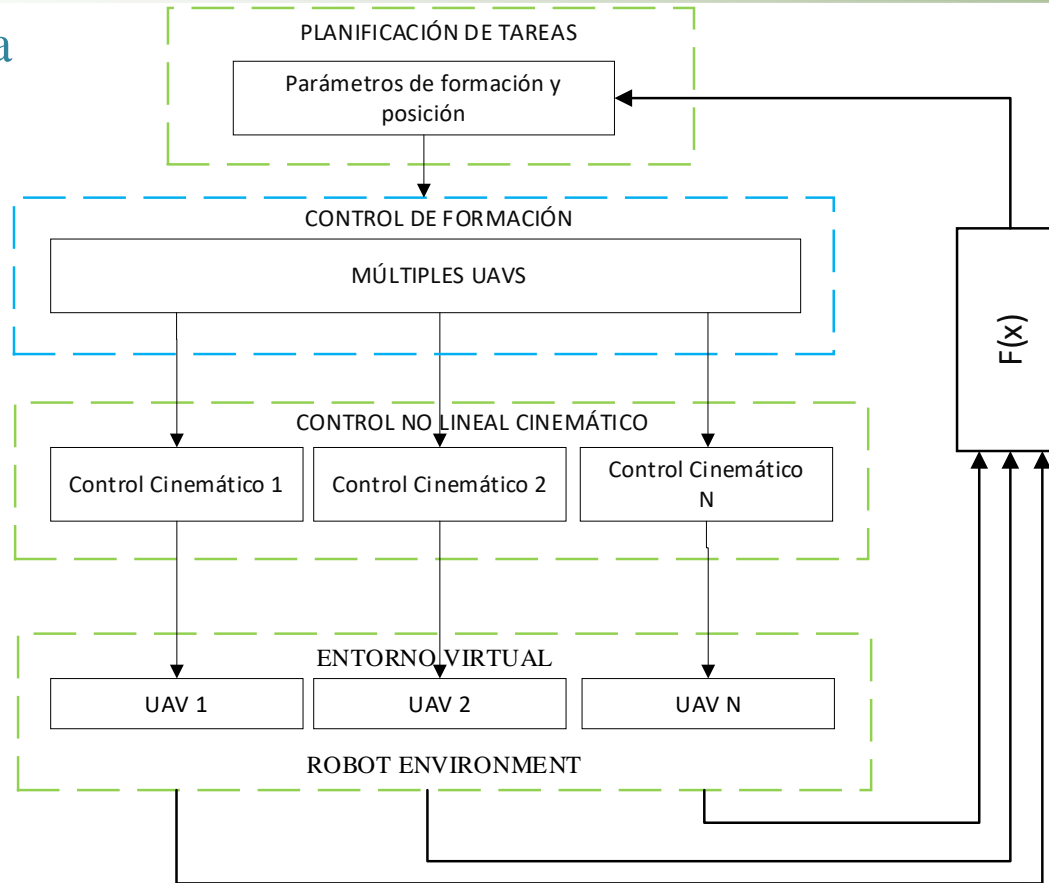
1.4 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Analizar de manera matemática la estabilidad y robustez del esquema de control cooperativo propuesto con el fin de determinar el comportamiento de errores de control en lazo cerrado.

Evaluar el desempeño del esquema de control propuesto a través de un entorno en VR, en el que se considere perturbaciones externas, por ejemplo, corrientes de viento.

1. Introducción

1.5 Propuesta

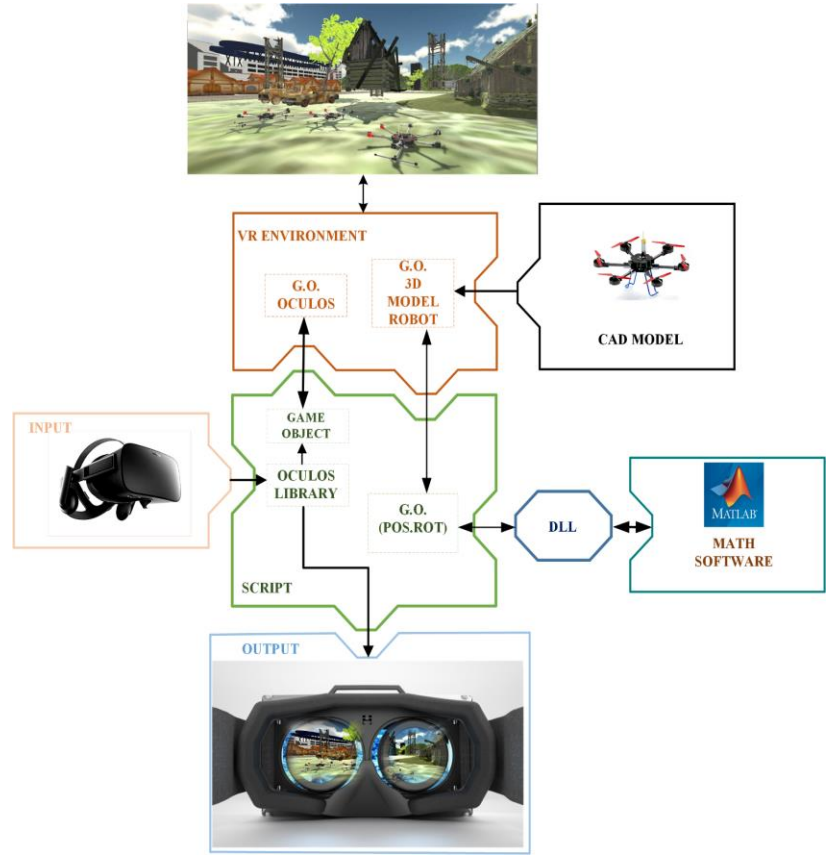


- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA
- 3 CONTROL COOPERATIVO
- 4 RESULTADOS
- 5 CONCLUSIONES
- 6 TRABAJOS FUTUROS



2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

2.1 ESTRUCTURA



2. ESTRUCTURA DEL SISTEMA

2.1 ESTRUCTURA

1. Entorno VR



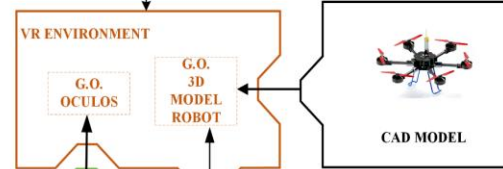
Emulación de características
de Vuelo

5. Input



Inmersión al usuario

4. Output



2. Software CAD
Diseño UAV



3. Software Matemático
Controlador en
Tiempo Real

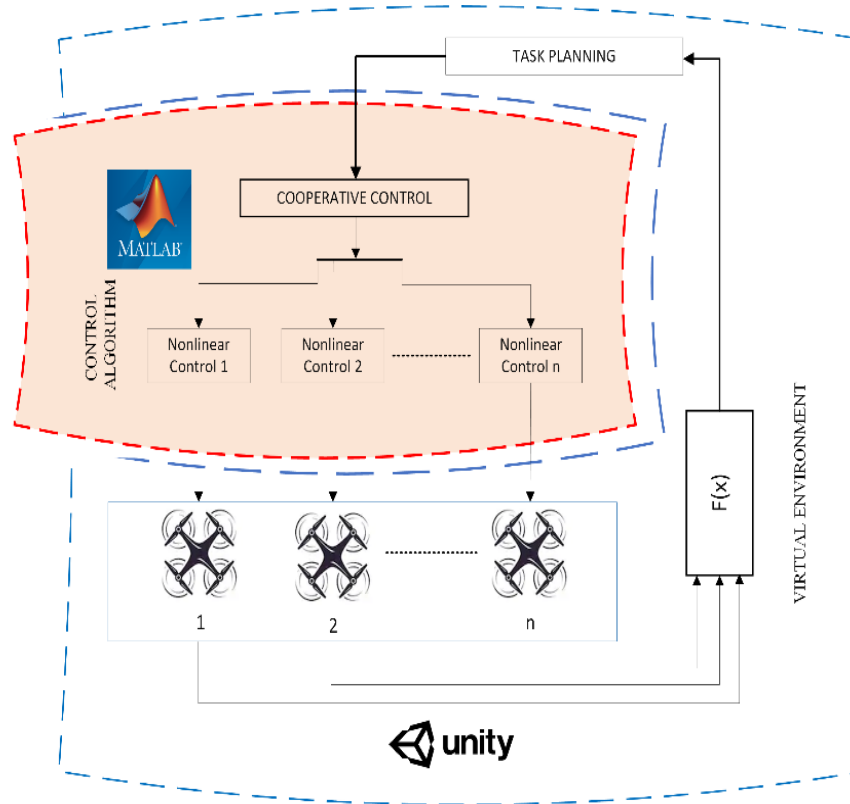


- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA
- 3 CONTROL COOPERATIVO
- 4 RESULTADOS
- 5 CONCLUSIONES
- 6 TRABAJOS FUTUROS



4. CONTROL COOPERATIVO

4.1 ESTRUCTURA DE CONTROL

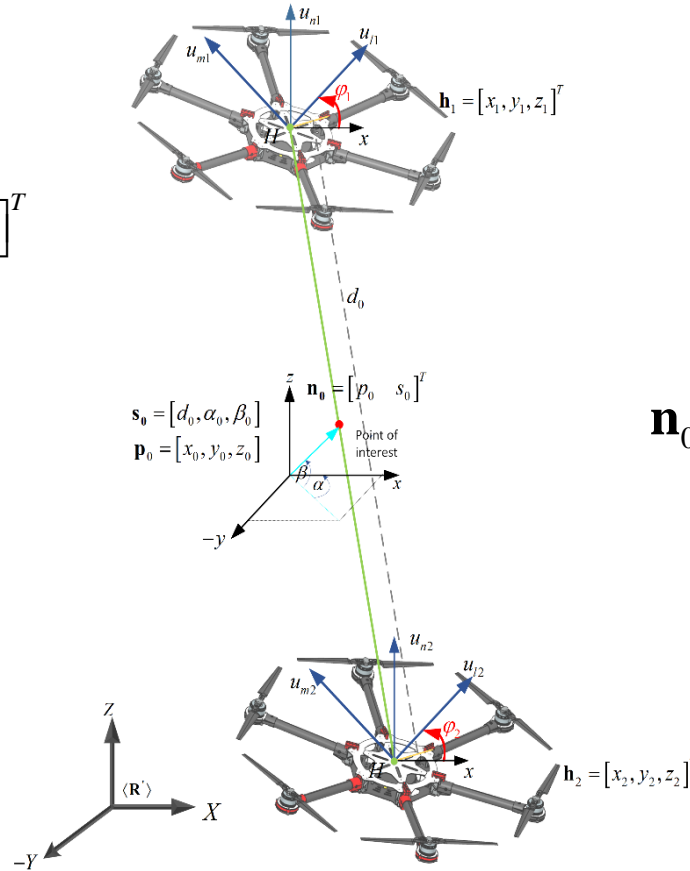


4. CONTROL COOPERATIVO

4.1 FORMULACIÓN

$$\mathbf{p}_0 = \frac{1}{2} \begin{bmatrix} (x_2 + x_1) & (y_2 + y_1) & (z_2 + z_1) \end{bmatrix}^T$$

$$\mathbf{s}_0 = \begin{bmatrix} \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2 + (z_2 - z_1)^2} \\ \tan^{-1} \left(\frac{z_2 - z_1}{x_2 - x_1} \right) \\ \tan^{-1} \left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right) \end{bmatrix}$$

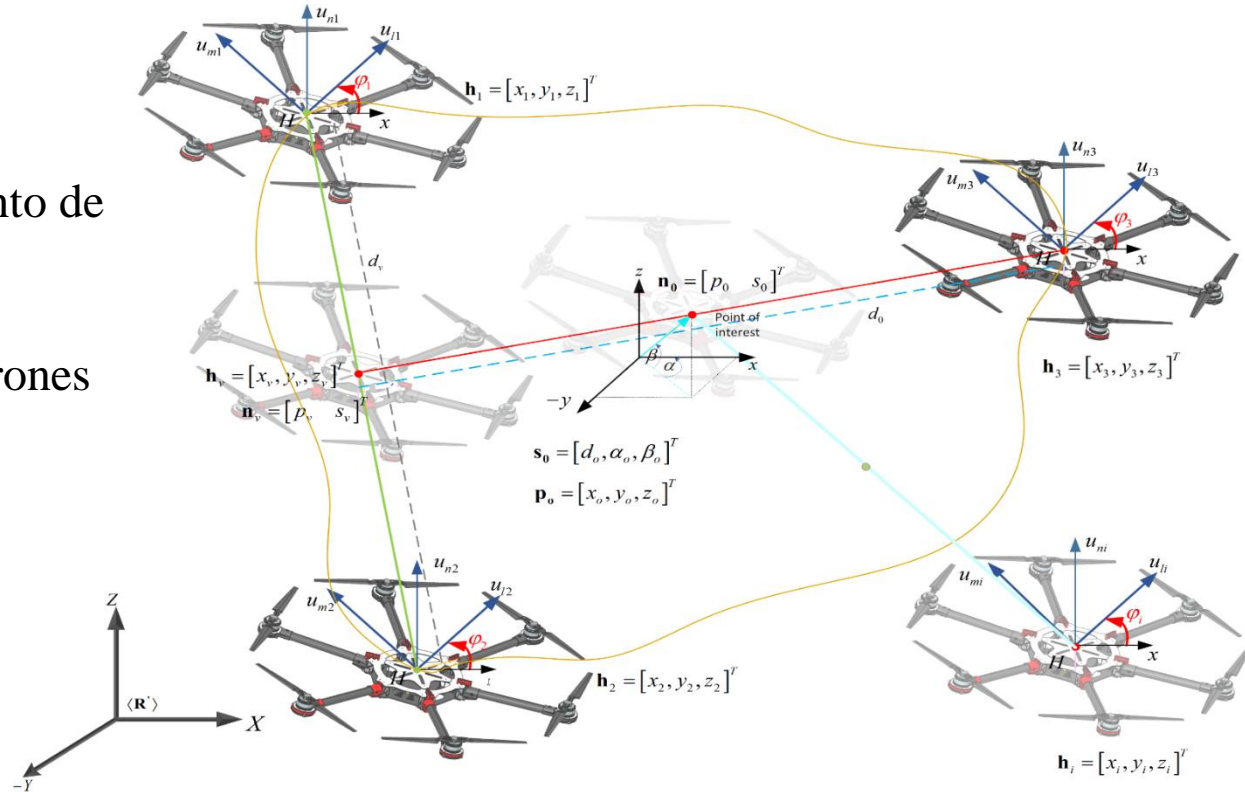


$$\mathbf{n}_0 = \begin{bmatrix} p_0 & s_0 \end{bmatrix}^T$$

4. CONTROL COOPERATIVO

4.2 ESCALABILIDAD

- Manteniendo un punto de seguimiento
- Escalabilidad a n Drones
Generando en UAV
Virtuales

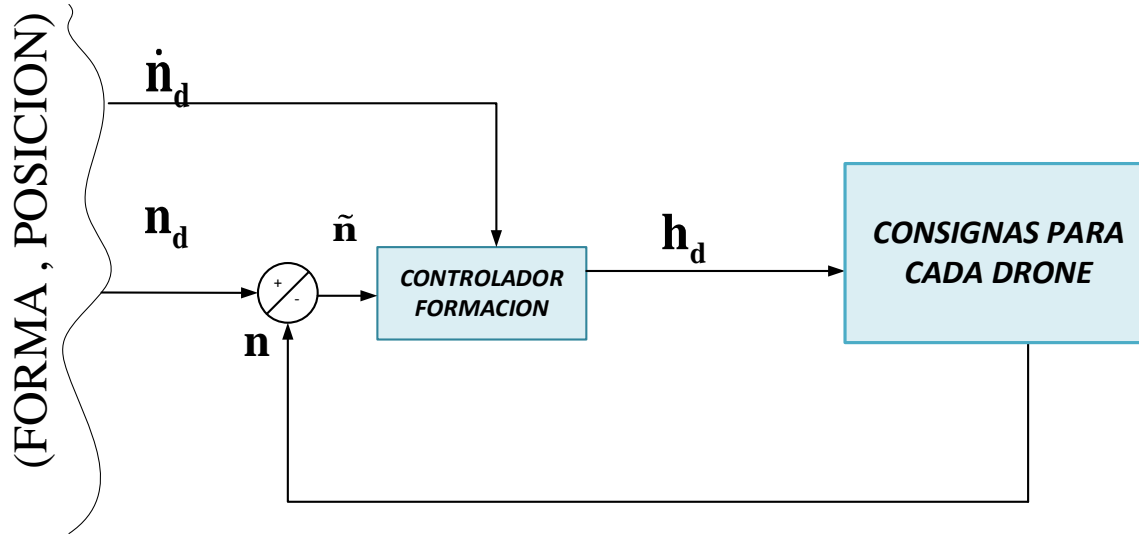


4. CONTROL COOPERATIVO

4.1 CONTROLADOR DESLIZANTE

Controlador

$$\dot{\mathbf{h}}(t) = \mathbf{J}^{-1} (\dot{\mathbf{n}}_d + \mathbf{K} \tanh(\tilde{\mathbf{n}})) = \mathbf{J}^{-1} \dot{\mathbf{n}}$$

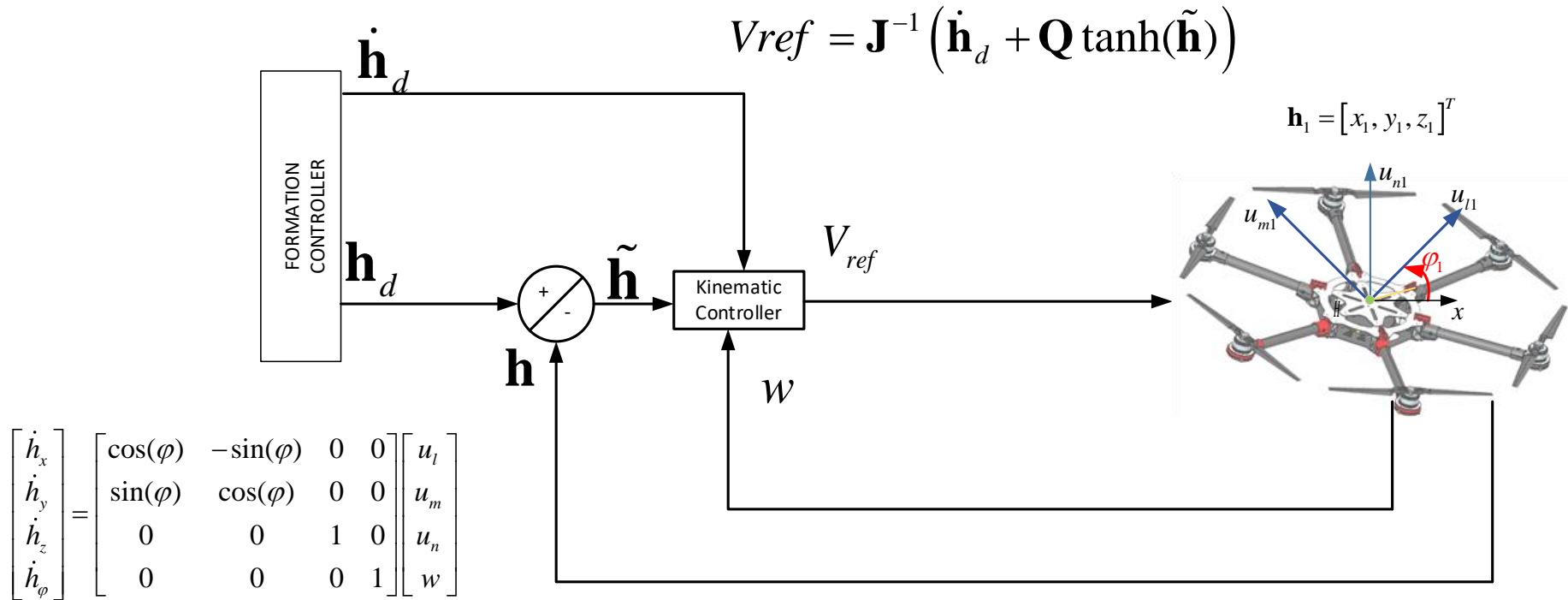


Lyapunov

$$\dot{V}(\tilde{\mathbf{n}}) = -\tilde{\mathbf{n}}^T \mathbf{K} \tanh(\tilde{\mathbf{n}}) < 0$$

4. CONTROL COOPERATIVO

4.2 CONTROLADOR DEL UAV



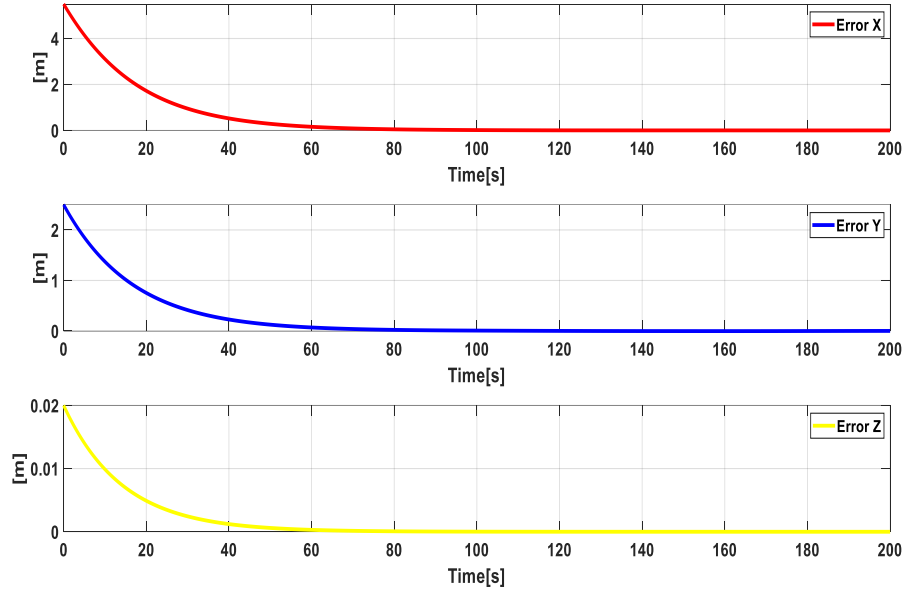
- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA
- 3 CONTROL COOPERATIVO
- 4 RESULTADOS
- 5 CONCLUSIONES
- 6 TRABAJOS FUTUROS



5. RESULTADOS OBTENIDOS

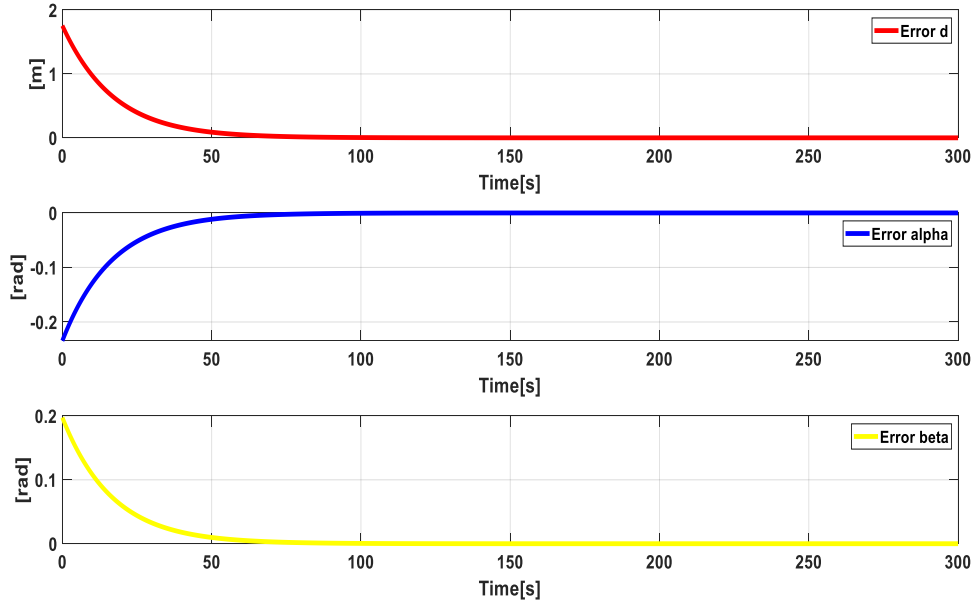
4.2 ERRORES DE POSICIÓN

Los errores de Posición tienden a cero demostrando así la estabilidad del controlador



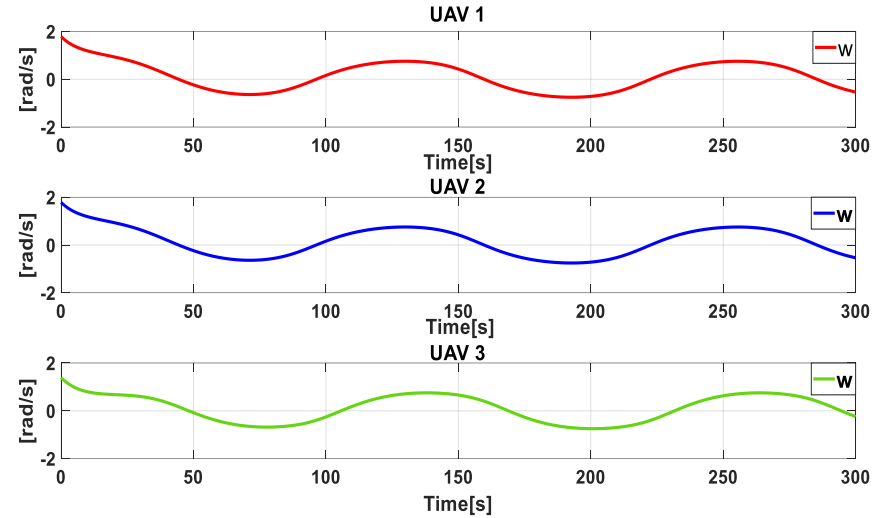
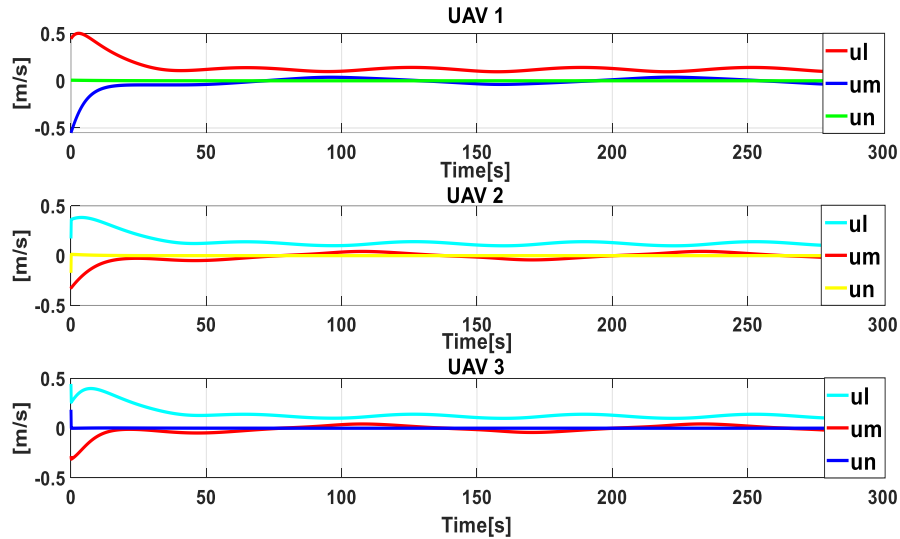
5. RESULTADOS OBTENIDOS

4.2 ERRORES DE FORMA



5. RESULTADOS OBTENIDOS

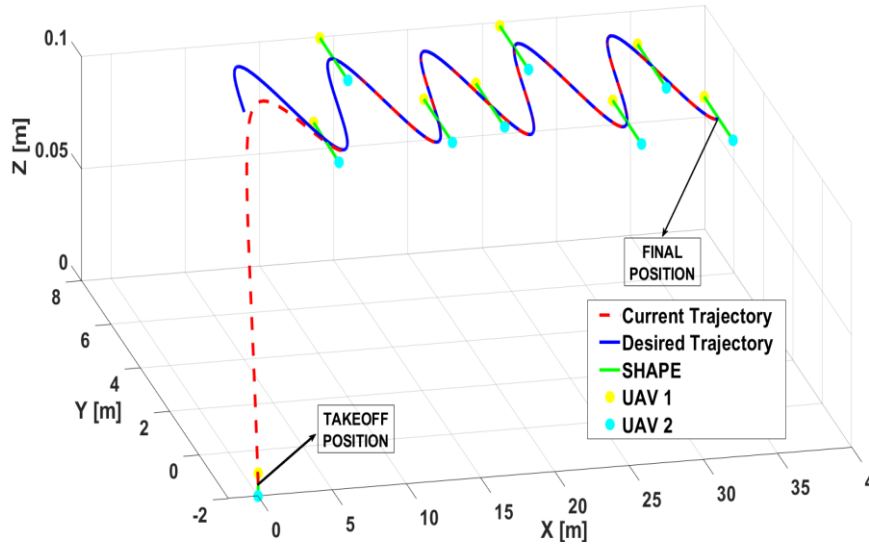
4.2 VELOCIDADES DE CADA DRONES



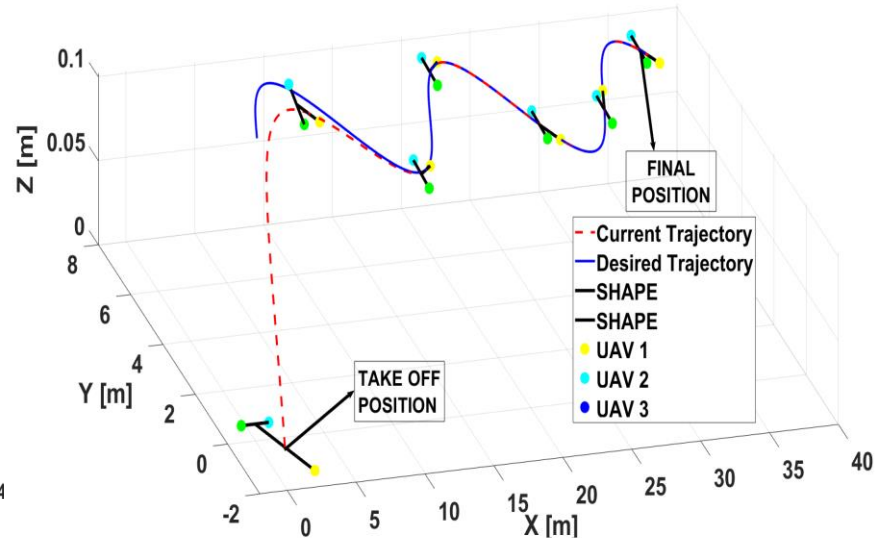
5. RESULTADOS OBTENIDOS

4.2 TRAYECTORIA DESEADA VS OBTENIDA

Dos UAV



Tres UAV



- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA
- 3 CONTROL COOPERATIVO
- 4 RESULTADOS
- 5 CONCLUSIONES
- 6 TRABAJOS FUTUROS



El control Cooperativo aplicado permite la escalabilidad de una manera flexible ante otros tipos de controladores

Un ambiente virtual permite emular de una manera real robots sin costo elevado de implementación , pero con un costo elevado de sistema informático.

El uso de robots en la actualidad para realizar tareas peligrosas supliendo a los humanos ha avanzado a pasos agigantados , esto ha llevado a buscar nuevos controles avanzados asegurando así el correcto funcionamiento de los robots.

El control cooperativo ,es el responsable de coordinar las posiciones y orientaciones que deben encontrarse cada uno de los UAV .

Los UAV debe contar con su propio controlador interno ,para poder cumplir con las consignas enviadas desde el control cooperativo

- 1 INTRODUCCIÓN
- 2 ESTRUCTURA DEL SISTEMA
- 3 CONTROL COOPERATIVO
- 4 RESULTADOS
- 5 CONCLUSIONES
- 6 TRABAJOS FUTUROS



Agricultura de precisión ,Fumigación de huertos manteniendo su forma referente a una trayectoria dada por el usuario.

Mantenimiento en las líneas de alta tensión , brindando seguridad al usuario.





UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

INGENIERÍA ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN

**Presentación del trabajo de titulación modalidad: Artículo Científico
previo a la Obtención del Título de Ingeniero en Electrónica e
Instrumentación**

**CONTROL COOPERATIVO PARA MULTIPLES VEHICULOS AEREOS NO TRIPULADOS
TEACHING AND LEARNING VIRTUAL STRATEGY FOR THE NAVIGATION OF MULTIPLE-UAV**

Autores:

Rodriguez Conde Jacson Javier
Bonilla Borja Edison Luciano

Dr. Acosta Nuñez Julio Francisco, *Tutor*
Dr. Andaluz Ortiz Victor Hugo, *Co-Tutor*

