



## A. PROPUESTA PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

### 1. TIPO DE PROYECTO:

<b>Interno</b>		<b>Grupal</b>	
<b>Semilla</b>	<b>X</b>	<b>Multidisciplinario</b>	

### 2. TIPO DE INVESTIGACIÓN

<b>Básica</b>		<b>Aplicada</b>	<b>X</b>
---------------	--	-----------------	----------

### 3. UNIDAD EJECUTORA *(Departamento, Instituto o Estructura de Investigación)*

**1. DEPARTAMENTO DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL** ✓

### 4. LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. **Robótica y Automatización** (DACA)

2. **Control y Sistemas** (DACA)

### 5. TÍTULO DEL PROYECTO *(mínimo 10 palabras):*

**Control colaborativo para un grupo de manipuladores aéreos con retardos de tiempo**

### 6. RESUMEN *(máximo 200 palabras)*

El presente proyecto analizará el Control Colaborativo para un grupo de manipuladores aéreos con retardos de tiempo, el control colaborativo permitirá interactuar entre un grupo de manipuladores aéreos en tareas cooperativas como formación de robots y transporte de objetos. La implementación de manipuladores aéreos permitirá usar las mejores características de un robot aéreo y un manipulador móvil. Adicionalmente se estudian los retardos de tiempo en la entrada y/o comunicación existente en estos sistemas, con la finalidad de compensarlos.

En este contexto, el presente proyecto de investigación tiene como objetivo proponer esquemas de colaboración robótica que permitan controlar un grupo de robots manipuladores aéreos, a fin de ejecutar tareas de forma autónoma y/o teleoperados que necesiten tanto la capacidad de navegación y/o transporte. El cumplimiento de este objetivo se basa en tres etapas principales: *i) Proponer un esquema de control colaborativo que contemple retardos de tiempo*, basado en la cinemática y dinámica del robot, que permita ejecutar tareas autónomas y/o teleoperadas; *ii) Simular diferentes algoritmos de control avanzados*, con el fin de validar su funcionamiento y analizar el comportamiento de navegación. *iii) Evaluar experimentalmente el desempeño de los algoritmos de control y esquemas de control propuestos.*

### 7. PALABRAS CLAVE *(4-6)*

*Manipuladores aéreos, retardos de tiempo, sistema colaborativo, Sistemas de control*



## 8. OBJETIVOS

### 8.1. OBJETIVO GENERAL

Desarrollar algoritmos de control avanzado para un grupo de manipuladores aéreos con retardos de tiempo con la finalidad de ejecutar tareas de navegación y transporte de objetos de forma autónoma o teleoperado.

### 8.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a. Determinar un modelo matemático que represente las características cinemáticas y dinámicas del robot manipulador aéreo, con el fin de establecer las particularidades y dificultades de su control.
- b. Proponer un esquema de control avanzado colaborativo que permita ejecutar tareas autónomas o tele-operadas que necesiten tanto la capacidad de navegación y transporte. El esquema de control propuesto debe considerar la compensación de retardos de tiempo.
- c. Demostrar matemáticamente la estabilidad y robustez de los esquemas de control propuestos, considerando perturbaciones externas por ejemplo oscilación de la carga a ser transportada, entre otras.
- d. Desarrollar un simulador que permita implementar diferentes algoritmos de control avanzados autónomos y tele-operados, con el fin de analizar el comportamiento de navegación y transporte del sistema colaborativo.
- e. Realizar pruebas experimentales en entornos reales parcialmente estructurados del desempeño del esquema de control propuesto en aplicaciones que necesiten tanto la capacidad de navegación y transporte.

## 9. HIPÓTESIS *(opcional)*

- a. ¿La implementación de controladores avanzados que contemplen retardos de tiempo en sistemas multirobot manipuladores aéreos, permitirán ejecutar tareas de navegación y transporte de objetos de forma autónoma o teleoperado?

## 10. DETALLE DE LOS RESULTADOS ESPERADOS *(con relación a los objetivos)*

- a. Al menos dos publicaciones científicas en bases indexadas SCOPUS.
- b. Al menos dos trabajos de titulación relacionados al proyecto.
- c. Al menos una disertación para divulgar los resultados obtenidos del proyecto.
- d. Nuevos esquemas de control avanzado en sistemas colaborativos para multi manipuladores aéreos con retardos de tiempo. Esto como parte de la propuesta doctoral del MSc. Marco Herrera.

## 11. IMPACTO DE LA INVESTIGACIÓN *(científico, social, económico u otros)*

Los robots industriales se dedican a la ejecución de tareas repetitivas y/o peligrosas en entornos estructurados (entornos conocidos y controlados) facilitando los procesos industriales y precautelando la seguridad del ser humano; por lo que, el reto actual de la robótica es pasar de la robótica industrial a la robótica de servicio en ambientes no estructurados donde se ejecuten tareas no repetitivas de forma parcial



o totalmente autónoma, dichos robots pueden ser utilizados en varios ámbitos como: *i) robots de campo* dedicados a la agricultura, ganadería, minería, espacio; *ii) robots logístico* dedicados a la mensajería y transportes autónomos; *iii) robots de asistencia médica* para sistemas de diagnóstico, ayuda en cirugía, sistemas de rehabilitación; *iv) robots de defensa*, rescate y seguridad para el desminado en campos hostiles, contra incendios, vehículos aéreos no tripulados para vigilancia; entre otros.

Sin embargo, cuando se trata de aplicaciones en las cuales se requiera trasladar y manipular objetos en ambientes hostiles y peligrosos que afectan la salud del ser humano, es indispensable la incorporación de dos o más mecanismos robóticos a fin de que el nuevo sistema robótico tenga la capacidad de locomoción y manipulación, según sea el área de trabajo. Por lo que, las aplicaciones con robots manipuladores aéreos conforman un área de investigación que atrae a la comunidad científica, ya que está conformado por uno o más brazos robóticos colocados sobre un vehículo aéreo no tripulado, UAV, y podrían ejecutar tareas civiles y militares que requieran tanto el monitoreo y manipulación en ambientes imposibles de acceder para el ser humano.

De acuerdo a la naturaleza de la tarea a ejecutarse, el robot manipulador aéreo deberá tener un tamaño adecuado, es decir, mientras se tenga que trasladar y manipular cargas grandes y pesadas el robot deberá ser excesivamente más grande y con mayor tiempo de vuelo; por lo tanto, tendría elevado costo. Una alternativa a este problema es la implementación de algoritmos de control colaborativos donde pequeños robots manipuladores aéreos ejecutan "tareas simples" que en conjunto cumplen la misma tarea compleja que realizaría un robot grande y pesado; optimizando costos y disminuyendo riesgos de navegación autónoma o tele-operada.

Otro problema inherente a estos sistemas son los retardos de tiempo tanto en la comunicación como en la entrada (acciones de control). Los retardos en la comunicación ocasionan que la información entre los robots se vea afectada y no llegue oportunamente, por lo que puede ocasionar que información como la posición, orientación o datos del sistema no lleguen a tiempo, y no puedan ejecutar la tarea. Por otro lado, el retardo en la entrada, ocasionaría que las acciones de control no lleguen oportunamente y el sistema reaccione de forma tardía, lo que no permitiría cumplirse los objetivos de control.

Por lo tanto, el desarrollo de algoritmos de control avanzado que contemplen retardos de tiempo en sistemas multirobot manipuladores aéreos, permitirán ejecutar tareas de navegación y transporte de objetos de forma autónoma o teleoperado, y sus aplicaciones podrían ser en tareas colaborativas de rescate, transporte de objetos en sitios de difícil acceso, manipulación de objetos en ambientes riesgosos para el humano, realizar tareas colaborativas más seguras con el humano, entre otras.

## 12. ESTADO DEL ARTE, E INVESTIGACIONES PREVIAS DEL EQUIPO

*(máximo tres carillas)*

Los robots aéreos no tripulados (UAV) han tenido un desarrollo considerable en la última década debido a la contribución de la industria y las comunidades de investigación. Los UAV se han utilizado en aplicaciones como inspección, teledetección, monitoreo, búsqueda y rescate, aplicaciones agrícolas y meteorológicas, por nombrar algunos. Estas tareas que involucran detección remota, monitoreo e inspección se consideran pasivas. Es decir, para los UAV, la interacción física con el entorno está estrictamente restringida. Por esta razón, los investigadores en los últimos años han sugerido que los UAV migren a tareas más activas como la manipulación (Ruggiero, 2018). Un brazo robótico en un robot aéreo no tripulado (UAM) podría ser una solución eficiente que proporciona a un vehículo aéreo la capacidad de realizar tareas de manejo (Bonyan Khamseh, 2018). Así se han realizado varios trabajos en esta temática. En (Heredía, 2014) se realiza un diseño y control de un manipulador aéreo con un brazo robótico de 7 grados de libertad. Mientras que en (Orsag, 2014) se implementó un vehículo aéreo equipado con un manipulador desarrollado para el giro de válvulas; estas propuestas se limitan a un solo robot.



El uso de sistemas multirobot está aumentando el interés en varias aplicaciones debido a las características especiales de este tipo de sistemas, la tolerancia a fallas y la optimización de tareas que un solo robot no puede ejecutar físicamente. Los sistemas multirobot que utilizan manipuladores aéreos son útiles y flexibles para diferentes tipos de aplicaciones: exploración y mapeo de entornos desconocidos o empujar objetos grandes. Esto se debe a que la cooperación aérea permite mejorar la carga útil limitada para un solo robot, elevando así cargas más grandes y pesadas (Tognon, 2018). En (Lee, 2018) se lleva a cabo un estudio que integra el control, la estimación de la carga útil, la gestión de la seguridad y la evasión de obstáculos para el transporte cooperativo utilizando múltiples manipuladores aéreos. Sin embargo, no analizan retardos en estos sistemas.

Con el objetivo de aprovechar la configuración del manipulador aéreo, es necesario introducir conceptos de formación que permitan llevar a cabo acciones de colaboración para llevar a cabo un objetivo de control en una aplicación específica. En (Samaniego, 2018), los autores presentan el control de impedancia para dos manipuladores aéreos, que ejecutan el agarre cooperativo de un objeto común basado en el método de filtro de impedancia (interno / externo), utilizando un controlador PD con compensación de gravedad para el seguimiento de trayectoria deseado. El trabajo en (Salinas, 2018) considera el uso de un enlace rígido unido a un cuadricóptero para el transporte de una carga flexible de masa desconocida, sin utilizar una comunicación explícita entre los agentes y controlar la fuerza de contacto entre ellos y el objeto transportado, generando estimaciones que permiten determinar el valor aproximado de la masa total de la carga transportada. En (Rosales, 2015) presentan un control coordinado basado en una arquitectura de tres capas para el control de múltiples vehículos aéreos no tripulados, que combina el modo centralizado y local para realizar el seguimiento de la trayectoria, y este control se ha demostrado experimentalmente. En los trabajos mencionados no se presentan estudios de retardos en tareas colaborativas.

El estudio de retardos de tiempo es importante ya que la mayoría de sistemas presentan retardos en la comunicación o en la entrada. Al resolver el problema de la formación del grupo, surge un desafío adicional cuando se consideran retrasos en el tiempo ya que estos factores pueden influir en la estabilidad de la formación. Básicamente, hay dos tipos de demoras en los sistemas de agentes múltiples (Mehra, 2016). Uno está relacionado principalmente con la transmisión de datos entre agentes, que generalmente se denomina retraso de comunicación. El otro, conocido como retraso de entrada, está relacionado con el tiempo de procesamiento en cada agente o debido a la respuesta de retraso natural de los actuadores y controladores. Consideramos el retraso de entrada en se han realizado importantes esfuerzos para tratar el problema del control de la formación en retrasos de tiempo. En (Mirkin, 2005) presenta un bucle de retroalimentación que se diseña comúnmente para cancelar el efecto de retraso cuando el retraso de tiempo se localiza en la entrada o salida del sistema (Velasco-Vill, 2015). En (Hu, 2007) el enfoque líder-seguidor se extiende al caso de demoras de acoplamiento que varían en el tiempo. Del mismo modo en (Chen, 2013) analiza este enfoque, pero para el caso de múltiples robots heterogéneos modelados como agentes integradores de primer y segundo orden. Se propone un controlador basado en consenso en (Mehra, 2016) para un sistema de múltiples agentes con retraso de entrada para rastrear una trayectoria predefinida. Los autores de este trabajo desarrollan dos estimadores diferentes para compensar el retraso. Se suponen retrasos tanto en la entrada como en la comunicación en (Tian, 2008), donde se explota el análisis de dominio de frecuencia para obtener condiciones de consenso asumiendo diferentes gráficos de conectividad. Los trabajos expuestos no consideran retardos en sistemas colaborativos de manipuladores aéreos.

Por todo lo expuesto, se puede recalcar que el análisis de retardos de tiempos es de gran interés en la comunidad científica, y buscar soluciones a retardos de tiempo en sistemas colaborativos de manipuladores aéreos permitiría solucionar problemas inherentes a este tipo de sistemas.

#### **Bibliografía:**



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**



Bonyan Khamseh, F. Janabi-Sharifi, and A. Abdessameud, "Aerial manipulation—A literature survey," *Rob. Auton. Syst.*, vol. 107, pp. 221–235, Sep. 2018.

Chen, Z.-H. Guan, D.-X. Zhang, and L. Ding, "Leader-following consensus of heterogeneous multi-agent systems with input delays," in *Proceedings of the 32nd Chinese Control Conference*, July 2013, pp. 6815–6819.

Heredia et al., "Control of a multirotor outdoor aerial manipulator," in *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 2014, pp. 3417–3422.

Hu and Y. Hong, "Leader-following coordination of multi-agent systems with coupling time delays," *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, vol. 374, no. 2, pp. 853 – 863, 2007.

Lee, H. Kim, W. Kim, and H. J. Kim, "An Integrated Framework for Cooperative Aerial Manipulators in Unknown Environments," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 3, no. 3, pp. 2307–2314, 2018.

Mehra and S. R. Sahoo, "Trajectory tracking with input delay in multiagent system: Double integrator case," in *International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, June 2016, pp. 387–393.

Mirkin and Z. J. Palmor, "Control issues in systems with loop delays," in *Handbook of Networked and Embedded Control Systems*, D. Hristu-Varakelis and W. S. Levine, Eds. Boston, MA: Birkhäuser Boston, 2005, pp. 627–648.

Orsag, C. Korpela, S. Bogdan, and P. Oh, "Valve turning using a dual-arm aerial manipulator," in *2014 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, 2014, pp. 836–841.

Rosales, D. Gandolfo, M. Sarcinelli-Filho and R. Carelli, "Control of a heterogeneous aerial-terrestrial formation using null space approach," *2015 XVI Workshop on Information Processing and Control (RPIC)*, Cordoba, 2015, pp. 1-6.

Ruggiero, V. Lippiello, and A. Ollero, "Aerial Manipulation: A Literature Review," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 3, no. 3, pp. 1957–1964, 2018.

Samaniego, E. Vaca, P. Leica, D. Chávez and O. Camacho, "Dynamic obstacle avoidance based on null-space for quadcopter's formation," *2017 IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM)*, Salinas, 2017, pp. 1-6.

Salinas, J. Gimenez, C. Rosales and D. C. Gandolfo, "Null-space-based path-following control for cooperative payload transport using multiple rotorcraft UAVs," *2018 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS)*, Dallas, TX, 2018, pp. 631-638.

Tian and C. L. Liu, "Consensus of multi-agent systems with diverse input and communication delays," *IEEE Transactions on Automatic Control*, vol. 53, no. 9, pp. 2122–2128, Oct 2008.

Tognon, C. Gabellieri, L. Pallottino, and A. Franchi, "Aerial Co-Manipulation With Cables: The Role of Internal Force for Equilibria, Stability, and Passivity," *IEEE Robot. Autom. Lett.*, vol. 3, no. 3, pp. 2577–2583, 2018.

Velasco-Villa, J. Heras-Godínez, J. A. Vázquez-Santacruz, and V. Fragoso-Rubio, "Delayed consensus problem for single and double integrator systems," *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2015, no. ID 461098, p. 15 pages, 2015.

### 13. DESCRIPCIÓN DETALLADA DEL PROYECTO, INCLUIDO METODOLOGÍA (máximo tres carillas)

Existen en la actualidad numerosas aplicaciones civiles y militares que utilizan vehículos aéreos para realizar tareas de inspección, vigilancia o monitoreo. Prácticamente la totalidad de las mismas son llevadas a cabo mediante el uso de aviones y helicópteros tripulados. Sin embargo, hay ocasiones en las que el alto costo de operación, el riesgo que corren las personas a bordo del vehículo y/o la incapacidad para acceder a ciertas áreas justifican el uso de vehículos aéreos no tripulados (UAV, por sus siglas en inglés). Sin embargo, para tareas complejas en las que involucran contacto físico y actuación sobre objetos del entorno, tales como, el transporte y despliegue de cargas, la toma de muestras, el agarre en vuelo e incluso la manipulación aérea empleando fundamentalmente plataformas aéreas de ala rotatoria. Por lo que para aplicaciones que requieren tanto la capacidad de navegación aérea y/o manipulación se requiere de robot manipuladores aéreos.

En base a estos antecedentes se propone ejecutar un proyecto de investigación multidisciplinario, entre las áreas de conocimiento de: Electrónica, Informática, y Robótica, a fin de desarrollar un sistema colaborativo de robots manipuladores aéreos para ejecutar de manera autónoma o tele-operada aplicaciones complejas que necesiten tanto la capacidad de navegación y transporte,

Debido a la naturaleza de la aplicación, o al costo del robot apropiado para la ejecución de una tarea específica, es recomendable aplicar técnica de control colaborativo, es decir, un grupo de robots pequeños puedan ejecutar la misma tarea que el robot grande, pesado y costoso, aplicando técnicas de control avanzado. En la Figura 1 se muestra el esquema de control de una teleoperación para el transporte de carga, que es una de las aplicaciones que se pretende realizar con el presente proyecto.

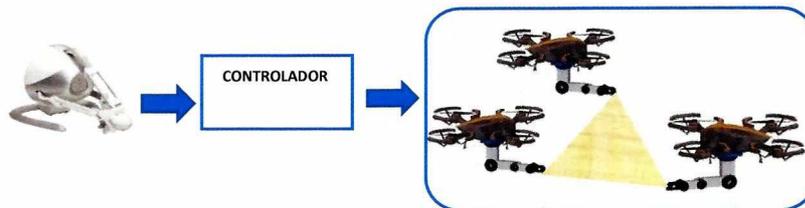


Figura 1. Esquema de teleoperación para un sistema colaborativo de manipuladores aéreos

Otra aplicación a realizar en el presente proyecto es una navegación autónoma para realizar el transporte de objetos a través de una trayectoria deseada, el esquema de control se muestra en la Figura 2.

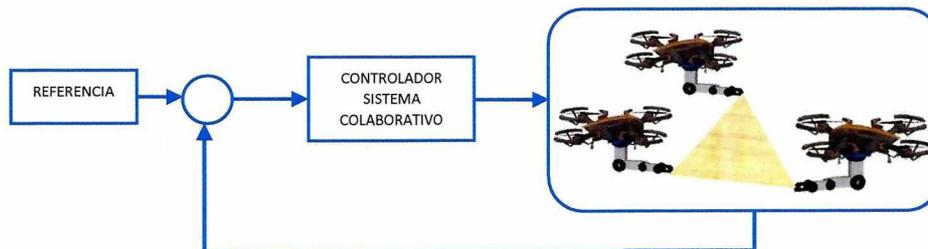


Figura 1. Esquema de control autónomo para una formación de manipuladores aéreos

Para lograr los objetivos planteados el proyecto ha sido dividido en 4 fases metodológicas: i) Fase teórica; ii) Fase diseño; iii) Fase de simulación; y iv) Fase de implementación.



#### Fase Teórica

En esta fase se estudiará y determinará el modelo cinemático y dinámico de los manipuladores aéreos, el análisis se lo realizará uniendo los modelos de un robot aéreo como cuadricoptero o hexacoptero, con el modelo de un manipulador robótico. También se estudiarán esquemas multirobots aéreos para un grupo de manipuladores aéreos, esto con la finalidad de conocer los distintos modelos de sistemas cooperativos. En esta fase también se estudiarán y se determinarán los retardos de comunicación y retardos en la entrada del grupo de manipuladores aéreos.

También se estudiará y se aplicará la teoría de Lyapunov con la finalidad de establecer la estabilidad de los controladores propuestos.

#### Fase Diseño

Una vez obtenido los modelos cinemático y dinámicos de los robots, y determinados los retardos en el sistema multirobot, se desarrollarán algoritmos de control avanzados para realizar dos tipos de tareas colaborativas: i) Teleoperación de un grupo de robots para una tarea de transporte de un objeto; y ii) Transporte de un objeto de forma autónoma por parte del grupo de robots. Para el desarrollo de estas tareas se contemplarán los retardos de comunicación y/o retardos en la entrada del robot. En esta fase también se realizarán las pruebas de estabilidad de los controladores.

#### Fase Simulación

En esta fase se desarrollará una interfaz en un programa computacional comercial para realizar pruebas a nivel de simulación. Las pruebas a realizar son: i) teleoperación de un grupo de robots para una tarea de transporte de un objeto; y ii) Transporte de un objeto de forma autónoma por parte del grupo de robots.

#### Fase Experimental.

En esta fase se desarrollará las pruebas experimentales con robots reales. Las pruebas a realizar son: i) Teleoperación de un grupo de robots para una tarea de transporte de un objeto; y ii) Transporte de un objeto de forma autónoma por parte del grupo de robots. Estas pruebas se realizarán con la finalidad de validar los algoritmos propuestos.

## 14. INFRAESTRUCTURA Y EQUIPOS

- Indicar la infraestructura y equipos **disponibles** para la ejecución del proyecto, con la ubicación actual de los mismos

Infraestructura	Equipos	
	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Laboratorio de Investigación de Robótica	10 plataformas aéreas de código abierto y equipado con radio de baja latencia/largo alcance, así como Bluetooth.	Laboratorio de Investigación de Robótica. Departamento Automatización y Control Industrial
Laboratorio de Investigación de Robótica	8 sistemas de posicionamiento que pueda ejecutarse como ancla o etiqueta en un sistema de posicionamiento	Laboratorio de Investigación de Robótica. Departamento Automatización y Control Industrial
Laboratorio de Investigación de Robótica	10 plataformas de posicionamiento utilizado para estimar la posición absoluta de las plataformas aéreas de código abierto, que se puede usar para vuelos autónomos.	Laboratorio de Investigación de Robótica. Departamento Automatización y Control Industrial



Laboratorio de Investigación de Robótica	3 radios USB de largo alcance para comunicarse con las plataformas aéreas.	Laboratorio de Investigación de Robótica. Departamento Automatización y Control Industrial
Laboratorio de Investigación de Robótica	10 sensores láser para medir la distancia al suelo.	Laboratorio de Investigación de Robótica. Departamento Automatización y Control Industrial

## 15. MONTO REQUERIDO

### 15.1 Monto y justificación del equipo requerido

Actualmente se cuenta con un enjambre de 10 robots cuadricopteros, con los cuales se puede comprobar los algoritmos de tareas colaborativas, sin embargo, estos robots no soportan pesos superiores a 50g por lo que colocarles en su estructura un manipulador no es factible. Estos robots permitirán comprobar los esquemas de control de formación y retardos en la comunicación, pero no las tareas cooperativas de transporte de objetos, por lo cual es necesario adquirir equipo que pueda soportar el peso de un manipulador y una pequeña carga útil.

Para probar experimentalmente los algoritmos propuestos, se adquirirá tres plataformas aéreas que puedan soportar una carga útil de 0.5Kilos, esto con la finalidad de poder transportar carga y puedan soportar el peso de un brazo robótico sobre su estructura. El valor aproximado de este rubro es de \$7459.

### 15.2 Monto y justificación del personal requerido

Con la finalidad de poder realizar la adquisición del equipo se requerirá de un ingeniero especializado en electrónica y control, el personal requerido realizará un estudio y determinará las características técnicas de la plataforma aérea, también estará a cargo del desarrollo de los términos de referencia para la compra del equipo. Este personal también estará cargo de ensamblar el robot aéreo con el manipulador robótico, de igual forma estará a cargo del desarrollo de las pruebas experimentales. Se estimado que se requiere contratarlo por 1 mes para los requerimientos del equipo, una vez adquirido el equipo, se lo contratará por 3 meses para que realice las actividades descritas. Aproximadamente se requerirá \$3630.

### 15.4 Monto y justificación de los investigadores invitados

No se planifica esta actividad.

### 15.5 Monto y justificación de los viajes y salidas del campo requeridos

Con la finalidad de presentar los resultados en congresos internacionales, y poder cumplir con al menos 2 artículos en Scopus, se requiere rubros para pagos de inscripción y viajes para la presentación. Se requiere aproximadamente \$3846.

## 16. FONDOS ADICIONALES

- *Otros fondos de otros organismos (si los hubiere)*



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**  
**PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**



**AÑO 1**

Título del proyecto

**Control Colaborativo para un grupo de manipuladores aéreos con retardos de tiempo**

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial con IVA/Aporte del IESS	Precio Total Referencial con IVA/Aporte del IESS
<b>1 Contratación de servicios personales por contrato</b>						
1.1 Ayudante de investigación 1	2	mes	\$ 135,00	\$ 270,00	\$ 135,00	\$ 270,00
1.2 Ayudante de investigación 2		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.3 Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.4 Prestación de servicios profesionales 2 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 1</b>			\$ 135,00	\$ 270,00	\$ 135,00	\$ 270,00
<b>2 Maquinaria y equipo especializado</b>						
2.1 cuadricoptero con software libre	3	unidad	\$ 2.220,00	\$ 6.660,00	\$ 2.486,40	\$ 7.459,20
2.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 2</b>			\$ 2.220,00	\$ 6.660,00	\$ 2.486,40	\$ 7.459,20
<b>3 Equipo informático</b>						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2 Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3 Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4 Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5 Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 3</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>4 Insumos y reactivos</b>						
4.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2 Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3 Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4 Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5 Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 4</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>5 Literatura especializada</b>						
5.1 Cantidad de libros (especificar el area)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Adquisición de artículos científicos			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 5</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>6 Salidas de campo y de muestreo</b>						
6.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 6</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>						
7.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2 Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 7</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b>						
8.1 Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8.2 Viaticos al exterior	1	viaje	\$ 2.950,00	\$ 2.950,00	\$ 2.950,00	\$ 2.950,00
<b>Subtotal 8</b>			\$ 2.950,00	\$ 2.950,00	\$ 2.950,00	\$ 2.950,00
<b>9 Pago de inscripciones</b>						
9.1 Pago de inscripciones al interior	2	papers	\$ 400,00	\$ 800,00	\$ 448,00	\$ 896,00
9.2 Pago de inscripciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 9</b>			\$ 400,00	\$ 800,00	\$ 448,00	\$ 896,00
<b>10 Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>						
10.1 Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2 Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3 Pago de suscripciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3 Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 10</b>			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>				\$ 10.680,00		\$ 11.575,20



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**  
**PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**



**AÑO 2**

Título del proyecto

**Control Colaborativo para un grupo de manipuladores aéreos con retardos de tiempo**

Lista de Items		Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial con IVA/ Aporte del IESS	Precio Total Referencial con IVA / Aporte del IESS
<b>1 Contratación de servicios personales por contrato</b>							
1.1	Ayudante de investigación 1		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.2	Ayudante de investigación 2		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
1.3	Prestación de servicios profesionales 1 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)	3	mes	\$ 1.000,00	\$ 3.000,00	\$ 1.120,00	\$ 3.360,00
1.4	Prestación de servicios profesionales 2 (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 1</b>				<b>\$ 1.000,00</b>	<b>\$ 3.000,00</b>	<b>\$ 1.120,00</b>	<b>\$ 3.360,00</b>
Lista de Items		Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial sin IVA	Precio Total Referencial sin IVA	Precio Unitario Referencial con IVA	Precio Total Referencial con IVA
<b>2 Maquinaria y equipo especializado</b>							
2.1	Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.2	Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.3	Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.4	Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
2.5	Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 2</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>3 Equipo informático</b>							
3.1	Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.2	Item 2 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.3	Item 3 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.4	Item 4 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3.5	Item 5 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 3</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>4 Insumos y reactivos</b>							
4.1	Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.2	Item 2 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.3	Item 3 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.4	Item 4 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4.5	Item 5 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 4</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>5 Literatura especializada</b>							
5.1	Cantidad de libros (especificar el area)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2	Adquisición de artículos científicos			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 5</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>6 Salidas de campo y de muestreo</b>							
6.1	Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6.2	Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 6</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>7 Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas</b>							
7.1	Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
7.2	Viaticos y subsistencias al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 7</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>8 Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas</b>							
8.1	Pasajes al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
8.2	Viaticos al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 8</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>9 Pago de inscripciones</b>							
9.1	Pago de inscripciones al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
9.2	Pago de inscripciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 9</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>10 Pago de publicaciones, suscripciones y patentes</b>							
10.1	Pago de publicaciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.2	Pago de publicaciones al exterior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3	Pago de suscripciones			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
10.3	Pago de patentes			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>Subtotal 10</b>				<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>
<b>TOTAL</b>					<b>\$ 3.000,00</b>		<b>\$ 3.360,00</b>



**ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL**  
**VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN, INNOVACIÓN Y VINCULACIÓN**  
**PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN**



Título del proyecto	
<b>Control Colaborativo para un grupo de manipuladores aéreos con retardos de tiempo</b>	

Presupuesto consolidado sin IVA											
AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total sin IVA
1	\$ 270,00	\$ 6.660,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.950,00	\$ 800,00	\$ -	\$ 10.680,00
2	\$ 3.000,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.000,00
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.270,00</b>	<b>\$ 6.660,00</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 2.950,00</b>	<b>\$ 800,00</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 13.680,00</b>

Presupuesto consolidado con IVA											
AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo especializado	Equipo informático	Insumos y reactivos	Literatura especializada	Salidas de campo y de muestreo	Ponencias nacionales, capacitaciones y/o visitas técnicas	Ponencias en el exterior, capacitaciones, y/o visitas técnicas	Pago de inscripciones	Pago de publicaciones y patentes	Total con IVA
1	\$ 270,00	\$ 7.459,20	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2.950,00	\$ 896,00	\$ -	\$ 11.575,20
2	\$ 3.360,00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 3.360,00
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 3.630,00</b>	<b>\$ 7.459,20</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 2.950,00</b>	<b>\$ 896,00</b>	<b>\$ -</b>	<b>\$ 14.935,20</b>

