

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN DATOS INFORMATIVOS

TIPO DE CONVOCATORIA

Proyecto Interno <input type="checkbox"/>	Proyecto Semilla <input checked="" type="checkbox"/>	Proyecto Junior <input type="checkbox"/>	Proyecto Multi e Interdisciplinario <input type="checkbox"/>
Fecha de presentación (dd/mm/aa): 31/07/2017			

Título del proyecto: <i>(Revisar la guía para la presentación de las propuestas de los proyectos de investigación)</i> Estudio, coordinación y consenso de sistemas multi-agentes heterogéneos con aplicaciones en robótica móvil

TIPOS DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica <input type="checkbox"/>	Investigación aplicada <input checked="" type="checkbox"/>
DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUCIÓN: 1. Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI)	
LÍNEA(S) DE INVESTIGACIÓN (verificable en el SAEW): 1. Robótica y Automatización 2. Control y Sistemas	

RESUMEN DE INFORMACIÓN DEL DIRECTOR Y COLABORADORES

Director				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Torres Abad Jackeline	0502951403	12	Automatización y Control Industrial	Doctor of Philosophy in Engineering

Codirector <i>(Se aplica para todos los proyectos, el codirector será a su vez colaborador)</i>				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Cruz Dávalos Patricio Javier	1713199493	8	Automatización y Control Industrial	Doctor of Philosophy with concentration in Electrical Engineering (Research Emphasis: Systems and Control)

Colaborador(es)				
Apellidos y nombres	No. de Cédula	HSS	Departamento	Título de mayor nivel y mención.
Leica Arteaga Paulo Cesar	1714829585	6	DACI	Doctor en Ingeniería de Sistemas de Control
García Chávez Geovanny Danilo	1713913752	6	DACI	Doctor en Ingeniería de Sistemas de Control



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL



<u>Colaboradores Externos</u>				
Apellidos y nombres	No. de identificación	HSS	Institución	Título de mayor nivel y mención.
Fierro Rafael	473966476 (passport)	4	University of New Mexico	Doctor of Philosophy in Electrical Engineering

* HSS = Horas Semana Semestre

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla X Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica

Investigación Aplicada X

DEPARTAMENTO(S) Y/O INSTITUTOS:

1. Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI)

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Robótica y Automatización

2. Control y Sistemas

DISCIPLINA CIENTÍFICA (Marque X, solamente una opción)

Ciencias Naturales y Exactas	
Ingeniería y Tecnologías	X
Ciencias Médicas	
Ciencias Agrícolas	
Ciencias Sociales	
Humanidades	

OBJETIVO SOCIOECONÓMICO (Marque X, solamente una opción)

Exploración y explotación del medio terrestre	
Ambiente	
Exploración y explotación del espacio	
Transporte, telecomunicaciones y otras infraestructuras	
Energía	
Producción y tecnología industrial	
Salud	
Agricultura	
Educación	
Cultura, ocio, religión y medios de comunicación	
Sistemas políticos y sociales, estructuras y procesos	
Defensa	
Avance general del conocimiento: I+D financiada con los Fondos Generales de Universidades (FGU)	X
Avance general del conocimiento: I+D financiados con otras fuentes	



1 Proyecto de Investigación

Título:

Estudio, coordinación y consenso de sistemas multi-agentes heterogéneos con aplicaciones en robótica móvil

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

El presente proyecto se enfoca en la problemática de coordinación y control de sistemas formados por múltiples agentes con características no necesariamente idénticas entre ellos. Típicamente, para la formación de grupos de multi-agentes se asume que todos sus integrantes tienen características homogéneas. No obstante, un solo tipo de robots limita el espectro de tareas que se pueden cumplir ya que no se tienen a disposición necesariamente todos los recursos exigidos por la tarea a resolver. Por eso, este proyecto se enfoca en el estudio de la heterogeneidad en sistemas distribuidos conformado por múltiples agentes. Con el fin de evaluar las implicaciones de esta característica fundamental, se toma como base el problema concreto de la coordinación de un gran número de agentes móviles. La estrategia de control, que se propone estudiar y desarrollar para efectuar esta coordinación, se centra en que los agentes alcancen un *consenso* donde todos se ubiquen en localizaciones específicas dentro del grupo al mismo tiempo que se realiza una tarea global en conjunto, como el seguimiento de una trayectoria predefinida. Se propone el validar los resultados obtenidos tomando como caso de estudio un grupo de robots móviles heterogéneos tanto para pruebas en simulación como experimentales.

Palabras clave (4-6):

Heterogeneidad, Sistemas multi-agentes, Consenso, Coordinación de agentes móviles

2 Objetivos, limitaciones, hipótesis y resultados esperados de esta propuesta de investigación

2.1 Objetivos

2.1.1 Objetivo General

- Estudiar y coordinar sistemas conformados por múltiples agentes heterogéneos para aplicaciones en robótica móvil.

2.1.2 Objetivos Específicos

- a. Estudiar el estado del arte respecto a heterogeneidad en sistemas multi-agentes y en redes de robots móviles.
- b. Analizar y caracterizar la heterogeneidad en sistemas multi-agentes.
- c. Desarrollar una estrategia de control para la coordinación de sistemas multi-agentes heterogéneos en base a consenso.



- d. Verificar el desempeño de la estrategia control para la coordinación mediante simulación, mediante el cálculo de indicadores del error como el ISE.
- e. Realizar pruebas experimentales del controlador desarrollado mediante la utilización de un grupo de robots móviles con características heterogéneas.

2.2 Limitaciones (Aspectos que quedan fuera del alcance del Proyecto de Investigación)

- a. Se considerará que el grupo de agentes heterogéneos es pre-establecido, es decir no se profundizará en la selección de los miembros del grupo sino en su heterogeneidad y coordinación.
- b. Los grupos de robots que serán considerados tanto para las pruebas experimentales como de simulación serán o bien únicamente terrestres o bien únicamente aéreos. En este trabajo no se trabajará con un grupo pre-establecido que cuente al mismo tiempo tanto con robots aéreos y terrestres.

2.3 Hipótesis (Responden al problema de investigación)

- a. La heterogeneidad dentro de un sistema multi-agente es una característica crítica que puede limitar la capacidad de utilizar los recursos presentes en el grupo, lo que restringe las tareas o misiones que se pueden realizar.
- b. La coordinación de las diversas capacidades y habilidades presentes en un sistema multi-agente heterogéneo demanda el desarrollo y propuesta de nuevos algoritmos de control que aprovechen en lo posible estas características únicas de cada agente.
- c. Dentro de la realización de una misión predefinida, la utilización de redes de robots heterogéneos tiene una mayor efectividad que el empleo de su contraparte homogénea.

2.3 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. **Resultados generales:**
 - o Caracterización y definición de *heterogeneidad* para sistemas multi-agentes.
 - o Análisis y propuesta de una posible métrica para conocer cuan heterogéneo es un sistema multi-agente en base a las características propias de cada agente.
 - o Algoritmo de control basado en consenso para la coordinación de un sistema multi-agente heterogéneo.
 - o Expansión del algoritmo desarrollado para su aplicación en un grupo de robots heterogéneos móviles que trabajen en el plano.
- b. **Difusión de resultados:**
 - o Dirección de al menos un trabajo de titulación dentro de la carrera de Ingeniería en Electrónica y Control relacionado con los objetivos de este proyecto.
 - o Organización de al menos una disertación dirigida a la comunidad politécnica con el fin de exponer el algoritmo de control desarrollado y su aplicación dentro del área de robótica móvil.
 - o Envío y aceptación para publicación de al menos un artículo científico dentro de una revista de alto impacto que tenga un cuartil Q3 o superior.

3	Relevancia de la propuesta de investigación y su relación con la(s) líneas de investigación
----------	--

Uno de los objetivos prioritarios de investigación del DACI es el estudiar y proponer nuevas estrategias de control para sistemas complejos. Este tipo de sistemas consideran un grupo de agentes o subsistemas interconectados los cuales persiguen un objetivo común. Para lograr dicho objetivo se requieren no solamente



de controladores locales sino también globales, los cuales consideren tanto las interacciones entre los agentes así como sus posibles características no homogéneas o idénticas que pueden presentar dichos agentes.

Las líneas de investigación dentro del Departamento de Automatización y Control Industrial (DACI) en las que se enmarca el presente proyecto son: **Control y Sistemas**, y en **Robótica y Automatización**, dado a que está orientado en desarrollar investigación enfocada en obtener resultados innovadores, tanto teóricos como prácticos, en las áreas de análisis y control de sistemas complejos que presentan algún tipo de no-homogeneidad con aplicación en la coordinación de múltiples robots móviles.

La relevancia de este proyecto respecto a la línea de investigación en Control y Sistemas se encuentra en el estudio de heterogeneidad en un sistema conformado por múltiples agentes con habilidades y dinámicas no idénticas. Además, es relevante el desarrollo de nuevos algoritmos de control para este tipo de sistemas explotando no solo la interdependencia entre agentes del mismo grupo sino también las características únicas que aportan cada uno de estos para el cumplimiento del objetivo global.

Respecto a la línea de investigación de Robótica y Automatización, la relevancia del presente proyecto radica en la aplicación del algoritmo a ser desarrollado en un grupo de robots móviles heterogéneos conformado por agentes con distintas dimensiones, masas, capacidades de comunicación y/o sensado.

Los resultados de este proyecto tendrían un importante impacto en áreas como robótica, procesos industriales, sistemas de transportación, sistemas autónomos y en todos aquellos en donde existe un creciente interés en contar con redes de dispositivos de tamaño reducido, con recursos simples pero diversos, en lugar de un solo equipo con múltiples recursos pero voluminoso y costoso. Adicionalmente, la teoría desarrollada como parte de esta investigación servirá como base para el planteamiento de proyectos de mayor impacto que busquen el desarrollo de nuevos algoritmos de control en donde se tengan redes de agentes heterogéneos y tareas colaborativas.

Por lo expuesto anteriormente, la presente propuesta está relacionada directamente con las líneas prioritarias de investigación del DACI y busca resolver una problemática actual planteando soluciones aplicables que motivarán nuevos esquemas de control proyectando a la Escuela Politécnica Nacional como un referente en la innovación relacionada con la investigación sobre el análisis y control de sistemas complejos.

Es importante recalcar que este proyecto está alineado al Objetivo 11 del Plan Nacional del Buen Vivir: "Establecer un sistema económico social, solidario y sostenible", bajo la política:

- Política 11.9. Promover el acceso a conocimientos y tecnologías y a su generación endógena como bienes públicos.

4	Productos esperados
----------	----------------------------

Tipo de Producto:	Marcar con una "X"
a. Publicaciones científicas (obligatorio);	X
b. Disertación a la comunidad politécnica;	X
c. Trabajo de titulación de acuerdo a lo que establece el Reglamento de Régimen Académico y la Normativa Interna de la EPN;	X
d. Aplicación tecnológica construida o implementada;	
e. Patente presentada;	
f. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.	

5	Descripción, metodología y diseño del proyecto
----------	---

5.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto (Máximo dos carillas)



Descripción

Los avances tecnológicos respecto al desarrollo de sistemas embebidos, como la miniaturización de componentes y el mejoramiento en el rendimiento de controladores, sensores y actuadores, han facilitado el desarrollo de sistemas distribuidos conformados por un amplio número de robots. Sin embargo, conforme se busca resolver problemas más complejos, existe mayor dificultad en disponer de todas las capacidades requeridas en una sola plataforma robótica. Por ejemplo, un robot voluminoso es capaz de contener una mayor cantidad de sensores, pero es menos ágil que uno de menores dimensiones. Por esta razón, actualmente, diversos grupos de investigación en sistemas multi-agentes están conformando sus cuadrillas de robots en base a múltiples plataformas heterogéneas [1]. La utilización de robots con diferentes características dinámicas, de sentido y/o de comunicación incrementa la robustez de todo el grupo, a fin de operar en ambientes altamente complejos y dinámicos.

Por lo cual, la heterogeneidad dentro de los sistemas multi-agentes se ha convertido en un factor importante que debe ser considerado en el diseño, control y coordinación de este tipo de redes móviles. Actualmente, la heterogeneidad en sistemas complejos no cuenta con un análisis formal y con las herramientas analíticas necesarias para explotar este factor. Justamente, uno de los objetivos de este proyecto es el estudio de maneras de caracterizar la heterogeneidad en sistemas con múltiples agentes, como las especificadas en [2][4][5]. Un mejor entendimiento de la forma en la que se puede cuantificar este factor permitirá, entre otras aplicaciones, el conformar el mejor grupo de robots de acuerdo a los requerimientos impuestos por una misión dada. Una selección óptima de los miembros dentro de un sistema multi-agente, junto con estrategias efectivas de coordinación, permitirá tomar ventaja de las funcionalidades únicas de cada agente en distintas áreas de forma que se garantice el cumplimiento exitoso de la misión general.

Este proyecto se enfocará en algoritmos de consenso los cuales buscan llevar los estados de agentes a un valor común predefinido. Esta metodología de control ha sido utilizada extensamente en la coordinación de agentes móviles [6][7], donde una suposición común dentro del consenso de múltiples agentes es que los mismos tienen características homogéneas [8][9]. Sin embargo, en los últimos años existe un gran interés en extender el algoritmo de consenso al caso de agentes con funcionalidades heterogéneas [10][11]. Esto debido a que en la mayoría de aplicaciones reales las características dinámicas de todos los agentes no son necesariamente las mismas, así como sus interconexiones. Consecuentemente, es fundamental desarrollar estrategias de control que aprovechen esta característica para una efectiva coordinación distribuida con agentes no homogéneos.

En base a lo expuesto anteriormente, el presente proyecto está enfocado en primero realizar una detallada revisión bibliográfica para establecer el estado del arte respecto al uso de características como diversidad o heterogeneidad dentro de los sistemas multi-agentes. Adicionalmente, se analizarán algoritmos de consenso propuestos para sistemas homogéneos y heterogéneos; así como sus aplicaciones en el caso de múltiples robots móviles. Clásicamente, herramientas como Teoría de Grafos han sido utilizadas con éxito para analizar la estructura de las redes formadas por agentes móviles [12][13]. Por lo que intuitivamente se considera que estas herramientas pueden ser extendidas para el caso de agentes no homogéneos. Justamente, este proyecto estudiará y profundizará sobre esta posibilidad. Además, la caracterización de las interconexiones entre los agentes en una red, en conjunto con una mejor definición de heterogeneidad estas redes permitirá proponer un algoritmo de formación basado en consenso para este tipo de sistemas con aplicación en robots móviles.

Metodología y diseño del proyecto

La metodología a utilizar para llevar a cabo los objetivos planteados responde a los lineamientos generales del método científico diferenciándose las siguientes fases.

Fase Teórica: Se estudiarán las distintas metodologías para la coordinación y seguimiento de trayectoria para sistemas robóticos como robots móviles o manipuladores móviles, se pondrá énfasis en las técnicas de control basadas en el consenso de redes con dinámicas y funcionalidades no idénticas. Además, se analizará que se entiende y como se puede establecer la heterogeneidad para un sistema conformado por múltiples agentes.

Fase de Diseño: Se desarrollarán los algoritmos de control para implementar las metodologías propuestas, de manera que se utilice las capacidades y habilidades de los distintos agentes dentro del grupo. Además, se comprobará que estos algoritmos efectivamente logren un *consenso* entre los agentes.



Fase de Simulación/Experimentación: Los algoritmos propuestos en la fase teórica se simularán considerando un sistema multi-agente heterogéneo y posteriormente aplicándolos para el caso de robots móviles. Para ello se dispone de software de simulación MATLAB y SIMULINK (herramienta de MATLAB), donde se puede modelar, simular y analizar sistemas dinámicos. En esta fase también se realizarán ajustes en los algoritmos de ser necesario. Adicionalmente, se buscará realizar la validación experimental de los resultados obtenidos en la fase de simulación mediante la utilización de un grupo de robots heterogéneos terrestres. Por esto, el presente proyecto plantea el adquirir una serie de recursos a fin de contar con un banco de pruebas con robots móviles para la realización de experimentos. De manera particular, se propone tomar como base el sistema planteado en [14] pero modificándolo de manera que se cuente con un grupo de agentes robóticos no homogéneos. También, se ambiciona contar con robots voladores utilizados para el desarrollo de investigación como los empleados en [15][16].

Referencias

- [1] Bezzo, N., Griffin, B., Cruz, P., Donahue, J., Fierro, R., & Wood, J. (2014). A Cooperative Heterogeneous Mobile Wireless Mechatronic System. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, 19(1), 20-31. doi:10.1109/TMECH.2012.2218254
- [2] Prorok, A., Hsieh, M. A., & Kumar, V. (2016). Formalizing the impact of diversity on performance in a heterogeneous swarm of robots. *IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, (págs. 5364-5371). Stockholm.
- [3] Saska, M., Krajník, T., Vonásek, V., Kasl, Z., Spurný, V., & Preucil, L. (2014). Fault-Tolerant Formation Driving Mechanism Designed for Heterogeneous MAVs-UGVs Groups. *Journal of Intelligent & Robotic Systems*, 73(1), 603-622. doi:10.1007/s10846-013-9976-6
- [4] Twu, P., Mostofi, Y., & Egerstedt, M. (2014). A measure of heterogeneity in multi-agent systems. *American Control Conference (ACC)*, (págs. 3972-3977). Portland, OR.
- [5] Cruz, P. J., & Fierro, R. (2015). Building coalitions of heterogeneous agents using weighted bipartite graphs. In *IEEE 54th Annual Conference on Decision and Control (CDC)* (págs. 2822-2828).
- [6] Ren, W. R., Beard, W., & Atkins, E. M. (2005). A survey of consensus problems in multi-agent coordination. *American Control Conference (ACC)*, (págs. 1859-1864).
- [7] Federica, G., & Luca, S. (2010). A Survey on Distributed Estimation and Control Applications Using Linear Consensus Algorithms. En A. Bemporad, M. Heemels, & M. Johansson, *Networked Control Systems* (págs. 75-107). London: Springer. doi:10.1007/978-0-85729-033-5_3
- [8] Wen, G., Peng, Z., Rahman, A., & Yu, Y. (2014). Distributed leader-following consensus for second-order multi-agent systems with nonlinear inherent dynamics. *International Journal of Systems Science*, 45(9), 1892-1901. doi:10.1080/00207721.2012.757386
- [9] Ding, L., Han, Q.-L., & Guo, G. (2013). Network-based leader-following consensus for distributed multi-agent systems. *Automatica*, 49(7), 2281-2286. doi:10.1016/j.automatica.2013.04.021
- [10] Zheng, Y., & Wang, L. (2012). Consensus of heterogeneous multi-agent systems without velocity measurements. *International Journal of Control*, 85(7), 906-914.
- [11] Wang, D., & Yu, M. (2016). Leader-following consensus for heterogeneous multi-agent systems with bounded communication delays. In *IEEE International Conference on Control, Automation, Robotics and Vision (ICARCV)*, (págs. 1-6).
- [12] Renato, V., Abad Torres, J., & Leica, P. (2017). Trajectory Tracking based on Containment Algorithm Applied to a Formation of Mobile Manipulators. *14th International Conference on Informatics in Control, Automation and Robotics*, (Accepted – scheduled for presentation on July 28th).
- [13] Koorehdavoudi, K., Roy, S., Abad Torres J., & Mengran, X. (2017). Interactions Among Control Channels in Dynamical Networks. *56th IEEE International Conference on Decision and Control (CDC)*, (Accepted – scheduled for presentation on December 12th).
- [14] Yu, J., Han, S., & Rus, D. (2016). A Portable, 3D-Printing Enabled Multi-Vehicle Platform for Robotics Research and Education. *arXiv preprint arXiv:1609.04745*.
- [15] Zhang, X., Xian, B., Zhao, B., & Zhang, Y. (2015). Autonomous flight control of a nano quadrotor helicopter in a GPS-denied environment using on-board vision. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 62(10), 6392-6403.
- [16] Powers, C., Mellinger, D., & Kumar, V. (2015). Quadrotor kinematics and dynamics. In *Handbook of Unmanned Aerial Vehicles* (pp. 307-328). Springer Netherlands.



6 Infraestructura, equipos y fondos adicionales.

6.1 Infraestructura y equipos

Infraestructura	Equipos	
Laboratorio de Robótica	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Ubicación: primer piso del EARME, Oficina 104	- Cámaras infrarrojas	Laboratorio de Robótica, Departamento de Automatización y Control Industrial
Laboratorio de Control y Sistemas	Nombre del Equipo	Ubicación del Equipo
Ubicación: tercer piso Edificio Antiguo de Ingeniería Eléctrica, Oficina E-303	- 2 robots móviles (Robotino FESTO) - Osciloscopios y fuentes de voltaje - Computadores de escritorio	Laboratorio de Control y Sistemas, Departamento de Automatización y Control Industrial

6.2 Breve justificación del equipo requerido

Para el DACI es fundamental el poder contar con un prototipo de una red de robots móviles a fin de plantear y realizar avances significativos en sus diversas líneas de investigación, específicamente en robótica y automatización y en control y sistemas. Actualmente, este departamento cuenta únicamente con un par de robots móviles de marca FESTO, por lo que no se disponen del equipamiento suficiente. La adquisición de dispositivos y plataformas, permitirá el desarrollo e implementación de grupos de robots móviles que facilitarán la verificación experimental de los algoritmos de control propuestos tanto por la presente propuesta como de investigaciones similares o futuras. El acceso a plataformas robóticas reales y su utilización para validación de resultados es fundamental para la publicación de artículos por parte del DACI y de la EPN en revistas internacionales de alto impacto.

De lo indicado en las secciones anteriores, en la fase de simulación/experimentación, se propone el implementar los algoritmos de control desarrollados sobre una plataforma robótica real conformada por múltiples vehículos no homogéneos. Por facilidad, se busca el contar con robots de escala pequeña que puedan ser construidos en base a piezas creadas en base a impresión 3D y un sistema externo de tracking basado en una cámara HD web. Justamente, una opción para este sistema y con licenciamiento abierto se presenta en [14] pero considerando micro-robots homogéneos. El equipo requerido se basará en este trabajo y lo modificará de manera que se cuente con un grupo de robots heterogéneos. El proyecto no contempla la adquisición de una impresora 3D pero sí la fabricación de las piezas mediante esta tecnología utilizando los servicios de empresas ecuatorianas dedicadas a este tipo de tarea. Adicionalmente y con miras a contar con agentes robóticos tanto aéreos como terrestres, dentro de los dispositivos solicitados se plantea la adquisición de micro-robots voladores y de partes para la construcción de plataformas similares en base a robots que importantes grupos de investigación [15][16] alrededor del mundo los están poniendo a disponibilidad a través de proyectos de fuente abierta (open-source projects).

6.3 Fondos Adicionales

No se cuentan con fondos adicionales



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

UNIDAD DE INVESTIGACIÓN

PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 1

Director del proyecto	Título del proyecto
PHD. Jackeline Abad Torres	Estudio, coordinación y consenso de sistemas multi-agentes heterogéneos con aplicaciones en robótica móvil

Lista de Items		Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato							
1.1	Personal Técnico de Apoyo a la Investigación	10	mes	\$ 120.00	\$ 1,200.00	\$ 130.98	\$ 1,309.80
1.2	Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 1				\$ 120.00	\$ 1,200.00	\$ 130.98	\$ 1,309.80
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
2 Maquinaria equipos							
Implementación banco de pruebas de micro robots móviles							
2.1	Parts of the micro mobile robot (3D printing)	3	sets	\$ 40.00	\$ 120.00	\$ 44.80	\$ 134.40
2.2	Mini Plastic Gearmotor HP, 90° 3mm D-Shaft Output	6	unidad	\$ 15.00	\$ 90.00	\$ 16.80	\$ 100.80
2.3	Dual Motor Driver Carrier	6	unidad	\$ 10.00	\$ 60.00	\$ 11.20	\$ 67.20
2.4	Fio v3 - ATmega32U4 (microcontroller)	3	unidad	\$ 80.00	\$ 240.00	\$ 89.60	\$ 268.80
2.5	XBee 1mW Trace Antenna	3	unidad	\$ 60.00	\$ 180.00	\$ 67.20	\$ 201.60
2.6	Ball Caster Metal	6	unidad	\$ 7.00	\$ 42.00	\$ 7.84	\$ 47.04
2.7	Wheel 32x7mm - Pair	3	set	\$ 12.00	\$ 36.00	\$ 13.44	\$ 40.32
2.8	Lithium Ion Polymer Battery - 3.7v 500mAh	3	unidad	\$ 20.00	\$ 60.00	\$ 22.40	\$ 67.20
2.9	Lipo -USB Battery Charger	2	unidad	\$ 15.00	\$ 30.00	\$ 16.80	\$ 33.60
2.10	USB HD Camera	1	unidad	\$ 120.00	\$ 120.00	\$ 134.40	\$ 134.40
2.11	USB 2.0 Extension Cable	1	unidad	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 11.20	\$ 11.20
2.12	XBee Explorer Dongle	2	unidad	\$ 60.00	\$ 120.00	\$ 67.20	\$ 134.40
Micro robots aéreos							
2.13	Crazyflie 2.0 Happy hacker bundle (Nano quadrotor, Flying Development Platform)	2	sets	\$ 500.00	\$ 1,000.00	\$ 560.00	\$ 1,120.00
2.14	Crazyflie 2.0 Indoor explorer bundle (Nano quadrotor, Flying Development Platform)	1	sets	\$ 2,500.00	\$ 2,500.00	\$ 2,800.00	\$ 2,800.00
2.15	Crazyflie 2.0 spare part bundle (Nano quadrotor, Flying Development Platform)	3	sets	\$ 45.00	\$ 135.00	\$ 50.40	\$ 151.20
2.16	Odroid XU-4 (Onboard Controller)	1	unidad	\$ 140.00	\$ 140.00	\$ 156.80	\$ 156.80
2.17	32GB eMMC Memory Card	1	unidad	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
2.18	DC Plug Cable	2	unidad	\$ 3.00	\$ 6.00	\$ 3.36	\$ 6.72
2.19	Wireless Adapter	1	unidad	\$ 60.00	\$ 60.00	\$ 67.20	\$ 67.20
2.2	Pixracer Flightcontroller	1	unidad	\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 280.00	\$ 280.00
2.21	915 MHz Telemetry Radio Set	1	unidad	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
2.22	Power Distribution Board (PDB)	1	unidad	\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 22.40	\$ 22.40
2.23	FrSky 16 Channel Receiver	1	unidad	\$ 60.00	\$ 60.00	\$ 67.20	\$ 67.20
2.24	Lumenier quadrotor frame kit plus electronics	1	kit	\$ 750.00	\$ 750.00	\$ 840.00	\$ 840.00
2.25	HQ Props 5x4x3	1	kit	\$ 10.00	\$ 10.00	\$ 11.20	\$ 11.20
2.26	3700mAh Battery	1	unidad	\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
2.27	Wireless Controller Receiver	1	unidad	\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 56.00	\$ 56.00
2.28	Wireless Controller Transmitter	1	unidad	\$ 90.00	\$ 90.00	\$ 100.80	\$ 100.80
2.29	EV-Peak Multi Charger	1	unidad	\$ 300.00	\$ 300.00	\$ 336.00	\$ 336.00
2.3	USB to TTL Serial Converter	1	unidad	\$ 15.00	\$ 15.00	\$ 16.80	\$ 16.80
2.31	Assorted Nylon Standoffs	1	set	\$ 20.00	\$ 20.00	\$ 22.40	\$ 22.40
2.32	Frsky Radio Transmitter	1	unidad	\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 280.00	\$ 280.00
Subtotal 2				\$ 5,812.00	\$ 7,064.00	\$ 6,509.44	\$ 7,911.68
3 Reactivos y materiales de laboratorio							
3.1	Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Literatura especializada							
4.1	Probabilistic Robotics, Sebastian Thrun, Wolfram Burgard, Dieter Fox, Intelligent Robotics and Autonomous Agents Series, The MIT Press, 2005	1		\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
4.2	Robotics: Modelling, Planning and Control, Bruno Siciliano, Lorenzo Sciacivico, Luigi Villani, Giuseppe Oriolo, Advanced Textbooks in Control and Signal Processing, Springer, 2011	1		\$ 150.00	\$ 150.00	\$ 168.00	\$ 168.00
4.3	Handbook of Robotics, Bruno Siciliano & Oussama Khatib, Springer Handbo	1		\$ 250.00	\$ 250.00	\$ 280.00	\$ 280.00
4.4	Mastering ROS for Robotics Programming, Lentin Joseph, Packt Publishing,	1		\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
4.5	Learning Robotics using Python, Lentin Joseph, Packt Publishing, 2015	1		\$ 50.00	\$ 50.00	\$ 56.00	\$ 56.00

4.6	Effective Robotics Programming with ROS, Anil Mahtami, Luis Sánchez, Enrique Fernández, Aaron Martínez, Packt Publishing, 2016	1		\$ 100.00	\$ 100.00	\$ 112.00	\$ 112.00
Subtotal 4				\$ 750.00	\$ 750.00	\$ 840.00	\$ 840.00
5 Viajes técnicos y de muestreo							
5.1	Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2	Viaticos al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5				\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones							
6.1	Pasajes al exterior	1		\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
6.2	Viaticos al exterior	1		\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 560.00	\$ 560.00
6.3	Pago de inscripción y publicaciones	1		\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 392.00	\$ 392.00
Subtotal 6				\$ 1,850.00	\$ 1,850.00	\$ 2,072.00	\$ 2,072.00
TOTAL					\$ 10,864.00		\$ 12,133.48



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



AÑO 2

Director del proyecto	Título del proyecto
PhD. Jackeline Abad Torres	Estudio, coordinación y consenso de sistemas multi-agentes heterogéneos con aplicaciones en robótica móvil

Lista de Items	Cantidad	Unidad	Precio Unitario Referencial	Precio Total Referencial	Precio Unitario Referencial +Aporte IESS	Precio Total Referencial con IVA + Aporte del IESS
1 Contratación de servicios personales por contrato						
1.1 Personal Técnico de Apoyo a la Investigación	6	mes	\$ 120.00	\$ 720.00	\$ 130.98	\$ 785.88
1.2 Prestación de servicios profesionales (Homologado Escala de remuneración de servidores publicos)		mes	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 1			\$ 120.00	\$ 720.00	\$ 130.98	\$ 785.88
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
2 Maquinaria equipos						
2.1 Item 1 (Detallar nombre de la maquinaria y equipos solicitado)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 2			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
3 Reactivos y materiales de laboratorio						
3.1 Item 1 (Detallar nombre de los insumos y reactivos)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 3			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
4 Literatura especializada						
4.1 Item 1 (Detallar nombre del libro)			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 4			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5 Viajes técnicos y de muestreo						
5.1 Pasajes al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
5.2 Viaticos al interior			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
Subtotal 5			\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
6 Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones						
6.1 Pasajes al exterior	1		\$ 1,000.00	\$ 1,000.00	\$ 1,120.00	\$ 1,120.00
6.2 Viaticos al exterior	1		\$ 500.00	\$ 500.00	\$ 560.00	\$ 560.00
6.3 Pago de inscripción y publicaciones	1		\$ 350.00	\$ 350.00	\$ 392.00	\$ 392.00
Subtotal 6			\$ 1,850.00	\$ 1,850.00	\$ 2,072.00	\$ 2,072.00
TOTAL				\$ 2,570.00		\$ 2,857.88



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
PRESUPUESTO PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN



Director del proyecto	Título del proyecto
PhD. Jackeline Abad Torres	Estudio, coordinación y consenso de sistemas multi-agentes heterogéneos con aplicaciones en robótica móvil

Presupuesto consolidado sin IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total sin IVA
1	\$ 1,200.00	\$ 7,064.00	\$ -	\$ 750.00	\$ -	\$ 1,850.00	\$ 10,864.00
2	\$ 720.00	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 1,850.00	\$ 2,570.00
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 1,920.00	\$ 7,064.00	\$ -	\$ 750.00	\$ -	\$ 3,700.00	\$ 13,434.00

Presupuesto consolidado con IVA

AÑO	Contratación de servicios personales por contrato	Maquinaria y equipo	Reactivos y materiales de laboratorio	Literatura especializada	Viajes técnicos y de muestreo	Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	Total con IVA
1	\$ 1,309.80	\$ 7,911.68	\$ -	\$ 840.00	\$ -	\$ 2,072.00	\$ 12,133.48
2	\$ 785.88	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ 2,072.00	\$ 2,857.88
3	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -
TOTAL	\$ 2,095.68	\$ 7,911.68	\$ -	\$ 840.00	\$ -	\$ 4,144.00	\$ 14,991.36

DECLARACIÓN FINAL

TIPO DE PROYECTO

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Interdisciplinario

TIPO DE INVESTIGACIÓN

Investigación básica Investigación aplicada

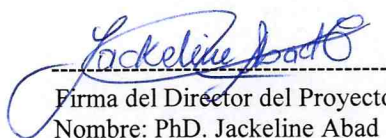
TÍTULO DEL PROYECTO

Estudio, coordinación y consenso de sistemas multi-agentes heterogéneos con aplicaciones en robótica móvil

DECLARACIÓN DEL DIRECTOR DEL PROYECTO

El equipo de investigadores, representado por el Director del Proyecto declara lo siguiente:

- Que el presente proyecto es una obra original de este equipo de investigadores y por tanto, asumimos la completa responsabilidad legal en caso de que un tercero alegue la titularidad de los derechos intelectuales del proyecto, exonerando a la EPN de cualquier acción legal que se derive por esta causa.
- Que el presente proyecto no ha sido presentado en ninguna convocatoria de otra institución pública o privada solicitando el financiamiento total del presupuesto. El incumplimiento será causal para que el proyecto no sea tomado en consideración.
- Que, todos los bienes adquiridos en el proyecto permanecerán bajo la custodia y responsabilidad del director de proyecto.
- Que, aceptamos que si el proyecto genera algún producto o procedimiento susceptible de obtener de derechos de propiedad intelectual, de los cuales se deriven beneficios, estos serán compartidos entre los investigadores y las instituciones participantes en el proyecto.



Firma del Director del Proyecto
Nombre: Ph.D. Jackeline Abad
C.I.: 0502951403

DECLARACIÓN DEL JEFE DE DEPARTAMENTO

Esta propuesta ha sido aprobada y avalada por el Consejo del Departamento de Automatización y Control Industrial, en sesión del día 29 de Agosto del 2017 mediante resolución No. 03-24.

Las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del proponente y sus colaboradores de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta propuesta.



Firma del Jefe del Departamento
Nombre: Paulo Lejca, PhD
C.I.: 1714829585