



Universidad Tecnológica Nacional
Rectorado
Secretaría de Ciencia, Tecnología y
Posgrado

SISTEMA DE INFORMACION DE CIENCIA Y
TECNOLOGIA (SICyT)

FORMULARIO PARA PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

Código del Proyecto: CCPPACO0008219

1. Unidad Científico-Tecnológica

FR Córdoba - CIII: CENTRO DE INVESTIGACION EN INFORMATICA PARA INGENIERÍA

2. Denominación del PID

EduRoMAA Fase II: implementación en ROS.

3. Resumen Técnico del PID

Los robots móviles son una herramienta educativa de relevancia debido al entusiasmo que despierta en los estudiantes y a la gran variedad de disciplinas tecnológicas que involucra. Estos brindan un marco de trabajo en disciplinas tales como: electrónica, mecánica, sensorística, sistemas embebidos, procesamiento de señales e imágenes, comunicación inalámbrica, algoritmos y programación, inteligencia artificial, entre otras. Particularmente, en la carrera de ingeniería electrónica, los robots móviles resultan una plataforma educativa atractiva, ya que pueden ser utilizados en el proceso de enseñanza/aprendizaje en sus diferentes niveles, abarcando temas de electrónica y programación básica hasta desarrollos completos de sistemas autónomos complejos. Existe robots móviles, o mejor dicho plataformas educativas completas, disponibles comercialmente orientadas a la educación en sus diferentes niveles. Sin embargo, son escasos los proyectos activos actualmente con un enfoque abierto, tanto en software como hardware, de robótica educativa. En ese sentido, en un proyecto anterior llevado a cabo por el Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería, se logró desarrollar el EduRoMAA, una plataforma educativa completa de hardware y software abierto orientado a la educación universitaria, y que resulta un modelo atractivo a seguir para el desarrollo de herramientas educativas. Por otro lado, en años reciente ha ido en constante crecimiento la disponibilidad de plataformas de sistemas embebidos educativos de hardware abierto, que cubren conocimientos en electrónica y programación desde los niveles iniciales hasta muy avanzados. En el nivel inicial se encuentra la plataforma Arduino (hardware y software abiertos), enfocado a personas con escasos o nulos conocimientos; y en los niveles más avanzados se dispone de una gran variedad de SBC (Single Board Computer) tales como la Raspberry Pi, solo por mencionar un par de ellos, orientados a la programación de sistemas embebidos complejos. En este contexto, el presente proyecto tiene como objetivo continuar con el desarrollo de plataformas de robótica móvil de hardware y software abierto. Particularmente realizar las adaptaciones de la plataforma EduRoMAA para ser utilizada con un framework de desarrollo de algoritmos de robótica de alto nivel, mas precisamente el sistema operativo robótico, ROS (por sus siglas en ingles). Esto permitiría generar un marco educativo orientado a la ingeniería electrónica, cubriendo los niveles iniciales, medios y avanzados de la enseñanza de la robótica.

4. Programa

Electrónica, Computación y Comunicaciones

5. Proyecto

Tipo de Proyecto: PID INICIACION A INVESTIGACION PRIMER PROYECTO TIPO A

Tipo de Actividad: Investigación Aplicada

Campos de Aplicación:

Rubro	Descrip. Actividad	Otra (especificada)
INDUSTRIAL (Producción y tecnología)	Equipos de procesamiento (hardware)	
DESARROLLO DE LA EDUCACION	Ciencia y tecnología	
PROMOCION GENERAL DEL CONOCIMIENTO	Ciencias de la ingeniería y arquitectura	

Disciplinas Científicas:

Rubro	Disciplina Científica	Otras Disciplinas Científicas
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y	Control	

CONTROL	Control	-
INGENIERÍA EN COMUNICACIONES ELECTRÓNICA Y CONTROL	Electrónica	-
CIENCIAS DE LA COMPUTACIÓN E INFORMÁTICA	Robótica	-

Palabras Clave

Robótica móvil, hardware abierto, software abierto, educación, ROS, sistemas embebidos

6. Fechas de realización

Inicio	Fin	Duración	Fecha de Homologación
01/01/2021	31/12/2022	24 meses	-

7. Aprobación/ Acreditación / Homologación / Reconocimiento (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

7.1 Aprobación / Acreditación / Reconocimiento (para ser completado por la FR cuando se posea N° Resolución)

N° de Resolución de aprobación de la FR:

7.2 Homologación (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

Código SCTyP: CCPAC0008219

Disposición SCTyP:

Código Ministerio:

8. Estado (para ser completado por la SCTyP - Rectorado)

EN TRÁMITE

9. Avales (presentación obligatoria de avales)

10. Personal Científico Tecnológico que participa en el PID

Apellido y Nombre	Cargo	Hs/Sem	Fecha Alta	Fecha Baja	Otros Cargos
PEREZ PAINA, GONZALO FERNANDO	CO-DIRECTOR	10	01/01/2021	31/12/2022	-
GONZÁLEZ DONDO, DIEGO	DIRECTOR	10	01/01/2021	31/12/2022	-
DIAZ BAEZ, FEDERICO	BECARIO BIND	10	01/01/2021	31/12/2022	-
NAVARRO, FACUNDO	BECARIO ALUMNO UTN-SAE	10	01/01/2021	31/12/2022	-
NIEVAS, MARTIN	BECARIO POSGRADO - DOCTORAL EN EL PAÍS	10	01/01/2021	31/12/2022	-

11. Datos de la investigación

Estado actual de concimiento del tema

Los robots móviles resultan una herramienta didáctica [1, 2] atractiva debido al entusiasmo que despiertan en los estudiantes y a la diversidad de disciplinas tecnológicas que involucran.

Los robots móviles [3, 4] ofrecen un marco de trabajo de disciplinas tales como: electrónica, mecánica, sensorística [5, 6], sistemas embebidos, procesamiento de señales e imágenes, comunicación inalámbrica, programación [7] y algorítmica [8], inteligencia artificial, entre otras. En la carrera de ingeniería en electrónica en particular, los robots móviles resultan atractivos como herramienta didáctica dado que se pueden utilizar en el proceso de enseñanza-aprendizaje en diferentes niveles, cubriendo topics desde la electrónica básica hasta la programación de sistemas autónomos complejos.

Existen en la actualidad robots móviles disponibles con fines didácticos tanto comerciales como de proyectos de código abierto. El más popular dentro de los productos comerciales es el robot Mindstorm de LEGO [9], enfocado principalmente a la enseñanza de programación en niveles iniciales.

Vale la pena mencionar también, como ejemplo local, los diferentes modelos de robots comerciales como el N6 y N8, de la firma RobotGroup [10], pensados para la educación tanto a nivel de grado como de pregrado. Algunos de los desarrollos más relevantes de robots de hardware y software abiertos, diseñados específicamente con fines didácticos, son el robot Khepera [11] y el e-puck [12], y más recientemente el robot Thymio [13, 14]; todos ellos creados en la EPFL (École polytechnique fédérale de Lausanne). El e-puck es un robot de tracción diferencial utilizado principalmente para evaluar algoritmos de robótica tales como la planificación de trayectorias, la evasión de obstáculos, el procesamiento de información sensorística, etc. El robot Thymio es un robot de tracción diferencial pequeño adecuado para operar sobre un escritorio, fabricado principalmente con plástico inyectado. Tiene batería integrada y recargable por puerto USB, la cual brinda energía para una operación de entre 3 a 5 horas.

En lo que respecta a las plataformas electrónicas abiertas resulta de gran relevancia la Computadora Industrial Abierta Argentina (CIAA) desarrollada y fabricada en el país. La CIAA [15] nace en el año 2013, siendo una iniciativa conjunta del sector académico e industrial argentino, incluyendo a más de 12 universidades, 20 empresas pequeñas y medianas que proveen del hardware, el software, circuitos impresos, componentes, etc., y más de 60 desarrolladores. La CIAA es la primera y única computadora del mundo que reúne dos cualidades [16]: 1) Es industrial dado que su diseño está preparado para las exigencias de confiabilidad, temperatura,

vibraciones, ruido electromagnético, tensiones, cortocircuitos, etc., que demandan los productos y procesos industriales; y 2) es abierta, ya que toda la información sobre su diseño de hardware, firmware, software, etc., está libremente disponible en internet bajo la Licencia BSD, para su libre utilización. Por otro lado, su diseño no está atado a los procesadores de una determinada compañía, como ocurre con otras computadoras abiertas [16]. A partir del desarrollo de la plataforma CIAA surge la CIAA Educativa o EduCIAA [17]. Esta es una versión de bajo costo de pensada para la enseñanza de sistemas embebidos en los niveles educativos universitario, terciario y secundario. Además, con el objetivo de permitir el desarrollo de prácticas sencillas sin que sea necesario recurrir a hardware adicional, incluye algunos recursos que no están presentes en la CIAA.

Otra plataforma disponible para la enseñanza de sistemas embebidos es la Raspberry Pi. Que es un ordenador de placa simple (SBC) de bajo costo desarrollado en el Reino Unido por la Raspberry Pi Foundation, con el objetivo de estimular la enseñanza de informática en las escuelas. El modelo original se convirtió en más popular de lo que se esperaba, hasta incluso vendiéndose fuera del mercado objetivo para usos como robótica. Entre sus principales características se pueden mencionar: reducido tamaño y costo, diferentes puertos periféricos disponibles, como USB, Ethernet, HDMI e I2C; microprocesador ARM de 64bit con 4 núcleos y capacidad para correr sistemas operativos GNU/Linux, etc.

En lo que respecta al desarrollo de software de robótica, una herramienta ampliamente utilizada es el Sistema Operativo de Robots o ROS (Robot Operating System) [18]. ROS es un framework para el desarrollo de software de robots que brinda la funcionalidad de un sistema operativo sobre un sistema de cómputo heterogéneo. ROS provee los servicios estándares de un sistema operativo tales como abstracción del hardware, control de dispositivos de bajo nivel, implementación de funcionalidad de uso común, paso de mensajes entre procesos y mantenimiento de paquetes. Está basado en una arquitectura de grafos donde el procesamiento toma lugar en los nodos que pueden recibir, mandar y multiplexar mensajes de sensores, control, estados, planificaciones y actuadores, entre otros. En el marco del entorno de programación de robótica ROS, existen diferentes plataformas de hardware, algunas de las cuales son de código abierto, útiles para evaluar los algoritmos disponibles. El más representativo son la serie de robots TurtleBot, del cual su última versión TurtleBot3 [19] fue anunciado en el ROSCon de 2016. Las diferentes versiones del robot TurtleBot3 fue desarrollado por la compañía surcoreana Robotis y la Fundación Robótica de Código Abierto (OSRF, Open Source Robotics Foundation). Desde su concepción el robot fue anunciado como completamente abierto, modular, y altamente configurable. El robot TurtleBot3 está basado en la nueva generación de electrónica embebida y sensores de bajo costo, y utiliza ROS como plataforma software.

Referencias

- [1] J. M. Esposito, "The state of robotics education: Proposed goals for positively transforming robotics education at postsecondary institutions," *IEEE Robotics Automation Magazine*, vol. 24, no. 3, pp. 157–164, Sep. 2017.
- [2] D. P. Miller and I. Nourbakhsh, *Robotics for Education*. Cham: Springer International Publishing, 2016, pp. 2115–2134. [Online]. Available: https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_79
- [3] G. Perez Paina, G. Aragua's, D. Gaydou, G. Steiner, and L. Rafael Canali, "RoMAA-II, an open architecture mobile robot," *Latin America Transactions, IEEE*, vol. 12, no. 5, pp. 915–921, Aug 2014.
- [4] D. Gaydou, G. Suarez, C. Paz, G. Perez Paina, and G. Aragua's, "Robot volador no tripulado QA3. Diseño y construcción de un cuatrirrotor para experimentación," in *Proceedings of the VIII Jornadas Argentina de Robótica (JAR)*, 2014.
- [5] F. Trasobares, M. Griffa, L. Yoaquino, and C. Falco, "Sensorística para el control de plataforma robótica destinada al estudio de redes de sensores móviles," in *Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE)*, 2015, pp. 121–126.
- [6] G. F. Perez Paina, F. E. Elizondo, D. A. Suarez, and L. R. Canali, "Design and implementation of a multi-sensor module for mobile robotics applications," in *Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE)*, 2012, pp. 269–274.
- [7] G. F. Perez Paina, D. A. Gaydou, N. L. Palomeque, and L. A. Martini, "Librerías embebidas para microcontroladores LPC2000 de aplicación en robótica," in *Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE)*, 2011.
- [8] C. Paz, G. Aragua's, G. Perez Paina, and H. Toloza, "Algoritmo de paralelización para la estimación en tiempo real del ángulo de guiñada de un UAV," in *Proceedings of the Argencon 2014*, June 2014.
- [9] F. B. V. Benitti, "Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review," *Computers & Education*, vol. 58, no. 3, pp. 978 – 988, 2012.
- [10] "Robotgroup. Robótica para la educación," <http://www.robotgroup.com.ar/>, accessed: 2017.
- [11] F. Mondada, E. Franzi, and P. Jenne, "Mobile robot miniaturisation: A tool for investigation in control algorithms," in *Experimental Robotics III*, T. Yoshikawa and F. Miyazaki, Eds. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 1994, pp. 501–513.
- [12] F. Mondada, M. Bonani, X. Raemy, J. Pugh, C. Cianci, A. Klapotocz, S. Magnenat, J.-C. Zufferey, D. Floreano, and A. Martinoli, "The e-puck, a Robot Designed for Education in Engineering," *Proceedings of the 9th Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions*, vol. 1, no. 1, pp. 59–65, 2009.
- [13] F. Riedo, M. Chevalier, S. Magnenat, and F. Mondada, "Thymio II, a robot that grows wiser with children," in *2013 IEEE Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts*, Nov 2013, pp. 187–193. [25]
- [14] F. Mondada, M. Bonani, F. Riedo, M. Briod, L. Pereyre, P. Retornaz, and S. Magnenat, "Bringing robotics to formal education: The Thymio open-source hardware robot," *IEEE Robotics Automation Magazine*, vol. 24, no. 1, pp. 77–85, March 2017.

[15] "CIAA project," <http://www.proyecto-ciaa.com.ar>, accessed: may 2018.

[16] "La computadora argentina," <http://www.cadieel.org.ar/documentos/>

CIAAPymesClarín20150707.pdf, pymes. Accessed: 2018. (in spanish).

[17] "La CIAA en la educacio?n," <http://www.proyecto-ciaa.com.ar/devwiki/>

doku.php?id=educacion, accessed: may 2018.

[18] M. Quigley, K. Conley, B. Gerkey, J. Faust, T. Foote, J. Leibs, R. Wheeler and Y. Andrew. "ROS: an open-source Robot Operating System", ICRA Workshop on Open Source Software, 2009.

[19] E. Ackerman and E. Guizzo, "Hands-on With TurtleBot 3, a Powerful Little Robot for Learning ROS", IEEE Spectrum, May 2017.

Grado de Avance

Al presente el Centro de Investigación en Informática para la Ingeniería -CIII- donde se ejecutará el proyecto cuenta con una vasta experiencia en el diseño y construcción de robots móviles de diferentes configuraciones, pudiendo nombrar como casos más exitosos el Robot Móvil de Arquitectura Abierta -RoMAA- [1,2], y el robot Quadricóptero Autónomo de Arquitectura Abierta -QA3- [3].

El robot móvil RoMAA es un robot móvil con ruedas de tracción diferencial que ha sido desarrollado íntegramente en el CIII, desde la mecánica, el sistema de tracción, sistema energético, sistema de control de bajo nivel [4], y software de programación de alto nivel [5]. El mismo ha sido utilizado en diferentes experimentos de la robótica móvil y visión por computadoras como SLAM visual [6], odometría visual [7], y calibración cámara-robot [8]. En [9] se describe un módulo de sensores adecuado para robots móviles que consiste en un conjunto de sensores de distancia por ultrasonido y una unidad inercial para la estimación del movimiento.

También se cuenta con experiencia en el diseño y desarrollo de versiones prototipo de robots de bajo costo, los cuales se llevaron a cabo en el marco del proyecto "Soluciones tecnológicas para el monitoreo distribuido mediante redes inalámbricas de sensores (WSNs) -Asistencia Exportadora Manuel Belgrado- (2014)". Proyecto conjunto entre la Facultad Regional Córdoba de la UTN, la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC e InSus (Ingeniería Sustentable) de la incubadora de empresas de la UNC. En el marco de este proyecto se desarrollaron algunos prototipos que han sido utilizados luego como parte de trabajos de grado en la cátedra integradora del cuarto nivel de la carrera de ingeniería electrónica de la UTN-FRC como se muestra en [10].

Más recientemente se desarrolló la plataforma robótica EduRoMAA [11,12] que es la versión educativa del RoMAA. Esta plataforma, de bajo costo, de software y hardware abierto [13] fue empleada con éxito en dos talleres para la enseñanza de conceptos básicos de sistemas embebidos empleando robots móviles. Estos talleres se dieron en el marco del Congreso Argentino de Sistemas Embebidos de los años 2018 y 2019.

Por otro lado el grupo posee experiencia en la utilización y desarrollo del framework de alto de nivel ROS [14].

Referencias

[1] D.A. Gaydou, G.F. Pérez Paina, G.M. Steiner, and J. Salomone. "Plataforma móvil de arquitectura abierta". In Proceedings of the V Jornadas Argentinas de Robótica (JAR). Ediuns, November 2008. ISBN 978-987-655-011-6

[2] G. Perez Paina, G. Araguas, D. Gaydou, G. Steiner, and L. Canali. "RoMAA-II, an open architecture mobile robot". Latin America Transactions, IEEE (Revista IEEE America Latina), 12(5):915–921, Aug 2014

[3] D. Gaydou, G. Suarez, C. Paz, G. Perez Paina, and G. Araguás. "Robot volador no tripulado QA3. Diseño y construcción de un cuatrirrotor para experimentación". In Proceedings of the VIII Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), 2014

[4] G.F. Perez Paina, D.A. Gaydou, N.L. Palomeque, and L.A. Martini. "Librerías embebidas para microcontroladores LPC2000 de aplicación en robótica". In Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE), 2011b. ISBN 978-987-9374-69-6.

[5] G.F. Perez Paina and D.A. Gaydou. "Programación y simulación en robótica móvil utilizando Player/Stage". In Proceedings of the VI Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), pages 150–155, November 2010a.

[6] G.F. Perez Paina and E. Destéfanis. "Monocular simultaneous localization and mapping system for a wheeled mobile robot". In Proceedings of the XV Workshow on Information Processing and Control (RPIC), pages 248–253, 2013. ISBN 978-987-27739-7-7.

[7] G. Araguás, J. Sánchez, and L. Canali. "Monocular visual odometry using features in the fourier domain". In Proceedings of the VI Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), pages 211–215, November 2010.

[8] G. Araguás, G. Perez Paina, G. Steiner, and L. Canali. "Extrinsic calibration of a camera-robot system under non-holonomic constraints". In Proceedings of the AST in 40th Argentine Conference on Informatics (JAIIO), pages 157–167, 2011.

[9] G.F. Perez Paina, F.E. Elizondo, D.A. Suares, and L.R. Canali. "Design and implementation of a multi-sensor module for mobile robotics applications". In Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE), pages 269–274, 2012b. ISBN 978-987-9374-82-5.

[10] F. Trasobares, M. Griffo, L. Yoaquino, and C. Falco. "Sensorística para el control de plataforma robótica destinada al estudio de redes de sensores móviles". In Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE), pages 121–126, 2015

[11] G. Perez-Paina, E. J. Guizzo, I. Torres, D. Gonzalez-Dondo, C. Paz, and

F. Trasobares, "Open hardware wheeled mobile robot for educational purposes," in Proceedings of the Argentine Conference on Embedded Systems (CASE), 2018, pp. 13–18.

[12] Gonzalo Perez-Paina, Martín Baudino, Diego Gonzalez-Dondo, Facundo Navarro and Patricio Reus Merlo. "Robot móvil de diseño abierto y bajo costo con fines didácticos basado en la EduCIAA". X Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), Neuquén, Argentina. Nov. 2019.

[13] Documentación EduRoMAA: <https://github.com/ciiitnfr/eduromaa>

[14] Gonzalo Perez-Paina, David Gaydou y Gastón Araguás. "Driver de ROS para el robot móvil RoMAA". X Jornadas Argentinas de Robótica (JAR), Neuquén, Argentina. Nov. 2019.

Objetivos de la investigación

Objetivos generales

El presente proyecto tiene la finalidad de continuar con el desarrollo de herramientas educativas basadas en plataformas móviles robóticas por parte de nuestro grupo de trabajo.

Por tal motivo en este proyecto se pretende adecuar las herramientas existentes de alto nivel para el manejo de plataformas robóticas a los desarrollos que se surgen a partir de este proyecto.

Esto está motivado principalmente debido a que la robótica se presenta como una herramienta educativa de relevancia dado el entusiasmo que despierta y a su naturaleza multi-disciplinaria. Por lo tanto, visto como plataforma educativa para niveles iniciales, un robot móvil ya construido puede servir de herramienta para el proceso de enseñanza/aprendizaje de algoritmos y programación o de sistemas electrónicos básicos. Mientras que visto como un sistema complejo que incorpora diferentes sensores y debe realizar una tarea de forma autónoma, involucra conceptos de diseño electrónico, sistema de energía, control, procesamiento de señales e imágenes, sensorística, e inteligencia artificial, entre otros.

Se pretende lograr una plataforma de hardware y software de código abierto adecuados para la enseñanza en ingeniería electrónica. Mas precisamente que permita la incorporación de la asignatura de robótica como parte de la curricula de la carrera en sus diferentes niveles.

Particulares

- Diseñar y construir diferentes variantes de plataformas robóticas móviles de dimensiones reducidas y de bajo costo, utilizando técnicas de fabricación actuales y económicas como el corte láser e impresión 3D.
- Realizar la adaptación del EduRoMAA para ser utilizado por las plataformas embebidas educativas del tipo RaspberryPi.
- Desarrollar los firmwares correspondientes para manejar a bajo nivel los periféricos del robot.
- Realizar la implementación en ROS para poder controlar las plataformas desarrolladas.
- Poner a disposición de la comunidad educativa el diseño íntegro del proyecto (hardware y software abiertos).

Descripción de la metodología

Dado que el presente proyecto está orientado a continuar con el desarrollo del EduRoMAA con el propósito de obtener una plataforma de hardware, firmware y software de código abierto, se plantea como punto inicial para el desarrollo realizar un relevamiento del mismo para llevar a cabo las modificaciones necesarias.

En el desarrollo concreto de los diferentes modelos de la plataforma robótica móvil se proponen básicamente dos etapas: 1) diseño, construcción y evaluación de la plataforma móvil y electrónica auxiliar, y 2) diseño, construcción y evaluación de las interfaces necesarias que permitan adaptar el sistema embebido de control para ser utilizado con una RPi. Previo a la primer etapa se deben definir los requerimientos de la plataforma de las que luego, para cada uno de los modelos o versiones elaborados, se prevé un número de iteraciones para llevar el prototipo inicial a un equipo final con las prestaciones definidas.

La utilización de herramientas libres para el diseño y el desarrollo del proyectos, y la adopción de formatos de archivos estandares (libres) permite la reutilización y la difusión de los diseños que se logren con el presente proyecto. Es por ello que para el diseño de las diferentes partes de la plataforma se utilizarán herramientas libres.

Para el diseño de las partes mecánicas se utilizará el software FreeCAD, que es una aplicación libre de diseño asistido por computadora en tres dimensiones. Para el diseño de las partes electrónicas se utilizará KiCad, que es un entorno de software usado para el diseño de circuitos electrónicos y placas de circuitos impresos (PCB) modernos de nivel profesional.

Para la programación de los distintos sistemas embebidos se utilizarán lenguajes estándares, como ser C, C++ y Python, como así también las herramientas de compilación y depuración en sus versiones libres.

Para el desarrollo de aplicaciones de alto nivel se va a llevar a cabo la instalación del sistema ROS bajo el sistema operativo Raspbian en las Rpi de los EduRoMAA.

Para la implementación de los nodos del framework de ROS se utilizará el lenguaje python con bibliotecas libres.

Toda la documentación generada será publicada de tal manera que facilite la utilización de las plataformas que a partir del proyecto se generen.

La organización del trabajo colectivo se hará según el siguiente esquema: a partir de los objetivos formulados se

definen el conjunto de tareas a realizar, se las agrupa por categorías y se asigna un equipo de personas a su ejecución. Estos grupos concertan las condiciones de las interfaces entre los bloques que desarrollan cada uno como así también los tiempos para alcanzar objetivos intermedios y finales coordinados.

12. Contribuciones del Proyecto

Contribuciones al avance científico, tecnológico, transferencia al medio

El principal aporte que se pretende alcanzar con el proyecto es obtener una plataforma de robótica de código abierto que permita mejorar el proceso de enseñanza/aprendizaje en temas relacionados a los sistemas embebidos y particularmente al desarrollo de aplicaciones de alto nivel empleando el framework de ROS.

Además, se pretende acercar una disciplina de gran relevancia actual e importante impacto en el futuro, como lo es la robótica móvil, a los contenidos curriculares de las diferentes cátedras de la carrera de ingeniería electrónica.

Por otro lado, en cuanto al aporte tecnológico, se pretende poner a disposición de la comunidad científica y educativa los desarrollos llevados a cabo en el marco del proyecto para su libre utilización.

Contribuciones a la formación de Recursos Humanos

El presente proyecto permitirá desarrollar las capacidades de trabajo en equipo de investigadores formados, en formación y estudiantes de grado. Por otro lado, la incorporación de estudiantes de grado o jóvenes graduados en investigación y desarrollo (I+D) permite despertar el interés investigación aplicada, favoreciendo al fortalecimiento de la ciencia y tecnología, de gran importancia para el crecimiento nacional. Específicamente se prevé:

1. Incorporar tres becarios de grado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
2. Incorporar un becario graduado a las tareas de investigación enmarcadas en el proyecto.
3. Dictar seminarios de divulgación sobre la temática en la cátedra electiva "Fundamentos de Robótica Móvil" de 6° año de la carrera Ingeniería Electrónica de nuestra facultad.

13. Cronograma de Actividades

Año	Actividad	Inicio	Duración	Fin
1	Instalación y puesta a punto de las herramientas de software	01/01/2021	1 meses	31/01/2021
1	Diseño y construcción de la plataforma robótica basada en el EduRoMAA	31/01/2021	3 meses	29/04/2021
1	Evaluación de la plataforma. Revisión del diseño y ajustes.	29/04/2021	2 meses	28/06/2021
1	Desarrollo de las bibliotecas de bajo nivel	20/05/2021	3 meses	20/08/2021
1	Desarrollo de las bibliotecas para adaptar firmware del EduRoMAA para ser utilizado en ROS	27/08/2021	2 meses	26/10/2021
1	Diseño y construcción de la placa de expansión basada en la RaspberryPi	26/10/2021	2 meses	25/12/2021
2	Desarrollo, instalación y configuración del software de la RaspberryPi	01/01/2022	3 meses	31/03/2022
2	Publicación de los diseños CAD	05/03/2022	2 meses	04/05/2022
2	Desarrollo de los nodos correspondientes de ROS para utilizar la plataforma.	31/03/2022	2 meses	30/05/2022
2	Documentación general y divulgación de los resultados	04/05/2022	7 meses	30/12/2022
2	Evaluación de los nodos y ajustes correspondientes.	30/05/2022	2 meses	29/07/2022
2	Desarrollo de ejemplos de funcionamiento utilizando ROS	29/07/2022	3 meses	28/10/2022

14. Conexión del grupo de Trabajo con otros grupos de investigación en los últimos cinco años

Grupo Vinc.	Apellido	Nombre	Cargo	Institución	Ciudad	Objetivos	Descripción
Intelligent and Mobile Robotics	Kulich	Miroslav	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Tecnica de Praga	Praga, Republica Checa	co-dirección de tesis, proyectos de cooperación	Desarrollo en cooperación de un sistema multi-robot
Instituto de alto estudios espaciales Mario Gulich	Ferral	Anabela	INVESTIGADOR FORMADO	CONAE	Falda del cañete, Córdoba	Formación de recursos humanos	Dirección de tesis de maestrías
Centro de Investigación y estudios en matemática	Sanchez	Jorge	INVESTIGADOR FORMADO	Universidad Nacional de Córdoba, FaMAF	Córdoba	Formación de recursos humanos. Proyectos de cooperación	Investigaciones conjuntas en redes neuronales