

juba-II

PRESENTACIÓN

Miguel Gómez Navarro

Nuestra Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño tiene como sobrenombre “Project Based School” porque pensamos que no se puede preparar a los futuros profesionales de estas áreas sin un fuerte aprendizaje en el desarrollo de proyectos. Trabajos similares a aquellos en los que van a participar en su vida real y para los que contamos con profesores y colaboradores externos conectados al mundo profesional. Proyectos que integran lo aprendido en diferentes materias y que permiten que colaboren estudiantes de más de una titulación para simular el trabajo del mundo real.

Junto al desarrollo de proyectos integrados otra de las señas de identidad de nuestra escuela es la apuesta por los clubes de estudiantes como medio de refuerzo del aprendizaje. En estos clubes los estudiantes se autogestionan y desarrollan de proyectos que se convierten en prototipos o iniciativas comercializables. Estos clubes abarcan todas las áreas de la escuela y algunos de ellos tienen también como objetivo el participar en concursos de estudiantes en los que se deben resolver retos tecnológicos basándose en los conocimientos adquiridos en la docencia reglada.

El libro que tienen entre manos es el resultado de uno de los concursos más ambiciosos ya que en él participan las más de 60 instituciones que forman parte, junto con la Universidad Europea, de Laureate International Universities. Es para mí un honor poder presentar en detalle el proyecto ganador de la segunda edición del concurso Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering” que ha tenido lugar a lo largo del curso 2014-15. Este innovador proyecto fue desarrollado por un grupo de estudiantes de grado de nuestra escuela y cautivó al jurado por integrar las diferentes facetas técnicas y de desarrollo de negocio que planteaba el concurso. El éxito de este equipo se ha convertido en el germen de un club de robótica que estamos seguros que seguirá cosechando éxitos y contribuyendo al aprendizaje de nuestros futuros ingenieros.

Director
Escuela de Arquitectura, Ingeniería y Diseño

PRESENTATION

Miguel Gómez Navarro

Our School of Architecture, Engineering and Design is known as “Project-Based School” because we believe that future engineers cannot be prepared in these areas without a strong learning based on project development. Our students are faced to developing projects similar to those they will participate in real life, and for this end we are counting on teachers as well as external collaborators connected to the professional world. These projects integrate what students have learned in their different subjects as well as permitting collaboration of students belonging to different bachelors and degrees simulating real projects.

Along with the development of integrated projects, another of our hallmarks is our commitment with our “Student Clubs” as a mean to strengthen learning. These clubs, completely managed by students, allow them to develop different projects that might result in prototypes as well as business initiatives. The Students Clubs cover all areas of the school and some of them are aimed to participate in competitions and contests, in which students have to solve technical challenges based on the knowledge acquired in the formal teaching.

The book you have in your hands is the result of one of the most ambitious contest, in which they have participated more than 60 institutions belonging to the “Laureate International Universities” including the “Universidad Europea”. Therefore, it is an honor to present the winning project of the second edition of the “Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering”, which has taken place during the 2014-15 academic course. This innovative project was developed by a group of students from our school, and the jury was charmed by the technical integration as well as by its business plan, as they were required in the contest rules. The success of this team has become the beginning of the “Robotics Club”, in which we believe that it will continue gaining success and will contribute improving the learning of our future engineers.

*Director
School of Architecture, Engineering and Design*

PRÓLOGO

Nourdine Aliane y Gonzalo Mariscal

“Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering” es un concurso abierto a los estudiantes de pregrado matriculados en universidades de Laureate. El premio del concurso consiste en 20,000.00\$, que se distribuirán en partes iguales entre los miembros del equipo ganador. Además, este equipo está invitado a asistir y presentar su robot en una sesión plenaria de los ejecutivos de Laureate en la “Laureate Leadership Summit”, que tendrá lugar en Miami, Florida.

El objetivo de la segunda edición de este concurso está relacionado con la temática “Gestión Ambiental: Calidad del Aire”, donde los estudiantes tienen que desarrollar una plataforma robótica capaz de controlar, por un período de 24 horas consecutivas, la calidad del aire en los espacios interiores y exteriores de los campus universitarios de Laureate a través de la medición de determinadas variables físicas y químicas.

PROLOGUE

Nourdine Aliane and Gonzalo Mariscal

“Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering” contest is open to undergraduate students enrolled in Laureate universities. The reward is of \$20,000.00 US cash prize to be distributed evenly among the members of the winning team. In addition, this team is invited to attend and present the robot in-person to Laureate executives in a plenary session at the “Laureate Leadership Summit” to be hold in Miami, FL.

The contest purpose of this 2nd edition was fashioned around the theme “Environmental Management: Air Quality”, and students have to develop a robot platform able to monitor, for a period of twenty four consecutive hours, the air quality at indoor and outdoor spaces of Laureate campuses through physical and chemical parameters.



Fig. 1: Los seis proyectos finalistas. *The six finalist projects.*



Fig. 2: Miembros del concurso. *Members of the contest.*

Por lo tanto, el robot debe ser capaz de moverse sobre diferentes tipos de terreno como barro, arena, roca, grava o césped. Las variables físicas pueden ser, por ejemplo, la temperatura, la presión, la velocidad y la dirección del aire, e incluso la radiación. Las variables químicas pueden ser el pH, el monóxido de carbono (CO), el dióxido de carbono (CO₂), el dióxido de nitrógeno (NO₂), dióxido de azufre (SO₂), metano (CH₄), etc. Las bases del concurso estipulan un tamaño del robot de alrededor de 60cm x 60cm x 60cm, su peso no debe sobrepasar los 20 kg, y debe ser capaz de medir un mínimo de cuatro variables.

El concurso se lanza a principios de septiembre y se desarrolla en varias fases. En la fase I, los estudiantes tienen que organizarse en equipos de cuatro miembros dirigidos por un profesor y se anima a formar equipos multidisciplinares provenientes de diferentes campos de la ingeniería.

Cada equipo tiene que preparar una propuesta de proyecto plasmada en un documento con un máximo de ocho páginas y un vídeo de 60 segundos, describiendo las funcionalidades del robot, la planificación del trabajo y el presupuesto previsto. Las propuestas de proyectos se envían electrónicamente al sitio web del concurso.

Therefore, the robot must be able to move around over different types of terrain such as mud, sand, rocks, gravel, or grass. Physical variables, may be for example temperature, radiation, pressure, airflow, wind direction, wind velocity, turbidity. Chemical variables may be pH, CO (Carbon monoxide), CO₂ (Carbon dioxide), NO₂ (Nitrogen dioxide), SO₂ (Sulphur dioxide), CH₄ (Methane), etc. The contest bases recommend a robot size of about 60cm x 60cm x 60cm, weighting no more than 20 kg, and being able to sense a minimum of four parameters.

The contest is launched by the beginning of September and is developed in different phases. In its first stage students have to organize themselves in teams of up to four members coached by a professor. Teams are encouraged to comprise interdisciplinary students representing diverse engineering backgrounds.

Each team has to prepare a project proposal, embodied in a document of up to eight pages and a video of about 60 seconds, describing the robot functionalities, work schedule as well as budget. Project proposals are submitted electronically via the contest web site.

Brazil	Chile	Cyprus	Ecuador	Honduras	India	Malaysia	Mexico	Peru	Spain	Turkey
8	3	1	5	5	1	2	7	3	1	2

Tab. 1: Proposiciones de proyectos por países. *Project proposals by countries.*

University	Country
University of Petroleum and Energy Studies (UPES)	India
Universidade Salvador (UNIFACS)	Brazil
Istanbul Bilgi University (BILGI)	Turkey
Universidad Europea de Madrid (UEM)	Spain
Universidad del Valle de México (UVM)	Mexico
Universidad de las Américas (UDLA)	Ecuador

Tab. 2: Lista de finalistas. *List of finalists.*

Un comité de cinco revisores de diferentes universidades Laureate se encarga de la evaluación de los proyectos siguiendo una rúbrica que contempla una serie de criterios como la claridad del planteamiento, la originalidad en el diseño del robot, la innovación, etc. En esta segunda edición hubo 38 propuestas de diferentes países (ver Tabla 1). En esta ocasión, el comité de revisores seleccionó seis proyectos finalistas que corresponden a las universidades mostradas en la Tabla 2.

En la segunda fase del concurso los finalistas tienen que construir sus robots. A diferencia de muchas competiciones de robots, donde se utilizan plataformas específicas, en el concurso de Laureate no están permitidas las plataformas pre-construidas. Se anima a los estudiantes a utilizar hardware y software libre, material común en los ambientes académicos como los Arduinos, las RaspberryPi, o las Beagle Bones.

Las plataformas pueden ser operadas manualmente o automáticamente a través de sistemas de comunicación cableados o inalámbricos. La interacción puede hacerse con cualquier tipo de dispositivos externos como el ratón, el teclado, pantallas táctiles, o cualquier dispositivo de control remoto con el fin de ofrecer una interacción fácil con el sistema.

A committee of five reviewers from different Laureate universities is in charge of evaluating the project proposals according to a rubric defined on the basis of several criteria, such as clarity in the problem statement, originality in the design, innovation, and how the proposal meets the contest objectives. In this edition, there were 38 proposals from different countries as shown in Table 1. The committee selected six finalist projects from different universities as shown in Table 2.

In a second stage, finalists have to construct their robots according to their proposal. Unlike many robot competitions, where specific platforms are used, in the Laureate contest pre-built robots are not allowed. Students are, instead, encouraged to use open hardware architecture, parts and tools commonly used for academic purposes, such as Arduinos, RaspberryPi, or Beagle Bones.

Robot platforms may be operated manually or automatically through wired or wireless communications, and interaction may be done with any kind of external devices, such as mouse, keyboard, remote control devices or tactile screens in order to offer interaction and usability of the system.



Fig. 3: Los ganadores de la segunda edición del “Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering”. De izquierda a derecha: Profesor Víctor Padrón y sus estudiantes Eric, Carlos, Mila y Javier de la Universidad Europea de Madrid, posando con su robot JUBA-II. *Winners of the second edition of “Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering” contest. From left: Professor Victor Padron and his students Eric, Carlos, Mila and Javier, from UEM, Universidad Europea de Madrid, posing with their robot JUBA-II.*

Al final de esta fase, los equipos tienen que presentar la documentación y el material audiovisual para la presentación de sus desarrollos durante el evento final. Así mismo, los robots han de ser enviados a la institución anfitriona para realizar demostraciones. El evento final de esta segunda edición se celebró en la Universidad Europea de Madrid del 5 al 7 de mayo. El primer día los alumnos lo dedicaron a poner a punto los robots y realizar los últimos ajustes. El segundo día fue para las presentaciones de los proyectos, durante 60 minutos, ante un jurado compuesto por profesionales y académicos de organizaciones internacionales ajenas a Laureate. Su evaluación se basó en una rúbrica que contemplaba criterios técnicos (mecánica, electrónica, control y programación), criterios de gestión (metodologías, diagrama de Gantt, plazos y semejanza entre el resultado final y la propuesta inicial), y evaluación de habilidades comunicativas. Durante las presentaciones, los equipos realizaron pruebas de movilidad siguiendo un camino sobre piezas de madera a modo de obstáculos, y realizaron tres mediciones: temperatura, humedad y CO₂. Estas variables fueron simuladas mediante un pequeño calefactor, un pequeño humidificador, y una tubería para canalizar humos. El tercer día se dedicó a exponer los robots al público y a anunciar los ganadores. La Figura 1 muestra los seis robots finalistas. El ganador de esta segunda edición del concurso corresponde a JUBA-II desarrollado por alumnos de la UEM (Figura 3).

At the end of this stage, teams have to submit documentation and audio visual material for the presentation during the final event. They also need to ship their robot to the hosting institution to perform demonstrations. The final event was held at UEM from 5th to 7th of May. The first day was dedicated to set up the robots and perform last adjustments. The second day was reserved for project presentations, where each team is given 60 minutes to deliver their presentation and perform demonstrations in front of an external jury composed by executives and academic members from international organizations. Their evaluation is based on a rubric covering criteria such as technical aspects (mastery in mechanical, electronics, control and programming), project management aspects (methodologies, Gantt diagram, timeline, and similarity between the initial proposal and the developed system), and communication skills aspects (verbal communication and audio visual material). As far as testing conditions are concerned, the robots have undergone a number of tests, such as a test of mobility over a path with pieces of wood as well as performing measurement of three variables: temperature, humidity and CO₂. The variation of these variables has been simulated using a small heater with fan, a home-humidifier, and channelling smoke from burning a sheet of paper through a pipe. The third day is for the robot exhibition to the general public, and to announce the winners in an award ceremony. Figure 1 shows the six finalist robots. The contest winner of this second edition corresponds to Juba-II developed by UEM-university (Figure 3).

JUBA-II. ROBOTIC SYSTEM
WINNER OF THE 2ND EDITION
“ENVIRONMENTAL MANAGEMENT: AIR QUALITY”
LAUREATE AWARD FOR EXCELLENCE IN ROBOTICS
ENGINEERING. 2014-2015

JUBA The logo for JUBA consists of the word 'JUBA' in a green, serif font with a dark red outline. To the right of the text is a circular graphic divided into two halves, each containing a colorful, intricate pattern of small, overlapping shapes in shades of green, blue, and red, resembling a stylized globe or a complex geometric design.



Universidad
Europea Madrid

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES



Universidad
Europea Madrid

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO
UNIVERSIDAD EUROPEA MADRID

C/ Tajo, s/n Villaviciosa de Odón. 28670 Madrid
<http://projectbasedschool.universidadeuropea.es/>
Tel: + 34 902 232350

JUBA-II. ROBOTIC SYSTEM
WINNER OF THE 2ND EDITION ENVIRONMENTAL MANAGEMENT: AIR QUALITY
LAUREATE AWARD FOR EXCELLENCE IN ROBOTICS ENGINEERING 2014-2015

DIRECCIÓN DE LA EDICIÓN

Nourdine Aliane, Milagrosa Puig Pareja, Víctor Manuel Padrón Nápoles

DISEÑO GRÁFICO

Milagrosa Puig Pareja

PRE IMPRESIÓN

Beatriz Mora

IMPRESIÓN

DECA Quattro SL

EDITORIAL RUEDA S.L.

Físicas 5 (Urtinsa II) 28924 Alcorcón (Madrid)

Tel: + 34 91 619 27 29

www.editorialrueda.es

© De la edición

Universidad Europea

© Textos e ilustraciones

Los autores

ISBN 978-84-7207-246-6

DEPÓSITO LEGAL M-10887-2016

Impreso en Madrid. Marzo de 2016

ÍNDICE CONTENTS

01 INTRODUCCIÓN <i>INTRODUCTION</i>	14
LA INGENIERÍA Y EL MEDIO AMBIENTE <i>ENGINEERING AND ENVIRONMENT</i>	15
JUBA-II. UN ROBOT MEDIOAMBIENTAL <i>JUBA-II. AN ENVIRONMENTAL ROBOT</i>	19
¿QUÉ ES JUBA-II? <i>WHAT IS JUBA-II?</i>	21
02 PARTES DE JUBA-MADRE <i>PARTS OF JUBA-MOTHER</i>	26
DISEÑO <i>DESIGN</i>	27
SISTEMA MECÁNICO <i>MECHANICAL SYSTEM</i>	33
SISTEMA ELÉCTRICO <i>ELECTRIC SYSTEM</i>	39
SISTEMA ELECTRÓNICO <i>ELECTRONIC SYSTEM</i>	47
SISTEMA DE CONTROL <i>CONTROL SYSTEM</i>	57
03 PARTES DE JUBA-HIJO <i>PARTS OF JUBA-SON</i>	62
HADWARE. ELECTRÓNICA <i>HADWARE. ELECTRONICS</i>	63
HADWARE. MECÁNICA <i>HADWARE. MECHANICS</i>	79
SOFTWARE. ELECTRÓNICA <i>SOFTWARE. ELECTRONICS</i>	83
SOFTWARE. INTERFAZ <i>SOFTWARE. INTERFACE</i>	93
SOFTWARE. MECÁNICA <i>SOFTWARE. MECHANICS</i>	97
04 MANUAL DE USUARIO <i>USER MANUAL</i>	98

01

Introducción Introduction



Fig. 1.1: Madrid a Noviembre de 2015. *Madrid in November of 2015.*

LA INGENIERÍA Y EL MEDIO AMBIENTE

“C’est une triste chose de songer que la nature parle et que le genre humain ne l’écoute pas” (Victor Hugo), que traducido quiere decir “produce una inmensa tristeza pensar que la naturaleza habla mientras el género humano no la escucha”.

Cambio climático, aumento del efecto invernadero, contaminación atmosférica, contaminación indirecta del agua y el suelo, efectos sobre la salud humana... son algunas de las consecuencias que causan las emisiones de gases descontroladas.

Según el último Informe anual de Calidad del Aire de Ecologistas en Acción y teniendo en cuenta los valores máximos de contaminación recomendados por la OMS (Organización Mundial de la Salud) y el objetivo a largo plazo para la protección de la vegetación que establece la UE (Unión Europea), se ha determinado que 44,7 millones de personas respiraron aire contaminado durante el año 2014 en España y además 474.000 kilómetros cuadrados se vieron afectados por la contaminación atmosférica.

ENGINEERING AND ENVIRONMENT

“C’est une triste chose de songer que la nature parle et que le genre humain ne l’écoute pas” (Victor Hugo), which translated means “produces an immense sadness think that Nature speaks while mankind doesn’t listen to it”.

Climate change, greenhouse effect, air pollution, cross-contamination of water and soil, effects on human health... are some of the consequences that cause uncontrolled gas emissions.

According to the latest annual Air Quality Report for Ecologists in Action, taking into account the maximum contamination values recommended by the WHO (World Health Organization) in addition to the long-term objective for the protection of vegetation that establishes the EU (European Union), it has determined that 44.7 million people breathed polluted air during the year 2014 in Spain and also 474,000 square kilometres were affected by air pollution.

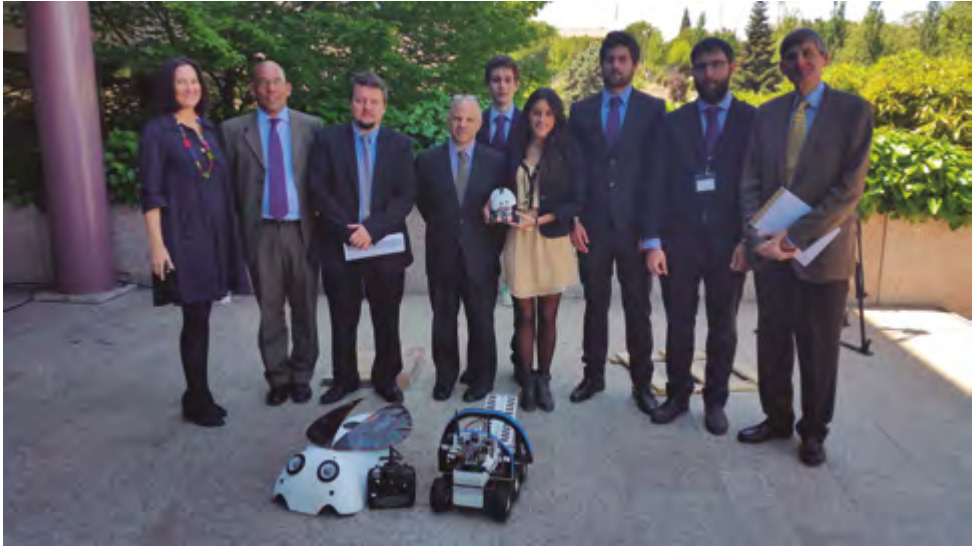


Fig. 1.2: El equipo UEM y los miembros del jurado.

De izquierda a derecha: Argiñe Wieland, Víctor Padrón, Nereu Rossi, Robert Ambrogi, Eric Fernández, Milagrosa Puig, Carlos García, Javier Collado, Jesús del Alamo. *UEM team and external committee. From left: Argiñe Wieland, Victor Padron, Nereu Rossi, Robert Ambrogi, Eric Fernandez, Milagrosa Puig, Carlos Garcia, Javier Collado, Jesus del Alamo.*

En este aspecto, la ingeniería es capaz de aportar enfoques nuevos y soluciones para gestionar los problemas ambientales de forma adecuada y reducir su impacto. Estas aportaciones podrían ser, por ejemplo, la definición de procesos productivos sostenibles, la mejora de las técnicas de reciclado de desechos y materiales, o el despliegue de infraestructuras inteligentes para la medición de diversos parámetros medioambientales en el paradigma de smart-cities.

La participación en la segunda edición del concurso “Laureate Award Excellence for Robotics Engineering”, precisamente enfocada a la temática del medio ambiente, se ha plasmado en el desarrollo de un sistema robotizado, denominado JUBA-II, un robot móvil con una instrumentación abordo capaz de medir parámetros ambientales. El sistema está muy orientado a los niños y jóvenes, para ayudarles a tomar conciencia, a fortalecer el amor por la Naturaleza y el Medio Ambiente, y fomentar a la vez el interés por la tecnología, la ciencia y la ingeniería. JUBA-II les permite medir, recopilar datos, investigar y aprender acerca de la contaminación atmosférica, a la vez que se puede aprender sobre mecánica, electrónica y programación, de forma amena y divertida.

Engineering is able to provide new approaches and solutions to manage environmental issues properly and reduce its impact. These contributions could be, for example, the definition of sustainable production processes, improving recycling techniques, or the deployment of intelligent infrastructure for the measurement of various environmental parameters on the paradigm of smart-cities.

The participation to the second edition of the “Excellence Award Laureate for Robotics Engineering”, focused on the theme of the environment management, has resulted in the development of a robotic system, called JUBA-II, which a mobile robot with an on-board instrumentation for measuring certain environmental parameters. This system is very oriented to children and young people, to help them to raise their awareness, to strengthen their love for Nature and the environment and, foster, at the same time their interest in technology, science and engineering. JUBA-II allows to measure and collect data, investigate and learn about air pollution, and also to learn about mechanics, electronics and programming, in an entertaining and fun way.



Fig. 1.3 y 1.4: JUBA-II al aire libre *JUBA-II outdoors*.

JUBA-II. UN ROBOT MEDIOAMBIENTAL

No hay un consenso que establezca qué máquinas, aparatos, o instrumentos, pueden ser considerados como robots, pero sí existe un acuerdo general entre expertos y público sobre aquellas cosas que los robots deberían hacer para definirse como tal: deben tener movilidad, ya sea haciendo funcionar un brazo mecánico, o mediante estructuras que permitan que se desplace; deben “sentir” y manipular su entorno, mostrando a través de ello un comportamiento inteligente, parecido al que tendría un ser humano o un animal, en función de la tarea u objetivo que se desee cumplir; y por último deben establecer una conexión o comunicación con el operario que lo esté controlando.

JUBA-II está diseñado de la forma más ajustada posible a esta definición. En este sentido, JUBA-II cuenta con su estructura mecánica para asegurar la movilidad, su parte electrónica para sentir y manipular el entorno, y su sistema de comunicación para establecer un vínculo directo con el operario.

JUBA-II. AN ENVIRONMENTAL ROBOT

There isn't a consensus that defines which machines, equipment or instruments can be considered as robots, but there is general agreement among experts and the public about things that robots should do to be defined as such: they must develop movement, either by operating a mechanical arm or through structures allowing it to move; they should "sense" and manipulate their environment, show intelligent behaviour, similar to a human or an animal, depending on the task or objective to be fulfilled; and finally must have a connection or communication with the operator who is controlling it.

JUBA-II is designed as closely as possible to this definition. In this sense, JUBA-II has its mechanical structure to ensure mobility, electronics for sensing and manipulate the environment, and its communication system to establish a direct link with the operator.

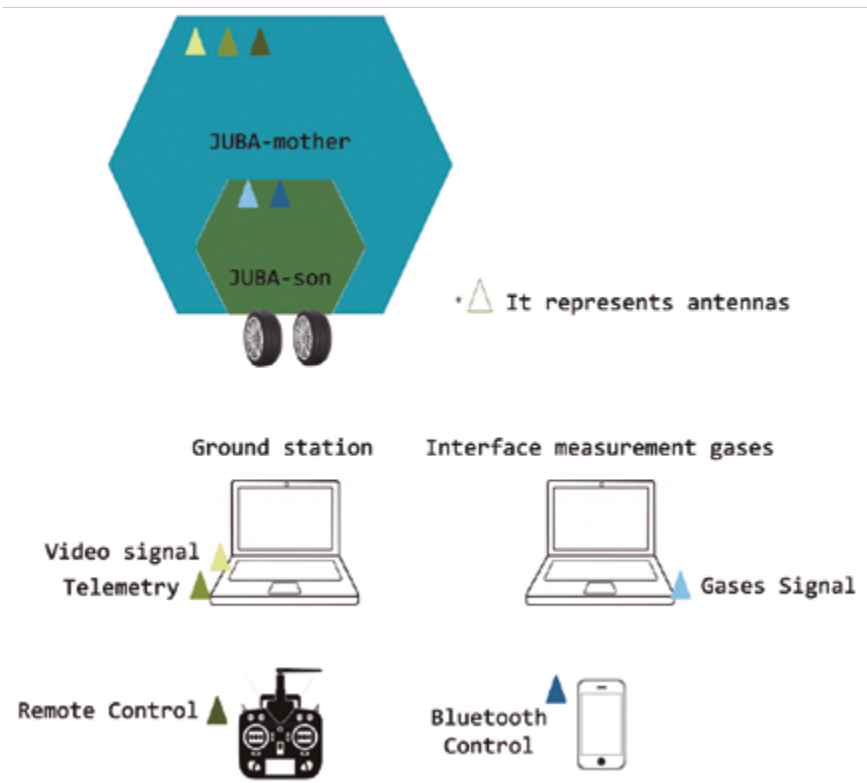


Fig. 1.5: Arquitectura general del sistema. *General system architecture.*

¿QUÉ ES JUBA-II?

JUBA-II es un sistema robótico de propósito específico capaz de medir la calidad del aire tanto en espacios cerrados como en exteriores.

El principal requisito de las bases del concurso que ha condicionado el diseño del robot es la capacidad de medir la calidad del aire durante un periodo de 24 horas. Para conseguir un robot energéticamente eficiente, se ha pensado en un sistema compuesto de dos subsistemas independientes llamados JUBA-madre y JUBA-hijo tal y como se puede observar en la Figura 1.5.

WHAT IS JUBA-II?

JUBA-II is a robotic system with a specific purpose able to measure air quality both indoors and outdoors.

The main requirement of the contest rules that has conditioned the design of the robot is the ability to measure air quality over a period of 24 hours. To achieve an energy-efficient robot, it has been thought in a system composed of two independent subsystems called JUBA-mother and JUBA-son as it can be seen in Figure 1.5.



Fig. 1.6: Arquitectura interna de JUBA-madre. *Internal architecture of JUBA-mother.*

JUBA-MADRE

A grandes rasgos, JUBA-madre es una estructura móvil diseñada en SolidWorks y fabricada por impresión 3D. Esta estructura puede ser tele operada o puede navegar de forma autónoma, mediante el uso de GPS y de sensores de ultrasonidos. Además, posee una cámara, a través de la cual se puede ir viendo en directo todo lo que el robot va descubriendo a su paso. Todo esto se consigue usando una placa electrónica open source, llamada ArduPilot, y un sistema de transmisión de vídeo. La estructura cuenta con la cualidad de ser todoterreno, ya que tiene un chasis provisto de seis ruedas motrices con suspensiones independientes, las cuales son apropiadas para moverse por terrenos irregulares. La principal función de “JUBA-madre” es transportar a “JUBA-hijo”.

La Figura 1.6 muestra la arquitectura general de JUBA-madre. Se ha implementado un modo llamado “dormido” que permite desconectar, de forma remota, al navegador ArduPilot y al sistema de transmisión de vídeo. Así mismo, se ha aislado el sistema de servos y luces, con otra batería y un interruptor aparte, ya que no son absolutamente imprescindibles para la medición de la calidad del aire.

JUBA-MOTHER

Broadly, JUBA-mother is a mobile structure designed on Solid Works and manufactured by 3D printing, which can be tele operated or can navigate autonomously, using GPS and ultrasonic sensors. Also, it has a camera, which allows live watching what robot is discovering on his way. All this is achieved using an open source electronic board, called ArduPilot, and a video transmission system. This structure has the quality of being all terrain, as it has a chassis provided with six wheels driven by independent suspensions, which are suitable for reaching difficult to access areas. The main function of “JUBA-mother” is transport “JUBA-son”.

Figure 1.6 shows the general architecture of “JUBA-mother”. A “sleep” mode was implemented, that allows remotely disconnect, ArduPilot board and video transmission system. Also servos and the lighting system are isolated with another battery and a second switch, as they are not strictly essential for measuring air quality.

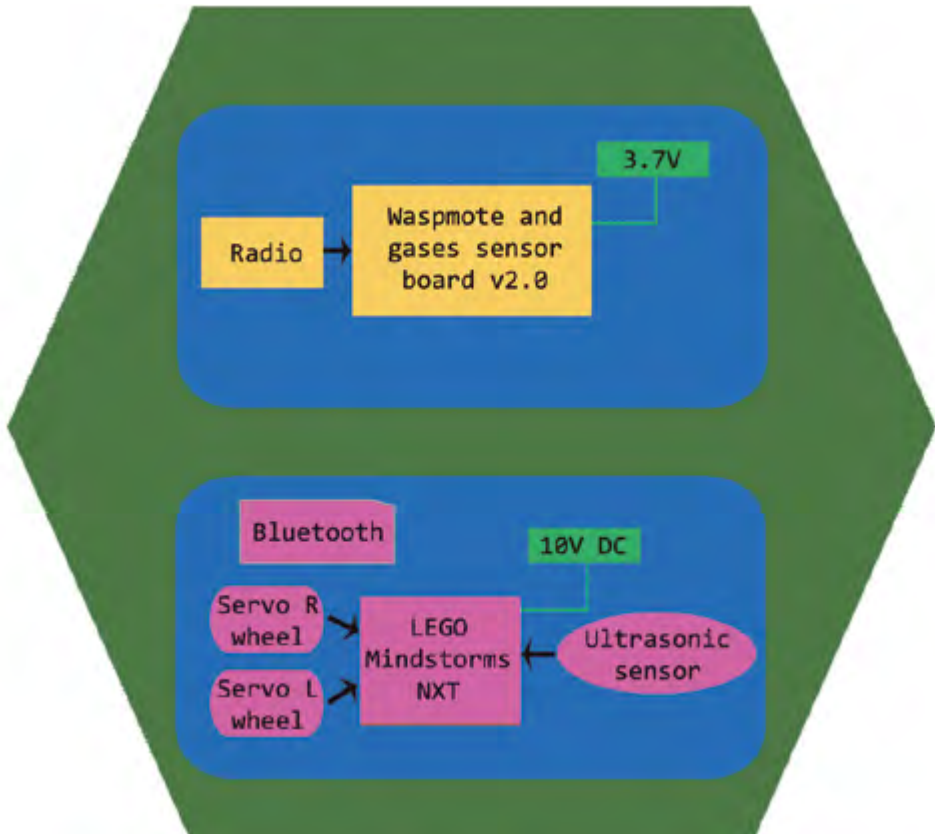


Fig. 1.7: Arquitectura interna de JUBA-hijo. *Internal architecture of JUBA-son.*

JUBA-HIJO

JUBA-hijo es la plataforma sensora y está montada sobre una estructura móvil diseñada con el sistema LEGO Mindstorms NXT. Esta estructura puede desplazarse tanto de forma autónoma ejecutando un programa, así como de forma manual usando un Smartphone como control remoto. Su tamaño reducido le permite explorar espacios pequeños.

JUBA-hijo está basado en Waspote, una plataforma modular open source que integra todos los sensores que miden la calidad del aire. Las medidas realizadas son enviadas a través de una red inalámbrica XBee y mostradas en una estación a través de una interfaz desarrollada en LabVIEW.

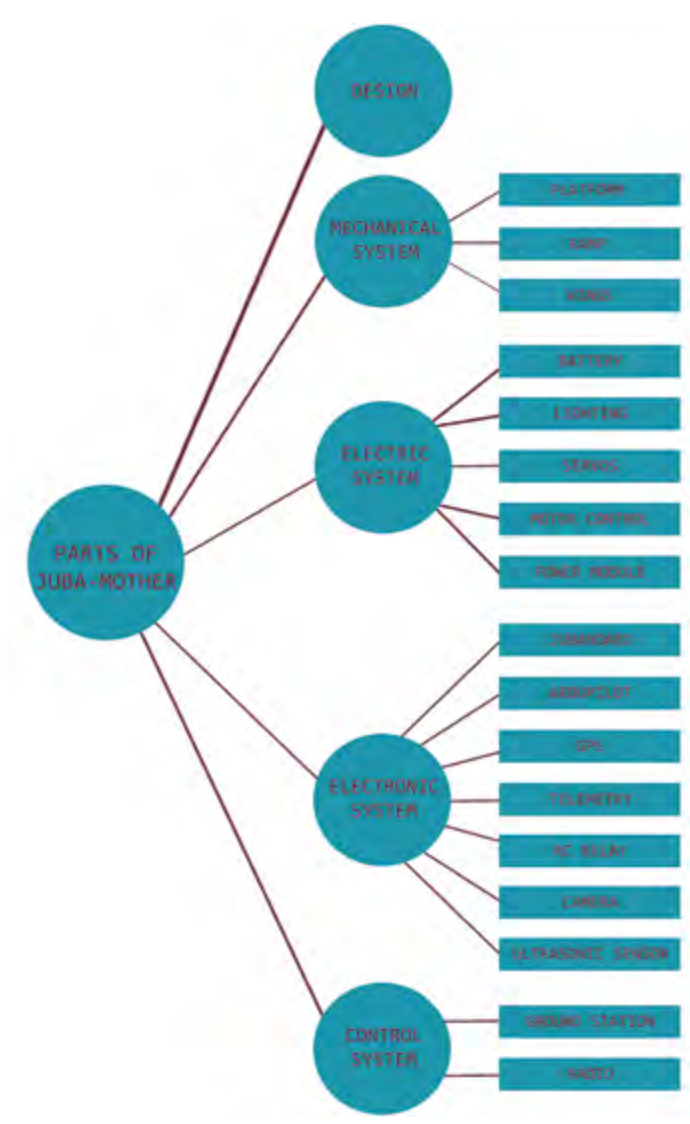
JUBA-SON

JUBA-son is the sensor platform and is mounted on a mobile structure designed with the LEGO Mindstorms NXT system. This structure can move autonomously running a specific program and manually through a remote control via a Smartphone. Its small size allows it to explore reduced spaces.

JUBA-son is based on Waspote, a modular open source platform that integrates all the sensors used to measure air quality. The measurements are then send through an XBee wireless network and displayed in a station through an interface developed on LabVIEW.

02

Partes de JUBA-madre Parts of JUBA-mother



DISEÑO

JUBA-II cuenta con un diseño poco convencional, diferente a lo que se está acostumbrado cuando se utiliza el término Robot.

Su estructura externa es una carcasa con forma de escarabajo diseñada en SolidWorks y fabricada con una impresora 3D. El modelo CAD de la estructura ha permitido tanto dimensionar su arquitectura interna y los mecanismos externos, como poder imprimir las piezas necesarias. El interior de la carcasa se diseñó con un suelo que facilita el montaje sobre el chasis de la plataforma móvil, pues contiene las perforaciones y resortes necesarios para su anclaje, además de unos puentes a modo de costillas que sujetan la propia carcasa de JUBA.

DESIGN

JUBA-II features an unconventional design, different from what is used when the term robot is used.

Its external structure is shaped beetle housing, previously designed on SolidWorks and printed with a 3D printer. The CAD model of the structure has allowed to dimension both its internal architecture and all the external mechanisms as well as to print the necessary parts. The interior of the housing was designed with a floor that makes easier the assembling on mobile platform, as it contains holes and springs required for fixing it, as well as special ribs that hold the beetle-shaped housing of JUBA.



Fig. 2.1: Aspecto externo de JUBA-II. *JUBA-II's external aspect.*

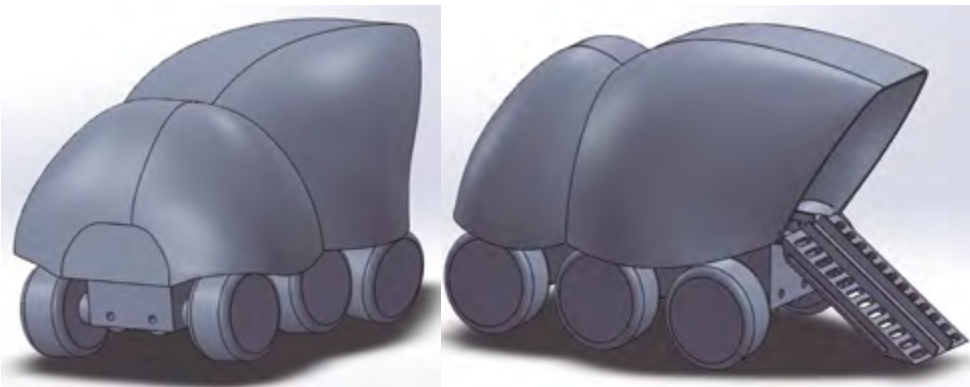


Fig. 2.2: Modelo CAD de JUBA. *JUBA's CAD model.*

La carcasa con forma de escarabajo se ha imprimido en 16 trozos pequeños, que han sido generados previamente desde el modelo CAD. Se ha utilizado una impresora Ultimaker Original, un modelo que usa las tecnologías de impresión FDM (Fused Deposition Modelling) / FFF (Fused Filament Fabrication).

Las dos grandes semiesferas translúcidas, que tienen aspecto de ojos, están pensadas para albergar, por un lado la cámara de visión, y por otro lado el GPS, ya que éste debe estar en posición horizontal orientado al cielo. Hay que destacar el material reciclado que se ha utilizado en todo el proyecto; por ejemplo, los ojos se fabricaron con bolas de plástico de juegos y sus embellecedores con juntas de fontanería para tuberías de PVC. También se utilizó cartón pluma para amortiguar las vibraciones de las placas electrónicas y protegerlas de la suciedad.

La disposición de los sensores ultrasonidos ha sido pensada para evitar que desentonen con el diseño del robot. Por eso se pensó en añadirlos a modo de “mofletes” en ambos lados de la cabeza de JUBA y las antenas de Radio Control a modo de antenas de insecto en la parte superior de la misma.

The beetle-shaped housing is printed in 16 small pieces, which have been previously generated in the CAD model. For this end, it has been used Ultimaker Original 3D printer, a model with a printing form called FDM (Fused Deposition Modelling) / FFF (Fused Filament Fabrication).

The two large translucent hemispheres, looking like eyes, are designed to hold, firstly a view camera, and secondly GPS as it must be horizontally oriented to the sky. It should be mentioned the recycled material used for the entire project; for example, eyes were built using plastic balls and eyes rings are plumbing joints PVC pipe. Also, foam board was used for reducing vibration of electronic boards and protecting them from dirty.

The arrangement of ultrasonic sensors has been designed to avoid odds with the design of the robot. To do this, it was thought to add them as a “cheeks” on both sides of JUBA head and Radio Control antennas as insect antennas on top of the head.

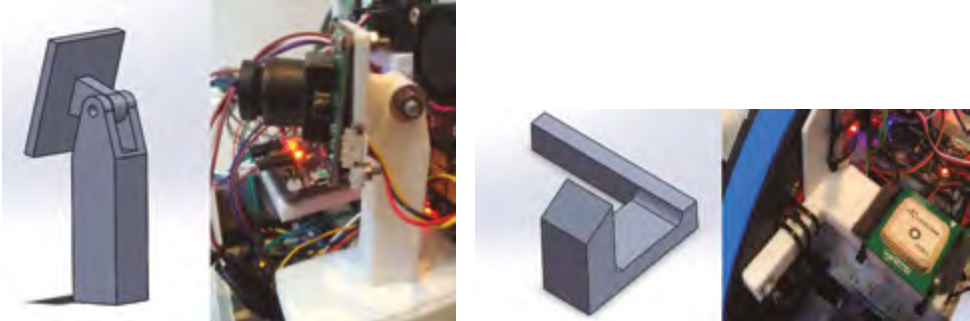


Fig. 2.3: Detalles del diseño interno de JUBA-madre. *Details of the internal design of JUBA-mother.*



Fig. 2.4: Electrónica de JUBA-madre. *JUBA-mother electronics.*

La estructura interna cuenta con elementos que permiten sostener los módulos electrónicos en el interior del robot de forma sólida y protegerlos de posibles golpes o del polvo. El aislamiento de toda la parte interna se ha hecho con cartón pluma.

Los soportes de las placas electrónicas están diseñados para poder orientar los dispositivos electrónicos según sus indicaciones de uso. Por ejemplo, el ArduPilot ha de colocarse, para que el sistema de navegación se oriente correctamente; el GPS para que pueda ver los satélites y la cámara para que pueda observar el entorno. Además, los dispositivos con antenas están sujetos en el interior de la carcasa, de forma que estas puedan salir al exterior y asegurar que las señales no se vean afectadas.

The internal structure has elements that permit fasten and hooks the electronic modules inside the robot, and protect them against shocks or dust. The isolation of the inner part is made using the foam board.

The hooks used to attach the electronic boards are designed to orient electronic devices as recommended for their use. For example, the ArduPilot should be positioned in order to navigation system could get a right orientation; the GPS in order to see the satellites, and the camera in order to watch its environment. In addition, the devices with antennas are attached to the internal housing of the robot, so the latter can go outside and ensure that signals are not affected.

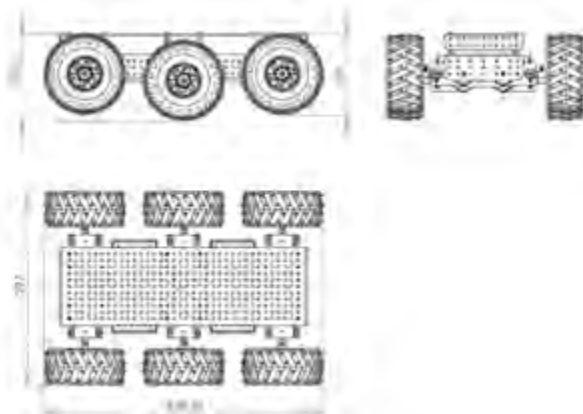


Fig. 2.5: Vistas del chasis. *Views of the chassis.*

$$\text{Autonomy} = \frac{\text{Battery Ah} \times 0.8}{(\text{Motor consumption} \times 6_{\text{motors}})}$$

<u>Theoretical configuration:</u>	<u>More realistic configuration:</u>
Gear ratio: 34:1	Gear ratio: 34:1
Shaft speed: 165 rpm	Shaft speed: 165 rpm
Consumption 1: 80 mA	Consumption 2: 220 mA
Peak current: 2,2 A	Peak current: 2,2 A
Speed: 4,0 Km/h	Speed: 4,0 Km/h
<u>Theoretical autonomy: 17,33 h</u>	<u>More realistic autonomy: 6,38 h</u>

Fig. 2.6: Velocidad y autonomía de la plataforma. *Speed and autonomy of the platform.*

SISTEMA MECÁNICO

PLATAFORMA

La plataforma se basa en un chasis dotado de seis ruedas y dos juegos de reductoras para poder cambiar la relación velocidad-potencia que se desee. Los motores se accionan en dos hileras de ruedas, dándole así a la plataforma una buena movilidad, pudiendo incluso subir pequeños escalones. Su uso en general es sencillo. Los motores de las ruedas se ubican dentro del chasis y su sistema de suspensión es angular.

Se dispuso de dos opciones de motorización, una que permite una mayor potencia y movilidad sobre terrenos irregulares a cambio de menor autonomía, y viceversa. Finalmente, se decidió optimizar la autonomía y se seleccionó la configuración que se muestra en la Figura 2.6. Además, se implementó un modo "Sueño" que permite "dormir" de forma remota al navegador ArduPilot y al sistema de vídeo, reduciendo el consumo a unos 50 mA, asegurando de esta forma que el robot pueda estar operativo las 24 horas requeridas.

MECHANICAL SYSTEM

PLATFORM

The platform is based on a chassis with six wheels and two sets of gearboxes, in order to change the desired speed-power ratio. The motors are operated in rows, which gives a good mobility to the platform, being even able to climb small steps. It is an easy to operate platform. The wheel motors are located inside the chassis and have an angular suspension system.

There were two motoring options, one that allows more power and mobility over irregular terrains and less autonomy, and vice versa. Finally, it was decided to optimize autonomy and configuration shown on Figure 2.6 was selected. Also, a "Sleep" mode was implemented to disconnect remotely ArduPilot navigator and video system, reducing consumption to 50 mA, and ensuring this way that robot be operative the 24 hours required.

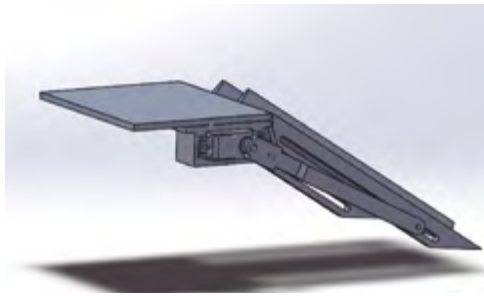
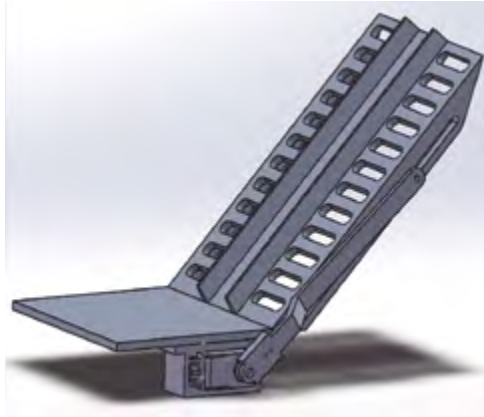
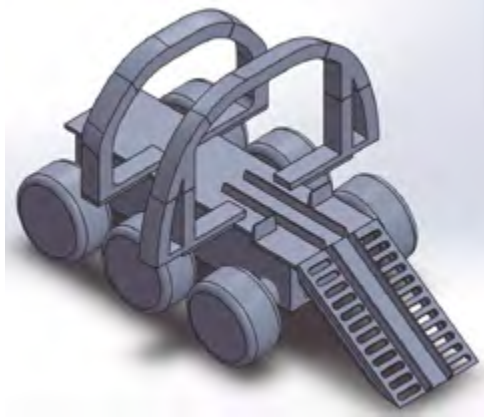


Fig. 2.7: *Vistas de la rampa. Views of the ramp.*

RAMPA

Como se ha comentado en párrafos anteriores, el objetivo de JUBA-hijo es medir determinados parámetros en espacios reducidos. Para que pueda cumplir con esta función y pueda salir del interior de JUBA-madre, se ha diseñado una rampa mecánica.

La rampa, adosada al chasis mediante bisagras, es accionada por un servomotor y un mecanismo biela-manivela que transforma la rotación del servo en un movimiento de rotación más amplio. Para facilitar las operaciones de descenso y ascenso de JUBA-hijo, la rampa cuenta con unas guías centrales en las que encajan las ruedas auxiliares del hijo. La rampa ha sido diseñada como una estructura perforada para aligerar su peso y reducir la fricción al pasar sobre ella. Finalmente, la longitud ha sido calculada para que JUBA-hijo pueda evitar perder la estabilidad y vuelque.

RAMP

As mentioned above, JUBA-son goal is to measure certain parameters in tight and reduced spaces. To fulfil this function and leave the interior of its mother, a mechanical ramp is used.

The ramp, attached to the chassis by hinges, uses a rod-crank mechanism driven by a servo motor transforming motor rotational movement into a wider rotation. To facilitate the operations of descent and ascent of JUBA-son, the ramp auxiliary wheels of the son fit. The ramp is designed as a drilled structure to lighten it and reduce friction when travelling over it. Finally, the length has been calculated to avoid that JUBA-son can loss its stability and overturn.



Fig. 2.8: Vista de las alas. *View of wings.*



Fig. 2.9: Dibujo que inspiró el diseño de las alas. *Drawing that inspired wings design.*

ALAS

Para permitir la entrada del aire al interior del robot se ha diseñado un orificio en el caparazón, posibilitando así que JUBA-hijo mida la calidad del aire sin tener que salir al exterior. La apertura y cierre de este orificio se realiza mediante un sistema de dos servomotores que mueven con igual amplitud dos espigas. Estas espigas plásticas, sostienen sendos mosaicos dibujados en acetato de doble capa, a modo de alas. Lo que no sólo le da personalidad y estilo al aspecto externo del robot, sino que además permiten aislar el interior del robot del exterior. El sistema de alas y la rampa se controlan vía radio, como se explicará más adelante.

WINGS

To allow the air flow inside the robot, a hole in the shell was designed, that way JUBA-son can measure air quality without going outside. Opening and closing of the hole is performed by two synchronized servomotors moving a couple of spikes an equal angular displacement. Each of these plastic spikes holds a mosaic, drawn on two layer of transparent cellulose acetate, in form of wing. They not only give personality and style to the external aspect of the robot, but also isolate robot interior from outside. The wings system and the ramp are controlled via radio, as it will be explained later.



Fig. 2.10: Baterías usadas por el robot JUBA. *Batteries used by JUBA Robot.*

SISTEMA ELÉCTRICO

BATERÍAS

Las baterías que se utilizan para garantizar la autonomía a JUBA-madre son las siguientes:

- Li-Po 7.4V 2S. Cantidad: 2 unidades.
- Li-Po 11.1V 3S. Cantidad: 3 unidades.

Las baterías Li-Po (abreviatura de Litio-Polímero) son recargables y se suelen utilizar mucho en los sistemas electrónicos de radiocontrol. Estas baterías son ligeras, tienen una alta relación potencia/peso y una alta tasa de descarga, para poder alimentar a los sistemas electrónicos más exigentes.

ELECTRIC SYSTEM

BATTERY

Batteries used to ensure the autonomy JUBA-mother are:

- *7.4V Li-Po 2S. Quantity: 2 units.*
- *3S Li-Po 11.1V. Quantity: 3 units.*

The Li-Po (stands for Lithium-Polymer) batteries are rechargeable and they are typically used in electronic radio control systems.

These batteries are light and have large power/weight ratio and a high discharge rate, for powering the most demanding electronic systems.



Fig. 2.11: Tiras de LEDs. *LEDs strips.*

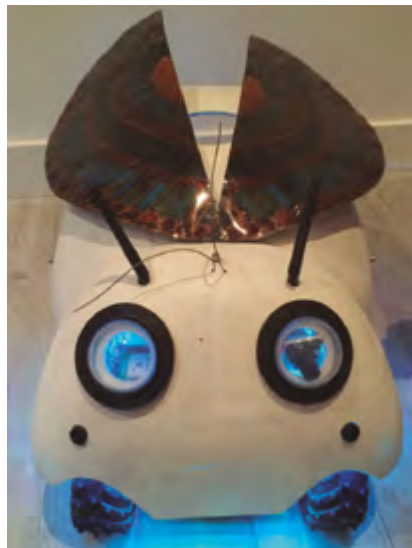


Fig. 2.12: LEDs de JUBA-madre. *JUBA-mother's LEDs.*

ILUMINACIÓN

El sistema de iluminación se basa en unas tiras adhesivas que contienen una fila de LEDs en paralelo. La elección de este sistema de iluminación se debe a varios factores como su bajo coste, su instalación sencilla y el uso de una alimentación de 12V.

Por un lado, se dispone de un módulo de LEDs de color blanco en la parte frontal de JUBA-madre, cuya principal función es proporcionar una fuente de luz a la cámara durante misiones nocturnas o de baja luminosidad. Por otro lado, otros dos módulos de LEDs de color azul y verde han sido instalados en el interior de la carcasa para dar un ambiente visualmente atractivo. Todos estos módulos comparten la alimentación, pero se controlan de forma independiente desde una placa de electrónica llamada JUBA-board, que se explicará más adelante.

LIGHTING

The lighting system is based on adhesive strips containing a row of LEDs in parallel. The choice of this lighting system obeys to several factors such as its low cost, ease of installation as well as the use of a 12V power supply.

In one hand, a white LEDs module is installed in the front of JUBA-mother, whose main function is lighting the camera during low light or night missions. On the other hand, two other modules of blue and green LEDs are installed inside the housing to provide a visually attractive environment. All these modules share the power, but they are independently controlled from an electronics board called JUBA-board, that is going to be explained later.



Fig. 2.13: Servos dentro de JUBA-madre. *Servos inside of JUBA-mother.*

SERVOS

El accionamiento de las alas y de la rampa se ha hecho mediante servomotores de modelismo. Los motores seleccionados permiten un control muy preciso de la posición angular en un rango de 0° a 180°, e incorporan un engranaje reductor en su interior para proporcionar un par suficiente y una velocidad adecuada.

El modelo utilizado es el servo POWER HD-6001HB. Su sistema de acoplamiento tiene dos rodamientos que ayudan a reducir la fricción y mejorar el rendimiento. Un conector estándar tipo "JR" compatible con todas las controladoras de servos, permite su conexión al sistema.

Hay que resaltar que estos motores son muy frágiles y presentan cierta complejidad en el cálculo del par, ya que los datos proporcionados por el fabricante suelen ser tomados en condiciones ideales y no tienen en cuenta el rozamiento o las desviaciones que pueda tener el sistema de transmisión.

SERVOS

The drive of the wings and the ramp is performed using of servomotors. Selected motors allow very precise control, in the range from 0° to 180°, and incorporate a gearbox inside, to provide a sufficient torque and an adequate speed.

The models used are the POWER HD-6001HB. Its coupling system has two bearings that help to reduce friction and improve performance. A "JR" standard connector, allows its connexion to the rest of the system.

It should be noted that these motors are very fragile and exhibit certain complexity in calculating their torque, since the data provided by the manufacturer are usually supposed to be under ideal operating conditions, and they do not take into account the friction or deviations in the transmission system.

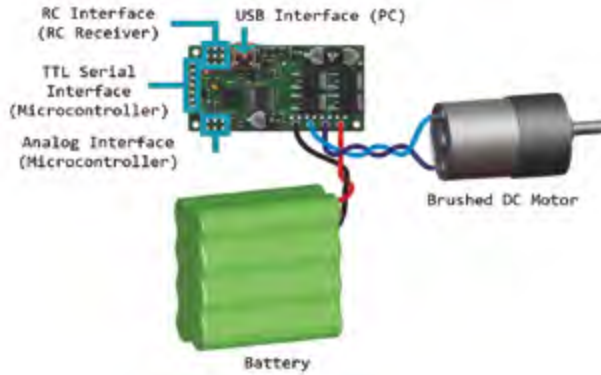


Fig. 2.14: Diagrama de conexión del controlador de motores. *Connection diagram of motors controller.*

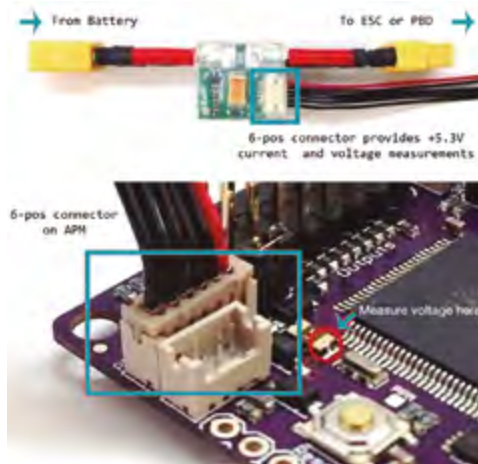


Fig. 2.15: Conexión del módulo de potencia. *Connection of the power module.*

CONTROL DE MOTORES

El controlador de motores es una placa electrónica que controla una de las hileras de motores de la plataforma. Los dos controladores están conectados a su vez al ArduPilot. La Figura 2.14 muestra las conexiones del controlador, y se alimentan de las baterías de 7.4V.

MÓDULO DE POTENCIA

El módulo de potencia es un circuito específico de ArduPilot que se utiliza para alimentar al navegador a 5.3V a partir de la batería de 11.1V y que posibilita que el navegador pueda medir la tensión de la batería y el consumo de corriente (la energía disponible).

MOTOR CONTROL

The motor controller is an electronic board that controls one of the motor row of the platform. The two controllers are connected in turn to ArduPilot. Figure 2.14 shows controller's connections, and it is feed from 7.4V batteries.

POWER MODULE

The power module is an ArduPilot specific circuit used to power navigator at 5.3V from the 11.1V battery and to make possible that navigator can measure battery voltage and current consumption (available energy).

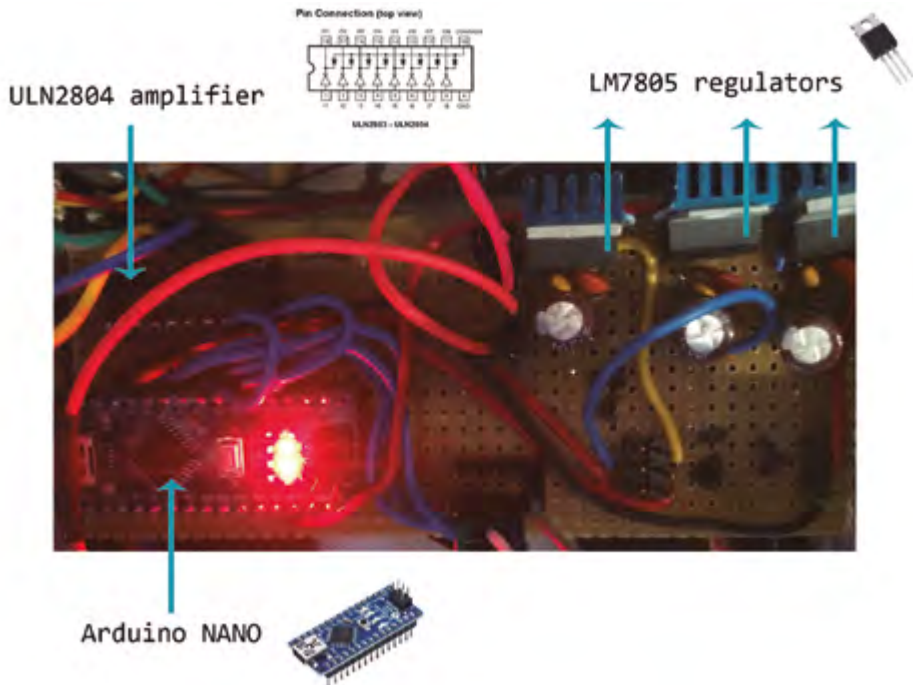


Fig. 2.16: Vista de la placa JUBA-board. *View of JUBA-board.*

SISTEMA ELECTRÓNICO

JUBA-BOARD

JUBA-board es una placa electrónica ensamblada de forma artesanal que se encarga de la alimentación y control de las funciones auxiliares de JUBA-madre. Esta placa consta de tres elementos:

- Una placa Arduino NANO que se encarga de ejecutar las órdenes que se reciben vía radio. Está conectada al receptor de radio e interpreta las salidas PWM del mismo. Controla los servos de las alas y la rampa, así como los LEDs.
- Un ULN2804 que amplifica las salidas del Arduino NANO que controlan el encendido y apagado de las tiras de LEDs, ya que estas funcionan a 11.1V y demandan más corriente que la que el Arduino puede suministrar.
- Tres circuitos reguladores LM7805 que adaptan la tensión suministrada por las baterías de 11.1V a otra de 5V para alimentar los servomotores.

ELECTRONIC SYSTEM

JUBA-BOARD

JUBA-board is an electronic board assembled by hand that controls and provides power supply for all auxiliary functions of JUBA-mother. This board consists of three elements:

- *An Arduino NANO board in charge of executing commands received via radio. It is connected to the radio receiver and decodes its PWM outputs. This board controls wings and ramp servomotors, as well as LEDs lighting.*
- *A ULN2804 that amplifies Arduino NANO outputs that turn on and off LEDs strips, due strips operate at 11.1V and require more current than Arduino can supply.*
- *Three LM7805 regulators that adapts 11.1V voltage supplied by batteries to 5V, which is the voltage to power servomotors.*

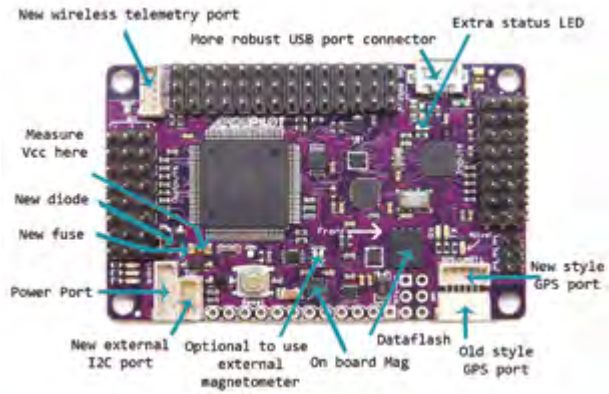


Fig. 2.17: Placa de ArduPilot. *ArduPilot board.*



Fig. 2.18: GPS de JUBA-madre. *JUBA-mother's GPS.*

ARDUPILOT

ArduPilot Mega es un piloto automático basado en GPS y totalmente programable que se usa para el control de vehículos aéreos no tripulados (UAV) y robots tipo Rover. El piloto automático se encarga del control de la nave o robot y permite la navegación en modo autónomo y de tele operación. Tanto el hardware como el software son open source.

GPS

Es un sistema de localización geográfica vía satélite capaz de localizar un objeto dotado de un receptor GPS con una precisión de unos 8 metros.

ARDUPILOT

ArduPilot Mega is a programmable GPS-based autopilot used for operating unmanned aerial vehicles (UAVs) and Rover-type robots. The autopilot controls the aircraft or robot and allows navigation in autonomous or tele operated modes. The hardware and software are open source.

GPS

It is a global positioning system capable of giving the location of an object equipped with a GPS receiver with an accuracy around 8 meters.



Fig. 2.19: Transreceptores de radio de ArduPilot. *ArduPilot radio transreceiver.*



Fig. 2.20: Telemetría de JUBA-madre. *JUBA-mother's telemetry.*

TELEMETRÍA

La telemetría es la medición de variables de forma remota.

Un sistema de telemetría está normalmente formado por un transductor como dispositivo de entrada, un medio de transmisión en forma de líneas de cable u ondas de radio, dispositivos de procesamiento de señales, y dispositivos de grabación o visualización de datos. El transductor convierte una magnitud física como la temperatura, presión o vibraciones en una señal eléctrica, que es transmitida a distancia a efectos de su medición y registro.

El equipo de radio para la telemetría usado en JUBA-madre es un módulo 3DR Radio Telemetry de 433 MHz (Figura 2.19), que consta de dos transceptores, uno de ellos con conexión USB para poder conectarlo a un PC. En el caso del ArduPilot, este canal de radio se utiliza bidireccionalmente para recibir datos desde el navegador así como para enviarle comandos a éste.

TELEMETRY

Telemetry is the remote measurement of variables.

A telemetry system usually consists of a transducer as the input device, a transmission medium in a form of cable lines or radio waves, signal processing devices, and recording devices or data visualization. The transducer converts a physical quantity such as temperature, pressure or vibration into an electrical signal, which is transmitted at a distance for measurement and recording.

The telemetry radio equipment used in JUBA-mother is a 433 MHz 3DR Radio Telemetry module (Figure 2.19), which includes two transceivers, one of them provided with a USB plug to connect it to a PC. In the ArduPilot case, this radio channel is used in both directions, to receive data from the ArduPilot and also for sending commands to it.

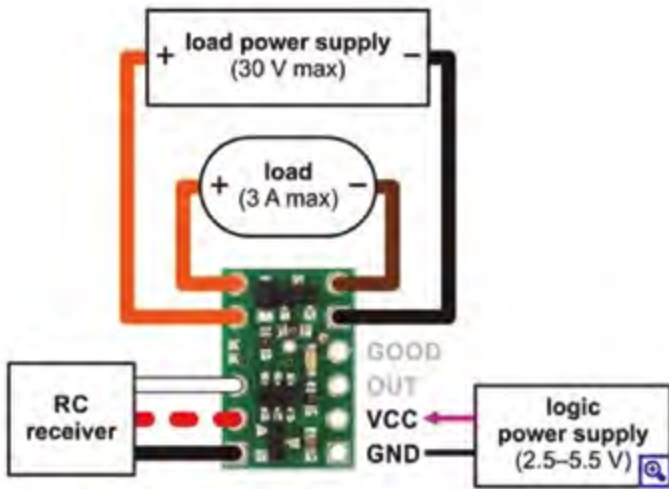


Fig. 2.21: Esquema del cableado del Relé RC. *Wiring diagram of RC Relay.*



Fig. 2.22: Vista de los sensores de ultrasonido de JUBA-madre. *View of JUBA-mother's ultrasonic sensors.*

RELÉ RC

El Relé de Radio Control o Relé RC es un circuito que va conectado a la receptora de radio y tiene la función de apagar y encender el ArduPilot y el sistema de transmisión de video. Se controla desde uno de los controles de la emisora de radio.

SENSOR ULTRASONIDOS

JUBA-madre lleva incorporados dos sensores de ultrasonidos que están ubicados en su cabeza. El objetivo de estos sensores es detectar posibles obstáculos, ya que el GPS por sí sólo no es capaz de marcar una ruta completamente libre de obstáculos. El modelo utilizado pertenece a la serie LV-MaxSonar-EZ de la empresa Maxbotix.

RC RELAY

The RC Relay or Radio Control Relay is a circuit connected to the radio receiver and has the function of turning on-off the ArduPilot and the video transmission system. It is controlled from one of the knobs of radio transmitter.

ULTRASONIC SENSOR

JUBA-mother incorporates two ultrasonic sensors, which are located in its head. The objective of these sensors is to detect possible obstacles, because the GPS is unable to make a route completely free of obstacles. The model used belongs to the LV-MaxSonar-EZ Series of Maxbotix company.



Fig. 2.23: Sistema de transmisión de vídeo. *Video transmission system.*



Fig. 2.24: Cámara usada en JUBA-madre. *JUBA-mother's camera.*

CÁMARA

Una cámara situada en el “ojo” izquierdo de JUBA-madre permite transmitir en vivo imágenes de vídeo a la estación de la tierra. La cámara usada es una SONY CCD a color modelo HD 700TVL de 1/3 pulgadas. Esta funcionalidad es muy importante cuando el robot se utiliza en modo de tele operación.

El sistema de transmisión envía por radiofrecuencia, las imágenes obtenidas por la cámara. Dicho sistema se alimenta a 11.1V. Por otro lado, la estación de tierra también dispone de su propio receptor.

CAMERA

A camera located in the “eye” of JUBA-mother allows to transmit live video images to the ground station. The camera used is a SONY Colour CCD HD 700TVL 1/3 inch model. This functionality is essential when robot is tele operated.

Video transmission system sends images obtained by the camera via RF. The system is fed at 11.1V. On the other hand, the ground station also has its own receiver.



Fig. 2.25: Software Mission Planner. *Mission Planner* software.



Fig. 2.26: Mission Planner con una transmisión vídeo. *Mission Planner with a video transmission.*

SISTEMA DE CONTROL

ESTACIÓN DE TIERRA

El sistema de control de JUBA-madre está formado por el navegador ArduPilot, el sistema de radio control y un PC o estación de tierra sobre el que corre el software Mission Planner.

Mission Planner convierte un PC en una estación de control de tierra para aviones, helicópteros o robots tipo Rover. Esta interfaz permite observar en tiempo real diferentes parámetros como dirección, posicionamiento en el mapa, ruta a seguir, velocidad, etc. así como configurar el ArduPilot y programar sus misiones. Conjuntamente con el sistema de video y el sistema de radio control, Mission Planner, permite que los robots o UAVs puedan navegar en modo autónomo o ser tele operados.

CONTROL SYSTEM

GROUND STATION

The control system of JUBA-mother consists of ArduPilot autopilot, radio control system and a PC or ground station, on which Mission Planner software runs.

Mission Planner converts a PC into a ground control station for airplanes, helicopters or rover type robots. This interface permits to see runtime, address, map positioning, route, speed, etc. as well as configure ArduPilot and program its missions. Jointly with video transmission system and radio control system, Mission Planner, allows that robots or UAVs can navigate in autonomous modes or being tele operated.



Fig. 2.27: Planificación de una ruta a seguir. *Route planning.*

Para planificar la ruta a seguir, en primer lugar hay que definir un HOME o punto de inicio de la misión. A continuación, se pueden añadir los puntos por donde se quiere que el robot pase haciendo uso del ratón. Este software transmite los puntos a alcanzar por el canal de radio de la telemetría. Mediante el uso de este canal se puede:

- Supervisar el estado del robot mientras éste está en funcionamiento.
- Ver y analizar los registros de la telemetría.
- Operar el vehículo en el modo FPV (vista en primera persona).

To plan a route, firstly we need to define the HOME or a starting point for the mission. Afterwards, points where we want the robot to pass can be added using a mouse. This software transmits the points to go by telemetry's radio channel. Using this radio channel user can:

- *Monitor the status of the robot while it is operating.*
- *View and analyse telemetry records.*
- *Operating the vehicle in FPV (first person view) way.*



Fig. 2.28: Mando de Radio Control de JUBA-madre. *JUBA-mother Radio Control unit.*



Fig. 2.29: Receptor del mando. *Radio Control receiver.*

RADIO

El sistema de Radio Control (RC) consiste en:

- Emisor: El mando que se utiliza para el control remoto de JUBA-II es el transmisor de 10 canales Walkera Devention DEVO 10 (Figura 2.28). Este mando cuenta con su propia alimentación, interruptores, controles y un sistema de radio frecuencia de 2.4 GHz. Los controles han sido personalizados para su uso con JUBA-madre y poder realizar el control de las luces, la dirección, la rampa, las alas, seleccionar el modo autónomo o manual, etc.
- Receptor: El receptor usado es el modelo DEVO Rx1002 Receiver. La Figura 2.29 muestra sus conexiones.

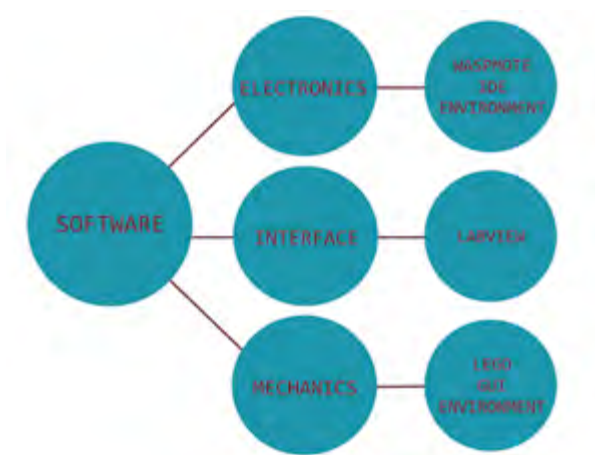
RADIO

Radio Control (RC) system consists of:

- *Transmitter: The radio control unit used to tele operate JUBA-II is the 10 channels transmitter Walkera Devention DEVO 10 (Figure 2.28). This RC has its own power supply, switches, and controls and operates at 2.4 GHz radio frequency. The controls were customized for JUBA-mother use and perform control of lights, steering, ramp, and wings, select the autonomous or manual mode, etc.*
- *Receiver: The receiver used is the Devo Rx1002 model. Figure 2.29 shows its wiring.*

03

Partes de JUBA-hijo Parts of JUBA-son



HADWARE DE JUBA-HIJO ELECTRÓNICA PLATAFORMA WASPMOTE

Para la medición de aquellos parámetros físicos y químicos que se han considerado apropiados para la determinación de la calidad del aire, dentro del ámbito del concurso “Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering” se ha utilizado la plataforma llamada Waspnote.

Es una plataforma con una arquitectura modular diseñada para redes sensoriales inalámbricas; esto quiere decir que el usuario puede cambiar o integrar los módulos necesarios en los diferentes sockets de la plataforma según las necesidades de monitorización.

JUBA-SON HADWARE ELECTRONICS WASPMOTE PLATFORM

For measuring those physical and chemical parameters that have been considered appropriate for determining air quality within the scope of the “Laureate Award for Excellence in Robotics Engineering” contest it has been used the Waspnote platform.

It is a platform with a modular architecture designed for wireless sensor networks, meaning that the user can change or integrate the required modules in different sockets from the platform to the needs of monitoring.

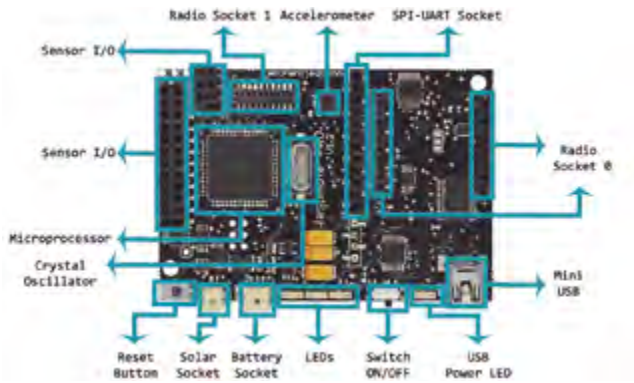


Fig. 3.1: Vista de la cara superior de Wasp mote. *Wasp mote top side view.*

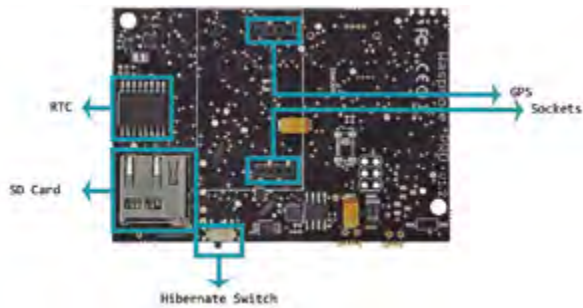


Fig. 3.2: Vista de la cara inferior de Wasp mote. *Wasp mote bottom side view.*

Las especificaciones técnicas del hardware de la plataforma Waspote son:

- Microcontrolador: ATmega1281
- Frecuencia: 8MHz
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- FLASH: 128KB
- SD Card: 2GB
- Peso: 20gr
- Dimensiones: 73.5 x 51 x 13 mm
- Rango de Temperatura: [-20°C, +65°C]

The technical specifications of the Waspote platform are:

- *Microcontroller: ATmega 1281*
- *Frequency: 8MHz*
- *SRAM: 8KB*
- *EEPROM: 4KB*
- *FLASH: 128KB*
- *SD Card: 2GB*
- *Weight: 20g*
- *Dimensions: 73.5 x 51 x 13 mm*
- *Temperature range: [-20°C, +65°C]*

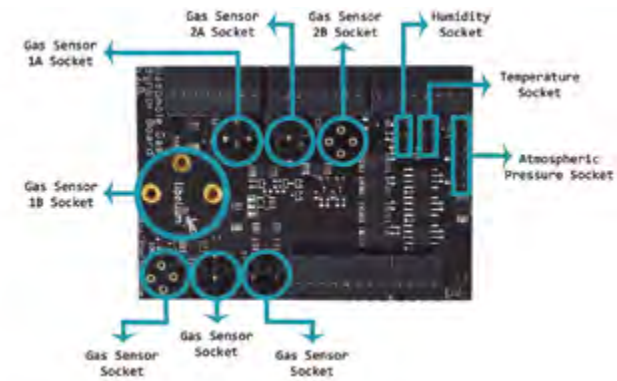


Fig. 3.3: Placa sensora de gases 2.0. *Gases sensor board 2.0.*

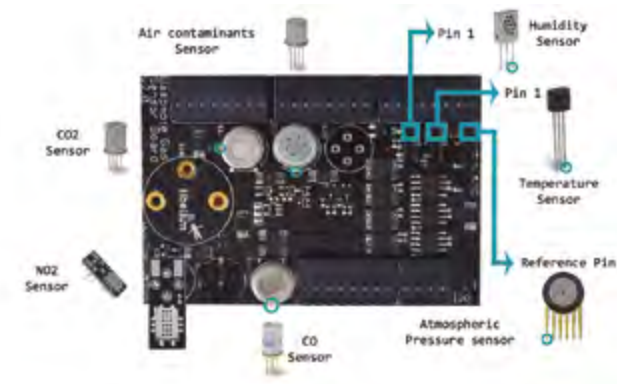


Fig. 3.4: Placa sensora de gases 2.0 con los sensores seleccionados. *Gases sensor board 2.0 with selected sensors.*

ELECTRÓNICA

PLACA SENSORA DE GASES 2.0

Es una placa electrónica diseñada para sensar parámetros ambientales como temperatura, humedad, presión atmosférica y 14 tipos diferentes de gases (no todos al mismo tiempo). Esta placa se inserta en la plataforma Wasmote en los conectores, "Socket SPI – UART" y "Sensor I/O" (ver Figura 3.1). Se pueden conectar siete sensores de gases al mismo tiempo, tal como se muestra en la Figura 3.3.

Las características físicas de esta placa son:

- Peso: 20gr
- Dimensiones: 73.5 x 51 x 1.3 mm
- Rango de Temperatura: [-20°C, 64°C]

ELECTRONICS

GASES SENSOR BOARD 2.0

It is an electronic board designed to sense environmental parameters such as temperature, humidity, atmospheric pressure and 14 different types of gases (not all at the same time). It is inserted into the Wasmote platform in connectors "Socket SPI - UART" and "Sensor I/O" (see Figure 3.1). Up to 7 different types of gas sensors can be simultaneously connected, as shown in Figure 3.3.

The physical characteristics of this board are:

- *Weight: 20gr*
- *Dimensions: 73.5 x 51 x 1.3 mm*
- *Temperature Range: [-20°C, 64°C]*

PHYSICAL SENSORS	TEMPERATURE MEMS7200A	HUMIDITY S8RH5V5	ATM. PRESSURE MPX4115A
MEASUREMENT RANGE	[-40°C - +125°C]	0 - 100% RH	PA - 1150Pa
OUTPUT SIGNAL	(RTT) - 500mV	(25°C); 0,5 - 3,5V	(0 - 80°C); 0,1 - 3,5V
SENSITIVITY	10mV / °C	10 mPa / %	10mV / kPa
ACCURACY	± 0,1°C (R = +10%) ± 0,4°C (-40 - +125°C)	± 0,5% RH (A 25°C, range 0 - 100%) ± 0,5% RH (range 0 - 100%)	± 1,5% V (0 - 85%)
SUPPLY VOLTAGE	2,7 - 5,5V	0V	3,30 - 5,10V
RESPONSE TIME	1,65 seconds	115 seconds	20 ms
TYPICAL CONSUMPTION MAXIMUM	5µA	0,50mA	5µA
CONSUMPTION	10µA	0,50mA	10mA

OPTICAL SENSOR	SD TSL2472	TD0 TSL2472	SD7 VISH-5714	SD8 VISH-5714
MEASUREMENT RANGE	10 - 10000 lux	10 - 10000 lux	0,05 - 0,5 lux	0 - 1000 lux
VOLTAGE AT PIN	0 - 5V	0 - 5V (pin 2) - 5V (pin 3)	0 - 5V	0 - 5V
SENSITIVITY	0,27 - 0,29 lux per count (1000 counts = 10000 lux)	0 - 1000 lux per count (1000 counts = 10000 lux)	0 - 1000	0,2 - 0,3
SUPPLY VOLTAGE	0 - 5,5V	0 - 5,5V	0 - 5,5V	0 - 5,5V
RESPONSE TIME	1 - 100ms	1 - 100ms	10 - 100ms	10 - 100ms
OPERATING TEMPERATURE	(-40°C - +125°C)	(-40°C - +125°C)	(-40°C - +125°C)	(-40°C - +125°C)
MINIMUM LOAD RESISTANCE	10k	10k	10k	10k
RESISTANCE	0 - 100k (1 - 100k)	10k	0 - 100k (100k - 100k)	0 - 100k (100k - 100k)
AVERAGE CONSUMPTION	1 µA	10 µA	20µA	10µA

Fig. 3.5: Lista de sensores seleccionados. *List of the selected sensors.*

Para la calibración de estos sensores se realizaron una serie de mediciones comparativas con dos estaciones de monitorización de calidad de aire localizadas en la Comunidad de Madrid. La primera estación está ubicada en Móstoles, clasificada como zona urbana, y por tanto con un alto nivel de contaminación. La segunda estación está ubicada en San Martín de Valdeiglesias, clasificada como zona rural, y por consiguiente, poco contaminada.

To calibrate these sensors, a series of comparative measurements were performed with two air quality monitoring stations located in Madrid region. The first station is located at Mostoles, which is classified as urban station, therefore, with a high level of pollution. The second station is located at San Martin de Valdeiglesias, classified as rural one, and therefore, slightly contaminated.

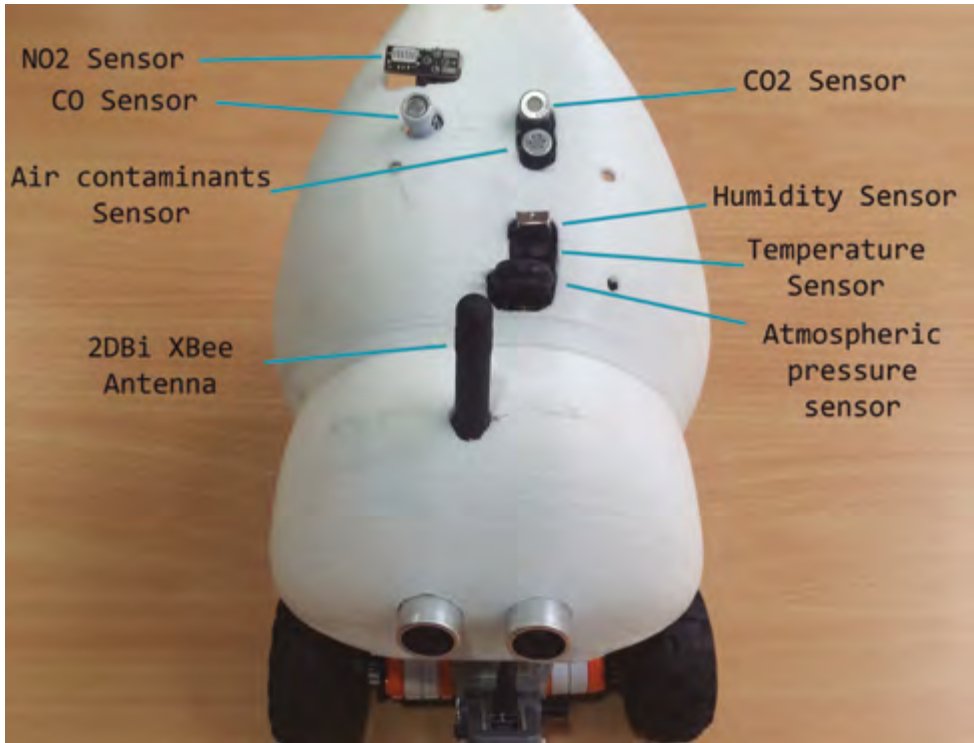


Fig. 3.6: Vista de los agujeros para los sensores y la Antena XBee. *View of the holes for sensors and the XBee Antenna.*

ELECTRÓNICA

MÓDULO DE COMUNICACIÓN XBEE

Para la comunicación robot-usuario se ha utilizado el módulo de comunicación inalámbrico, llamado XBee, que se integra en la plataforma Waspote. Por otro lado, se ha desarrollado una interfaz de usuario usando el software LabVIEW, así como dos herramientas sencillas e intuitivas para crear el enlace entre el robot y su operario.

Los XBee son pequeños chips capaces de comunicarse de forma inalámbrica unos con otros. Utilizan el protocolo de red tipo IEEE 802.15.4 para crear redes punto a multipunto o para redes punto a punto. Estos dispositivos se utilizan en las aplicaciones que utilizan un alto tráfico de datos, baja latencia (suma de retardos temporales dentro de una red) y una comunicación predecible. La tecnología ZigBee es un estándar de redes mesh (redes en malla), y tiene como propósito lograr comunicaciones seguras y fiables con bajo consumo de energía.

ELECTRONICS

XBEE COMMUNICATION MODULE

For robot-user communication, a wireless communication XBee module has been used, which can be integrated in Waspote platform. Moreover, a graphical user interface has been developed using LabVIEW software as well as two simple and intuitive tools to create a link between the robotics system and its operator.

XBee are small chips able to communicate wirelessly each other. They use the IEEE 802.15.4 protocol to create fast point-to-multipoint networks, or peer to peer network. They are used for applications that use a high traffic data, low latency (sum of time delays within a network) and a predictable communication. The ZigBee technology is a standard mesh networks, aimed at achieving safe and reliable communications with low power consumption.

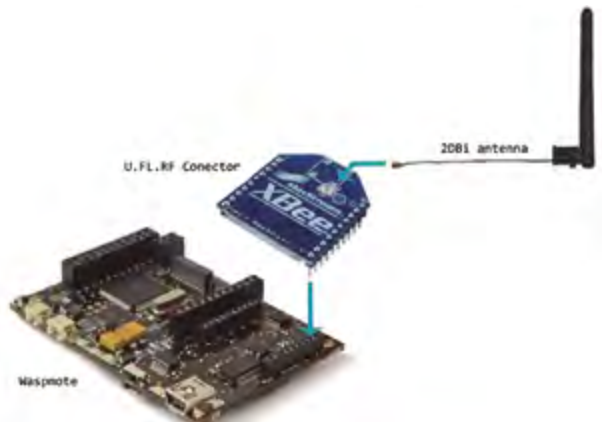


Fig. 3.7: Módulo XBee para la plataforma Waspnote. XBee module for the Waspnote platform.

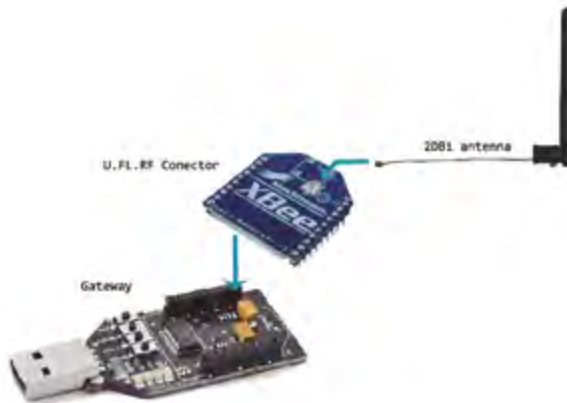


Fig. 3.8: Módulo Gateway para PC. Gateway Module for PC.

Los módulos XBee se comunican con el microcontrolador de Waspnote a través de los puertos serie UART_0 y UART_1 a 115200 bps (bits por segundo). Existen varios modelos de módulos de comunicación, pero en este proyecto se ha optado por el modelo XBee 802.15.4-Pro, también llamado XBee Series 1 (en adelante XBee S1), ya que son la serie más fácil de usar y no necesitan de ninguna configuración.

La interfaz serie del módulo XBee se ha configurado en modo API, donde las tramas de comunicación son de tipo ASCII, facilitándose así la comprensión de los datos a enviar. La trama se divide en dos partes: la primera es la cabecera con una estructura fija, y la segunda es la carga útil, donde van incluidos los valores de los sensores, y por tanto es una parte que cambia. La Figura 3.10 describe la estructura de la trama ASCII creada para JUBA-hijo.

XBee modules communicate with the Waspnote microcontroller using the serial ports UART_0 and UART_1 at 115200bps (bits per second). There are several models for communication, but in this project, it has been opted for the XBee 802.15.4-Pro, called XBee series 1 (hereinafter XBee S1), because it is the easiest series to set up and it does not need any configuration.

The XBee serial interface is set up to API mode, where the communication data frame is the ASCII type, enabling understanding of data to be sent. Data frame is divided into two parts: the first one is the header with an unchanging structure, and the second one is the payload in which are included sensor values, and therefore is a changing part. The data frame used by JUBA-son is described in Figure 3.10.

HEADER							PAYLOAD									
<=>	Frame Type	Num Fields	#	Serial ID	#	Waspmote ID	#	Sequence	#	Sensor_1	#	Sensor_2	#	...	Sensor_n	#

Fig. 3.9: Estructura de la trama de datos de Waspmote. *Waspmote data frame structure.*

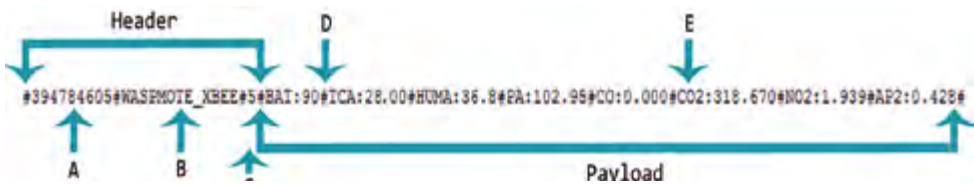


Fig. 3.10: Ejemplo de trama de datos enviada por JUBA-hijo. *Example of data frame sent by JUBA-son.*

A — Serial ID [10 Bytes]: Es un campo de 10 bytes que identifica de forma exclusiva cada dispositivo Wasp mote. Sólo es legible y no puede ser modificado.

B — Wasp mote ID [0Byte-16 bytes]: Es una cadena definida por el usuario que puede identificar cada Wasp mote dentro de la red del usuario. El tamaño del campo es variable (0 a 16 bytes). Cuando el usuario no quiere dar ningún identificador, el campo permanece vacío entre separadores de la trama: “##”.

C — Secuencia trama [1Byte-3Bytes]: Este campo indica el número de secuencia de la trama de datos. Este contador es de 8 bits, por lo que va de 0 a 255. Este número de secuencia se utiliza con el fin de detectar la pérdida de tramas.

D — Separador [1 Byte]: El carácter ‘#’ define un separador y se pone antes y después de cada campo de la trama.

E — El campo del sensor está compuesto por un conjunto de datos únicos. El formato es: “sensor_label: value” y un carácter separador [#]. Por ejemplo, un campo de temperatura que indica 23°C sería: #TC: 23 #

A — Serial ID [10 Bytes]: It is a 10-byte field that uniquely identifies each Wasp mote device. It is only readable and can not be modified.

B — Wasp mote ID [0Byte-16 bytes]: It is a string defined by the user that identifies each Wasp mote within a user-defined network. The field size is variable (0-16 bytes). When the user does not want to give an identifier, the field remains empty between separators “##”.

C —Frame sequence [1 Byte-Bytes]: This field indicates the sequence number of the data frame. This counter is of 8 bits, so it goes from 0 to 255. This sequence number is used to detect data frame loss.

D — Separator [1 Byte]: The character ‘#’ defines a separator and it is placed before and after each field of the data frame.

E — The field sensor is composed by a unique data set. The format is: “sensor_label: value” and a separator character [#]. For example, a temperature indicating field 23C would be: #TC: 23 #.

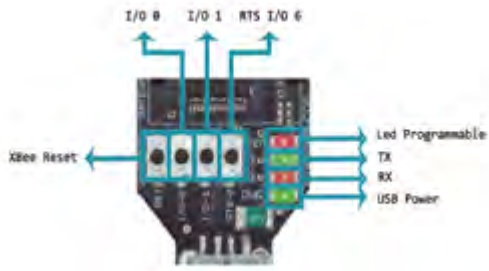


Fig. 3.11: LEDs del módulo Gateway. *Gateway module LEDs.*



Fig. 3.12: Pruebas del módulo Gateway. *Tests of the Gateway module.*

Para poder enlazar la red XBee al PC se necesita otro módulo llamado Gateway. Éste crea una puerta de acceso o puente de datos entre la red de sensores y el ordenador portátil en el que se monitorizarán y almacenarán los datos. En el caso de JUBA-hijo, el ordenador ejecuta un programa de monitorización diseñado en LabVIEW.

Una vez que el Gateway se ha instalado correctamente, un nuevo puerto serie de comunicación aparece en el portátil, a través del cual, se realiza la comunicación con el módulo XBee de la plataforma Wasmote. A partir de ese momento, es posible recibir los paquetes de datos de la red de sensores, y se podrá modificar y/o consultar los parámetros de configuración del módulo XBee.

In order to link Xbee network to a PC, it is necessary to use a Gateway module. This creates a data bridge between the sensors network and the receiving computer, where data are monitorized and stored. The computer used for JUBA-son is a laptop computer running a monitoring LabVIEW program.

Once the Gateway is successfully installed, a new serial communication port is created in the laptop, through which communication with XBee module on Wasmote platform is established. Since this moment, data packets from sensor network can be received and it is also possible to modify and/or check the settings of the XBee module.



Fig. 3.13: Un Kit de NXT LEGO-Maindstorms. *A NXT LEGO-Maindstorms Kit.*



Fig. 3.14: JUBA-hijo. *JUBA-son.*

MECÁNICA

LEGO MINDSTORMS NXT

Para conseguir medir parámetros físicos y químicos en aquellas zonas donde JUBA-madre, por su tamaño no pudiese acceder, se ha construido JUBA-hijo, una estructura móvil independiente, mediante el sistema NXT de LEGO Mindstorms (Figura 3.14). Su tamaño reducido le permite moverse con libertad en zonas estrechas y de poca accesibilidad.

El Kit NXT de LEGO Mindstorms posee un “ladrillo” programable que puede integrar varios motores y sensores. Además, con las diversas piezas y elementos que trae el Kit se puede construir estructuras móviles completamente programables y con un comportamiento reactivo.

MECHANICS

LEGO MINDSTORMS NXT

In order to be able measure physical and chemical parameters in areas where JUBA-mother could have access because of its size, JUBA-son has been constructed, a separate mobile structure, designed and built using the NXT LEGO Mindstorms system (Figure 3.14). Its small size allows it to move freely in narrow areas with poor accessibility.

The NXT LEGO Mindstorms system has a programmable “brick” that can integrate multiple motors and sensors. Furthermore, the various parts and components in the kit can be used to build a completely movable and programmable structures with a reactive behaviour.

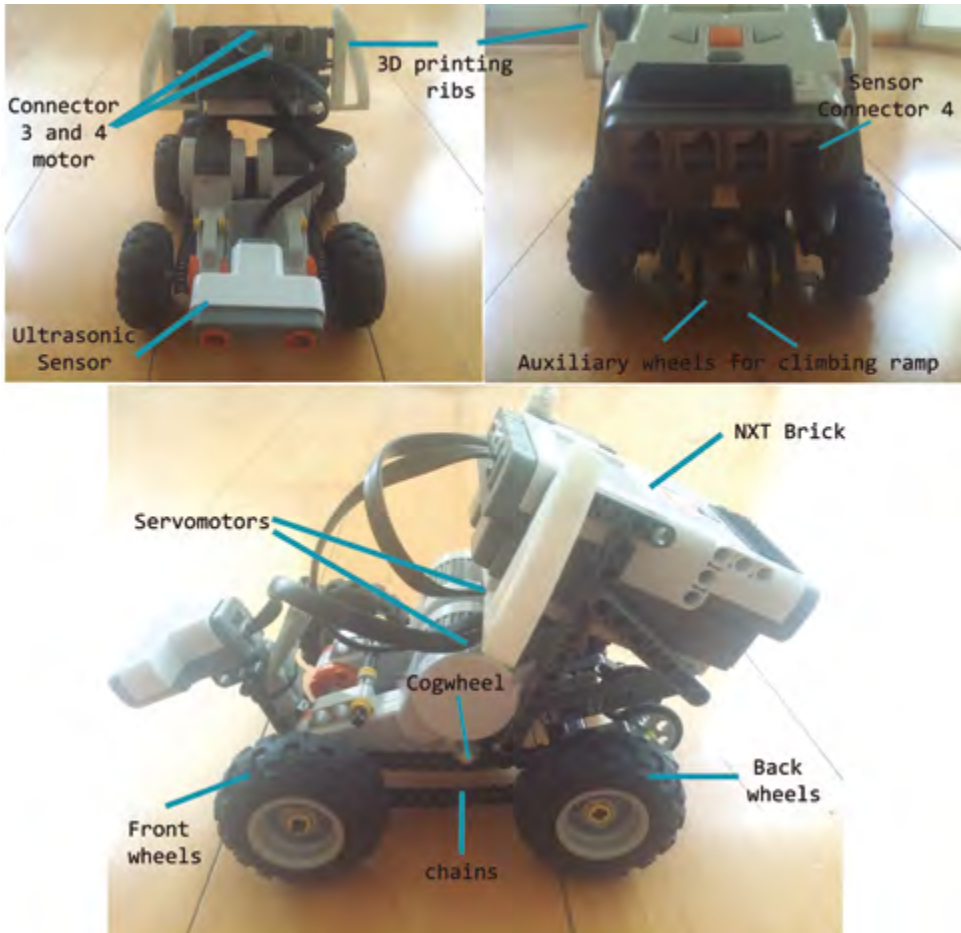


Fig. 3.15: Vistas de la plataforma móvil de JUBA-hijo. *Views of JUBA-son mobile platform.*

- **Piezas:** Por medio de ellas se ha diseñado una estructura móvil con dos hileras de dos ruedas, siendo la rueda delantera motriz y la trasera de apoyo. Esta estructura soporta al ladrillo programable NXT, así como a la plataforma Waspote.
- **Motores:** Las ruedas delanteras están accionadas por dos motores de corriente continua conectados al ladrillo NXT. Los motores se alimentan con la propia batería de 9V del ladrillo; pueden generar un par de hasta 3.8Kg/cm y alcanzar una velocidad de 370 rpm.
- **Sensores:** Si bien el NXT puede integrar varios sensores, JUBA-hijo sólo utiliza el sensor de ultrasonidos.
- **Ladrillo NXT:** Este módulo, basado en un micro-controlador ARM7 de 32 bits, puede integrar hasta 4 entradas de sensores y puede controlar hasta 3 motores. Tiene capacidad de comunicación por Bluetooth.

• Parts: They were used to design a mobile structure with two rows of two wheels, one motorized in front and other support wheel in the rear. This structure supports both the programmable NXT brick and the Waspote platform.

• Motors: Front wheels are moved by two DC motors connect to NXT brick. The motors are powered by the brick own 9V battery. They provide a torque up to 3.8Kg/cm and can reach a speed of 370 rpm.

• Sensors: Although the NXT can integrate multiple sensors, JUBA-son only uses the ultrasonic sensor.

• NXT Brick: This module, based on ARM7 32 bits micro-controller, can integrate up to 4 sensors and can control up to 3 motors. It has the capability to communicate using Bluetooth.

```

#include <WaspSensorGas_v20.h>
#include <WaspBee802.h>
#include <WaspFrame.h>

// DECLARE VARIABLES

//Variable to store the read atmospheric pressure value
float pressureVal;

// Variable to store the read humidity value
float humidityVal;

// Variable to store the read temperature value
float temperatureVal;
float mediateperature;

// Variable to store the read CO2 value
float co2Val;
float co2ValV;
#define co2GAIN 7 // GAIN of the sensor stage

// Variable to store the read CO value
float coValR;
float coValV;
float COppm;
#define coGAIN 1 // GAIN of the sensor stage
#define coRESISTOR 40 // LOAD RESISTOR of the sensor stage (RL)

// INTRODUCE IN THE NEXT ARRAY THE CONCENTRATION VALUES (ppm)
int coCalibrationConcentration[3] = {
    50,100,300};

// INTRODUCE IN THE NEXT ARRAY THE CALIBRATION OUTPUT OF THE SENSORS
float coCalibrationOutput[3] = {
    114.3312 , 40.2036 , 11.7751};

// Variable to store the read NO2 value

float no2Val;
float no2ValR;
float no2ValRatio;
#define no2GAIN 1 // GAIN of the sensor stage
#define no2RESISTOR 3 // LOAD RESISTOR of the sensor stage (RL)

// Variable to store the read spII value

```

Fig. 3.16: Ejemplo de programa de medición de gases. *Example of gas measurement program.*

SOFTWARE DE JUBA-HIJO ELECTRÓNICA ENTORNO IDE WASPMOTE

La plataforma Wasmote cuenta con su propio entorno de programación (IDE) y una API específica desarrollada por la empresa Libelium. Tanto la API como el compilador son de código abierto. Esta API permite la programación de todos los módulos que se pueden integrar en la plataforma, así como el manejo de las interrupciones y la gestión de los diferentes modos de ahorro de energía.

SOFTWARE OF JUBA-SON ELECTRONICS WASPMOTE IDE ENVIRONMENT

Wasmote platform has its own programming environment (IDE) and a specific API developed by Libelium company. Both the API and the compiler are open source. The API allows the programming of all modules that can be integrated into the platform, as well as interrupt handling and the management of all energy saving modes.

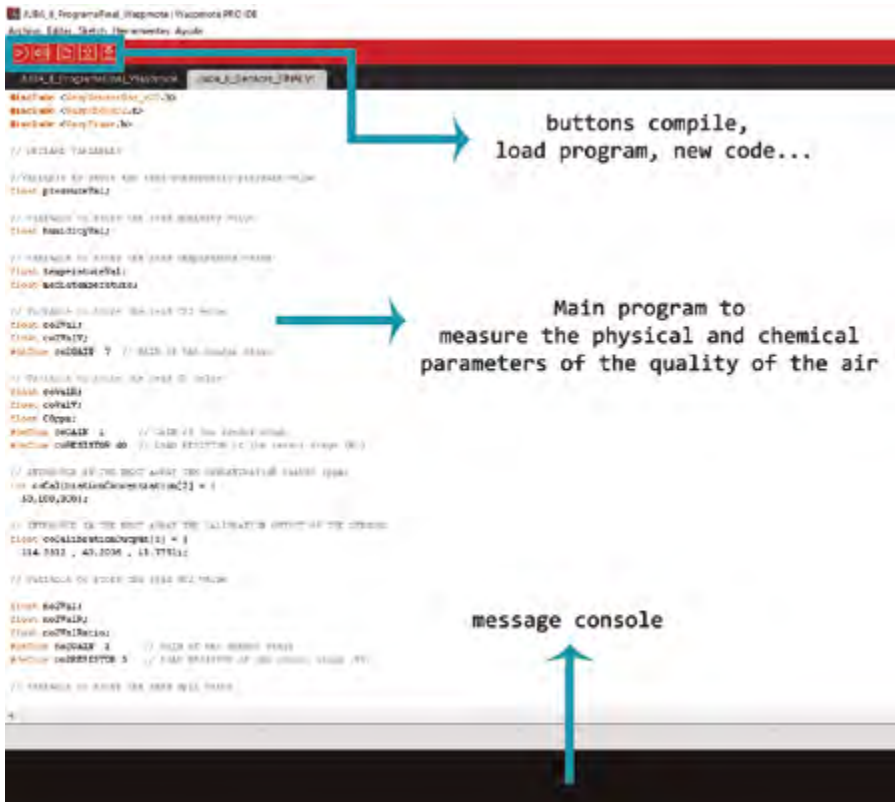


Fig. 3.17: Captura del entorno de programación de Waspnote. *Snapshot of Waspnote programming IDE.*

Para comenzar a utilizar la plataforma Wasmote, se recomienda seguir los siguientes pasos:

1. Conectar los sensores en sus correspondientes sockets.
2. Instalar el IDE (Integrated Development Environment) de Wasmote en el ordenador.
3. Conectar las antenas, el módulo de comunicación y la placa de sensores de gases al Wasmote, y el Wasmote Gateway al ordenador.
4. Conectar el Wasmote al ordenador via USB.
5. Arrancar el IDE y configurar seleccionando en "Tools/Board", Wasmote, y en "Tools/Serial Port", el puerto COM / USB al cual se ha conectado la plataforma.
6. Conectar la batería a la plataforma.
7. Colocar el interruptor de la plataforma en la posición ON.
8. Cargar el programa a Wasmote mediante el botón "Upload (Cargar)".

To start using Wasmote, the following steps are suggested:

- 1. Plug sensors in their sockets.*
- 2. Install the IDE (Integrated Development Environment) Wasmote on the computer.*
- 3. Connect the antennas, communication module and gas sensor board to Wasmote, and the Wasmote Gateway to the computer.*
- 4. Connect Wasmote to computer via USB.*
- 5. Start IDE and configure it selecting in "Tools/Board", Wasmote, and in "Tools/Serial Port": the COM / USB port to which platform is connected.*
- 6. Connect battery to the platform.*
- 7. Turn the platform switch to the ON position.*
- 8. Load the program Wasmote using "Upload" button.*

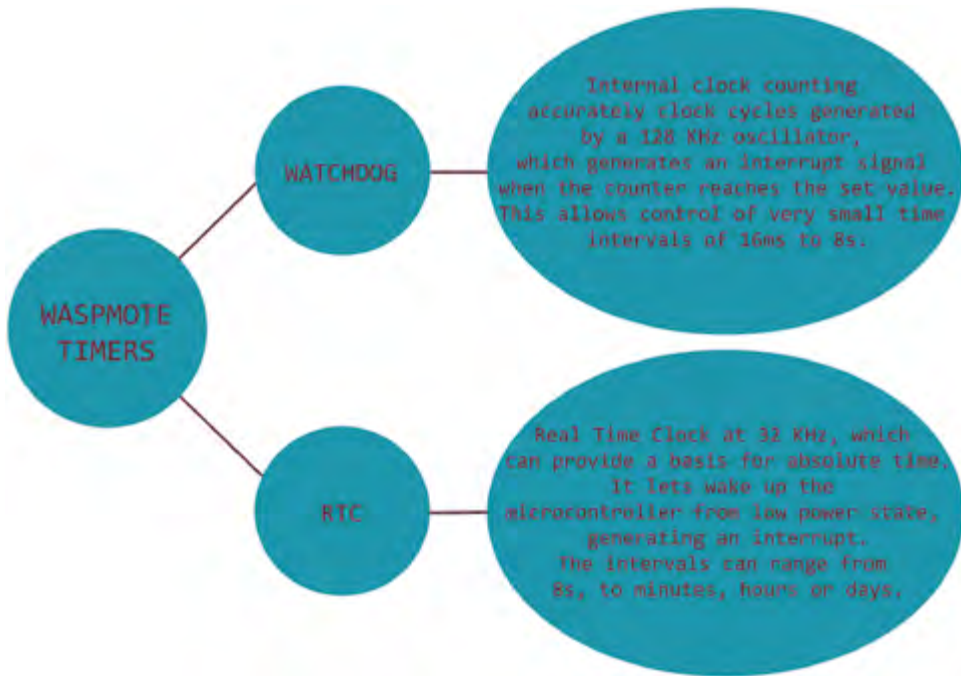


Fig. 3.18: Tipos de temporizadores del Waspote. *Types of the Waspote timers.*

ELECTRÓNICA

AUTONOMÍA Y AHORRO DE ENERGÍA

Una de las principales características de Waspnote es que está especialmente diseñada para optimizar el consumo de energía. Para ello, dispone dos temporizadores (Timers) que generan una serie de interrupciones y permiten controlar el ahorro de energía.

ELECTRONICS

AUTONOMY AND ENERGY SAVING

One of the main Waspnote features is that it has been specially designed for optimizing power consumption. For this, it has two timers that generate a series of interrupts and allow to control energy saving.

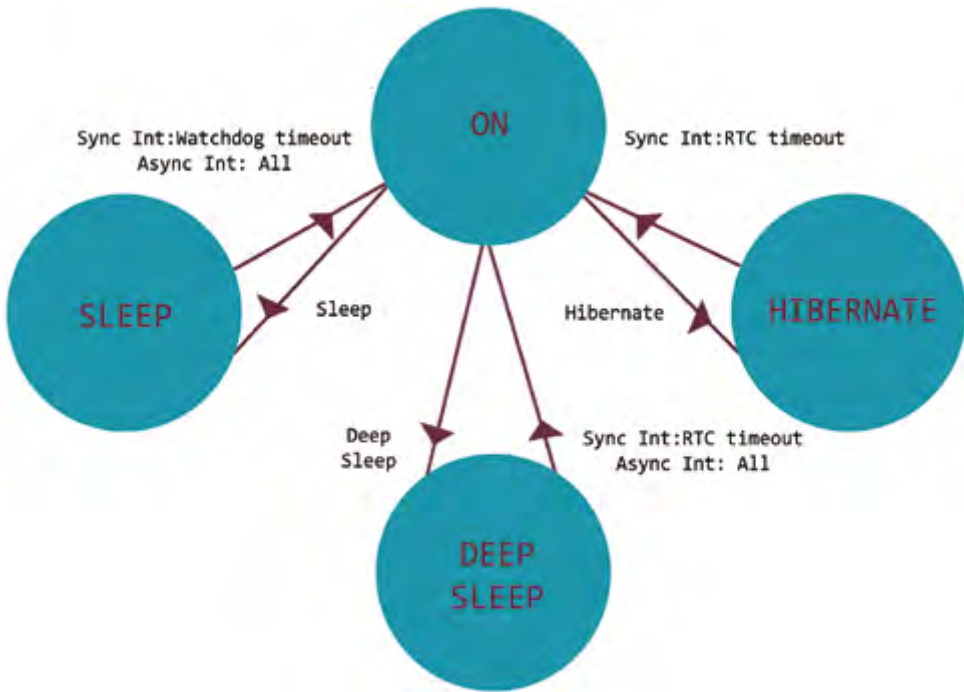


Fig. 3.19: Modo de funcionamiento. *Operating modes.*

	CONSUMPTION	MICRO	CYCLES	ACCEPTED INTERRUPTS
ON	15mA	ON	NO	Synchronous & Asynchronous
SLEEP	55µA	ON	32ms/min/h/day	Synchronous (Watchdog) and Asynchronous
DEEP SLEEP	55µA	ON	1s/min/h/day	Synchronous (RTC) & Async
HIBERNATE	0.05 µA	OFF	1s/min/h/day	Synchronous (RTC)

Fig. 3.20: Consumo del Waspote. *Waspote consumption.*

Los dos tipos de interrupciones con los que cuenta Waspote son:

- Interrupciones síncronas: Estas interrupciones o alarmas son producidas por los Timers. Permiten definir cuándo se quiere activar o desactivar una tarea. Existen dos tipos de alarmas:
 - Alarmas periódicas: Son aquellas en las que se especifica un momento particular en el futuro.
 - Alarmas relativas: Son aquellas que se programan a partir del momento actual.

- Interrupciones asíncronas: Se producen debido a eventos externos y de forma asíncrona al funcionamiento de Waspote. En general pueden provenir de:
 - Los sensores.
 - El acelerómetro interno.
 - El módulo XBee.

The two types of the Waspote interrupts are:

- *Synchronous interrupts: These interrupts or alarms are produced by Timers. They allow to define when a specific task will be activated or deactivated. There are two types of them:*
 - *Periodic alarms: These are those to which a particular time in the future is specified.*
 - *Relative alarms: These are those which are scheduled from the present time.*

- *Asynchronous interrupts: These interrupts are produced by external events and occur asynchronously to system operation. They can come from:*
 - *Sensors.*
 - *Internal accelerometer.*
 - *XBee Module.*

ON mode consumption: 230mA

$$\frac{2300\text{mAh}}{230\text{mA}} = 10\text{h de consumo en modo ON}$$

$$\frac{10\text{h}}{24\text{h}} = 0.42 \text{ Coeficiente de relación del tiempo a repartir}$$

$$0.42 \times 60 \text{ min} = 25 \text{ min en modo ON} \rightarrow 35 \text{ en modo Hibernate}$$

$$\frac{25\text{min}}{60\text{min}} \times 230 \text{ mA} \times 24\text{h} = 2300\text{mAh}$$

Hibernate mode consumption: $0,06\mu\text{A} = 6 \cdot 10^{-5} \text{ mA}$

$$\frac{35\text{min}}{60\text{min}} \times 6 \cdot 10^{-5} \text{ mA} \times 24\text{h} = 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ mAh}$$

And the total consumption would be:

$$2300\text{mAh} + 8,4 \cdot 10^{-4} \text{ mAh}$$

Fig. 3.21: Estimación del consumo. *Consumption estimate.*

Uno de los requisitos fundamentales del concurso, exigía que el robot midiese la calidad del aire durante un periodo de 24 horas.

Para ello se midió el consumo de la plataforma durante su modo de trabajo normal y se calculó una autonomía de 10 horas, para una única batería nueva y completamente cargada (Figura 3.21). Eso implica que para medir gases durante 24 horas, el ciclo de trabajo corresponde a un período de medición de 25 minutos y otro de descanso de 35 minutos. Esta relación puede incrementarse fácilmente adicionando más baterías en paralelo. Con dos baterías el ciclo pasa a 50 minutos de medición y 10 de descanso, mientras que con tres baterías ya se puede medir de forma continua durante 30 horas.

Si bien las baterías son muy ligeras, el espacio disponible dentro de JUBA-hijo no permite albergar tres baterías. Por lo que se programó el reloj de tiempo real (RTC) de Waspote para producir alarmas relativas (interrupciones síncronas) que permitían entrar y salir del modo Hibernación. La Figura 3.21 muestra los cálculos correspondientes al uso de una batería.

One of the main requirements of the contest was that the robot should be able to measure air quality parameters during a period of 24 hours.

To do so, platform consumption during normal operation mode was measured and an autonomy of 10 hours was calculated for only one, new and completely charged, battery (Figure 3.21). That implies a duty cycle of 25 minutes measuring and 35 minutes resting. This relationship can be easily incremented using more batteries in parallel. With two batteries duty cycle rises to 50 minutes measuring and 10 minutes resting, while using three batteries measuring can be continuous for 30 hours.

Though batteries are light, there is no room inside JUBA-son for three batteries. For this reason, Waspote real time clock (RTC) was programmed to raise relative alarms (synchronous interrupts) that allow enter and leave Hibernate mode. Figure 3.21 shows calculations corresponding to the use of one battery.

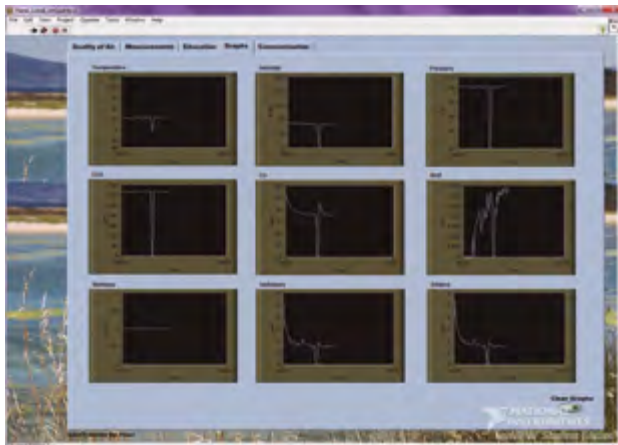


Fig. 3.22 y 3.23: Interfaz desarrollada en LabVIEW. *Interface developed on LabVIEW.*

INTERFAZ

LABVIEW

Para realizar la comunicación entre la plataforma sensora y sus usuarios, se desarrolló una interfaz gráfica que permite recibir, visualizar y registrar las mediciones. Para esto se utilizó LabVIEW, un entorno de desarrollo que utiliza un lenguaje de programación gráfico. Este software ofrece varias ventajas, pues simplifica las tareas de programación, permite la adquisición de datos desde prácticamente cualquier hardware de medida, posibilita la creación de interfaces gráficas de usuario personalizadas, y permite desarrollar algoritmos para el análisis de datos y el control de sistemas.

INTERFACE

LABVIEW

To perform communication between sensor platform and users, a graphical user interface that allows receive, visualize and record measurements was developed. This was done using LabVIEW, an integrated development environment that uses a graphical programming language. This software offers several advantages, as it simplifies programming tasks, permits data acquisition from almost any hardware, allows develop customized GUI and permits to deploy algorithms for data analysis and system control.



Fig. 3.24: Pestañas de LabVIEW. *LabVIEW tabs.*

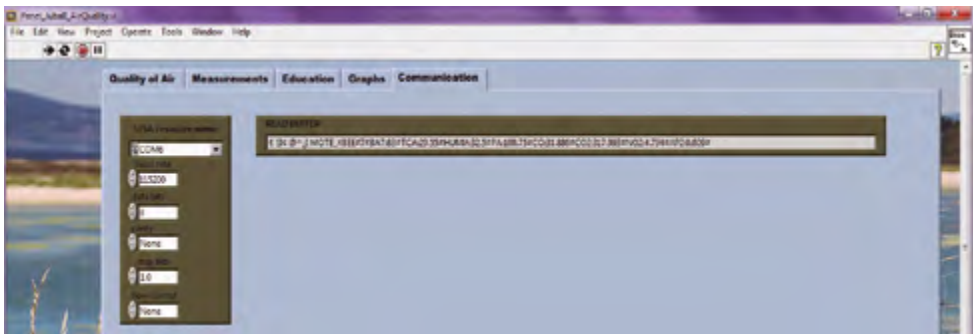


Fig. 3.25: Interfaz LabVIEW para la comunicación con JUBA. *LabVIEW Interface for communication with JUBA.*

En la figura 3.24 se muestran las pestañas de la interfaz LabVIEW y sus funcionalidades:

Quality of Air: Se trata de una portada para la interfaz con el logo de JUBA II.

Measurements: Son los objetos gráficos que muestran las medidas de los sensores y de la batería de Waspnote.

Education: Especialmente diseñado para la connotación educativa del proyecto, es un apartado que explica brevemente qué es la calidad del aire, los parámetros físicos y químicos medidos y la influencia de cada uno de ellos sobre la salud humana.

Graphs: Una utilidad que muestra la evolución gráfica de cada parámetro, así como el historial de las mediciones.

Communication: Utilidad que muestra la trama de datos entrantes al programa LabVIEW.

Figure 3.24 shows the tabs created for LabVIEW interface and their functionalities:

Quality of Air: This is the interface's front page that includes Juba II logo.

Measurements: Different visual objects that show measurements from Waspnote sensors and battery.

Education: This section, especially designed for project's education purposes, explains briefly what air quality is, chemical and physical measured parameter and their influence on human health.

Graphs: A tool providing graphical evolution of each parameter, as well the history of the measurements.

Communication: A tool showing data frame incoming to LabVIEW program.

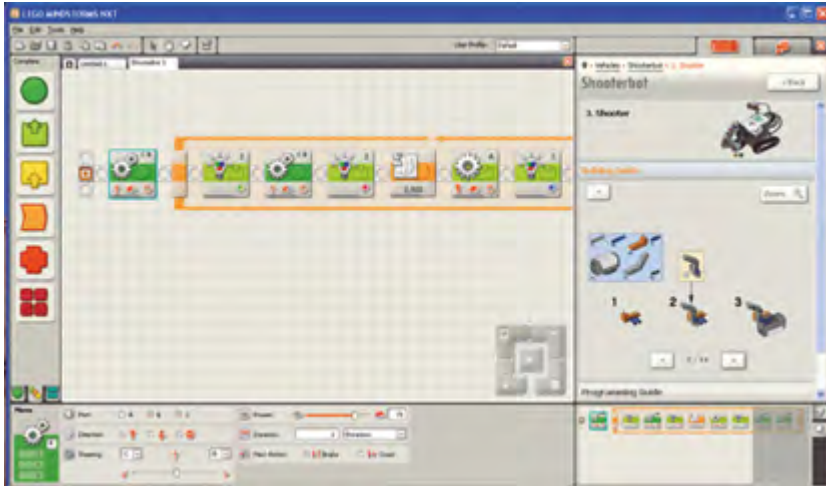


Fig. 3.26: Entorno de programación visual de NXT. NXT programming environment.

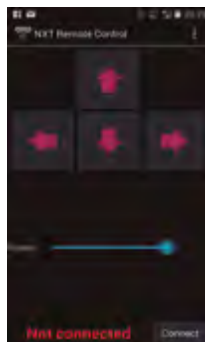


Fig. 3.27: Interfaz de teleoperación. *Remote control Interface.*

MECÁNICA

LEGO MINDSTORMS NXT

JUBA-hijo cuenta con dos modos de control:

MODO AUTOMÁTICO.

Este modo se activa escribiendo un programa usando el software de LEGO Mindstorms NXT, que es un entorno de programación visual muy intuitivo. Una vez escrito el programa, se tiene que descargar al ladrillo y ordenar su ejecución.

MODO MANUAL.

Este modo de control se activa mediante la comunicación Bluetooth y a través, por ejemplo, de la aplicación “LEGO® MINDSTORMS® Robot Commander”. El usuario puede interactuar con el robot y controlar sus movimientos de forma remota.

MECHANICS

LEGO MINDSTORMS NXT

JUBA-son has two control modes:

AUTOMATIC MODE.

This mode is activated writing a program using the LEGO Mindstorms NXT programming environment, which is a visual programming environment very intuitive. The program should be downloaded to the brick a then run.

MANUAL MODE.

This mode is activated through Bluetooth communication and using, for example, “LEGO® MINDSTORMS® Commander Robot tool. User can interact with the robot and control its movements remotely.

04

Manual de usuario User manual



Fig. 4.1: JUBA-II listo para efectuar medidas. *JUBA-II ready to perform measurements.*

¿CÓMO MEDIR LA CALIDAD DEL AIRE CON JUBA-II?

1. Instalar en un PC el software necesario.

- Mission Planner. Software libre disponible desde el sitio web de ArduPilot.
- Sveon STV Mobile. Los drivers de este software son necesarios para el adaptador USB que permite digitalizar la señal de video.
- LabVIEW. Con su correspondiente licencia.

2. Preparar el hardware necesario.

- Conectar al PC el transceptor de radio del sistema de Telemetría, encargado de la comunicación con JUBA-madre.
- Conectar al PC el Gateway XBee para la comunicación con Waspote.
- Primero, prepare el receptor de video, conecte su adaptador USB al PC, y luego enciéndalo.

HOW TO MEASURE AIR QUALITY WITH JUBA-II?

1. Install needed software on the PC.

- *Mission Planner. Open source software available from ArduPilot web site.*
- *STV Sveon Mobile. Drivers of this software are required for the USB adapter that digitalizes video signal.*
- *LabVIEW. A license is required.*

2. Prepare needed hardware:

- *Connect Telemetry radio transceiver to PC, for communication with Juba-mother.*
- *Connect to PC XBee Gateway, for communication with Waspote.*
- *First prepare video receiver and its USB adapter, and then power them.*

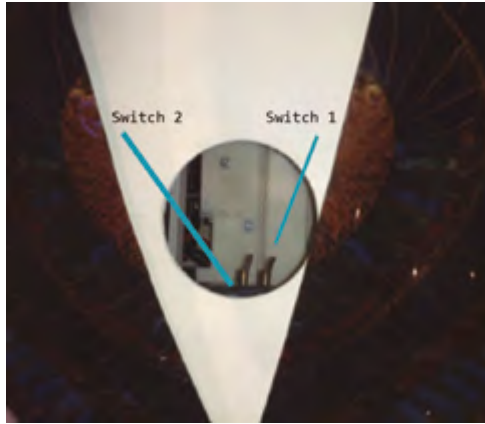


Fig. 4.2: Interruptores de JUBA-madre. *JUBA-mother's switches.*

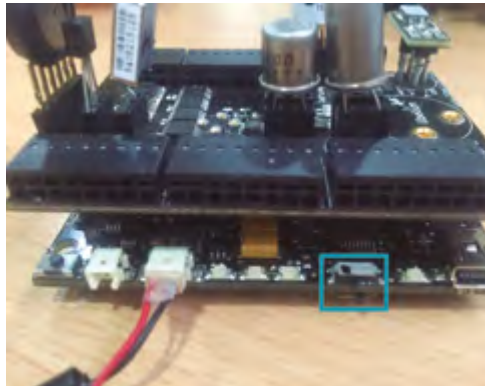


Fig. 4.3: Interruptor de Waspnote. *Waspnote's switch.*

3. Encender JUBA-II por partes:

- JUBA-madre: Abrir ligeramente las alas para ver los dos interruptores dentro del agujero respiratorio (Figura 4.2). El Interruptor 1, situado a la izquierda, desde la espalda del robot, enciende JUBA-board y permite activar la rampa, las alas y las luces. El Interruptor 2, a la derecha del Interruptor 1, se encarga de alimentar al navegador, el sistema de video y los controladores de las ruedas.
- JUBA-hijo: Encender la plataforma Wasp mote, poniendo los dos interruptores en ON y esperar que se active un LED verde. A continuación, es necesario habilitar el modo Hibernate, apagando el interruptor inferior, tal y como se indica en la Figura 4.3. Finalmente, hay que encender el ladrillo NXT, teniendo en cuenta que JUBA-hijo tiene dos modos de trabajo:

3. Power up Juba-II by parts:

- *JUBA-mother: Open slightly the wings to see the two switches inside the breathing hole (Figure 4.2). Switch 1, on the left side, from robot rear, powers Juba-board and allows activate the ramp, the wings and the lights. Switch 2, located on the right side of Switch 1, powers navigator, video transmission system and wheels drivers.*
- *JUBA-son: Turn on Wasp mote platform, setting ON the two switches and wait for activation of a green LED. Afterwards, enable Hibernate mode switching off bottom switch as shown in Figure 4.3. Finally, turn on the NXT brick, taking into account that Juba-son has two modes of operation:*



Fig. 4.4: JUBA-madre y JUBA-hijo. *JUBA-mother and JUBA-son.*

-Modo automático: Durante este modo, JUBA-hijo tiene que encontrarse dentro de la estructura de JUBA-madre, con las ruedas auxiliares bien posicionadas en las guías de la rampa.

-Modo manual: Modo operativo a través de Bluetooth y usando la aplicación "LEGO® MINDSTORMS® Robot Commander".

4. Encender la emisora de Radio Control. Poner los controles correspondientes, para que JUBA-II esté en modo manual y en modo activo (no dormido o en estado de ahorro de energía).
5. Enviar a JUBA-II al lugar donde se desee realizar mediciones de la calidad de aire.

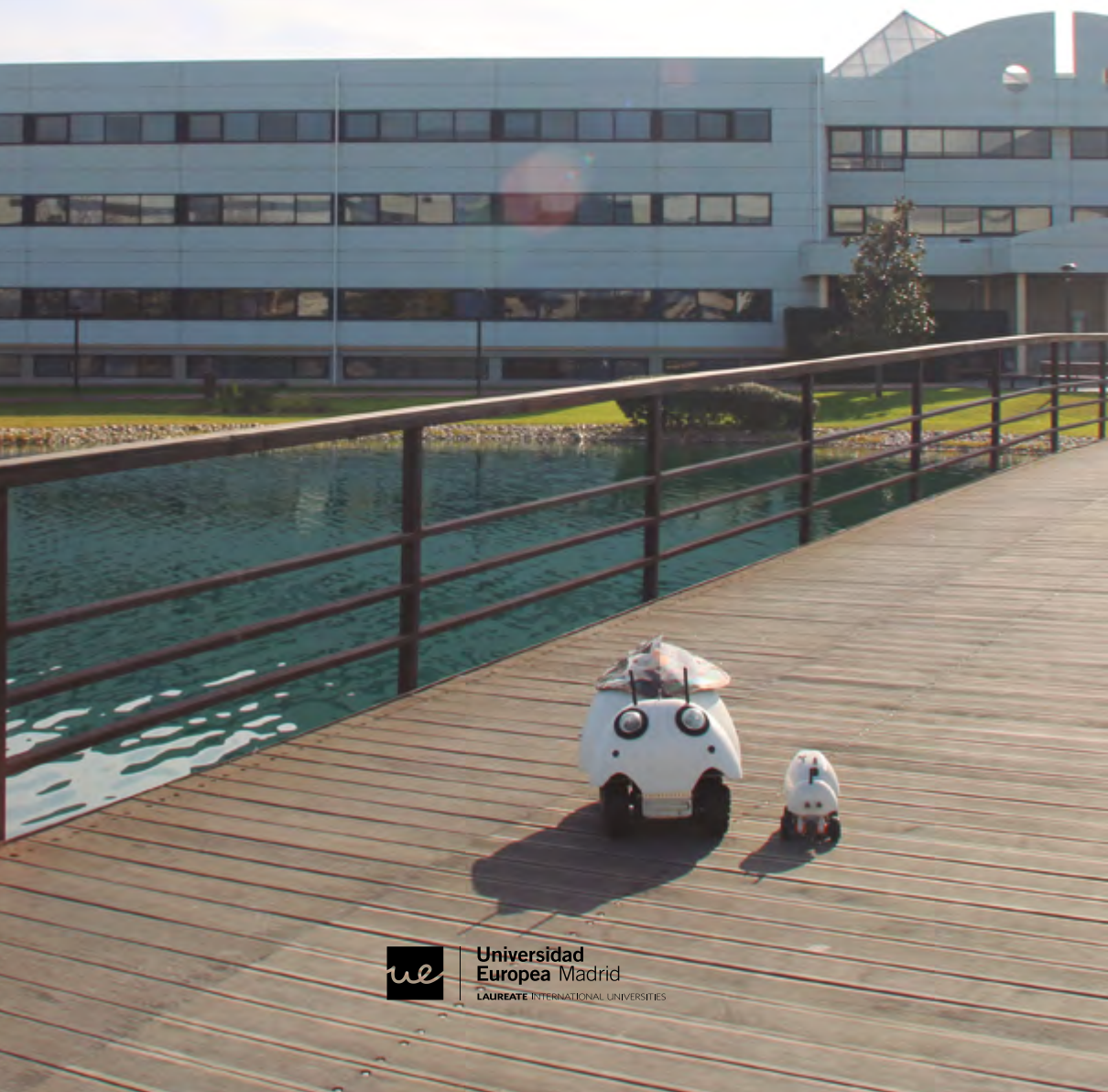
-Automatic mode: During this mode, JUBA-son must be within JUBA-mother, with its wheels well positioned in the ramp guides.

-Manual mode: This mode is activated through Bluetooth connection and using the "LEGO® MINDSTORMS® Commander Robot" application.

4. Turn on Radio Control transmitter. Set corresponding controls in order that JUBA II be in manual mode and active mode (not sleeping or energy saving mode).
5. Send JUBA-II to the place where you want to measure air quality.

ESCUELA DE ARQUITECTURA, INGENIERÍA Y DISEÑO

SCHOOL OF ARCHITECTURE, ENGINEERING
AND DESIGN



Universidad
Europea Madrid

LAUREATE INTERNATIONAL UNIVERSITIES