

# Teaching Programming with Arduino: An Experience in Electronic Engineering

Milagros Zegarra , Magister<sup>1</sup>, Elizabeth Vidal Magister<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, mzegarra@unsa.edu.pe, evidald@unsa.edu.pe

*Abstract -- Teaching programming courses can be considered challenging for those who teach the subject. The difficulty of programming together with the lack of knowledge when dealing with students who are in the first year of studies makes the challenge even greater. In the career of Electronic Engineering of the National University of San Agustín the use of Arduino has been incorporated to teach the main programming concepts oriented to electronics. Students program components aimed at solving problems related to their profession. The first results have shown the effectiveness in the use of Arduino. We believe that our experience can be replicated not only in other Electronic Engineering careers, but in any engineering that I have programming courses guiding the development of the projects to the relevant contexts of each engineering.*

*Keywords – programming, Arduino, learning, motivation.*

Digital Object Identifier (DOI):  
<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2019.1.1.118>  
ISBN: 978-0-9993443-6-1 ISSN: 2414-6390

# Enseñanza de Programación con Arduino: Una Experiencia de Proyectos en Ingeniería Electrónica

Milagros Zegarra, Magister<sup>1</sup>, Elizabeth Vidal Magister<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, [mzegarra@unsa.edu.pe](mailto:mzegarra@unsa.edu.pe), [evidal@unsa.edu.pe](mailto:evidal@unsa.edu.pe)

**Abstract**— *La enseñanza de los cursos de programación pueden ser considerados desafiantes para los que enseñan la materia. La dificultad propia de la programación junto con la falta de conocimiento cuando se trata de alumnos que se encuentran en el primer año de estudios hace que el desafío sea aún mayor. En la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional de San Agustín se ha incorporado el uso de Arduino para enseñar los principales conceptos de programación orientados a la electrónica. Los alumnos programan componentes orientados a solucionar problemas relacionados a su profesión. Los primeros resultados han mostrado la efectividad en el uso de Arduino. Creemos que nuestra experiencia puede ser replicada no sólo en otras carreras de Ingeniería Electrónica, sino en cualquier ingeniería que tengo cursos de programación orientando el desarrollo de los proyectos a los contextos pertinentes de cada ingeniería*

**Keywords**— *programación, Arduino, aprendizaje, motivación*

## I. INTRODUCCIÓN

ABET (Accreditation board for engineering and Technology) [1] es reconocida como una organización dedicada a la acreditación de programas de educación universitaria en ingeniería. La acreditación busca asegurar que la institución satisface los criterios de calidad establecidos. El criterio 3 de ABET presenta once competencias que todos los estudiantes de ingeniería deben poseer al terminar sus estudios. Una de las competencias que ha sido tomada como elemento central para la propuesta de nuestro curso de programación ha sido la (c): “Habilidad para diseñar un sistema, componente, o proceso para satisfacer necesidades deseadas dentro de restricciones realistas”

Así mismo el diseño del curso ha sido desarrollado atendiendo a los contenidos descritos por las recomendaciones de la IEEE /ACM para carreras de Ingeniería Electrónica[2].

Si bien todos estos requerimientos han sido incorporados en el nuevo curso *Programación para Electrónica 2* de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica [3] de la Universidad Nacional de San Agustín, en este trabajo resaltamos el diseño del curso, los proyectos realizados a lo largo del semestre que permite a los estudiantes dar un enfoque práctico en el aprendizaje de programación orientado a la electrónica y los resultados obtenidos.

El resto del artículo está organizado de la siguiente manera. En la Sección II se presentan los trabajos relacionados. En la Sección III se exponen brevemente las características de Arduino. En la Sección IV se muestra el diseño del curso, los principales proyectos desarrollados por los estudiantes y los resultados obtenidos de esta experiencia. Finalmente presentamos nuestras conclusiones.

## II. TRABAJOS RELACIONADOS

La preocupación por centrar el proceso de enseñanza/aprendizaje en el estudiante ha hecho que los profesores busquen formas novedosas de no sólo transmitir conocimientos, sino de involucrarlos en proyectos en donde ellos sean artífices de su propio conocimiento.

En la literatura se han encontrado varias experiencias que hacen uso de Arduino para enseñar programación. En el trabajo de Rubio et al. [4] se detalla su uso en un trabajo conjunto de la Universidad de Granada y la Universidad Nacional de Educación a Distancia de Madrid para estudiantes de ciencia e ingeniería. Se destaca la estructura modular del curso y la combinación de Arduino con Lego. Los autores resaltan el alto grado de motivación que mostraron los estudiantes. En el trabajo de Duch y Jaworski [5] se presenta la experiencia en Lodz University of Technology (Polonia) que haciendo uso de Arduino pretende hacer más atractivo el aprendizaje de programación mediante la expansión de la interacción con dispositivos como joysticks, elementos emisores de luz, teclados y comunicaciones por radio.

En cursos más especializados se tiene la implementación de cuatro experimentos de laboratorio para el control automático y los cursos de robótica en la Universidad de Alicante. Los resultados mostraron que los experimentos propuestos fueron atractivos para los estudiantes [6]. También en el trabajo de Brock, Bruce y Reiser [7] se destaca que el uso de Arduino es una manera poco cara para enseñar diseño de sistemas embebidos e los cursos introductorios de programación. El trabajo resalta trabajos de interfaces electrónicas simples utilizados en el mundo real haciendo uso de LEDs y sensores. O también el trabajo de Jamieson [8] que presenta el uso de Arduino para la enseñanza de sistema embebidos.

El común de todos los trabajos aquí descritos es que han demostrado su efectividad en lograr la motivación de los estudiantes y el darles un espacio para hacer uso de componentes externos para diseñar soluciones para el mundo

real. Nuestra experiencia resalta los proyectos realizados a lo largo del semestre que permite a los estudiantes dar un enfoque práctico en el aprendizaje de programación orientado a la electrónica.

### III. ARDUINO

#### A. Descripción

Arduino [9] es una placa microcontroladora, de código abierto con hardware y software muy fácil de usar. Arduino maneja una serie de entradas las cuales pueden ser conectadas a diversos sensores y con ello controlar motores, luces, buzzers, etc. El microcontrolador de la placa se programa usando Arduino Programming Lenguaje [10].



Fig 1: Placa de Arduino

#### B. Características

Entre las principales características se destacan:

- Económico: las placas son relativamente económicas comparadas con otras placas de microcontroladores
- Multiplataforma: puede ser usada con Windows, Linux, mientras hay muchos microcontroladores que solo usan Windows
- Programación Simple: es amigable para poder ser usado tanto por usuarios principiantes como avanzados
- Open Source: tanto para hardware como para software

### IV. DISEÑO

#### A. Descripción del Curso

El curso Programación para Electrónica 2 se dicta en el segundo semestre. Consta de 17 semanas, 4 créditos con 5 horas teóricas y 2 horas de laboratorio. Desde el año 2017 se ha incorporado el uso de Arduino en el desarrollo del curso

#### B. Contenido

Tomando como base las recomendaciones de la IEEE/ACM para carreras de Ingeniería Electrónica [2] los temas dictados en este curso son: Principios de Algoritmos, Estructuras de Algoritmos: Estructura de Repetición Definida (Repetir), Estructura de Repetición Indefinida (Mientras),

Estructuras de Arrays, Diagramas de Flujo. Las sesiones fueron desarrolladas de acuerdo a la presentado en la Tabla I.

TABLA I: PROGRAMACIÓN DE CONTENIDOS

Tema	Semana
Conceptos de Algoritmos, principios básicos de desarrollo de los mismos	1,2
Estructuras Repetición Definida (Repetir) usando todos los métodos	3
Estructuras de Repetición Indefinida(Mientras) usando todos los métodos	4
Estructuras de Arrays	5
Introducción al Arduino como herramienta de desarrollo	6
Implementación de proyectos empezando desde el nivel de dificultad medio	7,8,9
Uso de Bluetooth	10
Aplicaciones para Android	11
Implementación de proyectos nivel medio alto, terminando con un proyecto final que englobe el uso de todo lo aprendido	12,13,14,15,16,17

#### C. Proyectos Iniciales

La estructura del curso y su desarrollo ha sido basada en el componente práctico a través de mini proyectos los cuales se detallan en la Tabla II. los estudiantes reciben las características de cada mini proyecto los cuales son implementados en grupos de dos:

TABLA II: DESCRIPCIÓN DE MINI-PROYECTOS

Sem.	Descripción
2	Panel Solar: dependiendo de la intensidad luminosa se procede a realizar la medición del voltaje generado
3,4	Panel Solar utilizando fotoresistencias: se implementa un seguidor de luz con ayuda de las fotoresistencias y de un par de motores paso a paso o servomotores implementamos un seguidor de luz, el cual consiste en que el panel solar persigue la luz haciendo una comparación entre los valores de las fotoresistencias colocados en las 4 esquinas del panel, se sigue midiendo el voltaje y se ve que en este caso la tendencia es una medición de voltaje constante
5,7	Sensor de Temperatura: construir un sistema de medición de temperatura, haciendo uso del Arduino Uno, así como sensores de temperatura como puede ser el LM35 o el DHT11, o alguno similar que nos permita medir la temperatura ambiente o de algún ambiente en especial

9	Sensor de Movimiento y Sensor Magnético: en este proyecto utilizamos sensores que nos permiten plantear proyectos de seguridad, estos sensores activan las entradas de Arduino, y con estas entradas ya podemos realizar las acciones programadas como la activación de un buzzer o de un motor paso a paso o servomotor.
11	Matriz de Leds o Display LCD: en este proyecto usamos ya sea la matriz o el display para poder enviar mensajes previamente programados, también se hizo variantes en donde los estudiantes al ya conocer el manejo de un sensor de temperatura podían programar para que se muestre la temperatura que está siendo censada
12	Sensor de proximidad: el proyecto con sensor de proximidad nos dio la posibilidad de definir acciones a realizar dependiendo de la proximidad o lejanía de los objetos con relación al sensor de proximidad, los estudiantes al idear una manera de representar y entender el funcionamiento, hicieron por ejemplo un sistema de parqueo por aproximación con el fin que el auto al estacionar no vaya a chocar, esto lo implementaron configurando leds o buzzer

En la Figura 3 se muestra uno de los proyectos correspondientes al Sensor magnético y sensor de movimiento que simula la activación de alarmas en una casa.



Fig. 3 Proyecto Sensor de movimiento y magnético

En la Figura 4 se muestra uno de los proyectos correspondientes al panel solar (seguidor de luz)



Fig. 4 Proyecto Panel Solar

En la Figura 5 se muestra uno de los proyectos correspondientes a matriz leds

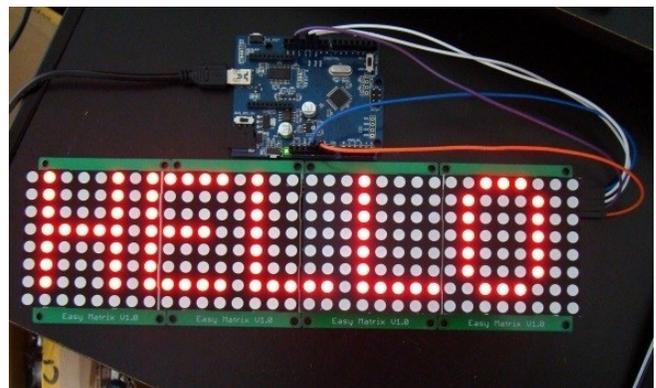


Fig 5: Proyecto Matriz Leds

En la Figura 2 se muestra uno de los proyectos correspondientes al Sensor de Temperatura.

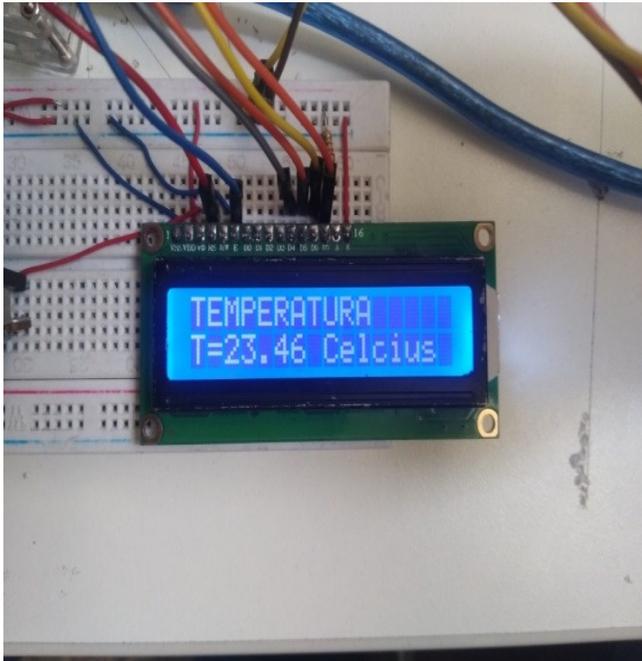


Fig. 2 Proyecto Inicial - Sensor de Temperatura

#### D. Proyecto Final

En la semana 12 los estudiantes reciben las características del Proyecto Final el cual también es elaborado en grupos de dos. A diferencia de los mini proyectos este es libre y los estudiantes proponen una aplicación que haga uso de los componentes desarrollados en los mini-proyectos. Los requerimientos mínimos que deben presentar los estudiantes son:

- Uso de Arduino (pueden usar mas de uno)
- Uso de sensores de movimiento y magnético para simular la activación y desactivación de la alarma de una casa
- Mostrar aplicación desarrollada para Android conectada por Bluetooth al Arduino, desde donde pueden manejar la activación y desactivación de la alarma
- Mostrar en la misma aplicación Android que se puede simular una casa domótica donde por lo menos poder manejar encendido de luces, apertura puertas etc.
- Integración: se les pide que usen los sensores ya trabajados en proyectos anteriores de tal forma que el proyecto final sea la elaboración de una casa domótica a nivel Arduino, en donde simulamos automatización de procesos y uso de tecnología móvil.

A continuación se destacan dos de los proyectos presentados en el 2018.

##### **Proyecto Sensor de Proximidad:**

En este proyecto los estudiantes tuvieron la libertad de utilizar el sensor de proximidad para poder realizar la implementación que desee en donde demuestre el uso efectivo del mismo. Una de las aplicaciones que han implementado es usando el sensor de proximidad para detectar el nivel de agua de un recipiente (Figura 6), dicha señal ha sido captada por el sensor y de acuerdo a la programación ya configurada en el Arduino, dependiendo de la distancia leída se mostraba una señal luminosa para poder dar una primera alerta y una señal sonora para dar una alerta final en donde se indica que se llegó al límite máximo permitido.

##### **Proyecto Laberinto.**

En el proyecto Laberinto (Figura 7), se implementó un juego conocido como laberinto en donde la idea es tener un laberinto y hacer que una billa o pelota muy pequeña vaya desde el inicio hasta el final sin caer en los agujeros del trayecto, para esto se les dio la indicación que podían usar un joystick, el teclado de la computadora o un teclado adicional para realizar los movimientos de un par de servos o motores paso a paso los cuales tenían que moverse en los dos ejes y de esa manera poder hacer caminar la billa desde el inicio al final sin perder.

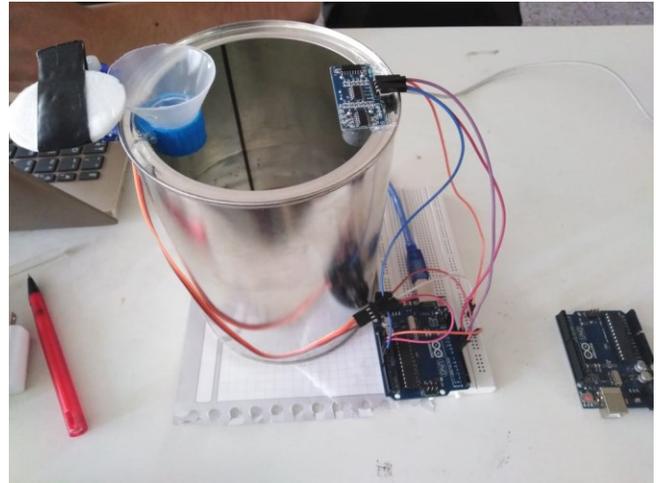


Fig 6: Proyecto Sensor de Proximidad

El proyecto del Laberinto logró captar el interés y motivó a los estudiantes porque además de hacer su laberinto en cartón ligero, tuvieron que idear la forma de acoplar los motores en una estructura un poco más resistente que soporte el laberinto y que sea capaz de soportar además los motores que se encarga de dar el movimiento al juego.

Una vez finalizado el proyecto los estudiantes estuvieron entretenidos tratando de ganar el juego y puliendo el movimiento del motor para que no sea tan brusco y simule más el movimiento que podríamos darle con la mano.

En este proyecto se usó Arduino Uno como elemento principal de trabajo, dos servos o motores de paso, un joystick y material adicional para poder armar al juego.

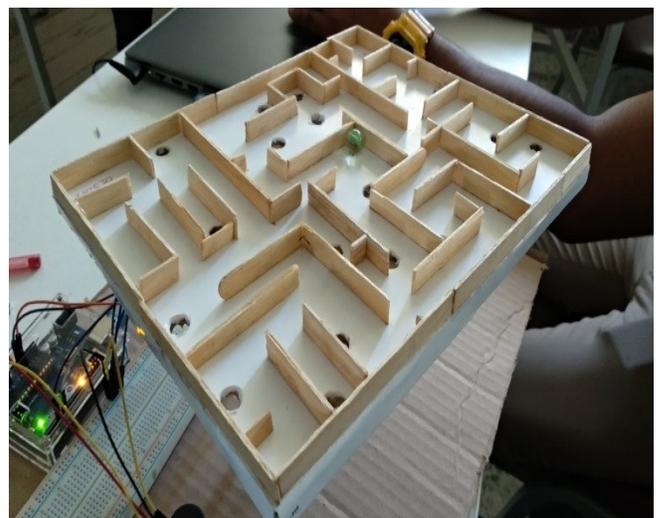


Fig 7. Proyecto Laberinto

Como se puede observar los estudiantes han desarrollado habilidades relacionadas a la programación y a la electrónica motivados por proyectos divertidos y cotidianos, implementar juegos y que ellos mismos los desarrollen les hace más amigable el curso, habiendo desarrollado con los estudiantes una buena cantidad de proyectos, se puede ver que son más receptivos ante situaciones que les gusta o que les son más familiares

E. *Evaluación y Resultados iniciales*

Para evaluar el impacto del uso de Arduino en cuanto a la percepción de los estudiantes en su proceso de aprendizaje se les dio una Encuesta utilizando la escala de Likert. De los 75 estudiantes que llevaron el curso, 57 contestaron la Encuesta.

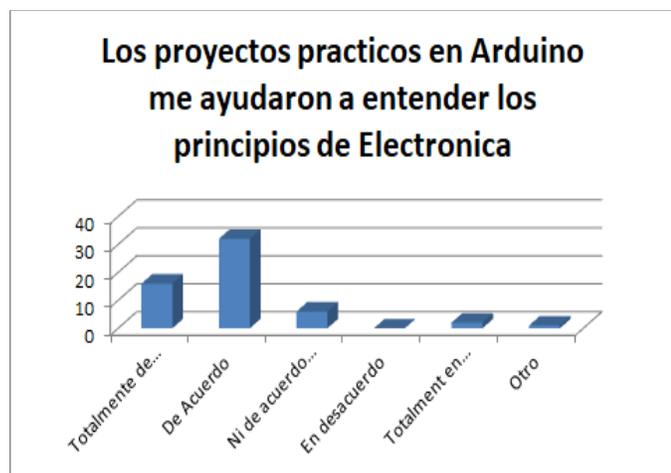


Fig. 8 Proyectos prácticos Arduino

Las Figura 8 nos muestra que el haber utilizado Arduino para la aplicación práctica a través de los proyectos ha sido favorable en el proceso de aprendizaje de nuestros estudiantes relacionados a la relación entre los principios de electrónica y programación.



Fig. 9 Motivación proyectos en Arduino

La Figura 9 muestra el grado de motivación en los estudiantes al haber realizado los proyectos. Se puede observar que casi cincuenta estudiantes de los cincuenta siete que contestaron la encuesta muestran una opinión favorable.



Fig. 10 Percepción de complejidad

La pregunta de la Figura 10 buscó conocer la percepción de los estudiantes en cuanto a la dificultad de los proyectos desarrollados. De acuerdo a lo mostrado en los resultados un poco mas de la mitad de los estudiantes encuestados opinan que podrían desarrollar proyectos de mayor complejidad.



Fig. 11 Complejidad aplicaciones en Arduino

La Figura 11 nos muestra que los estudiantes perciben que es necesario mayor conocimiento teórico en cuanto a conceptos de programación orientados a Arduino. Esto nos permite reflexionar sobre realizar algunos ajustes en el desarrollo de los contenidos teóricos o manejar video tutoriales a través del Aula Virtual.



Fig. 12 Manejo de Algoritmos

Como podemos ver en la Figura 12, los estudiantes están conscientes que si manejan mejor los conceptos de algoritmos, les sería más fácil trabajar con Arduino, esto nos muestra que para poder realizar la programación en Arduino los estudiantes requieren entender mejor los conceptos de programación, entender como dar solución a un problema

Como mejoras podemos incluir en el curso una parte inicial en donde se les de las herramientas metodológicas necesarias para que puedan entender como dar solución a un problema y poder implementar dicha solución ya sea programando Arduino o cualquier lenguaje de programación en general. Así mismo podemos resaltar la importancia que tiene el conocimiento de Algoritmos para que los estudiantes puedan plasmar en un lenguaje de programación como en este caso la programación del Arduino, las soluciones a los problemas planteados

## V. CONCLUSIONES

En este trabajo se ha presentado la experiencia de la incorporación de Arduino a través de la realización de proyectos para la enseñanza de programación orientada a la electrónica. Los resultados iniciales demuestran un aporte académico importante al proceso de enseñanza y aprendizaje para el área de programación en cuanto a lograr la motivación y aprendizaje activo de los estudiantes.

El diseño del curso soportado por Arduino adecuado para la naturaleza del curso permitió el poder motivar a los estudiantes al darles la posibilidad de aprender a través de la práctica desarrollando componentes orientados a su carrera. El diseñar un curso con un alto contenido práctico como el mostrado en esta experiencia requiere un trabajo diferente a los enfoques pedagógicos tradicionales. Aquí el diseño de las actividades se centran en el estudiante, esto requiere por parte del docente además de la preparación de las clases teóricas trabajo adicional en la selección de los materiales adecuados y sobre todo el elegir proyectos motivadores y desafiantes que

permitan a los estudiantes acercarse mas al logro de las competencias deseadas.

Como trabajo futuro se busca realizar un análisis cuantitativo basado en resultados de logros a través de las notas de los estudiantes en años previos al uso de Arduino.

## REFERENCIAS

- [1] ABET. Criteria for Accrediting Engineering Programs, 2015 – 2016. <http://www.abet.org/accreditation/accreditation-criteria/criteria-for-accrediting-engineering-programs-2015-2016/#outcomes>. Ultimo acceso Enero 2019
- [2] Joint Task Force on Computer Engineering Curricula, IEEE Computer Society, Association for Computing Machinery, "Computer Engineering 2016: Curriculum Guidelines for Undergraduate Degree Programs in Computer Engineering," Tech. Rep., 2004. [Online]. Disponible en <https://www.acm.org/binaries/content/assets/education/ce2016-final-report.pdf>. Ultimo acceso Enero 2019
- [3] Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica. Disponible en <http://fips.unsa.edu.pe/ingenieriaelectronica/>. Ultimo acceso Enero 2019.
- [4] M. Rubio, C. Mañoso, R.Zalis and A. De Madir. "Uso de las plataformas LEGO y Arduino en la enseñanza de la programación." Jornadas de Enseñanza Universitaria de la Informática (20es: 2014: Oviedo) (2014).
- [5] P. Duch and T. Jaworski. "Enriching Computer Science Programming Classes with Arduino Game Development." 2018 11th International Conference on Human System Interaction (HSI). IEEE, 2018.
- [6] F. A. Candelas, G. J. Garcia, S. Puente, J. Pomares, C. A. Jara, J. Pérez & F. Torres. Experiences on using Arduino for laboratory experiments of Automatic Control and Robotics. IFAC-PapersOnLine, 48(29), 105-110, 2015.
- [7] J. D. Brock, R.F. Bruce and S. L. Reiser (2009). "Using Arduino for Introductory Programming". J. of Computing Sciences in Colleges, p. 129-130. Vol 25 Issue 2
- [8] P. Jamieson. "Arduino for Teaching Embedded Systems. Are Computer Scientists and Engineering Educators Missing the Boat?" Proceedings WorldComp 2010.
- [9] Arduino. (2019). Arduino. <http://www.arduino.cc/>. Ultimo acceso Enero del 2019
- [10] B. Massimo and M. Shiloh. Getting started with Arduino: the open source electronics prototyping platform. Maker Media, Inc., 2014..