



Universidad Internacional de La Rioja
Facultad de Educación

Trabajo fin de máster

Estudio sobre la implantación de la herramienta ARDUINO en centro de Formación Profesional

Presentado por: Daniel Ruiz Corres
Línea de investigación: 1.7.4 Tecnologías de la Información y la
Comunicación (TIC)
Director/a: Javier Fondevila Gómez
Ciudad: Vitoria-Gasteiz
Fecha: 18 de Noviembre 2016

Resumen

La hipertecnificada sociedad del siglo XXI ha cambiado de forma dramática el paradigma educativo, que precisa de recursos que sumerjan al alumno en el manejo de las nuevas tecnologías. El presente documento tiene como objeto evaluar la plataforma Open Source ARDUINO para verificar si favorece la adquisición de conocimientos básicos de programación/computación y automatización de procesos así como el desarrollo de competencias en las dimensiones del saber (conceptual), saber hacer (procedimental) y saber ser (actitudinal/motivacional). El trabajo se desarrolla sobre una muestra de alumnos de Formación Profesional que presentan una gran heterogeneidad en la naturaleza de sus estudios.

El primer paso en la investigación consiste en una revisión del estado de la cuestión que arroja luz sobre las ventajas e inconvenientes que la utilización de esta herramienta puede presentar en el ámbito de la Formación Profesional. Fuera ya del plano puramente teórico, se seguirá un estudio no experimental (ex post-facto) basado en el análisis de las series de datos recogidos de la muestra ya comentada sobre tres percepciones diferentes: la del investigador, alumnos y profesores. Así, se puede concluir que la plataforma ARDUINO favorece no sólo la adquisición de conceptos y su puesta en práctica, sino que además lo hace de una forma altamente motivadora para los alumnos y constituye un recurso transversal muy potente.

Palabras clave: ARDUINO, Formación Profesional, competencias, programación, PLC.

Abstract

The hyper-technified society of 21st century has changed dramatically the educational paradigm, which requires from increasingly early ages, the inclusion of resources that immerse students in the use of new technologies. The aim of this document is to evaluate the Open Source-type tool ARDUINO in order to verify its adequacy for teaching basic programming and process-automation concepts and the development of core competencies related to conceptual issues, procedural issues and behavioural issues. This study is developed considering a sample of Professional Training students with heterogeneous features regarding the studies they carry on.

The first step of the investigation consists of a revision of the art, which will reveal the pros and cons of the usage of this Open Source platform regarding the Professional Training environment. Leaving the pure theoretical level aside, the investigation will follow a non-experimental methodology based on the data collected from the mentioned sample. These data will encompass three different perceptive agents: the author's, the students' and the teachers'.

As a general conclusion, it can be resolved that ARDUINO platform is an appropriate tool not only for the acquisition of concepts and their practice, but it also constitutes a highly motivating and transversal tool.

Key words: ARDUINO, Professional Training, competences, programming, PLC.

Índice

1.	Introducción.....	6
1.1.	Justificación del tema a tratar	6
1.2.	Objetivos	7
1.3	Estructura del TFM.....	8
2.	Marco teórico y conceptual	10
2.1	Introducción. Hacia la sociedad 4.0	10
2.2	Las TICs como herramientas de cambio	11
2.3	Breve historia de ARDUINO.....	12
2.4	Las filosofías Free Software y Open Source.....	14
2.5	Software libre y educación	16
2.6	ARDUINO como herramienta educativa: hablan los expertos	18
2.7	Alternativas de programación y diseño con ARDUINO para entornos educativos	21
2.8	Iniciativas ARDUINO en centros educativos	24
3	Marco metodológico.....	26
3.1	Metodología específica de la investigación.....	26
3.2	Diseño de la investigación	27
3.2.1	Contexto.....	28
3.2.2	Estructura del proceso de investigación.....	28
3.2.3	Población y muestra	31
3.2.4	Detalles sobre los cursos ARDUINO impartidos	31
3.2.5	Instrumentos de recogida de datos	33
3.2.6	Tratamiento de los resultados	39
4	Análisis de resultados.....	40
4.1	Resultados de los cuestionarios	40
4.2	Resultados de la entrevista	50
4.3	Discusión de los resultados.....	52

5	Conclusiones	53
6	Limitaciones del TFM	55
7	Líneas de trabajo futuras	56
8	Referencias.....	57
9	ANEXOS.....	61
9.1	Anexo A: Entrevista a docente.....	61
9.2	Anexo B: Selección del material	64
9.3	Anexo C: Cuestionarios de recogida de datos.....	65
9.3.1	Cuestionario 1: Autoevaluación de alumnos	65
9.3.2	Cuestionario 2: Autoevaluación de profesores.....	67
9.3.3	Cuestionario 3: Evaluación de alumnos	69
9.4	Anexo D: Proyectos ARDUINO propuestos.....	71
9.5	Anexo E: Ejemplo de actividad mediante ARDUINO	72

Índice de figuras

Figura 1.- Estructura del Trabajo Fin de Máster	8
Figura 2: Elementos y ciclo de trabajo con ARDUINO	13
Figura 3: Diferentes tipos de placas ARDUINO (Tecnoinfo, 2014)	14
Figura 4: Principios filosóficos del software libre (Stallman, 2004)	15
Figura 5: Vista de Escritorio de GuadalinexEdu 2015 (Linuxadictos, 2015)	17
Figura 6: PLCs industriales basados en ARDUINO (Industrial Shields, 2016).....	19
Figura 7: Resumen de ventajas y desventajas de ARDUINO como recurso educativo...	21
Figura 8: Esquema eléctrico de la placa ARDUINO UNO (ARDUINO, 2016)	22
Figura 9: Esquema del proceso de investigación desarrollado	30
Figura 10: Detalles de la muestra del curso 2015-2016	32
Figura 11: Detalles de la muestra del curso 2016-2017	32
Figura 12: Grupos de indicadores del cuestionario	34
Figura 13: Secuencia de tratamiento de datos mediante MS Excel 2007	39
Figura 14: Croquis de la fosa séptica	72
Figura 15: esquema del sistema electrónico mediante Fritzing	74
Figura 16: Datos técnicos del sensor ultrasónico HC-SR04 1/2 (Micropik, 2013)	75
Figura 17: Datos técnicos del sensor ultrasónico HC-SR04 2/2 (Micropik, 2013).....	76
Figura 18: código de programación del sensor HC-SR04 para la aplicación propuesta.	77

Índice de Tablas

Tabla 1: Asociación de metodología a objetivos específicos	26
Tabla 2: Características de diferentes placas ARDUINO (Comohacer, 2014)	64
Tabla 3: Proyectos con ARDUINO propuestos por los alumnos.....	71

Índice de Gráficos

Gráfico 1: Resumen de las calificaciones obtenidas en el Cuestionario 2	40
Gráfico 2: Resultados promedio de cuestiones A.1.1 a A.1.5	41
Gráfico 3: Resultados promedio de cuestiones A.1.6 a A.1.10.....	42
Gráfico 4: Resultados promedio de cuestiones A.2.1 a A.2.3	43
Gráfico 5: Resultados promedio de cuestiones A.3.1 a A.3.3	44
Gráfico 6: Resultados promedio de cuestiones B.1 a B.4	45
Gráfico 7: Resultados promedio de cuestiones C.1 a C.3.....	46
Gráfico 8: Resultados promedio de cuestiones D.1 a D.4	47
Gráfico 9: Valoración global de la herramienta ARDUINO	48
Gráfico 10: Resumen de la evaluación de la herramienta ARDUINO.....	49
Gráfico 11: Evaluación sobre la mejora de empleabilidad debida a ARDUINO.....	50

1. Introducción

1.1. Justificación del tema a tratar

El presente Trabajo Fin de Máster tiene por objeto investigar el proceso de introducción de la plataforma de control electrónico ARDUINO en el entorno de la Formación Profesional con el objeto de facilitar el aprendizaje de conceptos básicos de programación y control electrónico.

La tecnificación de nuestra sociedad ha derivado en procesos industriales cada vez más automatizados, donde áreas del saber como la programación, la electricidad y la mecatrónica han alcanzado un papel preponderante dentro de los procesos productivos en general (Vidal – Beneyto, 2004). De esta manera, la necesidad de que alumnos de muy diferentes ramas de la técnica –desde electrónica y automatización a automoción, neumática, hidráulica o mantenimiento industrial- conozcan los principios básicos de programación y control es un tema recurrente en Formación Profesional.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que, el aprendizaje de lenguajes de programación y las bases de la electrónica, encierran conceptos abstractos que pueden resultar tediosos y poco motivadores para los alumnos. En ocasiones, éstos son incapaces de vislumbrar el objetivo para el que dichos programas son creados al no poder relacionar código con mundo real (actuadores, sensores y hardware en general), lo que impide la interiorización de conceptos clave y lastrando el proceso de enseñanza-aprendizaje desde la base (Felleisen, Findler, Flatt, Krishnamurthi, 2001). De ésta manera son necesarias las plataformas de iniciación que de un modo sencillo consigan hacer ver al alumno la lógica de la programación, aunque ello suponga alejarse por un momento de complejas soluciones industriales que deberán abordarse lecciones posteriores.

En esta línea, la plataforma ARDUINO pretende dar un giro radical en lo que a la iniciación del alumnado en la electrónica y programación se refiere. Se trata de una placa programable bajo diferentes entornos (Linux, Windows y Macintosh) basada en un sencillo código informático que puede interactuar con numerosos sensores y actuadores tanto de naturaleza digital como analógica. Además, su bajo coste y la naturaleza *Open Source* de su hardware y software han propiciado la aparición de una gran comunidad de usuarios que fomentan el intercambio de ideas y conocimiento. Todo ello, unido a la potencialidad de crear proyectos que den respuesta a necesidades reales y tangibles permiten que el alumno “haga suya la herramienta”, pierda el miedo

a la experimentación y se autoforme más allá del centro educativo (Banzi, 2012; Davis, 2014). Así el alumno pasa de ser un mero consumidor de tecnología programable a formar parte del desarrollo de esos *gadgets* y programas de control.

Como puede observarse, y de acuerdo con la documentación consultada, parece que la plataforma ARDUINO cumple con todos los requisitos en cuanto a motivación y rápida adquisición de conceptos básicos de programación y electrónica; sin embargo, esta afirmación no puede ser asumida como dogma; es necesaria una investigación previa. Tal y como sostiene Moreno (2004), la introducción de todo nuevo recurso didáctico ha de realizarse de forma organizada y sistematizada. Sin duda, una clase es un ambiente de alta incertidumbre y es imprescindible que el docente se asegure de que la introducción en el currículum de un determinado recurso se realiza de forma efectiva, previendo las posibles dificultades y oportunidades que este proceso pueda encerrar. De esta forma, el principal objetivo de esta investigación es precisamente ése, el de monitorizar el proceso de introducción de ARDUINO sobre una determinada muestra de alumnos, analizando las ventajas e inconvenientes que el trabajo con estas placas microcontroladores puede ocasionar. Es, por tanto, una oportunidad para ver qué aporta ARDUINO en el proceso de aprendizaje relativo a la iniciación de los educandos en el mundo de la programación y la electrónica.

Este punto es ciertamente inédito en la bibliografía dedicada a ARDUINO en educación, ya que, si bien existe numerosa documentación relacionada con Unidades Didácticas y tutoriales recomendados para diferentes etapas educativas (principalmente Secundaria y Bachillerato), no existe publicación alguna que haya medido y analizado el impacto sobre el alumnado y la efectividad en el desarrollo competencial que el uso de esta plataforma suscita. Además, es necesario recalcar que la muestra sobre la que se va a desarrollar este trabajo de investigación presenta una alta heterogeneidad en cuanto a edad, nivel de conocimientos técnicos y ciclo formativo que cursan, por lo que la riqueza de los datos que se pueden obtener de la investigación es sin duda amplia.

1.2. Objetivos

El objetivo principal que esta investigación persigue es realizar un análisis sobre el proceso de introducción de la plataforma ARDUINO en un centro de Formación Profesional; un proceso realizado en dos cursos consecutivos.

Como objetivos específicos cabe citar los siguientes:

1. Evaluar la potencia de la herramienta ARDUINO no sólo como transmisora de conceptos (saber) sino también procedimientos (saber hacer) y de trabajo en equipo (saber ser) a partir de las practicas desarrolladas con dicha plataforma. Todo ello desde una triple perspectiva: la del investigador, la de los profesores y la de los propios alumnos.
2. Identificar el alumnado objetivo de FP al que dirigir esta herramienta. Familias Profesionales, ciclos formativos específicos y cursos objetivo.
3. Estudiar el nivel de motivación e implicación que el uso de esta herramienta produce en los alumnos. ¿Qué nivel de significación se puede conseguir con ella?
4. Analizar el grado de transversalidad que se puede desarrollar con el uso de la plataforma ARDUINO.
5. Identificar las principales ventajas que este recurso de Código Abierto presenta respecto a recursos privativos tradicionales desde un punto de vista pedagógico.

1.3 Estructura del TFM

El presente documento se divide en los apartados que se muestran en la Figura 1.

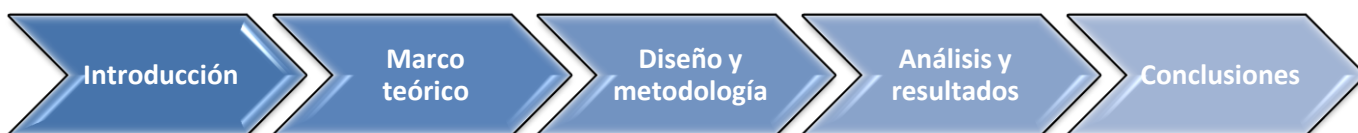


Figura 1.- Estructura del Trabajo Fin de Máster

El primer apartado introductorio- que se corresponde con los dos puntos anteriores- define el tema a tratar, justificando la problemática que dicho tema encierra así como el interés que, desde un punto de vista pedagógico, suscita el desarrollarlo. Asimismo, se hacen explícitos los objetivos que se persiguen con la investigación; tanto el objetivo general como los más específicos.

Seguidamente, el marco teórico y conceptual aborda diferentes conceptos clave relacionados con el tema desarrollado,- el estudio de la herramienta ARDUINO como recurso introductorio a conceptos de programación y electrónica-, que ayudarán al lector a situar el contenido de la investigación. Asimismo se exponen las ideas y teorías

que los diversos autores han desarrollado con anterioridad sobre el tema y que sirven de base para establecer la hipótesis inicial.

En tercer lugar se realiza una descripción de todos los puntos clave de la investigación en lo que se refiere a la muestra sometida a estudio y la metodología (métodos, técnicas e instrumentos empleados para la recogida de datos) para posteriormente pasar a analizar los resultados obtenidos con dicha metodología. El apartado de análisis de resultados finalizará con una reflexión sobre los datos obtenidos.

El documento finaliza con las conclusiones de la investigación que comprobarán las hipótesis realizadas previamente. En este punto, se analizan además ciertos puntos de interés suscitados a tenor de los resultados obtenidos, se establecen las limitaciones del estudio y se abren puertas de actuación futuras en el contexto en que se ha realizado el estudio.

2. Marco teórico y conceptual

En los apartados subsiguientes se realizará un recorrido por los conceptos más importantes que sustentarán el tema tratado en la presente investigación. De esta manera, se tratarán aspectos generales tales como la hipertecnificación de la sociedad en la que vivimos y la necesidad de integrar esos cambios tecnológicos en la comunidad educativa, para pasar a otros más específicos, como un breve repaso por la historia de la herramienta ARDUINO y su carácter de Código Abierto, con todas las implicaciones morales y socioeconómicas que este carácter implica. Así el marco teórico finalizará con un análisis de la herramienta ARDUINO desde el punto de vista pedagógico, realizando un análisis de lo que los expertos en la materia sostienen respecto de ARDUINO como recurso educativo.

2.1 Introducción. Hacia la sociedad 4.0

Vivimos en una época de constante cambio, en el que diversos factores como la expansión del estilo de vida norteamericano, las políticas económicas neoliberales o los grandes flujos migratorios acaecidos durante el siglo XX, de la mano de los grandes avances tecnológicos en todas las ramas del saber, han hecho de nuestra especie un todo interconectado e interdependiente: una sociedad globalizada (Vidal – Beneyto, 2004). Entre todos los avances tecnológicos es importante destacar el papel que los nuevos sistemas de telecomunicación han jugado en el último medio siglo, modificando no sólo los mecanismos culturales, económicos y tecnológicos de las diferentes comunidades humanas, sino alterando el propio concepto de sociedad.

En esta línea, existen autores (Schwab, 2016) que afirman que nos encontramos a las puertas de una nueva revolución industrial, la denominada Industria 4.0. Este término postula que, a corto plazo, el modelo industrial tal y como lo conocemos deberá de adaptarse a los nuevos modelos de consumo del siglo XXI. En la última década, las expectativas del consumidor han evolucionado sobremanera; hoy el producto no es el centro del proceso productivo, sino que es el cliente el actor central de dicho proceso. Así, todos los procesos productivos en todas sus dimensiones- desde la fabricación hasta la logística- deberán de adaptarse a estas nuevas expectativas basadas en la inmediatez y la fabricación de productos cada vez más personalizados.

Este cambio tan significativo, que debe tener en la tecnología el pilar para la competitividad y el éxito industrial, plantea innumerables retos. A partir de ahora, los

procesos productivos estarán cada vez más automatizados y el *Internet de las Cosas*(IoT) precisará que cada vez más objetos de nuestra vida cotidiana incorporen placas electrónicas de comunicación. Así, la cantidad de datos que los procesos industriales deberán de analizar crecerán de forma experimental (Big Data), por lo que áreas del saber como la ciberseguridad, sensórica y programación pasarán a tener una relevancia jamás experimentada hasta ahora (Schwab, 2016).

Tal y como sostiene Miguel Melendro (2008), todos estos cambios, y como respuesta a las demandas que la nueva sociedad hipertecnificada trae consigo, están modificando de forma dramática el paradigma educativo vigente en el despertar del siglo XXI. Las nuevas sociedades no se pueden permitir actitudes pasivas ante la revolución tecnológica en la que el mundo está inmerso, sino que deben apostar por desarrollar nuevas formas de educar en el SABER, SABER HACER y SABER SER que sepan dar respuesta a las necesidades de un nuevo entorno laboral en el que la flexibilidad, multidisciplinaridad y especialización son las señas de identidad.

De acuerdo con David Warlick (2010), “por primera vez en la historia estamos preparando a nuestros alumnos para un futuro que no podemos describir con precisión”. Estamos por tanto viviendo una época de extrema incertidumbre pedagógica que hace que este nuevo paradigma educativo, suponga la aceptación de nuevos métodos pedagógicos cada vez más alejados de la mera interiorización de contenidos que serán reformulados en clave competencial; competencias que, de ser desarrolladas de forma correcta, habrán conseguido la educación integral del educando no sólo en el plano intelectual, sino también en el social, afectivo, corporal y volitivo.

En vista de todo ello, parece lógico pensar que tanto la programación como los conceptos de automática y control serán áreas de conocimiento clave para el desarrollo y competitividad de las sociedades, por lo que su introducción en los sistemas educativos constituye una apremiante necesidad.

2.2 Las TICs como herramientas de cambio

Tal y como se ha comentado en el punto anterior, la irrupción de la técnica en la sociedad ha propiciado el acceso de los ciudadanos a fuentes de información cada vez mayores, tanto en número como en contenido. La transición desde una Sociedad de la Información - término acuñado por Yoneji Masuda (1968) para referirse a aquella sociedad cuyo avance depende del acceso y el tratamiento de grandes cantidades de información de forma efectiva-hacia una Sociedad del Conocimiento- término

inventado por Peter Druker (1963) para identificar aquella sociedad que además de gestionar la información, la procesa e interioriza, convirtiéndola en conocimiento, nuevas formas de hacer, conocer y actuar- han marcado el paradigma educativo de la última década. Este paso también ha tenido su reflejo en la comunidad educativa, que precisa alumnos capaces de gestionar cada vez mayores cantidades de información, de buscarla, seleccionarla e interiorizarla de manera autónoma y efectiva. Como es lógico, los recursos tradicionales del aula (basados en los clásicos pizarra-libro-lápiz) se han revelado como incapaces de dar respuesta por sí solos a las nuevas demandas de tratamiento de información, siendo los recursos TIC (Tecnologías de la Información y la Comunicación) de toda índole (desde medios audiovisuales a informáticos y redes) las nuevas puntas de lanza de la innovación educativa. Sin embargo, la utilización de estos recursos TIC no pueden constituir un fin en sí mismos, sino un medio para el fomento de la motivación y las competencias básicas ya comentadas. Tal y como sostiene Ken Robinson (2006), las TIC deben servir como motor de cambio que facilite una revisión y adaptación no sólo de las prácticas pedagógicas, sino del propio concepto de educación en sí.

En este sentido, la integración de las herramientas TIC en el currículo de una asignatura debe comprender aspectos de muy diversa índole que varían por ejemplo desde la adecuación a la madurez mental de los alumnos a los que van dirigidas, el tiempo del que se dispone o el esfuerzo económico que deben de realizar las entidades educativas para su adquisición. Por todo ello, aunque la introducción de este tipo de herramientas es contemplado por todos los estamentos educativos como una necesidad fruto de las exigencias de una sociedad cada vez más tecnológica, el diagnóstico sobre la adecuación de estas herramientas implica un proceso de reflexión e introspección por parte de los docentes que puedan anticipar potenciales fracasos futuros en la integración eficaz de las TIC en el aula. Este es sin duda el objetivo más importante que persigue el presente documento, el de fundamentar un diagnóstico sobre la utilización de las placas controladoras ARDUINO.

2.3 Breve historia de ARDUINO

A continuación se realizará un breve resumen sobre un recurso TIC que constituirá la base del estudio: las placas ARDUINO.

Las placas microcontroladoras ARDUINO son dispositivos electrónicos que, previa programación desde un PC con un software determinado, permiten interactuar con sensores y actuadores de naturaleza tanto digital (por ejemplo leds, interruptores)

como analógica (por ejemplo sensores de temperatura, de presión o de ultrasonidos) (ver Figura 2) para la automatización y control de procesos de diversa índole.

Su origen se remonta al año 2005, cuando un equipo de estudiantes comandado por Massimo Banzi, Casey Reas y David Cuartielles, pertenecientes al *Interaction Design Institute* (IDII) de Ivrea, en Italia, se enfrentaron al reto de crear un *gadget* programable que destacase por su sencillez- tanto constructiva como de operación-, su bajo coste de adquisición y una gran flexibilidad de uso. Tal y como sostiene uno de sus creadores, Massimo Banzi (2012), ARDUINO fue creado para amantes de la electrónica y artistas, gente sin noción alguna de programación pero que ansían desarrollar proyectos digitales.

Otro de los puntos a comentar es el hecho de que todo el proyecto ARDUINO ha sido desarrollado desde la filosofía de Código Abierto bajo licencia *Creative Commons* por la que tanto los códigos de programación de su software de control como los esquemas eléctricos y de fabricación de las placas, el hardware, están abiertas a disposición del público en general (Banzi, 2012).

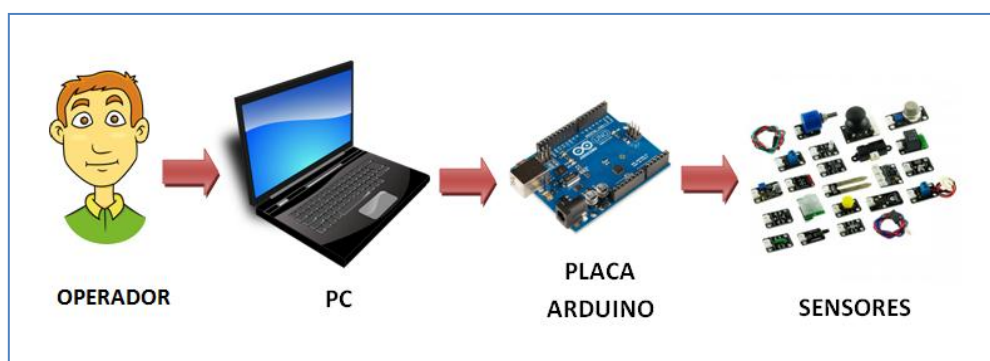


Figura 2: Elementos y ciclo de trabajo con ARDUINO

Además, la gran popularidad que desde su nacimiento las placas microcontroladoras ARDUINO han alcanzado entre los amantes de la electrónica y la automatización, ha provocado que el número de modelos y placas diferentes haya ido creciendo y evolucionando, adaptándose a las necesidades y contextos de trabajo de cada usuario. Tal y como ilustra la Figura 3 muchos son los productos ARDUINO creados hasta la fecha.

En este sentido, uno de los puntos a tratar en el presente documento es la selección tanto de la placa controladora como de los tipos de software de programación asociados a la misma que mejor se adapten al contexto de estudio (ver apartado del documento).

Nota aclaratoria: desde el año 2015 y debido a diversas disputas de marca, las placas ARDUINO comercializadas fuera de EEUU lo hacen bajo el nombre GENUINO. Por simplicidad y dada la popularidad de la marca ARDUINO, la herramienta será únicamente referida mediante este nombre.



Figura 3: Diferentes tipos de placas ARDUINO (Tecnoinfo, 2014)

2.4 Las filosofías Free Software y Open Source

Tal y como se ha expresado en apartados anteriores, la plataforma ARDUINO es una plataforma de Código Abierto, concepto éste, junto con el del Software Libre necesitarán un análisis y una explicación más exhaustiva.

El concepto de *Free Software* o *Software* libre remonta sus orígenes al año 1983, una época en la que todo el software desarrollado pertenecía a empresas privadas que obligaban a los usuarios a firmar contratos de licencia con el objeto de restringir la libertad de acción en el uso de esos programas. De esta forma, el pionero proyecto GNU, acometido por el informático Richard Stallman, creó el primer sistema operativo libre de la historia, dando lugar no sólo a un recurso software, sino a toda una filosofía, a una manera de entender la informática, la propiedad intelectual, el trabajo colaborativo y por ende, la vida (Stallman, 2004).

Es preciso puntualizar que el término ‘libre’ no es un sinónimo perfecto de ‘gratis’. El movimiento del *Free Software* no contempla la libertad que otorga a sus productos en

términos económicos, sino más bien en términos de libertad de movimientos y de generación de comunidades de trabajo conectadas que trabajen para el desarrollo social y la búsqueda del bien común.

Así esta filosofía se sustenta (ver Figura 4) sobre cuatro libertades fundamentales (Arteaga, 2016):

- Libertad 1: Libertad de ejecución de un software con cualquier propósito
- Libertad 2: Libertad de estudio del programa; libre acceso al código fuente.
- Libertad 3: Libertad de ayuda al prójimo distribuyendo copias
- Libertad 4: Libertad de distribución de copias que incluyan modificaciones y mejoras

Atendiendo a estas libertades fundamentales varios son los licenciamientos tipo, cada uno con sus particularidades, que han aflorado a lo largo de los años. Entre los tipos de licencia más habituales cabe citar la GPL, la AGPL, o las LGPL (Stallman, 2004).

Por otro lado y, aunque puedan parecer términos puramente sinónimos, el Software Libre y el software de Código Abierto (*Open Source*) hacen alusión a filosofías diferentes. Aunque ambos términos defienden los cuatro principios ya mencionados, la filosofía de Código Abierto surgió en 1998 de la mano de un grupo de desarrolladores de software liderada por Eric Raymon en un intento de alejarse de las posturas extremistas y críticas con las grandes empresas proveedoras de software privado. De esta forma, mientras que las raíces del Software Libre se cimientan en todo un movimiento ético-filosófico, el *Open Source* se centra en las ventajas prácticas y técnicas que la accesibilidad a códigos fuente presenta (Stallman, 2004).



Figura 4: Principios filosóficos del software libre (Stallman, 2004)

A continuación se realizará un breve compendio de las ventajas y desventajas que éste tipo de software presenta (McCafferty, 2013; Bridge, 2013).

Entre las potenciales ventajas se pueden citar:

1. El precio es nulo (o por lo menos los costes asociados son menores en comparación con los productos privativos).
2. Los programas se mejoran de forma continua y efectiva.
3. Los usuarios, al tener acceso al código fuente pueden cambiar los programas, modificándolos en función de las necesidades de su empresa o propósito.
4. El número de licencias disponibles es infinito, ya no hay que prestar atención al número de sitios-licencia a cubrir.
5. Total independencia de casas comercializadoras de software privativo.
6. Los usuarios al poder conocer el producto en su totalidad favorecen la aplicación de comunidades de intercambio de información

Por otro lado, las posibles desventajas pueden ser:

1. El software libre suele estar centrado en la creación de plataformas de trabajo sencillas pero potentes y efectivas, pero tienden a cuidar menos la interfaz gráfica, siendo productos menos amigables e intuitivos.
2. El hecho de que en ocasiones haya varios grupos de desarrollo mejorando un producto de forma independiente puede derivar en nuevas versiones del producto implementadas a la vez que confundan al usuario.
3. El acceso al código fuente puede hacer que hackers exploten las vulnerabilidades del programa, incorporando virus y generando errores.
4. Aunque los costes de adquisición son cero, en ocasiones y, debido a esa en general peor interfaz de usuario, se generan costes asociados a soporte y consultoría.
5. No existe un canal de soporte directo e inmediato en el que solventar problemas y dudas.
6. Ciertos proyectos, al cabo de un tiempo, quedan huérfanos de desarrolladores, que inician nuevos retos profesionales (por ejemplo, tal y como ha ocurrido con el macroproyecto Open Office).

2.5 Software libre y educación

En lo referente a la utilización de software en el sector de la educación, la postura del sector del *Free Software* es clara. Tal y como postula Stallman, (2010), la figura de un

centro educativo como transmisor no sólo de conceptos y procedimientos, sino también de valores como la libertad y el espíritu de colaboración y ayuda al vecino, tiene mucho que ver con los principios del Software Libre.

En esta línea, el uso de recursos privativos es una barrera para la libertad, independencia y capacidad de cooperación del educando. Si desde las primeras etapas educativas se introducen en los centros recursos privativos, programas de “marca” cuyo uso se estandariza, los alumnos crecerán con ellos e interiorizarán que, el día de mañana, son esos programas- y no otros- los que necesitan para desarrollarse como profesionales. Este hecho, además de suponer un nicho de negocio millonario, supone una forma de claro adoctrinamiento y un freno al desarrollo de la sociedad (Stallman, 2010).

De acuerdo con las conclusiones desarrolladas por el Centro de Excelencia de Software de Fuentes Abiertas (CENATIC, 2010) son ya muchos los casos de éxito de implantación de software no privativo en los centros educativos españoles. Entre ellos cabe destacar como referentes a nivel nacional e internacional:

- Proyecto GuadalinuxEdu, proyecto impulsado en 2003 por la Junta de Andalucía para el desarrollo e implantación de un sistema operativo y diversas aplicaciones adaptadas a todos los centros de educación no universitaria de Andalucía. Su éxito hace que hoy en día siga vigente y goce de buena salud (Junta de Andalucía, 2016).

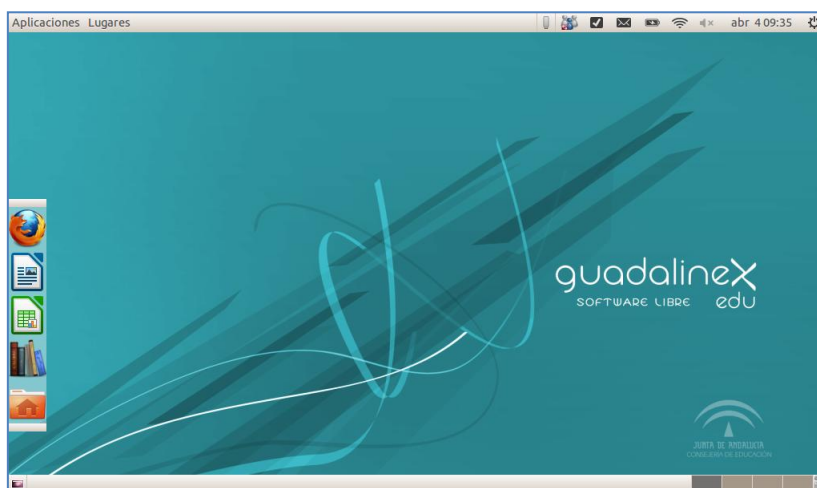


Figura 5: Vista de Escritorio de GuadalinuxEdu 2015 (Linuxadictos, 2015)

- Proyecto LinEx, iniciado por el Gobierno de Extremadura en 2004 para la creación de un sistema operativo de base Linux que integrara múltiples aplicaciones de diversa índole (ofimática, audio, vídeo, etc.). Aunque el proyecto dejó de

desarrollarse en 2013 por falta de presupuesto, LinEx 2013 sigue vigente en los centros de secundaria de la comunidad. (Junta de Extremadura 2015).

- Otros proyectos impulsados por las diferentes Consejerías de Educación, como la utilización de LibreOffice en los centros de Canarias en sustitución del recurso privativo MS Office, el proyecto Educastur Mochila Digital (Educastur, 2007) que contempla el diseño de un paquete de software portable que integre diferentes aplicaciones de código abierto o la utilización de la plataforma Moodle por los centros de la Comunidad de Madrid y el País Vasco (Molist, 2008).

En esta línea y, a pesar de que no existan datos oficiales respecto al crecimiento del uso de esta tecnología en centros educativos en España, es innegable que éstos están incorporando herramientas de Software libre y Código Abierto de forma creciente; diseñando nuevos métodos de trabajo que, además de suponer un ahorro significativo para la Administración Pública, tienen en la libertad de elección y acción del educando su razón de ser.

2.6 ARDUINO como herramienta educativa: hablan los expertos

La incorporación de ARDUINO como recurso educativo Open Source a nivel mundial ha creado diferentes tendencias de pensamiento, con ideas encontradas en lo que a su idoneidad se refiere (ver Figura 7).

En este sentido, autores como Davis (2014) sostienen que el uso de ARDUINO con alumnos sin nociones previas de programación y electrónica, es una herramienta muy adecuada por dos motivos principales. En primer lugar, porque no se trata de un simulador, sino de una herramienta “real” que permite a los alumnos trabajar con sensores y actuadores que desarrollen tareas y procesos específicos, y con equipos de muy bajo coste. Por otro lado, en su opinión ARDUINO como herramienta Open Source ha propiciado la aparición de múltiples plataformas de comunicación, soporte, foro y trabajo colaborativo, lo que permite a sus alumnos trabajar con cierta independencia y autoformarse de forma efectiva mediante propuestas de trabajo tipo ABP (Aprendizaje Basado en Proyectos).

En esta línea, existen educadores (Mubin, Stevens, Shahid, Al Mahmudy, Dong, 2013) que enfatizan el carácter motivador de herramientas como ARDUINO. En su opinión y siguiendo las teorías construccionistas postuladas por Piaget, la construcción del

conocimiento se basa en la acción, en la creación y construcción de objetos por parte del educando. Así, ARDUINO es una herramienta que busca esa proactividad del alumno con actividades que varían desde el diseño conceptual de un dispositivo hasta la programación de los propios controladores, o su cableado e interconexión con sensores y actuadores. Esto resulta altamente motivador para estos alumnos que desarrollan un sentimiento de pertenencia y se identifican con el trabajo que están desarrollando.

De acuerdo con Cuartielles (2012) el hecho de que el hardware de la herramienta sea de Código Abierto, ha permitido que otros fabricantes (especialmente radicados en Asia) ofrezcan placas con la misma arquitectura que ARDUINO e idénticas características a precios inferiores a los 3 euros. Este hecho, unido a la simplicidad y gran cantidad de información presente sobre la herramienta no hace sino incrementar la motivación con la que los alumnos se enfrentan al trabajo con ARDUINO. Ahora, el coste de adquisición no supone un problema, lo que motiva a los alumnos a adquirir sus propios equipos y emprender retos personales que aumentarán su conocimiento. De igual manera, el hecho de que el software asociado también sea Open Source ha hecho posible el desarrollo de múltiples plataformas de programación de ARDUINO, punto éste que se detallará más adelante.

Además es importante señalar la potencia que ARDUINO ofrece en términos de transversalidad. Las actividades educativas con ARDUINO permiten ser diseñadas para trabajar no solamente las áreas de programación y electrónica, sino conceptos relacionados con otras áreas del saber (matemáticas, física, ciencia de materiales, etc.) y del saber ser (trabajo en equipo, ayuda a los demás, trabajo autónomo) tal y como sostiene De la Riva (2015).



Figura 6: PLCs industriales basados en ARDUINO (Industrial Shields, 2016)

Otros autores (Candelas *et al*, 2015) defienden que esta herramienta además de ser idónea para el aprendizaje de conceptos básicos de programación, permite, en periodos de tiempo pequeños, situar al mismo nivel de conocimiento grupos de alumnos con diferentes nociones de programación y electrónica, para posteriormente pasar a trabajar con herramientas más complejas.

Por otro lado, hay autores que sostienen que ARDUINO, a pesar de poseer innegables ventajas en lo que a costes de adquisición y flexibilidad de operación se refiere, no es una herramienta recomendable como primer contacto en el mundo de la programación. Para Van de Dam (2013), ARDUINO es una herramienta que te permite realizar proyectos de automatización en poco tiempo, pero no permite al educando interiorizar correctamente la forma en la que un código de programación ha de ser realizado, en términos de orden y estructura. En este sentido realiza una comparación entre ARDUINO y la comida rápida: “puede ser que ARDUINO te sacie, pero no por ello te nutre convenientemente”. Asimismo, es muy crítico con la documentación relacionada con las funciones de programación de Wiring y sostiene que, a pesar de existir innumerables ejemplos de aplicación de dichas funciones, no existe un diccionario que explique de forma teórica y asequible, dichas variables y su interconexión en el seno de un programa. En su opinión, las abstracciones y nombres utilizados en muchas de éstas funciones confunden al programador induciéndole a cometer errores.

En esta línea, Cheng (2011) sostiene que los conceptos que la plataforma ARDUINO puede transmitir a los educandos quedan circunscritos al propio mundo de esta plataforma y que ésta no deja de ser un entrenador educativo que no puede hacer frente a problemas del mundo real. Sin duda este punto es crítico y necesita una reflexión en profundidad. Si realmente necesitamos que los alumnos sean capaces de integrarse de forma satisfactoria en el mundo laboral, debemos de promover el trabajo con herramientas que iguallen en potencia y capacidad a las utilizadas en la industria y permitan a los alumnos actuar ante retos similares a los que se encontrarán en un entorno profesional. En este punto coinciden otros autores (Candelas *et al*, 2015), afirmando que el trabajo con ARDUINO debe ser complementado con herramientas profesionales tradicionales como los PLCs industriales de fabricantes como Siemens, Allen Bradley u Omron.

Asimismo, hay que anotar el hecho de que, debido a la gran popularidad que ARDUINO ha alcanzado, diversas empresas han comenzado a comercializar Controladores Lógicos Programables aptos para entornos industriales basados en ARDUINO (*Industrial Shields*, 2016) (ver Figura 6).



Figura 7: Resumen de ventajas y desventajas de ARDUINO como recurso educativo

2.7 Alternativas de programación y diseño con ARDUINO para entornos educativos

Tal y como se ha adelantado en puntos anteriores, el proyecto ARDUINO se diseñó como herramienta Open Source en lo que a software y hardware se refiere.

Respecto al hardware, los esquemas eléctricos de las placas ARDUINO son públicos, por lo que tanto profesores y alumnos disponen de la información sobre la arquitectura del dispositivo, pudiendo incluso fabricarlo ellos mismos a partir de componentes (ver Figura 8).

Si nos centramos en el software, las placas controladores se programan en base a un código denominado *Wiring* abierto al público y basado en lenguaje C, que se implementa mediante el denominado IDE (*Integrated Development Environment*); un sencillo programa informático que permite escribir el programa y volcarlo a la placa conectada mediante el puerto USB.

Dado el carácter multidisciplinar del dispositivo y, debido a las diferentes necesidades que – especialmente en el ámbito educativo- han surgido a la hora de trabajar con ARDUINO, numerosas han sido las iniciativas por desarrollar software de control de

estas placas. A continuación se hará un breve repaso de los desarrollos más significativos.

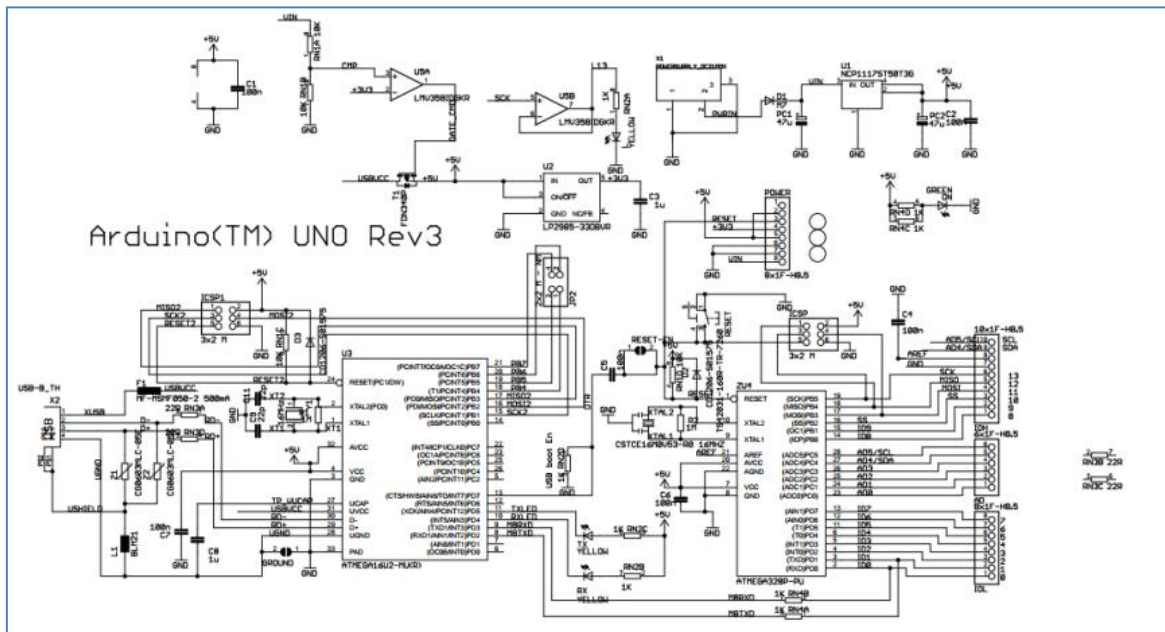








Figura 8: Esquema eléctrico de la placa ARDUINO UNO (ARDUINO, 2016)

APLICACIONES DE PROGRAMACIÓN DE LA PLACA:


<p style="text-align: center;">IDE ARDUINO https://www.arduino.cc/</p> 	<p>Software original desarrollado por la marca. Destaca por su sencillez de operación y sobriedad. Es el estándar de trabajo con ARDUINO. (Open Source). (Arduino, 2016)</p>
<p style="text-align: center;">S4A (SCRATCH FOR ARDUINO) http://s4a.cat</p> 	<p>Adaptación del software Scratch para la programación de placas ARDUINO. Programación tipo “unión de bloques”, sencillo e intuitivo. Permite la visualización del estado de sensores y actuadores directamente en el PC con la información que, en tiempo real envía la placa. (Open Source). Recomendado para Educación Secundaria. Documentación y ejemplos disponibles en español. (S4A, 2016)</p>
<p style="text-align: center;">ARBUBLOCK http://blog.ardublock.com/</p> 	<p>Software de programación de ARDUINO basado en programación visual (unión de bloques). Poco desarrollado, escasa documentación y en inglés. Aporta sencillez aunque el GUI es poco amigable. (Open Source). (Ardublock, 2016)</p>

<p style="text-align: center;">SNAP4ARDUINO http://snap4arduino.org/</p> 	<p>Software implementado sobre la base de Snap. Similar a S4A pero más rápido y utiliza la programación visual para desarrollar programas. Permite además diseñar tus propios bloques con funciones nuevas. La interfaz es sencilla y amigable y permite realizar aplicaciones asociadas al programa de la placa. Documentación y software disponibles es español. (Open Source).(Snap4Arduino)</p>
--	---

SOFTWARE PARA EL DISEÑO DE CIRCUITOS ARDUINO:

<p style="text-align: center;">FRITZING http://fritzing.org</p> 	<p>Aunque también tiene un pequeño compilador de código que permite su vuelco a la placa, Fritzing destaca como programa para diseñar circuitos y PCBs especialmente creado para ARDUINO. Integra extensas bibliotecas de sensores y actuadores de diferentes marcas y destaca por su GUI sencilla e intuitiva. Recomendado para estudios universitarios y Formación Profesional.(Open Source). (Fritzing, 2016).</p>
<p style="text-align: center;">AUTODESK 123D CIRCUITS https://circuits.io/</p>  <p style="text-align: center;">AUTODESK® 123D® CIRCUITS</p>	<p>Aplicación web (no es software Open Source) que permite el diseño de circuitos ARDUINO de forma sencilla. Recomendado para Educación Secundaria y formación Profesional. No necesita instalación, pero sólo está disponible en inglés. (Autodesk 123D, 2016)</p>

OTRAS APLICACIONES DE INTERÉS:

<p style="text-align: center;">MIT APP INVENTOR http://appinventor.mit.edu</p> 	<p>Software Open Source desarrollado por el MIT para el desarrollo de aplicaciones Android de forma WYSIWYG. Permite controlar un Smartphone con la placa ARDUINO vía Bluetooth o Ethernet. Para usuarios avanzados de ARDUINO. (MIT App, 2016)</p>
--	---

Tal y como se ha descrito, las alternativas en cuanto a software de trabajo con ARDUINO en entornos educativos son variadas. En apartados siguientes se describirán y justificarán las herramientas empleadas durante la investigación.

2.8 Iniciativas ARDUINO en centros educativos

Desde el inicio de su comercialización en el año 2006, diferentes han sido las iniciativas que han ido introduciendo la plataforma ARDUINO en las diferentes etapas educativas, desde la Educación Secundaria hasta la enseñanza universitaria. Este proceso no habría sido tan exitoso sin el denominado *CTC Program (Creative Technologies in the Classroom)*, que impulsado desde la propia marca, realiza cursos de formación a profesores de Educación Secundaria para que con sencillos ejercicios y kits de ARDUINO enseñen en sus clases los fundamentos de la programación (ARDUINO CTC, 2016).

Esta iniciativa ha tenido en España su ‘campo de pruebas’ y de la mano de patrocinadores como la Fundación Telefónica o La Caixa ha presentado los hitos siguientes:

- Año 2013-2016: El proyecto *Castilla* involucró a 400 alumnos de 3º y 4º de ESO y 19 profesores de 23 centros de Castilla la Mancha, que, durante 4 semanas realizaron pequeños proyectos y experimentos (Paniagua, 2013).
- Año 2014-2016: La iniciativa se traslada a Cataluña, donde un total de 200 profesores asisten a jornadas en las que, mediante 30 mini experimentos, se les inicia en el manejo de ARDUINO y el mundo de la robótica, y que posteriormente impartirían los más de 2500 alumnos de ESO a los que representaban. (Generalitat de Catalunya, 2016)
- Año 2016: 75 escuelas de Andalucía iniciarán su andadura en el proyecto *CTC*, programa que, a tenor de sus buenos resultados, en 2017 se expandirá a Suecia y Ecuador. (ARDUINO CTC, 2016)

Asimismo, los buenos resultados y el creciente interés por introducir esta plataforma en el currículo de E.S.O y Bachillerato han hecho que sean muchos los autores que hayan desarrollado Unidades Didácticas sobre ARDUINO, muchas de las cuales están publicadas y son accesibles a través de internet. Entre ellas cabe destacar la realizada por José Antonio Caballero Barba junto con otros profesores de centros educativos de Andalucía (2011) o la propuesta por Íñigo García (2012). En estas Unidades Didácticas, se proponen una serie de ejercicios para ser realizados con ARDUINO, consistentes en la elaboración de una determinada aplicación utilizando una placa ARDUINO y diferentes sensores. De esta manera, a partir de un código de programación que el docente explica a sus alumnos, se logra que el conjunto placa-sensor interactúe de la forma en que ha sido concebido.

Por otro lado y a pesar de que en España, los mayores esfuerzos están dedicados a la introducción de esta herramienta en el segundo ciclo de ESO y Bachillerato, también existen iniciativas puntuales para su uso en Formación Profesional. A continuación se citarán algunos ejemplos de éstas:

- La compra de 15 kits de tecnología ARDUINO realizado por el CIFPA (Centro de Investigación para la Formación Profesional de Aragón) que pueden ser solicitados por los centros de FP de la comunidad durante 4 semanas para la realización de talleres y cursos (CIFPA, 2014).

- El curso de ARDUINO que desde el IES Jaume I de Ontiyent (Valencia) se imparte a los alumnos de CFGS de Sistemas y Regulación Automáticos donde se combina la programación de ARDUINO con otros elementos de carácter industrial (PLCs Omron) (González, 2011)

- Las prácticas realizadas en el IES Pau Casanoves (Inca, Mallorca) por los alumnos de CFGS de Automoción en el que aprenden cómo controlar la temperatura de un motor y de un sistema de climatización mediante ARDUINO (IES Pau Casanoves, 2014).

- Los proyectos realizados por los alumnos de IES Heliópolis de CFGS de Mantenimiento Electrónico basados en la plataforma ARDUINO (IES Heliópolis, 2016).

Tal y como se desprende de los ejemplos, las placas ARDUINO están presentes ya en áreas muy distintas dentro de la Formación Profesional, desde el mantenimiento a la automoción o la mecatrónica. La aplicación de esta herramienta a FP supone ir un paso más allá, explotando al máximo la potencia que estos equipos encierran y realizando proyectos ambiciosos y con aplicabilidad real a múltiples disciplinas y productos.

Sin embargo y, a diferencia de la cuantiosa documentación existente en Educación Secundaria, es prácticamente inexistente el material publicado sobre cómo se desarrollan éstos talleres, qué buenas prácticas deberían de tener en consideración, o las conclusiones que la impartición de estos cursos han sacado a la luz sobre la evolución del educando en su proceso de aprendizaje. He aquí el valor añadido que este trabajo aporta.

3 Marco metodológico

Como ya se ha avanzado en puntos anteriores del documento, el objetivo principal de la investigación es analizar la implantación de la herramienta ARDUINO en un Centro de Formación Profesional, utilizando para dicho análisis una muestra de alumnos, pertenecientes a diferentes realidades educativas. En puntos subsiguientes se esclarecerán diferentes aspectos referentes a la metodología seguida durante la investigación así como los aspectos más importantes en el diseño de la misma.

3.1 Metodología específica de la investigación

La investigación es de carácter no experimental y de tipo *ex post-facto*; de esta manera, el estudio se ha servido de cuestionarios y entrevistas como instrumentos de recogida de datos.

El hecho de que la investigación se desarrollara en el seno de dos cursos impartidos en un centro de FP ha limitado la posibilidad de realizar una experimentación directa sobre el proceso; el objetivo más importante, además de la recogida de datos para el estudio, era que los alumnos aprendieran. Por otro lado, el hecho de que fuesen dos los cursos analizados, con dos muestras de alumnos diferentes, ha permitido la introducción de novedades en el segundo de ellos a partir de las conclusiones extraídas del primero, enriqueciendo la investigación.

Con el propósito de asociar directamente la metodología empleada a los objetivos específicos del estudio establecidos en el apartado 1.2, se ha elaborado la Tabla 1 adjunta.

Tabla 1: Asociación de metodología a objetivos específicos

OBJETIVO ESPECÍFICO		METODOLOGÍA ASOCIADA
1	Analizar la plataforma ARDUINO como facilitadora de competencias en los ámbitos del SABER, SABER HACER y SABER SER, considerando tres perspectivas diferentes (investigador, alumnos y docentes).	Elaboración de cuestionarios a cumplimentar por investigador, alumnos involucrados y docentes, con preguntas referentes a las tres dimensiones (SABER/SABER HACER/SABER SER).

OBJETIVO ESPECÍFICO		METODOLOGÍA ASOCIADA
2	Reconocer al alumnado objetivo. Identificación de Ciclos Formativos y áreas del saber en los que es viable la introducción de la herramienta ARDUINO.	A partir de los datos obtenidos en los cuestionarios, se medirán las dificultades en el aprendizaje mediante ARDUINO en función de los diferentes Ciclos Formativos representados en la muestra.
3	Estudiar el nivel de motivación e implicación que el uso de esta herramienta produce en los alumnos.	Contraste de opiniones sobre el aspecto motivacional de la herramienta (investigador-alumnos-profesores). Introducción de elementos más motivantes en el segundo de los cursos, a partir de las conclusiones obtenidas del primero.
4	Analizar el grado de transversalidad que se puede desarrollar con el uso de la plataforma ARDUINO.	Las actividades propuestas durante los cursos introducirán aspectos relacionados con otras áreas del saber y competencias que serán posteriormente monitorizadas mediante los cuestionarios realizados. Entre estas competencias transversales se destaca la capacidad de comunicación y trabajo en equipo, la utilización de otros idiomas, la competencia en el tratamiento de la información y la competencia digital
5	Identificar las principales ventajas que ARDUINO presenta respecto a recursos privativos tradicionales desde un punto de vista pedagógico.	Consultar a docentes ajenos al centro con el fin de conocer su opinión respecto de las ventajas que este recurso puede aportar frente a herramientas programables privativas como los PLCs industriales.

3.2 Diseño de la investigación

A continuación se realizará un análisis detallado del proceso de investigación llevado a cabo, ahondando en el contexto de actuación, la población y muestra de estudio, así como los aspectos relativos a los instrumentos de recogida de datos diseñados.

3.2.1 Contexto

El centro en que se ha desarrollado la investigación está situado en la Comunidad Autónoma del País Vasco, es de carácter público e imparte Ciclos Formativos –tanto de Grado Superior como de Grado Medio en especialidades que varían desde la electrónica y fabricación mecánica hasta las actividades físico-deportivas-, cursos de Formación para el Empleo y Reciclaje y cursos para la obtención de Certificados de Profesionalidad. Dependiendo de los estudios, éstos se imparten tanto en castellano como en euskera. El número de alumnos (dato del curso 2016-2017) asciende a más de 800 alumnos.

La idea de realizar la presente investigación nace, en parte, como consecuencia de una necesidad REAL del propio centro. En el curso 2015-2016 el centro comienza a utilizar metodologías de trabajo basadas en retos con alumnos de diferentes Ciclos Formativos. Estas metodologías se basan en incentivar al alumnado a partir de una problemática general que irá derivando en la creación de una solución asociada (Santiago, 2014). Esta forma de trabajar pretende además unir a alumnos de titulaciones diferentes de forma que el aprendizaje sea interdisciplinar. De esta manera y, en lo que a la programación y electrónica se refiere, se detecta la necesidad de testar la idoneidad de una plataforma educativa que sea sencilla pero con gran operatividad y potencia con el fin de que todos los alumnos involucrados sean capaces de interiorizar conceptos básicos.

3.2.2 Estructura del proceso de investigación

El proceso de investigación se ha llevado a cabo durante dos cursos lectivos consecutivos (2015-2016 y 2016-2017), siendo tres los hitos fundamentales del estudio, que se detallan a continuación y que quedarán resumidos en la Figura 9 adjunta:

- a) **Hito 1- Primer curso:** el primer hito de la investigación se realizó durante el curso 2015-2016, en el que se diseñó el primer contacto del centro con la plataforma ARDUINO (ver Figura 9). Este acercamiento consistió en la creación de material suficiente para impartir un curso de asistencia voluntaria y abierto tanto a profesores y alumnos de diferentes departamentos y Ciclos Formativos (para más información sobre la muestra ver apartado 3.2.3). Dicho curso tuvo una duración de veinticuatro horas distribuidas en seis sesiones y contempló tanto un módulo teórico como práctico, en el que se realizaron tutoriales básicos relacionados con la herramienta, confeccionados a partir de la documentación de la página oficial de

ARDUINO (Arduino, 2016). Este curso se impartió entre el investigador y un profesor del centro.

Esta primera experiencia con ARDUINO perseguía los siguientes objetivos:

-Dar criterio a profesores de diferentes departamentos para que analizaran la potencia y posibilidades de la herramienta así como la viabilidad de implantarla en los diferentes ciclos formativos.

-Analizar la relación de los alumnos asistentes con la plataforma, desde el punto de vista del investigador y de los propios alumnos, analizando las ventajas y desventajas que esta herramienta aporta como recurso didáctica en el campo de la programación y la electrónica.

Los instrumentos de recogida de datos utilizados se detallarán en el punto 3.2.5 de este documento.

- b) Hito 2- Segundo curso:** Tras la primera experiencia llevada a cabo durante el ejercicio 2015-2016 y en base a las conclusiones extraídas del mismo, se decidió establecer un nuevo curso- también de carácter voluntario (ver Figura 9)- pero esta vez con una duración más reducida (quince horas repartidas en cinco sesiones). Este segundo hito contó con una muestra sensiblemente mayor, lo que ha permitido afianzar (o en su caso rebatir) las conclusiones obtenidas al año anterior y extraer otras nuevas. Este curso fue impartido por un docente del centro.

Más información sobre los cursos impartidos se presentará en el apartado 3.2.4.

De igual manera que en el Hito 1, los instrumentos de recogida de datos utilizados se detallarán en el punto 3.2.5 del presente documento.

- c) Hito 3-Consulta de pares:** La tercera etapa del proceso de investigación ha consistido en contactar con un docente de Formación Profesional también interesado en introducir en su centro la plataforma ARDUINO. Su testimonio ha permitido verificar que las hipótesis establecidas al inicio de la investigación así como la justificación de la misma estaban bien orientadas y ver que la inquietud por testar esta herramienta no es algo aislado, sino necesario entre la comunidad educativa.

Un resumen de la entrevista realizada y las conclusiones obtenidas de ella se expondrá en los apartados 4.2 y 9.1 de este trabajo.

d) **Hito 4:** Finalmente, se procederá al análisis de los resultados obtenidos a lo largo de la investigación.

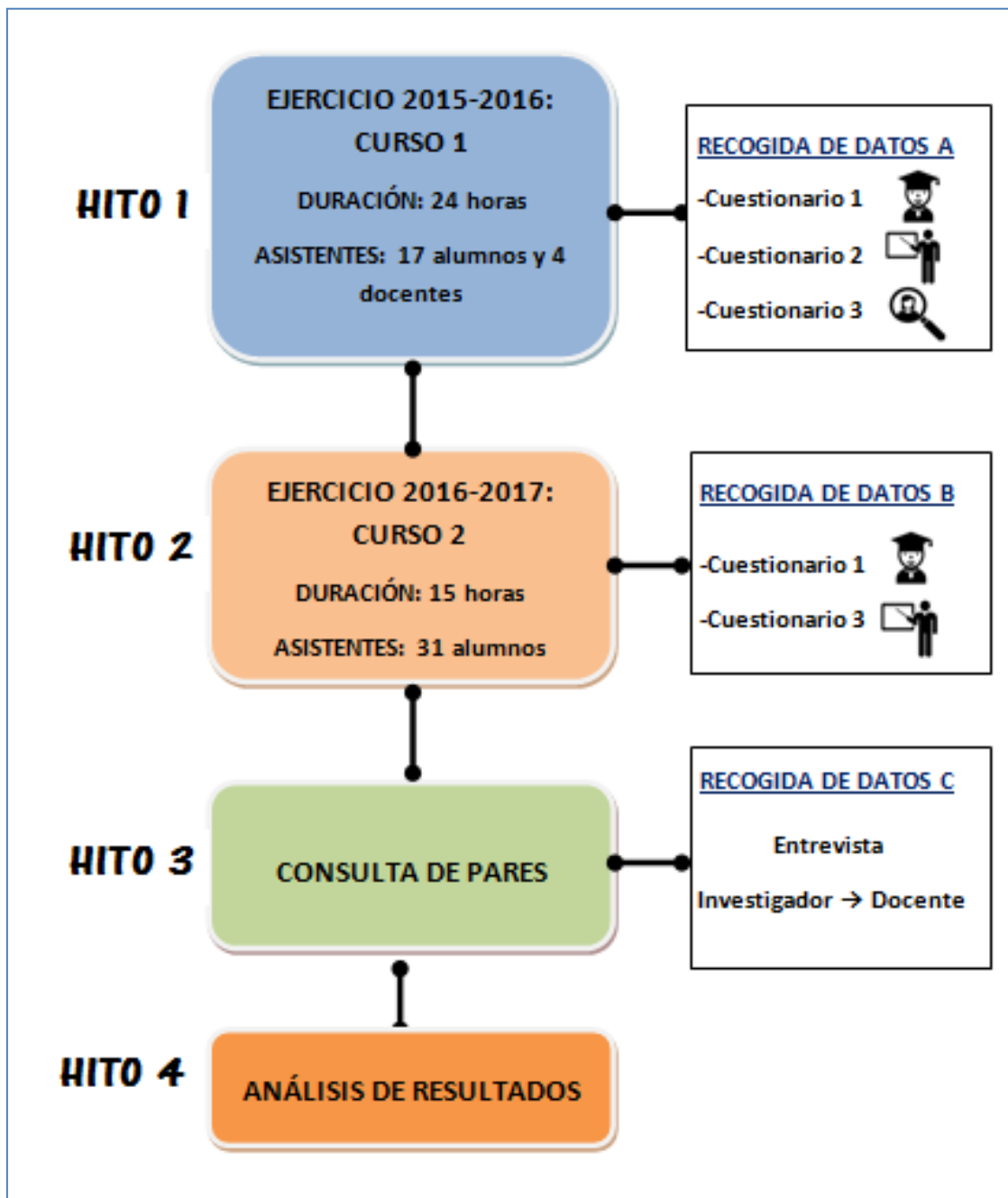


Figura 9: Esquema del proceso de investigación desarrollado

3.2.3 Población y muestra

La población del estudio desarrollado se corresponde con el total de los alumnos del centro cursando Ciclos Formativos –tanto de Grado Medio como de Grado Superior– relacionados con aspectos técnicos y que, de alguna manera, necesitan incorporar a su currículo aspectos relacionados con la programación, la electrónica y automatización.

En cuanto a la muestra sometida a estudio, en ella quedan englobados todos aquellos alumnos que han asistido a los cursos de ARDUINO impartidos en el centro. Tal y como ya se ha avanzado en apartados anteriores, el proceso de investigación se ha realizado durante dos cursos consecutivos (el curso 2015-2016 y el 2016-2017). Por tanto, se puede hablar de dos muestras bien diferenciadas.

La muestra del curso 2015-2016 es la formada por un total de 17 alumnos, pertenecientes a diferentes Ciclos Formativos tanto de Grado medio como de Grado Superior, y pertenecientes al primer curso de estos Ciclos. Asimismo, en esta muestra estarán incluidos 4 docentes de diferentes departamentos del centro que también asistieron al curso. El desglose de esta muestra se refleja en la Figura 10 adjunta.

La segunda de las muestras, correspondiente al curso 2016-2017, comprende un total de 31 alumnos, cuyo desglose por Ciclos Formativos se detalla en la Figura 11 y también pertenecientes al primer curso de sus respectivos Ciclos.

Tal y como podemos observar, la muestra investigada, si bien es homogénea- todos los alumnos cursan estudios de carácter técnico y todos ellos están en el primer curso de su Ciclo Formativo- presenta cierta variabilidad de aspectos. Por ejemplo, algunos alumnos han cursado Bachiller o un Ciclo Formativo anterior, por lo que sus conocimientos de programación y electrónica pueden ser diferentes. Esto ha permitido, a la hora de realizar el análisis de los datos recogidos, estratificar la muestra para considerar la influencia de estas variables sobre los resultados.

3.2.4 Detalles sobre los cursos ARDUINO impartidos

El desglose horario de los cursos de ARDUINO realizados consistió en:

-Curso 2015-2016: 4 horas de teoría y 20 horas de prácticas grupales guiadas.

-Curso 2016-2017: 4 horas de teoría y 11 horas de prácticas grupales guiadas.

En sendos cursos se realizaron actividades guiadas como la que se ofrece, a modo de ejemplo, en el apartado 9.5 (Anexo E) del documento.

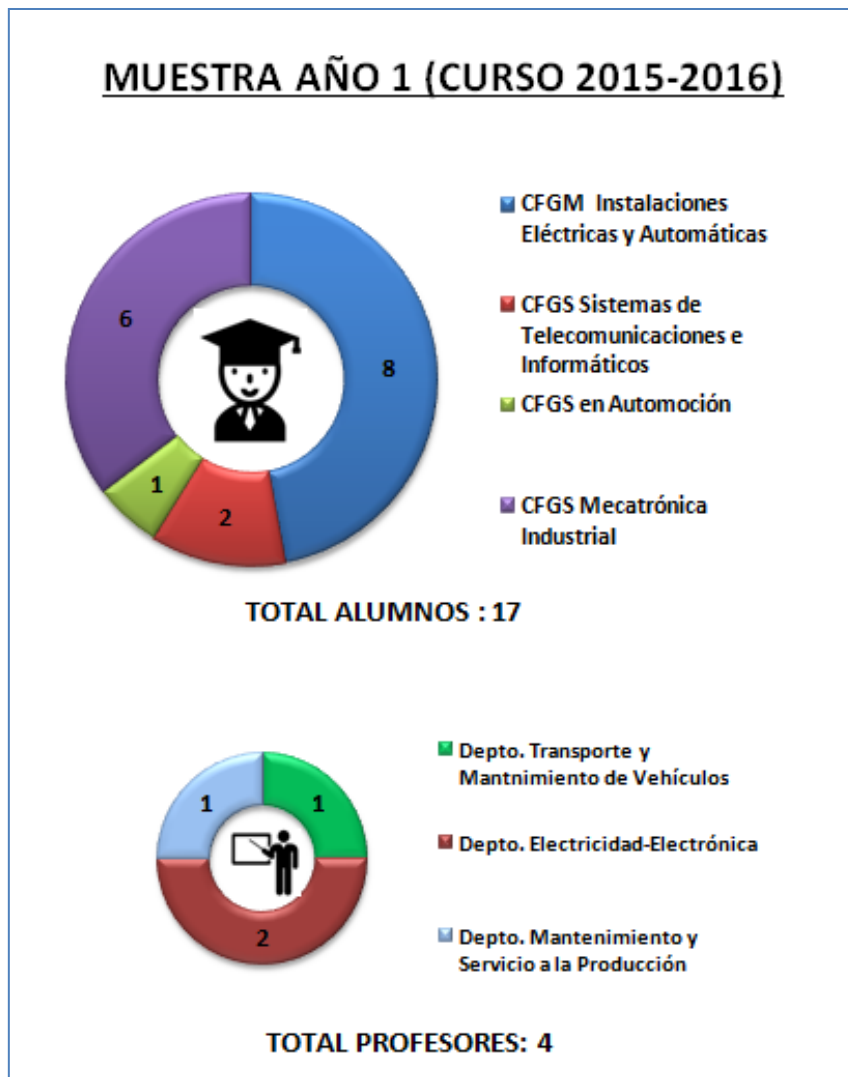


Figura 10: Detalles de la muestra del curso 2015-2016

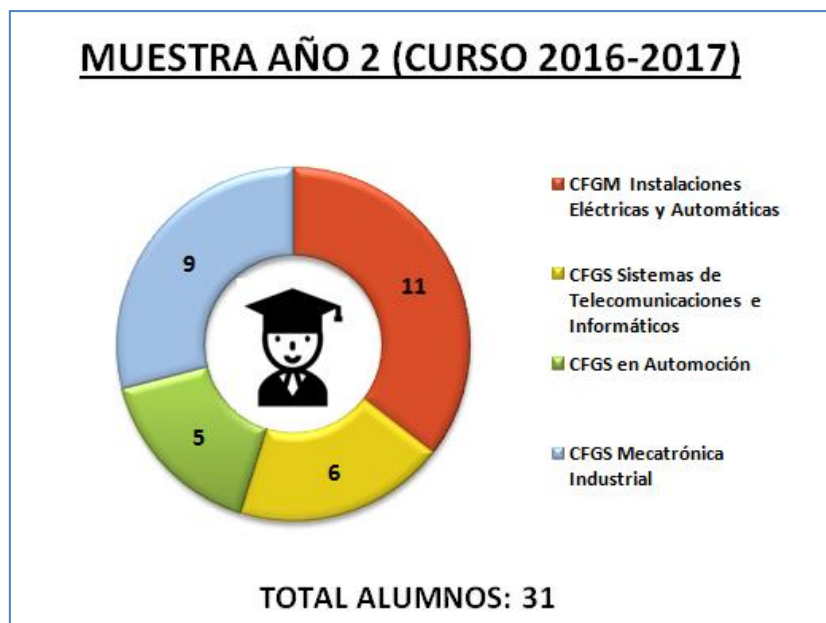


Figura 11: Detalles de la muestra del curso 2016-2017

3.2.5 Instrumentos de recogida de datos

De acuerdo con lo explicado en apartados anteriores, la investigación ha utilizado dos tipos de herramientas para la recogida de datos. Por un lado, los cuestionarios cumplimentados por el propio investigador, los alumnos y los profesores y, por otro, la encuesta realizada a un docente externo al estudio.

3.2.5.1 Diseño de cuestionarios: del constructo a los indicadores

A la hora de elaborar los cuestionarios, se ha realizado un estudio previo sobre el constructo, esto es, la necesidad de especificar de la manera más clara posible cuáles son los aspectos que con dichos cuestionarios se pretenden medir. Para ello, además de la información recopilada de las fuentes utilizadas para la elaboración del marco conceptual, se han utilizado los criterios de evaluación de recursos didácticos propuestos por Ayala (2014), que han sido adaptados al recurso de estudio, la plataforma ARDUINO. De esta manera serán varios los puntos del constructo sobre los que basar los cuestionarios:

- **Información:** se verifica la potencialidad de la herramienta para transmitir conceptos, en este caso ligados a la programación y la electrónica.
- **Entrenamiento:** además de como transmisor de conceptos se debe testar el recurso como guía de aprendizaje ejecutivo, es decir, como posibilitador de la puesta en práctica de los conceptos aprendidos.
- **Motivación:** es necesario estudiar si el recurso motiva al alumno, si aumenta el gusto de éste por la materia y es capaz de generar un aprendizaje significativo y vinculado a situaciones reales que el alumno es capaz de identificar.
- **Transversalidad:** otro punto a estudiar es la capacidad transversal de la herramienta, en el sentido de posibilitar, mediante su uso, el desarrollo de otras áreas del saber (por ejemplo la práctica de un idioma extranjero o la utilización de un recurso TIC).
- **Usabilidad:** es necesario medir el grado en el que los usuarios perciben el recurso didáctico como algo útil y sencillo, que va a mejorar y posibilitar su proceso de aprendizaje.
- **Simulación:** se investigará si la plataforma ofrece espacios para la experimentación y la prueba.

- **Alternativas:** otro aspecto es el hecho de si el recurso permite plantear problemas que admitan más de una solución, fomentando la imaginación y originalidad resolutive.
- **Expresión:** también se ha de estudiar si la herramienta permite generar espacios para la expresión el debate y el trabajo en grupo.

Una vez identificados los puntos básicos sobre los que basar los cuestionarios, éstos se han hecho explícitos mediante una serie de indicadores que se englobarán en cuatro grupos (ver Figura 12) dentro de los cuestionarios, de acuerdo con el criterio de autores como Cearreta (2015).



Figura 12: Grupos de indicadores del cuestionario

A continuación se listarán los indicadores incluidos en cada uno de los grupos.

A. ARDUINO como recurso didáctico:

En este punto se incluirán los indicadores referentes a ARDUINO como desarrollador de las tres dimensiones del saber, el propio SABER (ámbito conceptual), el SABER HACER (procedimental) y SABER SER (actitudinal), (Echeverría, 2010). De esta forma serán:

-A.1 ARDUINO para el aprendizaje de conceptos: diez identificadores relacionados con el SABER definidos a partir de conceptos básicos de programación propugnados por Kernighan y Ritchie (1991):

- **A.1.1 Estructura básica:** grado en que la herramienta permite el aprendizaje de la estructura básica de un programa de control.
- **A.1.2 Variables:** posibilidad para el aprendizaje del concepto de variable y la forma de declararla en el seno de un programa.

- A.1.3 Tipos de datos: nivel en que la herramienta facilita el aprendizaje de los tipos de datos posibles en un programa.
- A.1.4 Operadores lógicos (NOT, AND, OR): grado en que la herramienta permite el aprendizaje del concepto de operadores lógicos.
- A.1.5 Estructuras de condición: posibilidad de aprender el concepto de los comandos *if, if...else* mediante el recurso didáctico.
- A.1.6 Comandos de ejecución *for*: nivel en que la herramienta facilita el aprendizaje del concepto *for*.
- A.1.7 Comando *while*: posibilidad de aprender el concepto de los comandos *while, do...while* utilizando el recurso didáctico.
- A.1.8 Lectura de entradas digitales/analógicas: grado en que la herramienta permite el aprendizaje de lectura de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.
- A.1.9 Escritura de entradas digitales/analógicas: grado en que la herramienta permite el aprendizaje de escritura de entradas y salidas tanto digitales como analógicas.
- A.1.10 Comunicación entre placa-PC: análisis del aprendizaje de conceptos para comunicación de placa y PC.

-A.2 ARDUINO para el aprendizaje de conceptos: tres identificadores relacionados con el SABER HACER:

- A.2.1 Aplicación práctica de conceptos: posibilidad de llevar a la práctica los conceptos teóricos aprendidos.
- A.2.2 Temor en la ejecución: grado en la que el alumno se siente confiado para realizar tareas prácticas, sin miedo a dañar la herramienta.
- A.2.3 Autosuficiencia: capacidad del alumno para trabajar en solitario con la herramienta sin necesidad de tutorización externa.

-A.3 ARDUINO para el aprendizaje de conceptos: tres identificadores relacionados con el SABER SER:

- A.3.1 Trabajo en equipo: grado en que la herramienta posibilita el trabajo cooperativo.
- A.3.2 Alternativas: posibilidad de resolver problemas de múltiples formas, fomentando el debate y el consenso de posibilidades.
- A.3.3 Reparto de responsabilidades: posibilidad de trabajar con responsabilidades divididas entre los integrantes del grupo, en función de sus gustos y formación.

B. ARDUINO como recurso motivador:

Cuatro indicadores marcarán si la plataforma ARDUINO suscita el interés de alumnado:

-B.1: Dificultad: nivel de dificultad percibido en el manejo de la herramienta.

-B.2: Significación: grado en el que la herramienta puede dar solución a problemas con los que el alumno se identifica.

-B.3: Pertenencia: el alumno siente el proceso de aprendizaje como suyo, involucrándose de forma personal.

-B.4: Repetibilidad: disposición del alumno a repetir la experiencia.

C. ARDUINO como recurso transversal:

En este grupo de tres indicadores marcarán la potencialidad de ARDUINO para el trabajo de áreas del saber ajenas a la programación y electrónica, como son:

-C.1 Pensamiento matemático: utilización de las matemáticas para solucionar problemas.

-C.2 Recursos TIC: manejo de recursos TIC para la solución de problemas

-C.3 Práctica de idioma extranjero: utilización de idiomas extranjeros para la resolución de problemas.

D. Software utilizado:

En este punto se añadieron indicadores adicionales respecto al software empleado.

-D.1 Usabilidad: Facilidad en el manejo del software de programación.

-D.2 Autoevaluación: Posibilidad de detección de errores en el software de programación.

-D.3 Usabilidad: Facilidad en el manejo de otro *software* de apoyo utilizado (software de simulación y representación).

-D.4: Planificación del desarrollo: evaluación del software de simulación del circuito a construir.

E. Otras cuestiones:

En este apartado se incluirán otros indicadores de interés para la mejora del curso.

-E.1 Objetivos: grado en que el curso cumple con los objetivos planteados al inicio.

-E.2 Duración: idoneidad en la duración del curso.

-E.3 Material: nivel de adecuación del material utilizado.

-E.4 Empleabilidad: percepción sobre la utilidad de la herramienta a la hora de posicionarse en el mercado laboral.

Una vez establecidos los identificadores necesarios para la realización del análisis de a herramienta ARDUINO, éstos se han redactado en forma de cuestionarios para ser cumplimentados por los distintos agentes involucrados en el estudio (ver apartado 9.3, Anexo C del documento). De esta forma serán tres los cuestionarios diseñados:

- **Cuestionario 1: Cuestionario de Autoevaluación de los Alumnos:** este cuestionario se dirige a los alumnos de ambas muestras (cursos 2015-2016 y 2016-2017) y comprenderá todos los identificadores diseñados. Para rellenarlo, el alumno debe identificarse (nombre y apellidos y Ciclo Formativo que cursa) y valorar en escala de 1 a 5 puntos las diferentes cuestiones relacionadas con cada identificador (ver apartado 9.3.1, Anexo C). Este cuestionario fue rellenado por los alumnos al término de cada curso de iniciación a ARDUINO y se les concedieron 20 minutos para su cumplimentación.

Asimismo, este cuestionario establece dos indicadores adicionales. Por un lado, se conmina al alumno a realizar una valoración global (también en escala de 1 a 5) de la herramienta ARDUINO como iniciadora en el mundo de la programación y automatización. Por otro lado, se pregunta al alumno en qué tipo de proyectos le interesaría utilizar esta herramienta, con el fin de conocer los gustos de los educandos y orientar acciones futuras con el manejo de ARDUINO.

- **Cuestionario 2: Cuestionario de Autoevaluación de Profesores:** este cuestionario se diseñó para ser cumplimentado por aquellos profesores que durante el primer curso de estudio (ejercicio 2015-2016) asistieron como alumnos al curso de ARDUINO y comprende la totalidad de los identificadores diseñados. Como puede observarse (ver apartado 9.3.2, Anexo C), en este cuestionario la redacción de dichos identificadores ha variado respecto a la presentada en el Cuestionario 1. Mientras que en él se preguntaba directamente al alumno su opinión sobre un determinado identificador, en este nuevo cuestionario se apela a la experiencia del docente, indagando sobre si la aceptación de la herramienta por parte del alumnado será satisfactoria o no en diferentes aspectos. Este cuestionario fue rellenado por los profesores asistentes

al término del curso de iniciación a ARDUINO del ejercicio 2015-2016, siendo el tiempo estimado para su cumplimentación de 15 minutos.

La escala de valoración de los distintos identificadores es de 1 (totalmente en desacuerdo) a 5 (totalmente de acuerdo).

- **Cuestionario 3: Cuestionario de Evaluación del Alumnado:** este cuestionario se dirige a la persona que imparte el curso de ARDUINO (durante el ejercicio 2015-2016 el propio investigador, y el 2016-2017 el profesor al cargo) y contempla todos los identificadores. En ese cuestionario y, a medida que los cursos de iniciación a ARDUINO se fueron desarrollando, la persona que los impartió identificó a cada alumno, realizando un registro personalizado de los diferentes identificadores en base a su praxis y comportamiento. De esta forma, dos visiones diferentes respecto de los mismos identificadores y referidos a un mismo alumno quedaron reflejadas (ver 9.3.3, Anexo C). De manera análoga a los cuestionarios 1 y 2, la escala de evaluación de los identificadores varía de 1 a 5 puntos.

Este cuestionario, sin embargo, no incorpora las cuestiones referentes a los identificadores del grupo E, por ser cuestiones subjetivas que el docente no puede medir.

Con el fin de facilitar el registro de los identificadores, para el diseño de este cuestionario se optó por un modelo más manejable y esquemático, tal y como puede observarse en el apartado 9.3.3 de este documento.

3.2.5.2 Diseño de la entrevista

La entrevista realizada a un docente cuyo centro se encuentra diseñando el proceso de introducción de la herramienta ARDUINO se realizó vía telefónica, y las preguntas se diseñaron tras el estudio del marco teórico y con el objeto de conocer una nueva visión respecto a ARDUINO. Dichas preguntas se diseñaron respecto a los siguientes ítems:

- **Motivación:** motivos que llevan al centro a querer implantar la herramienta ARDUINO.
- **Alumnado objetivo:** alumnado al que se dirigirá la herramienta.

- **Material seleccionado:** placas ARDUINO y software de trabajo seleccionados para el trabajo con los alumnos.
- **Ventajas y desventajas:** beneficios que ARDUINO puede aportar para la iniciación en el mundo de la programación/automática y maneras de paliar las potenciales desventajas que esta herramienta presenta respecto de otros recursos educativos.
- **Programa de implantación:** propuestas planteadas desde el centro para llevar a cabo la implantación de la herramienta ARDUINO.

La transcripción de la entrevista se presenta en el apartado 9.1– Anexo A- del presente documento.

3.2.6 Tratamiento de los resultados

Una vez rellenos los cuestionarios, se confeccionaron una serie de tablas de recogida de datos mediante Microsoft Office Excel 2007, en las que, de forma manual, se introdujeron los datos obtenidos. De esta manera y, mediante las herramientas de inferencia estadística y generación de gráficas, los resultados han sido tratados para su análisis, de acuerdo con la secuencia mostrada en la Figura 13 adjunta.

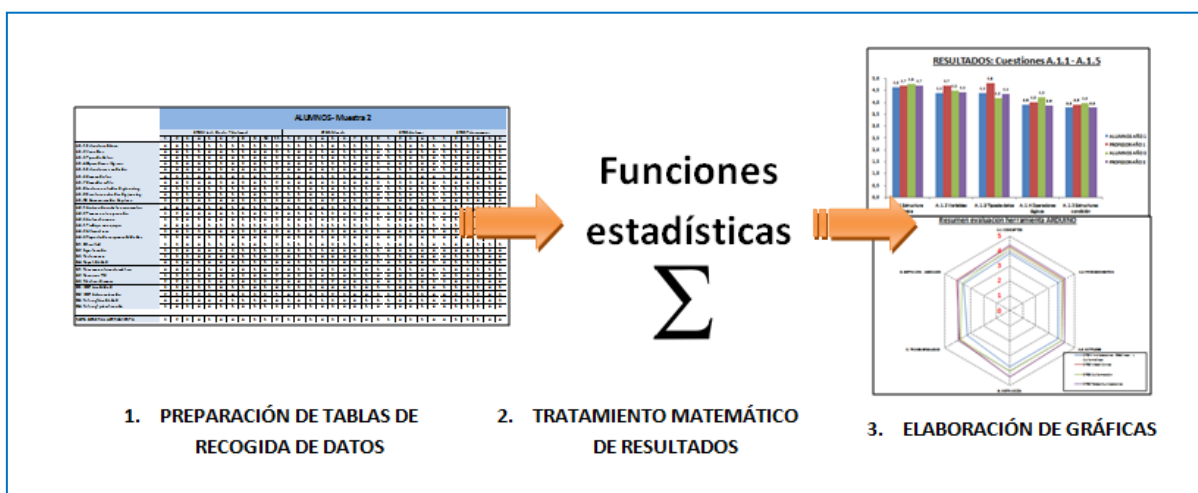


Figura 13: Secuencia de tratamiento de datos mediante MS Excel 2007

4 Análisis de resultados

En los puntos subsiguientes se realizará el análisis de los resultados obtenidos a partir de los instrumentos de recogida de datos diseñados.

4.1 Resultados de los cuestionarios

El primero de los cuestionarios a analizar se corresponde con el cuestionario 2, en el que los docentes asistentes al curso de introducción de ARDUINO (ejercicio 2015-2016) expresaron su opinión respecto a la herramienta. En el Gráfico 1, las calificaciones promediadas de cada grupo de identificadores se han discriminado en función de los departamentos a los que pertenecen los docentes. Como puede observarse, estas calificaciones son significativamente elevadas, situándose por encima de los **3 puntos sobre 5 posibles**.

De esta forma se puede establecer la primera conclusión del estudio; el primer contacto de los docentes con ARDUINO ha hecho que éstos la consideren como una herramienta apropiada para sus alumnos, no sólo desde el punto de vista del SABER-SABER HACER-SABER SER, sino también desde los ámbitos de la motivación y la transversalidad. Sin embargo, será necesario realizar un análisis más profundo en el que los alumnos tomen la palabra, análisis que se muestra a continuación.

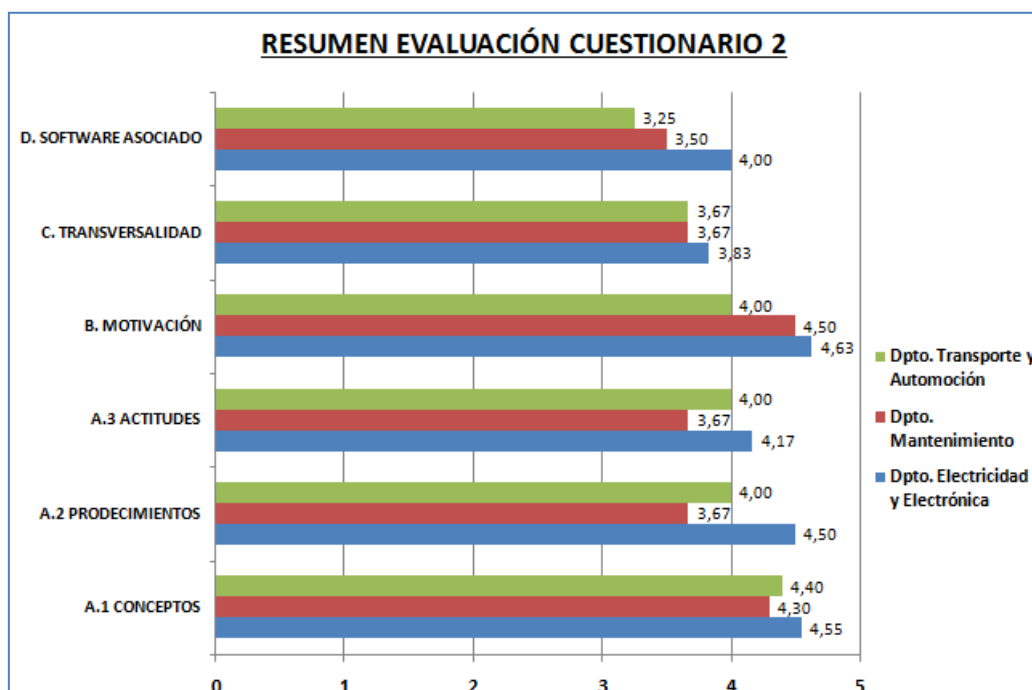


Gráfico 1: Resumen de las calificaciones obtenidas en el Cuestionario 2

En cuanto a los datos obtenidos a partir de los cuestionarios 1 (Autoevaluación de alumnos) y 3 (Evaluación de los alumnos por parte del docente encargado de impartir el curso) se listarán una serie de gráficos en los que se presentarán las calificaciones promediadas de los diferentes indicadores. Así, éstas calificaciones se dividirán en función de la fuente (alumnos o profesor que imparte el curso) y la muestra (muestra del ejercicio 2015-2016 o 2016-2017).

-A.1 Plataforma ARDUINO como transmisora de conceptos:

El Gráfico 2 y el Gráfico 3, nos muestran los resultados de la evaluación de ARDUINO como transmisor de conceptos básicos de programación. Tal y como reflejan sendos gráficos, la puntuación obtenida es sensiblemente alta (por encima del **4 puntos sobre 5**) en todos los indicadores, especialmente en los referentes a la estructura básica del programa, el concepto de variables y datos y la lectura-escritura de entradas y salidas analógicas y digitales. Como contrapunto, la comunicación de la placa con otros dispositivos (PC u otra placa) es el punto conceptual en el que los alumnos más dificultades encontraron (3.3 puntos sobre 5).

Tal y como puede observarse, las calificaciones otorgadas por los diferentes actores presentan unos valores promedio con una variación mínima y hacen que ARDUINO se perciba como una herramienta que fomenta la adquisición de conceptos clave.

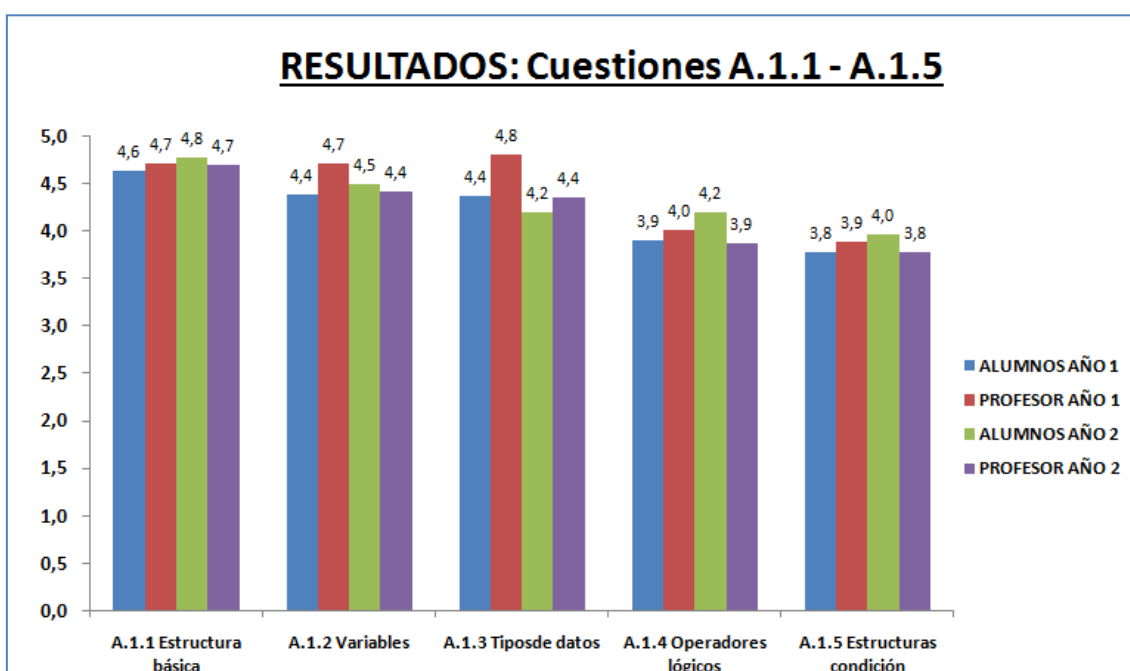


Gráfico 2: Resultados promedio de cuestiones A.1.1 a A.1.5

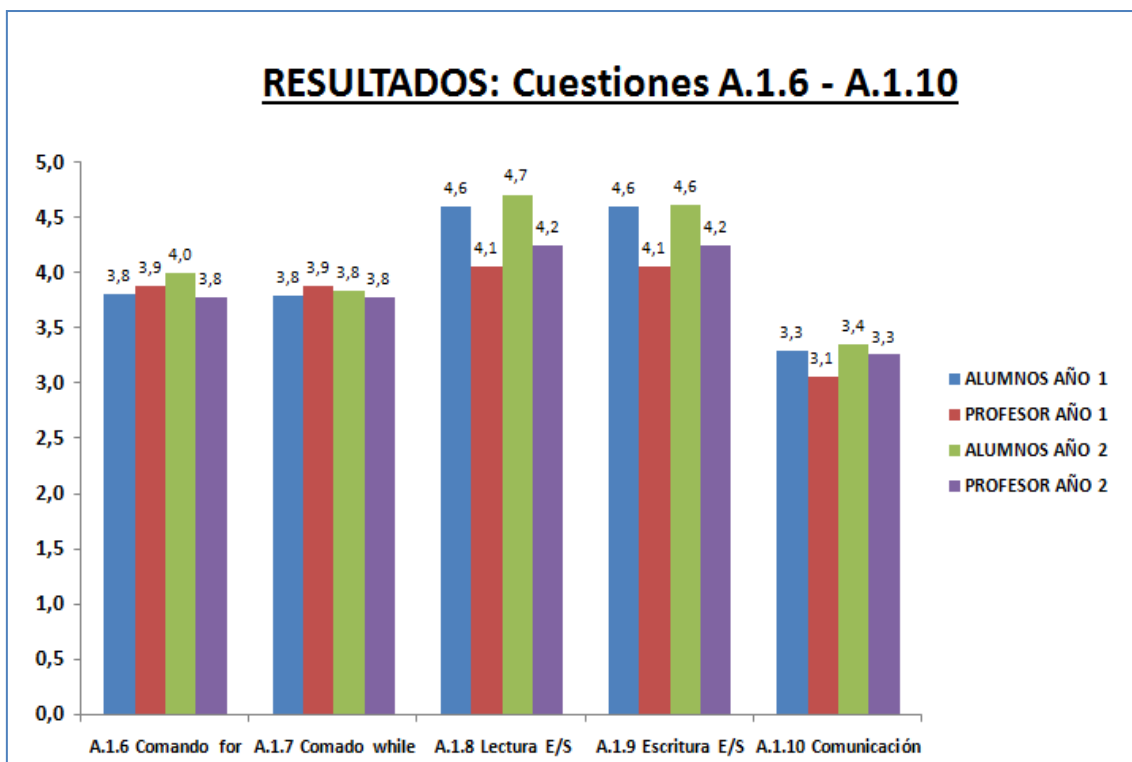


Gráfico 3: Resultados promedio de cuestiones A.1.6 a A.1.10

-A.2 Plataforma ARDUINO como transmisora de procedimientos:

En el Gráfico 4 se muestran las diferentes calificaciones otorgadas a ARDUINO en el plano procedimental. Como se aprecia, con una media de **4.5 puntos sobre 5**, la valoración de la plataforma como herramienta que permite aplicar los conceptos mediante la experimentación física es muy alta. Además y, a diferencia de otros dispositivos, su manejo no induce excesivos miedos en el alumnado (**3.7 puntos sobre 5**) y éstos se sienten libre para trabajar con el dispositivo de forma autónoma y tomando sus propias decisiones (**4.0 puntos sobre 5**). Además, las calificaciones de los diferentes indicadores no presentan variaciones reseñables entre las fuentes.

En vista de estos resultados puede concluirse que ARDUINO es una herramienta muy adecuada para la puesta en práctica de conceptos.

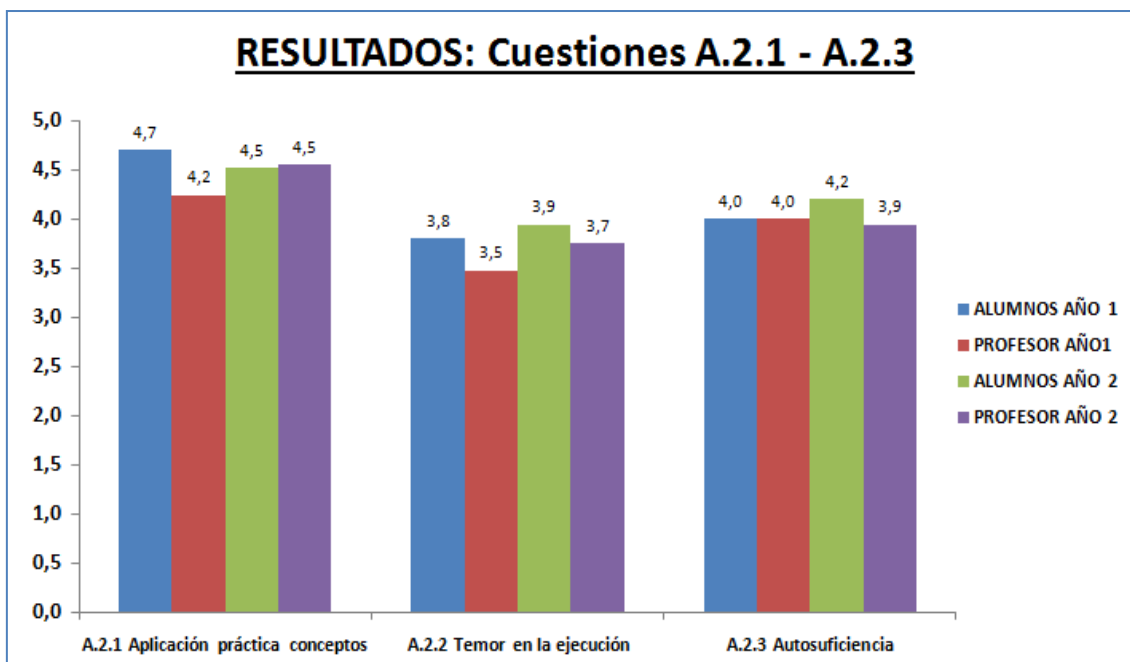


Gráfico 4: Resultados promedio de cuestiones A.2.1 a A.2.3

-A.3 Plataforma ARDUINO como desarrolladora de actitudes:

En lo referente al plano actitudinal, el Gráfico 5 recoge las calificaciones promediadas en este aspecto. El hecho de fomentar y posibilitar el trabajo en equipo es uno de los indicadores que ha alcanzado una nota más alta del cuestionario (**4.7 puntos sobre 5**).

Por otro lado, el indicador de “alternativas”, es decir, la posibilidad de resolver un problema mediante ARDUINO de formas y estrategias diferentes ha obtenido **un punto menos que el indicador anterior**. Esta calificación, aunque es positiva, puede deberse a las pocas nociones que los alumnos tienen sobre ARDUINO, lo que impide la generación de vías de solución alternativas.

Por último, la calificación del indicador “reparto de responsabilidades” ha sido de **3.7 sobre 5**, también un valor satisfactorio, lo que hace de ARDUINO una buena herramienta para el trabajo cooperativo y el reparto de tareas en busca de un objetivo común.

Como conclusión parcial de este punto, hay que resaltar el hecho de que los alumnos perciben a ARDUINO como una herramienta que favorece el trabajo en equipo, la solución de problemas por múltiples vías, y el trabajo cooperativo con reparto de responsabilidades.

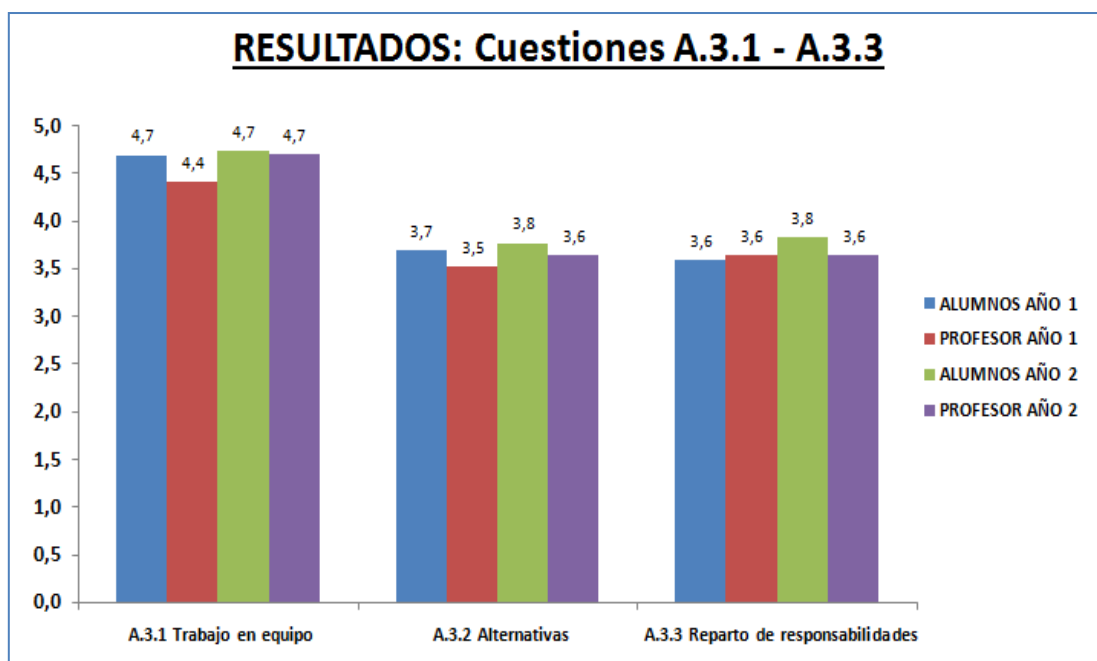


Gráfico 5: Resultados promedio de cuestiones A.3.1 a A.3.3

-B ARDUINO como recurso motivador:

El Gráfico 6 muestra las calificaciones del ámbito motivacional del recurso a estudiar. Como puede observarse, se percibe a ARDUINO como una herramienta cuyo manejo no es excesivamente complicado ni abstracto (con una calificación media de **4.3 sobre 5**) y que permite trabajar con situaciones simuladas “que dan soluciones a problemas reales” y que son significativos para el educando (**3.95 sobre 5**).

El sentido de pertenencia también ha obtenido una calificación significativamente alta (**4.0 sobre 5**). En este punto es conveniente señalar la desviación existente entre la percepción del docente de la muestra 1 y los propios datos arrojados por los alumnos de dicha muestra (una calificación de 3.6 frente a 4.1). Esta desviación se debe a que, durante el ejercicio 2015-2016, el tema de los bajos precios de los componentes ARDUINO se trató en las etapas finales del curso, cuando éste indicador ya había sido evaluado en el cuestionario 3. Una vez conocido por los alumnos, este hecho incrementó su interés por adquirir una placa para proyectos personales, lo que se reflejó a la hora de rellenar el cuestionario 1.

En cuanto a la motivación por asistir a un curso más avanzado sobre la herramienta, la calificación promediada ha alcanzado un valor de **4.3 puntos sobre 5**.

A tenor de los resultados obtenidos, se puede señalar a ARDUINO como una herramienta sencilla y motivadora para el alumnado, que incluso se interesa por adquirir su propio equipo ara realizar proyectos personales.

Otro de los factores que demuestran que ARDUINO es un recurso que motiva al alumnado es el hecho de que todos los alumnos encuestados aportaran ideas respecto a los proyectos que les gustaría desarrollar con la herramienta, expresándolo por escrito en el recuadro que para ello se habilitó al final del cuestionario 1. El listado de las ideas propuestas se presenta en el apartado 9.4 –Anexo D- de este documento, y en él se puede ver cómo los alumnos han podido captar las posibilidades que ofrece la herramienta, imaginando nuevas aplicaciones y proyectos.

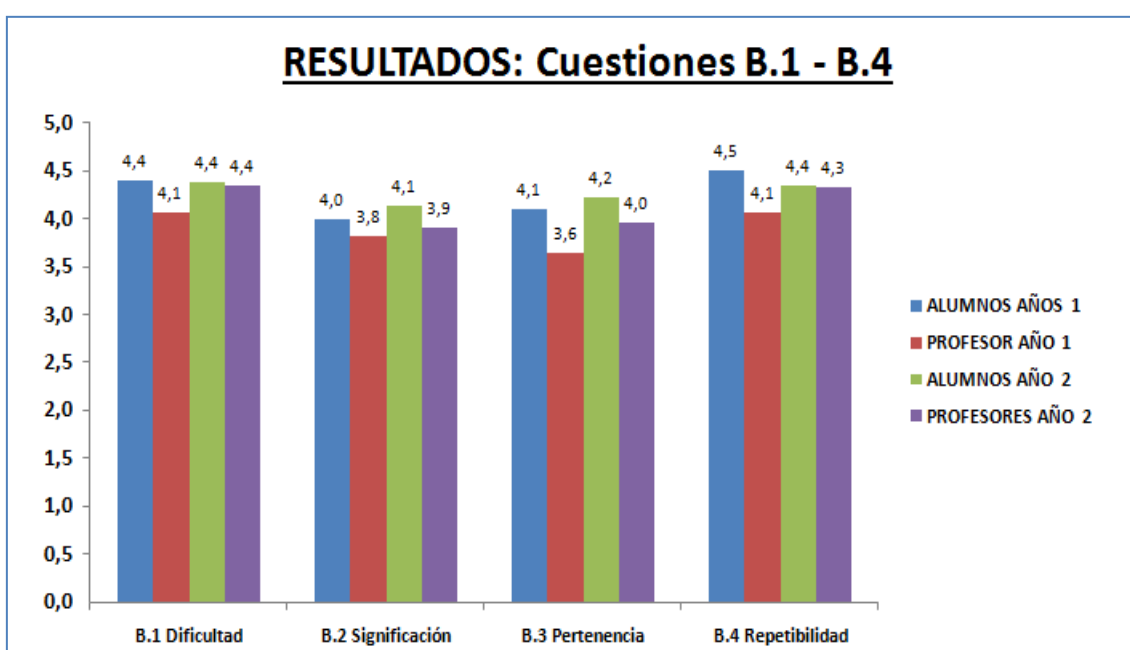


Gráfico 6: Resultados promedio de cuestiones B.1 a B.4

-C ARDUINO como recurso transversal:

La potencialidad del recurso para trabajar otras áreas del saber alejadas de la programación y la electrónica se refleja en el Gráfico 7. En lo que respecta al desarrollo del pensamiento matemático, la calificación obtenida es de **4.2 puntos sobre 5**.

En lo que a la utilización de recursos TIC se refiere, el carácter *Open Source* de ARDUINO ha permitido a los alumnos localizar en la red información útil para dar solución a problemas propios. De esta manera la calificación obtenida es de **3.7 puntos sobre 5 posibles**.

Por otro lado, a pesar de que durante las prácticas propuestas con ARDUINO se plantearon ejercicios que requerían al alumno la búsqueda de información en otros idiomas (inglés) –como por ejemplo *datasheets* de características de sensores-, la gran cantidad de información existente en las comunidades y foros de ARDUINO hizo que ciertos alumnos rehuyeran esa información y la lograsen obtener en su lengua vehicular. De esta manera la calificación otorgada es de **3 puntos sobre 5**.

De acuerdo con estos resultados, se concluye que ARDUINO permite trabajar otro tipo de conocimientos fuera del contexto de la electrónica pero, como ha ocurrido con el caso de los idiomas, las prácticas y ejercicios deberán de estar elaboradas al detalle para guiar al alumno en esos desarrollos.

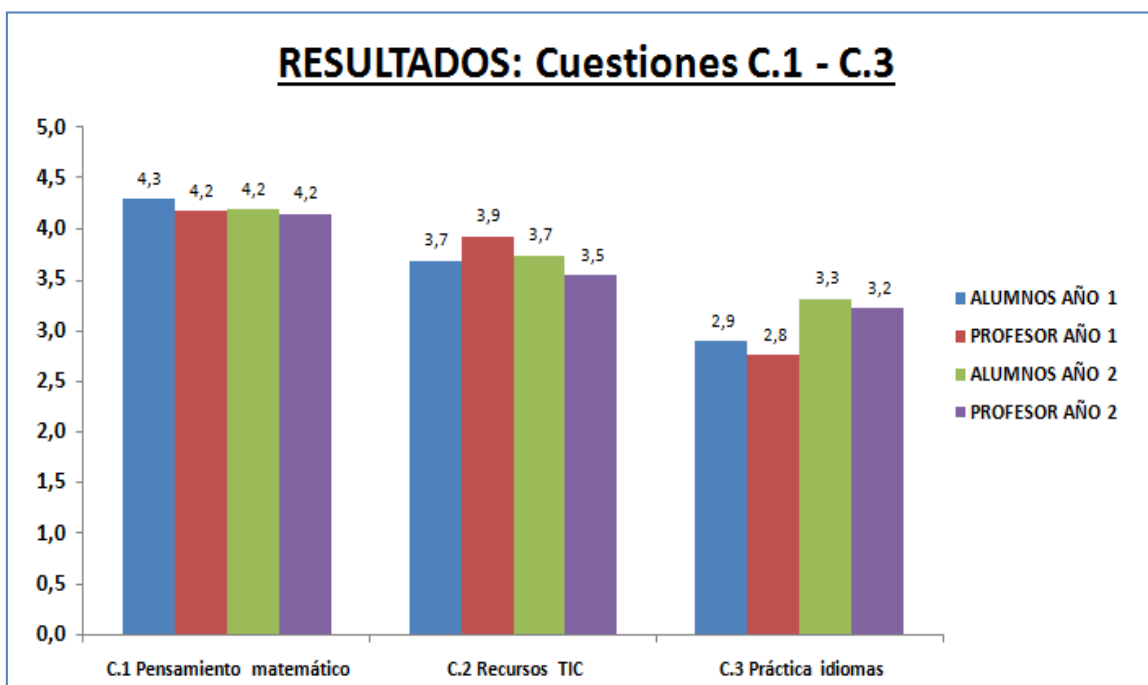


Gráfico 7: Resultados promedio de cuestiones C.1 a C.3

-D Análisis del software utilizado:

En cuanto al software utilizado para el manejo de ARDUINO, las calificaciones obtenidas se reflejan en el Gráfico 8 adjunto. Como se puede observar, el IDE (software de programación de placa) destaca por su sencillez y usabilidad (**4.3 puntos sobre 5**) pero, sin embargo, la posibilidad de detección de fallos de programación del software es uno de los puntos peor calificados del cuestionario (con una media de **2.8 puntos sobre 5**).

En cuanto al programa de representación de circuitos, Fritzing, tanto su usabilidad como utilidad han sido calificadas con notas significativamente elevadas (**4.1 y 4.2 sobre 5 respectivamente**).

En base a estos resultados, se observa que el IDE es un software que presenta ciertos inconvenientes a pesar de su sencillez, mientras que Fritzing, además de destacar por su usabilidad es una herramienta útil para los alumnos.

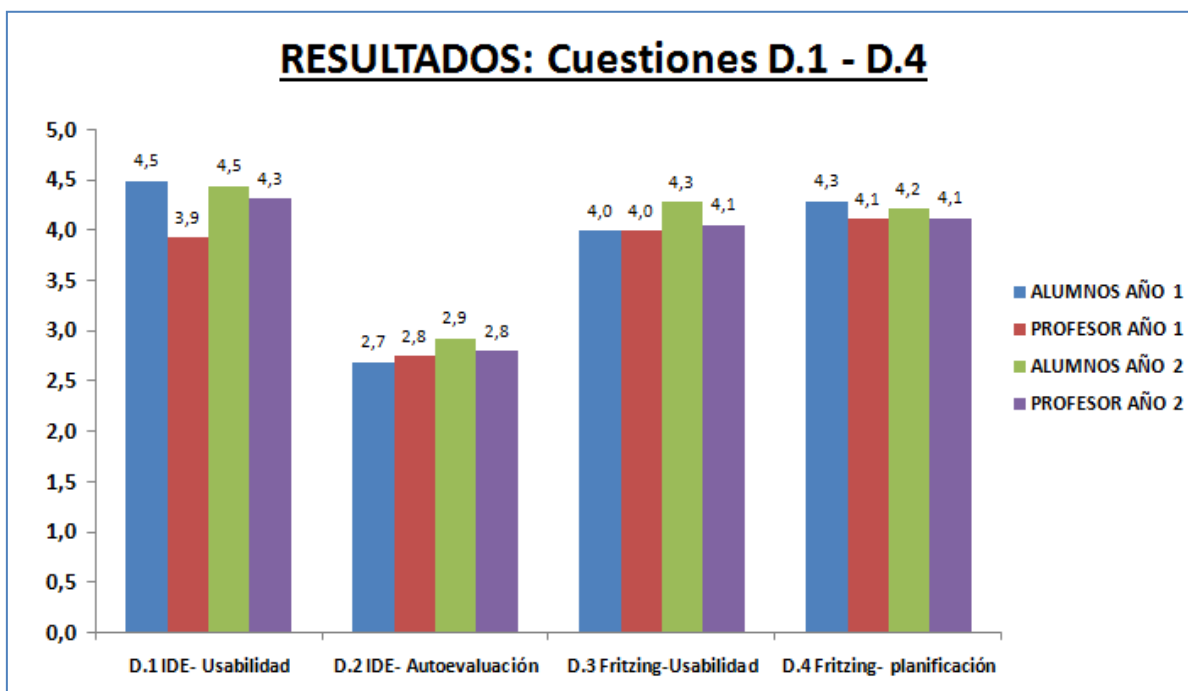


Gráfico 8: Resultados promedio de cuestiones D.1 a D.4

En cuanto a la valoración global de la herramienta ARDUINO para la iniciación en el mundo de la programación y la automatización, el Gráfico 9 – que comprende las medias de las valoraciones realizadas en el cuestionario 1 por los alumnos y discriminadas tanto por muestra como por Ciclo formativo- nos muestra diferencias significativas.

Como se puede observar, la valoración realizada por los alumnos del Ciclo Formativo de Grado Medio de Instalaciones Eléctricas y Automáticas es sensiblemente inferior a las valoraciones del resto de alumnos – pertenecientes a diferentes Ciclos Formativos de Grado Superior- cuyo grado de satisfacción de la herramienta es elevado, situándose su nota por encima del **4**. Además, este fenómeno se produce con ambas muestras, lo que hace necesario un estudio más en profundidad de este punto.

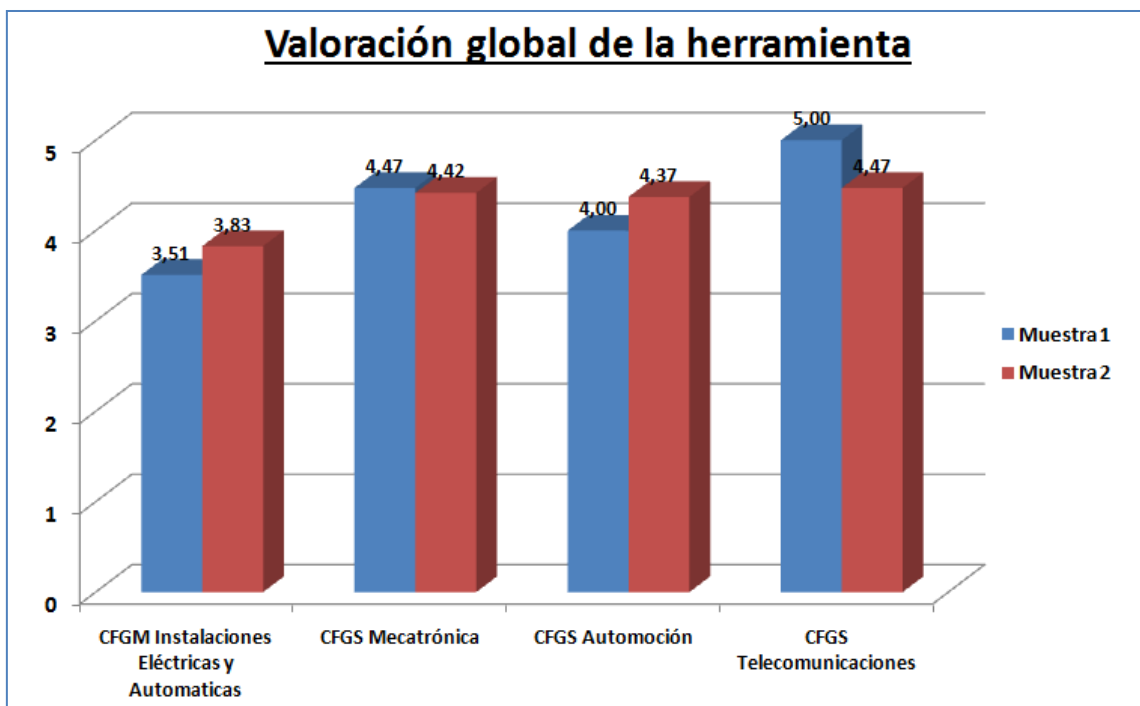


Gráfico 9: Valoración global de la herramienta ARDUINO

De acuerdo con lo observado en el Gráfico 9, se ha procedido a realizar un gráfico resumen para la evaluación de la herramienta ARDUINO agrupando los identificadores en los bloques más importantes de la investigación (ver Gráfico 10). Este gráfico comprende los valores medios de las valoraciones otorgadas por los alumnos de ambas muestras mediante el cuestionario 1, así como las mismas valoraciones recogidas por la persona que impartió los cursos mediante el cuestionario 3. Además, esos valores se han dividido en función de los Ciclos Formativos involucrados en el estudio tal y como muestra el Gráfico 10 a continuación.

En dicho Gráfico 10, se puede observar el mismo fenómeno citado anteriormente. Mientras que en los diferentes Ciclos Formativos, las calificaciones medias en todos los aspectos analizados tienen un valor **superior a 4 sobre 5 puntos**, en el caso del Ciclo Formativo de Grado Medio las notas obtenidas son significativamente más bajas en todos los grupos de indicadores (ARDUINO como transmisor de conceptos: 3.82/5, ARDUINO como transmisor de procedimientos: 3.76/5, ARDUINO como desarrollador de actitudes: 3.72/5, Motivación: 3,75/5, Transversalidad: 3.28/5 y Software asociado: 3.57/5).

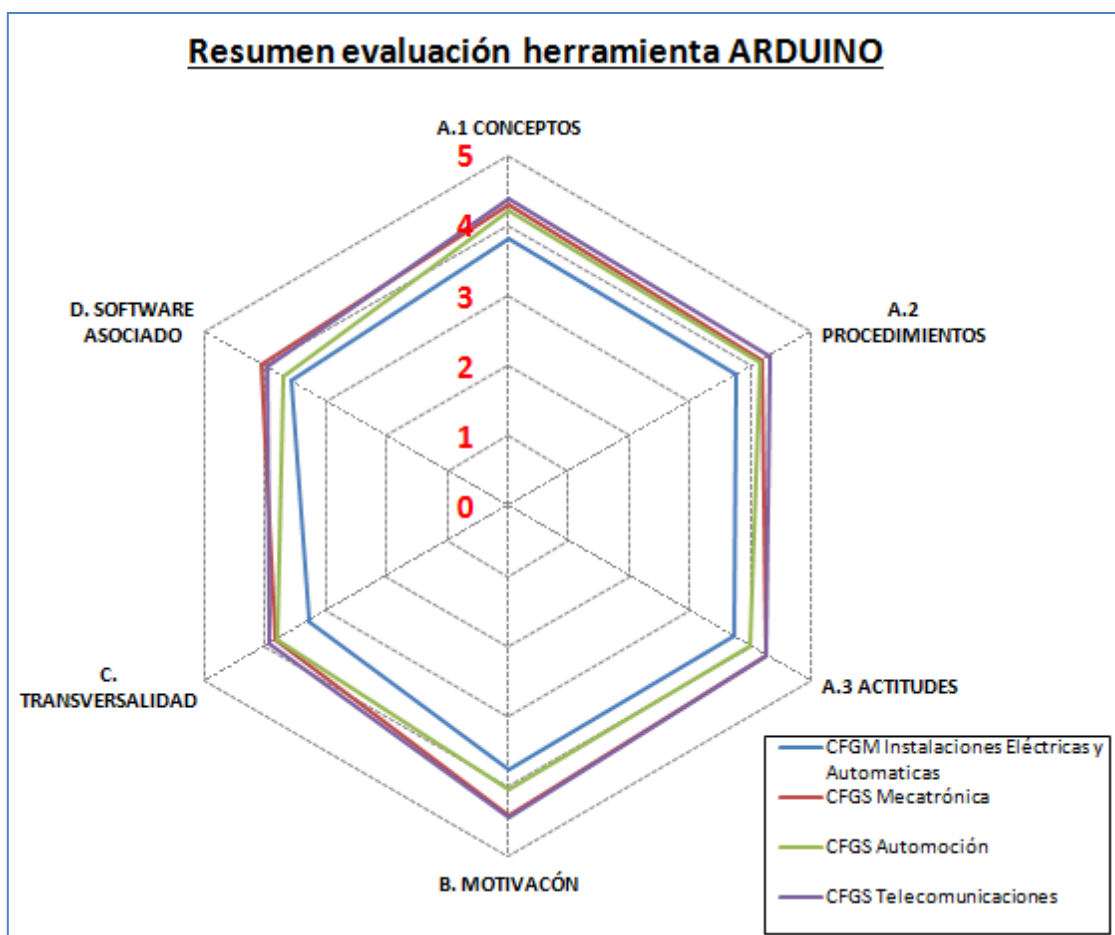


Gráfico 10: Resumen de la evaluación de la herramienta ARDUINO

Esta diferencia está motivada por la idiosincrasia del alumnado de los Ciclos Formativos de Grado Medio, que contarán, en general, con una menor formación previa y a los que la plataforma ARDUINO se les presentará como una herramienta más complicada de entender. Sin embargo y, a pesar de ser calificaciones más bajas que la media del resto de Ciclos, son puntuaciones muy positivas que hacen que esta plataforma tenga cabida también en dichos ciclos.

El Gráfico 10 también nos indica que, incluso en aquellos ciclos que, a pesar de tener un carácter técnico, no están directamente relacionados con la programación y electrónica, la herramienta ARDUINO es sumamente motivadora para los alumnos (por ejemplo, el carácter motivacional para el CFGS de Automoción es: 4.04/5) y puede constituir una buena herramienta para realizar proyectos multidisciplinares o trabajar, como ya se explicó en el apartado 3.2.1, por retos.

Para concluir el apartado de análisis de los cuestionarios, se evaluarán los resultados de la pregunta dirigida a los alumnos sobre si, en su opinión, el conocimiento de

ARDUINO mejoraría su futura empleabilidad y el acceso al mercado laboral. Tal y como puede observarse en el Gráfico 11, donde se reflejan los resultados promedio de las dos muestras de alumnos analizadas, las calificaciones obtenidas son realmente bajas, en torno a **2.2 puntos sobre 5**.

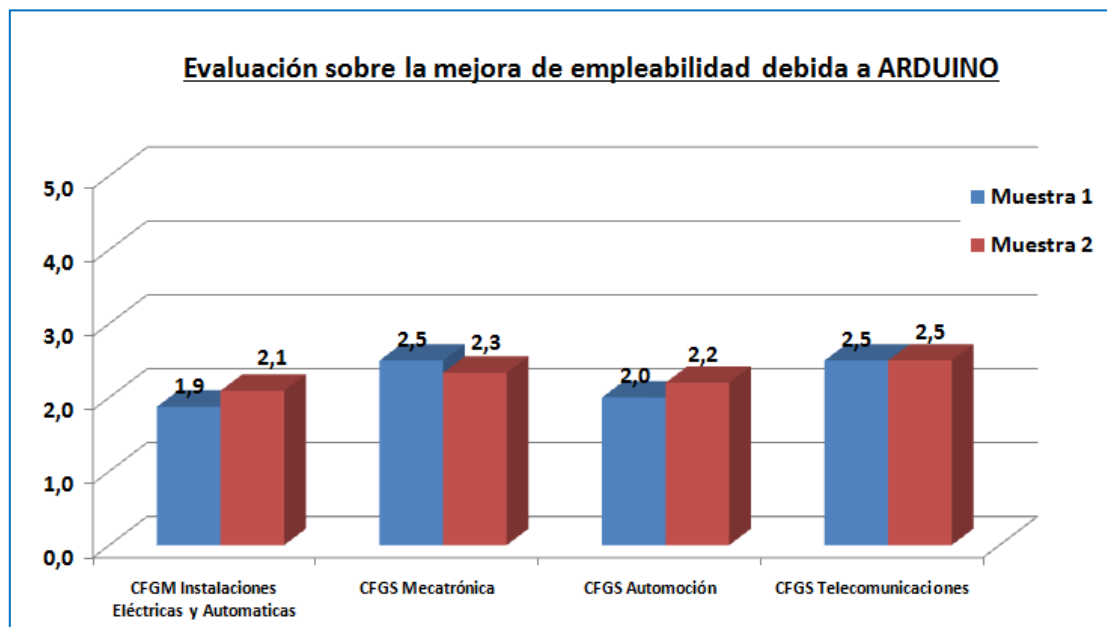


Gráfico 11: Evaluación sobre la mejora de empleabilidad debida a ARDUINO

De esta forma queda patente la hipótesis que ya se planteó en el marco conceptual del presente documento. A pesar de que ARDUINO puede ser una herramienta válida para la adquisición de manera rápida y mediante un aprendizaje significativo de conceptos de programación y automatización, no es una solución industrial; no es lo que los alumnos se encontrarán una vez terminados sus estudios en el mundo empresarial, por lo que, el hecho de manejar esta herramienta, poco les ayudará a integrarse en el mercado laboral.

4.2 Resultados de la entrevista

La entrevista mantenida con la responsable del Departamento de Mantenimiento de un Centro de Formación profesional de Castilla y León, ha aportado datos de interés para el estudio, pudiendo conocer otra realidad educativa. Muchos de estos aspectos no dejan de ser opiniones subjetivas de la propia docente, aspectos que gracias al estudio desarrollado con los cuestionarios se han podido verificar.

En primer lugar, la docente manifiesta que la motivación por introducir la herramienta en el centro proviene de los propios alumnos quienes, conocedores de su potencialidad, quieren aprender a manejarla. Este hecho deja patente el carácter motivador de la herramienta, cuyas posibilidades y sencillez aumentan el sentimiento de pertenencia del alumno con la materia de estudio. Además, de acuerdo con esta docente y, tal y como se ha concluido en el análisis de los cuestionarios, la sencillez y facilidad de uso de la herramienta permitiría su implantación como recurso didáctico tanto en Ciclos Formativos de Grado Superior como de Grado Medio.

Otro de los puntos en los que la opinión de la docente y las conclusiones obtenidas en los cuestionarios confluyen, es el tema de sustituir elementos de programación tradicionales (como los PLCs industriales) por la herramienta ARDUINO en Ciclos Formativos cuyo currículo está ligado a la programación y electrónica. Según la entrevistada, esto no es posible ya que los alumnos deben enfrentarse a autómatas de tipo industrial, cuya dificultad en el manejo y posibilidades de trabajo trasciende las características que ARDUINO puede aportar como herramienta. De manera análoga y, como se vio en los resultados de los cuestionarios, los alumnos ven en ARDUINO una plataforma de entrenamiento que, a pesar de ser sencilla y ofrecer múltiples posibilidades con costes de adquisición reducidos, no pueden competir con los PLCs. A pesar de que ya existen plataformas de PLCs industriales basadas en ARDUINO (ver apartado 2.6), la dedicación en exclusiva a su manejo limitaría la satisfactoria incorporación al mercado laboral de los alumnos.

Como contrapunto a los resultados de los cuestionarios, la docente centra su exposición sobre las ventajas de ARDUINO en aspectos como el precio, el hecho de que su manejo es sencillo y los alumnos pueden encontrarlo motivador o la gran cantidad de información y soporte que se puede encontrar en internet de forma sencilla. Sin embargo, de acuerdo con el estudio realizado en base a los cuestionarios, se ha podido observar como las ventajas de ARDUINO van más allá. Tal y como se ha observado, la forma en que ARDUINO permite la transmisión de conceptos básicos de programación es altamente satisfactoria, así como la posibilidad de poner en práctica dichos conceptos, facilitando el trabajo en equipo y que dicho trabajo cooperativo pueda ser ordenado y eficaz.

En cuanto al material seleccionado para el trabajo, la docente coincide en que las placas ARDUINO UNO y el IDE oficial son el hardware y software idóneos para comenzar a trabajar. Sin embargo, no han evaluado la posibilidad de incorporar un software de

representación gráfica de circuitos como Fritzing que, como hemos visto en los cuestionarios, ha tenido una muy buena acogida por parte de los alumnos

Como conclusión, la entrevista mantenida ha permitido verificar cómo la popularidad de ARDUINO se está extendiendo dentro de la Formación Profesional, y son cada vez más centros los que están incorporándola a los currículos de diferentes Ciclos Formativos. Su sencillez, bajo costo de adquisición y la gran cantidad de información disponible son algunas de las razones que motivan el interés de dichos centros, aunque, como se ha visto con el estudio de los cuestionarios, existen motivaciones de mayor profundidad pedagógica para su implantación.

4.3 Discusión de los resultados

De acuerdo con los resultados obtenidos, son dos los aspectos que, en contraposición con las opiniones de docentes expertos recopiladas en el apartado 2.6 del documento, deben comentarse.

Por un lado, de acuerdo con autores como Davis (2014) o Mubin, Stevens, Shahid, Al Mahmudy y Dong (2013), los resultados recopilados muestran que ARDUINO es una herramienta que permite que, en un muy corto espacio de tiempo el alumno pueda conocer cómo funciona un microcontrolador electrónico, tanto a nivel de software y código de programación, como de sensórica y hardware. Además, la potencialidad motivadora y de significación que los alumnos alcanzan con su utilización es muy elevada.

Por otro lado y en la línea de autores ya citados como Cheng (2011), ARDUINO, a pesar de sus múltiples ventajas, los alumnos perciben que ARDUINO no presenta las mismas prestaciones que los PLCs industriales (por ejemplo incapacidad de trabajar con grandes cargas, número de entradas y salidas limitadas, buses de comunicación poco eficientes, plataformas de atención al cliente y manuales no profesionales). De esta forma se debe pensar en ARDUINO no como el recurso para trabajar temas de automatización industrial, sino como la herramienta para introducir a los alumnos en el mundo de la automatización y continuar trabajando en profundidad con PLCs de tipo industrial.

5 Conclusiones

El presente trabajo se ha desarrollado con el fin de analizar el proceso de introducción de un nuevo recurso educativo, la plataforma ARDUINO, en un centro de Formación Profesional. Los datos obtenidos desde las diferentes herramientas de recogida diseñadas al efecto han involucrado a tres agentes diferenciados, alumnos, profesores e investigador, y han permitido que el estudio abordase los objetivos específicos que se establecieron en el apartado 1.2 del presente documento.

De acuerdo con el procedimiento de investigación llevado a cabo, se puede concluir que dichos objetivos se ha cumplido y que los resultados han sido satisfactorios.

El primero de los objetivos específicos postulados consistía en la realización de un análisis de la plataforma ARDUINO desde las tres dimensiones de acción educativa, la del SABER (ámbito conceptual y cognitivo), SABER HACER (ámbito de aplicación) y SABER SER (ámbito emocional y actitudinal). Éste objetivo se ha cumplido a partir del análisis de los datos obtenidos a través de las diferentes herramientas utilizadas, que han permitido establecer diferentes conclusiones. En primer lugar, desde el punto de vista de la transmisión de conceptos básicos de programación, se concluye que los alumnos han sido capaces de interiorizar en muy poco tiempo diferentes estructuras básicas de programación. Asimismo y, desde el punto de vista ejecutivo, los resultados han establecido que con este recurso, además de poder poner en práctica esos conceptos, se minimiza el miedo a la experimentación. Finalmente y dentro del aspecto del saber ser, los resultados presentan a ARDUINO como una herramienta que además de fomentar el trabajo cooperativo, permite la resolución de problemas de múltiples formas posibles, permitiendo el debate entre iguales y la evaluación de propuestas.

El análisis de ARDUINO como recurso motivador para los alumnos es otro de los objetivos específicos que el estudio perseguía y cuya realización ha sido posible gracias a los datos obtenidos a partir de las diferentes herramientas diseñadas y su posterior análisis. Así, a tenor de los resultados obtenidos, se concluye que ARDUINO es una herramienta que aporta sencillez y flexibilidad captando la atención del alumno. Este interés se acrecienta si se consideran otros aspectos como el bajo costo de adquisición y la posibilidad de trabajar con ejemplos cercanos a la realidad del educando.

Por otro lado, este estudio, también citaba como objetivo específico el de realizar un análisis de ARDUINO como herramienta transversal, es decir, capaz de fomentar el trabajo de otras áreas del saber alejadas de la programación y la electrónica. De esta

manera, los resultados obtenidos establecen que los alumnos identifican con claridad a ARDUINO como una herramienta que fomenta el uso de TICs y la práctica de idiomas y, además, el desarrollo del pensamiento matemático, que estará presente en los procesos de programación de las placas controladoras.

Otro de los objetivos específicos del presente estudio se ha centrado en identificar el alumnado objetivo al que destinar la herramienta ARDUINO. Esto ha sido posible gracias a que las dos muestras con las que se ha trabajado presentaban características diferentes entre sus integrantes, tanto por su nivel de estudios – pertenecían tanto a Ciclos Formativos de Grado Superior como a Grado Medio- y áreas del saber involucradas – desde la automoción a, por ejemplo, la mecatrónica-. De acuerdo con los resultados obtenidos en los cuestionarios, a pesar de que los alumnos pertenecientes a los Grados Superiores presentaron una mayor facilidad en la interiorización de conceptos y el manejo de ARDUINO, los alumnos de Grado Medio en ningún momento se sintieron perdidos y los resultados de su trabajo fueron satisfactorios. En base a esto, se puede concluir que ARDUINO es una herramienta apta para todos aquellos Ciclos Formativos con independencia de su nivel (Superior o Medio) y área técnica del saber involucrada.

Como conclusión final, cabe decir que el estudio desarrollado ha cumplido de forma satisfactoria con los objetivos planteados y que los resultados obtenidos en lo referente a la plataforma ARDUINO han verificado todas las hipótesis planteadas en estadios iniciales de la investigación. Los cursos de iniciación a ARDUINO impartidos han hecho posible que alumnos provenientes de diferentes niveles formativos y áreas del saber, trabajasen juntos durante un corto espacio de tiempo en el que fueron capaces de interiorizar conceptos básicos e importantes de programación y electrónica, los pusiesen en práctica trabajando de forma cooperativa con sus compañeros y se interesasen por conocer la herramienta.

6 Limitaciones del TFM

En cuanto a las limitaciones encontradas en el desarrollo de la investigación, es necesario resaltar el hecho de que las dos muestras estudiadas están compuestas por alumnos que, de forma voluntaria, decidieron realizar los cursos de introducción a ARDUINO. A pesar de que dichas muestras contemplaban alumnos de idiosincrasia diferente (ciclos formativos de distinto nivel –medio y Superior- y áreas del saber muy diferentes), este hecho hace que las muestras, en cierto modo, se compongan de personas motivadas e implicadas, lo que sin duda tiene su reflejo en los resultados obtenidos. Es necesario por tanto, verificar que las conclusiones establecidas mediante este estudio se pueden extrapolar a la totalidad de la comunidad educativa.

Por otro lado y, debido a que ARDUINO es una plataforma nueva, el hecho de encontrar fuentes de información fidedignas ha resultado tarea complicada y ha sido necesario recurrir a blogs de profesores y vídeos editados por docentes. Por otro lado, el hecho de que la herramienta sea Open Source es un “arma de doble filo”. A pesar de que permite acceder a una ingente cantidad de información disponible online, esa información muchas veces no está filtrada ni contrastada por nadie, lo que puede llevar a la aceptación de información errónea.

Otra de las limitaciones del estudio es la referente a la “consulta de los pares” realizada. Si bien durante la investigación fue posible entrevistar a una docente que estaba interesada en ARDUINO como plataforma de introducción a los alumnos en el mundo de la electrónica, también se realizó el intento de contactar con profesores que ya hubiesen experimentado con esta herramienta en sus aulas. Sin embargo, la búsqueda fue infructuosa.

Finalmente, la gran cantidad de herramientas de hardware que presente la plataforma ARDUINO, así como los diferentes tipos de *software* asociado, plantean la necesidad de analizar más a fondo las diferentes posibilidades a aplicar en el ámbito de la Formación Profesional. Dado el carácter del estudio, en el que se ha realizado un análisis general de la plataforma, esto no ha sido posible.

7 Líneas de trabajo futuras

Tras el proceso de análisis de la herramienta ARDUINO se plantean líneas de trabajo futuras a desarrollar en el contexto del centro donde se ha realizado la investigación.

En primer lugar, sería interesante introducir la herramienta ARDUINO en el currículo oficial del CFGS de Mecatrónica Industrial y el CFGM de Instalaciones Eléctricas y Automáticas con el objetivo de introducir al alumnado en el mundo de la programación de automatismos. Para ello, los docentes del Departamento de Electricidad y Electrónica deberían crear una Unidad Didáctica de "Introducción a la Automatización" destinada a las asignaturas de Sistemas Eléctricos y Electrónicos del CFGS de Mecatrónica Industrial y Automatismos Industriales para el CFGM de Instalaciones Eléctricas y Automáticas. Esta Unidad Didáctica tendría a ARDUINO como eje principal de estudio y una duración de 15 horas. Tendría también un mero carácter introductorio para dar paso a Unidades Didácticas que profundizarán en los conceptos de automatización utilizando herramientas estandarizadas e industriales.

A pesar de que los diferentes recursos de hardware ARDUINO y software asociado ya se han analizado, considerando las ventajas e inconvenientes de cada uno de ellos, los docentes del centro deberían asimismo realizar un estudio de nuevos actuadores y sensores que puedan ser utilizados con ARDUINO en las prácticas a realizar con los alumnos, en busca de nuevas aplicaciones que motiven al alumnado y favorezcan el aprendizaje de conceptos de programación y electrónica.

Por otro lado y, fuera del contexto del centro de estudio, se propone la posibilidad de realizar un estudio de la herramienta ARDUINO, como herramienta motivadora y potenciadora del Pensamiento Computacional y Matemático en otras etapas educativas como Secundaria y Bachillerato.

Asimismo, sería conveniente investigar las posibilidades de la herramienta en aplicaciones tecnológicas al alza como el diseño de impresoras en tres dimensiones o el diseño de drones. Aplicaciones ambas con un gran potencial motivador del alumnado.

8 Referencias

- **Ardublock**, (n.d.) (2016) (n.d.) Ardublock. Recuperado de: <http://blog.ardublock.com/>
- **Arduino**, (n.d.) (2016) (n.d.) Arduino. Recuperado de: www.arduino.cc
- **Arduino CTC**, (n.d.) (2016) (n.d.) Arduino. Recuperado de: www.arduino.cc/en/Main/CTCprogram
- **Arteaga L.M.**, (2016), *¿Qué es el Software Libre?* (n.d.) GNU.org, Recuperado de: www.gnu.org/philosophy/free-sw.html
- **Autodesk123D**, (n.d.) (2016) (n.d.) Autodesk 123D. Recuperado de: <https://circuits.io/>
- **Ayala, M.** (2014) *Consideraciones técnico pedagógicas para evaluar materiales didácticos*. San Luis de Potosí- México. Recuperado de: <http://atlante.eumed.net/wp-content/uploads/material-didactico.pdf>
- **Banzi, M.**, (2012), *Introducción a ARDUINO*, Roma- Italia, Editorial Anaya, 2-30
- **Bridge, R.**, (2013) *Open Source Software- The Advantages & Disadvantages*. (n.d.) Entrepreneur Hanbook LTD. Recuperado de: <http://entrepreneurhandbook.co.uk/open-source-software>.
- **Caballero, J.A., Villapando, J.A., García, D., Bellido A., Bravo, J.A., Ortega, J.M., Álvarez, V.A., Cascajo J.I., García, M., García, M., Sánchez-Ferragut, R., Murillo, F.**, (2011) *Unidad didáctica con placa ARDUINO*. Recuperado de: http://educacionadistancia.juntadeandalucia.es/profesorado/pluginfile.php/2881/mod_resource/content/1/Unidades_Didacticas_Propuestas.pdf
- **Candelas, F.A., García, G.J., Pomares, J., Jara, C.A., Delgado, A., Mateo, C.M., Mira, D., Pérez J.**, (2015) *Experiencias sobre el uso de la plataforma Arduino en prácticas de Automatización y Robótica*. XIII Jornadas de Redes de Investigación en Docencia Universitaria. Recuperado de: https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/48815/1/XIII_Jornadas_Redde_07.pdf, 84-100
- **Cearreta, I.**, (2015) *Scratch como recurso didáctico para el desarrollo del pensamiento Computacional de alumnos de Secundaria y Bachillerato en la asignatura de Informática y como recurso transversal del resto de asignaturas*. (Trabajo fin de máster en Educación Secundaria) Repositorio digital UNIR. Zumaia, Guipúzcoa.

- **CENATIC** (Centro de Excelencia de Software de Fuentes Abiertas) (2010) *Report on the International Status of Open Source Software 2010*. Num 4. Recuperado de: www.cenatic.es/publicaciones/onsfa
- **Cheng, Z.**, (2011) *Why I will never teach Arduino in my Embedded Systems class*. (n.d.) Recuperado de: www.hastac.org/blogs/zuofu/2011/02/09/anti-arduino-why-i-will-never-teach-arduino-my-embedded-systems-class
- **CIFPA** (n.d.) (2014) *Kits de ARDUINO*. CIFPA (Centro de Innovación para la Formación Profesional en Aragón) Recuperado de: <http://moodle.cifpa.aragon.es/joomla1/pages/2015-09-29-13-19-43>
- **Comohacer**, (n.d.) (2014) *Análisis comparativo de las placas Arduino*. (n.d.) Recuperado de: <http://comohacer.eu/analisis-comparativo-placas-arduino-oficiales-compatibles/>
- **Cuartielles, D.**, [Adigital] (12 de Julio de 2012). *Arduino, tecnologías abiertas y educación* [Archivo de vídeo]. Recuperado de: www.youtube.com/watch?v=GGTH6hLCjTo
- **De la Riva, N.**,(9 de noviembre 2015)[Alcabot UAH] *Arduino, la educación y la robótica* [Archivo de vídeo] Recuperado de: www.youtube.com/watch?v=roZbBb4Top8
- **Drucker, P.**, (1969) *The Age of Discontinuity: Guidelines to our Changing Society*. New York-EEUU. Editorial: Harper & Row.
- **Echeverría, B.**, (2010) *Cuestión de Saber y Sabor*. (n.d.) Educaweb. Recuperado de : www.educaweb.com/noticia/2010/10/18/articulo-competencias-basicas-4418/
- **Educastur** (n.d.) (2007) *Uso educativo de las TIC: Educastur Mochila Digital*. Viceconsejería de Educación del Gobierno de Asturias .(n.d.) Recuperado de: <http://blog.educastur.es/cuate/2007/05/18/educastur-mochila-digital/>
- **Felleisen, M., Findler, R., Flatt, M., Krishnamurthi, S.**, (2001) *How to Design Programs. An Introduction to Programming*. Massachusets-EEUU. Editorial: MIT Press
- **Fritzing**, (n.d.) (2016) (n.d.) Fritzing. Recuperado de: <http://fritzing.org>
- **García, I.**, (2012) *Aprendizaje basado en Problemas con ARDUINO*. Trabajo fin de Máster. Universidad de La Rioja (UR). Recuperado de: http://biblioteca.unirioja.es/tfe_e/TFE000162.pdf
- **Generalitat de Catalunya** (n.d.) (2016) *Prop de 2.500 estudiants catalans d'ESO aprendran a crear robots mecànics de nova generació*. Generalitat de Catalunya. Recuperado de: http://premsa.gencat.cat/pres_fsvp/AppJava/notapremsavw/286296/ca/prop-2-500-estudiants-catalans-deso-aprendran-crear-robots-mecanics-nova-generacio.do

- **González, O.**, (2011) Conexión entre ARDUINO y PLC Omron. (n.d.) Recuperado de: <http://blog.bricogeek.com/noticias/arduino/conexion-entre-arduino-y-plc-omron/>
- **IES Heliópolis** (n.d.) [IES Heliópolis] (11 de abril 2016) *Fotorresistor*. IES Heliópolis [Archivo de vídeo]. Recuperado de: www.youtube.com/watch?v=3hPkWI8kTL4
- **IES Pau Casanoves** (n.d.) [Las clases de Adrio] (18 de junio de 2014) *Control de temperatura motor ARDUINO*. IES Pau Casanoves.[Archivo de Vídeo]Recuperado de: www.youtube.com/watch?v=LqoOfvPetyo
- **Industrial Shields** (n.d.) (2016) *Industrial Shields- Controlador PLC basado en ARDUINO*. (n.d.) Recuperado de: www.industrialshields.com
- **Junta de Andalucía** (n.d.) (2016) *GuadalinuxEdu*. (n.d.) Junta de Andalucía Recuperado de: www.juntadeandalucia.es/educacion/cga/mediawiki/index.php/Guadalinux_Edu.
- **Junta de Extremadura** (n.d.) (2015) *La Junta de Extremadura sigue apostando por el software libre en la región*. (n.d.) Junta de Extremadura. Recuperado de: www.gobex.es/comunicacion/noticia?idPub=17163#.V_oUEOiLTIU
- **Kernighan, B. y Ritchie, D.**, (1991) *El lenguaje de programación*. Murray Hill-EEUU. Editorial: Pearson Educación. 5-97
- **Linuxadictos, Cobos, A.**, (2015) *Lo nuevo de Guadalinux EDU 2013*. (n.d.) Linuxadictos. Recuperado de: www.linuxadictos.com/lo-nuevo-de-guadalinux-edu-2013.html
- **Masuda, Y.**, (1984) *La sociedad informatizada como sociedad post-industrial*. Madrid-España. Editorial: Fundesco-Tecnos. 49-71
- **McCafferty, D.**, (2013) *Five Pros and Five Cons of Open Source Software*. Recuperado de: www.cioinsight.com/it-strategy/infrastructure/slideshows/five-pros-and-five-cons-of-open-source-software
- **Melendro, M.**, (2005), *La Globalización de la educación*. Ediciones Universidad de Salamanca, 3151, 185-208.
- **Micropik**, (n.d.) (2013) *Ultrasonic Ranging Module HC-SR04*. (n.d.). Recuperado de: www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf
- **MITApp**, (n.d.) (2016) (n.d.) MIT App Inventor. Recuperado de: <http://appinventor.mit.edu>
- **Molist, M.**, (4 de diciembre de 2008) *Moodle llena la geografía educativa española de campus virtuales*. El País versión digital. Recuperado de: http://elpais.com/diario/2008/12/04/ciberpais/1228361065_850215.html

- **Moreno, I.**, (2004) *La Utilización de Medios y Recursos Didácticos en el aula*. Educatec (Universidad Complutense de Madrid). Recuperado de: <http://pendientedemigracion.ucm.es/info/doe/profe/isidro/merecur.pdf>
- **Mubin, O., Stevens, C., Shahid, S., Al Mahmud, A., Dong, J.**, (2013) *A review of the applicability of robots in education*. Technology for Education and Learning, Vol. 1, 1-7
- **Paniagua, S.**, (2013) *Éxito de ARDUINO en las aulas de Castilla La Mancha*. (n.d.) Recuperado de: www.sorayapaniagua.com/2013/05/27/exito-de-arduino-en-las-aulas-de-castilla-la-mancha/
- **Robinson, K.**, (2 de febrero de 2006) *Do schools kill creativity?* [Archivo de vídeo] Recuperado de: www.ted.com/talks/ken_robinson_says_schools_kill_creativity
- **S4A**, (n.d.) (2016) (n.d.) Scratch for Arduino. Recuperado de: <http://s4a.cat>
- **Santiago, R.**, (2014) *8 cosas que deberías saber sobre el Aprendizaje Basado en Retos*. (n.d.) The flipped Classroom. Recuperado de: www.theflippedclassroom.es/8-cosas-que-deberias-saber-sobre-aprendizaje-basado-en-retos/
- **Schwab, K.**, (2016) *La Cuarta Revolución industrial*. (n.d.), Editorial Debate.
- **Snap4Arduino**, (n.d.) (2016) (n.d.) Snap4Arduino. Recuperado de: <http://snap4arduino.org/>
- **Soriano, P.**, (2014) *Tutorial: Sensor Ultrasonidos HC-SR04*. El Cajón de ARDU. Valencia-España. Recuperado de: <http://elcajondeardu.blogspot.com.es/2014/03/tutorial-sensor-ultrasonidos-hc-sr04.html>
- **Stallman, R.**, (2004), *Software Libre para una sociedad libre*, Madrid-España. Editorial: Traficantes de sueños, 54-63
- **Stallman, R.**, [jofy. P.j.] (9 de julio de 2010), *Use of Free Software in Education*. [Archivo de vídeo] Recuperado de: www.youtube.com/watch?v=se-iE6gfoIo
- **Tecnoinfo**, (n.d.) (2014) *¿Qué es Arduino?*. (n.d.) Recuperado de: www.tecnoinfo.com/2014/09/arduino.html
- **Van de Dam, H.**, (2013) *Why ARDUINO is not the right educational tool*. (n.d.) Recuperado de: www.hackvandedam.nl/blog/?p=762
- **Vidal-Beneyto, J.**, (2004), *Poder Global y Ciudadanía Mundial*, Madrid-España, Editorial Taurus.
- **Warlick, D.F.**, (2010), *A gardener's Approach to Learning*. Raleigh-EEUU, Editorial: The landmark Project, 15

9 ANEXOS

9.1 Anexo A: Entrevista a docente

Transcripción de la entrevista realizada a la responsable del Departamento de Mantenimiento en un centro de Formación Profesional de Castilla y León. Entrevista realizada el 10 de Octubre de 2016.

-Investigador: En primer lugar, ¿de dónde surge la idea de incorporar la plataforma ARDUINO como recurso educativo en vuestro centro? ¿A qué alumnos lo pretendéis dirigir?

-Docente: Es una plataforma cuya popularidad se ha extendido sobremanera y son los propios alumnos los que ya nos piden realizar proyectos con ella. Desde el departamento creemos que es una herramienta que puede aportar mucha flexibilidad en el aprendizaje de diversos conceptos y que puede encajar tanto en el Ciclo Formativo de Grado Medio de Técnico en Mantenimiento Electromecánico como en el Ciclo Formativo de Grado Superior de Técnico en Mecatrónica Industrial.

-I: ¿Qué ventajas creéis que ARDUINO puede presentar como herramienta microcontroladora frente a otro tipo de recursos?

-D: La primera de las ventajas es obvia y trasciende el mero aspecto educativo; es el tema del coste de adquisición. Hay que tener en cuenta que equipar una clase con esta tecnología es extremadamente asequible; el coste de las propias placas controladoras- los elementos más caros de los sistemas ARDUINO- no superan los 40 euros por unidad.

Por otro lado, pensamos que son herramientas que pueden motivar al alumnado en su proceso de aprendizaje. Su bajo costo hace que los alumnos quiten esos miedos a experimentar con las placas, a tocar, cablear y montar. Creemos además que muchos de ellos- en vista de lo que varios nos han contado ya- se animarían a adquirir sus propios equipos y emprender proyectos personales o enriquecer los que desde el centro les planteamos.

-I: Existen ciertas voces discordantes que afirman que ARDUINO es solamente un juguete y no puede competir con otro tipo de tecnologías de carácter más industrial que son las que el alumno realmente se encontrará el día de mañana en la empresa. ¿Qué opinas sobre este punto?

-D: Es totalmente cierto; ARDUINO no es que no pueda competir con las herramientas industriales, es que no debe hacerlo. Son productos totalmente diferentes y, precisamente, en esa diferencia que encierran está el interés que tenemos por ARDUINO. Mientras que esta plataforma puede utilizarse para comenzar a programar, explicar conceptos básicos de electrónica, mantenimiento, electricidad y programación, haciendo que el alumno pierda el miedo y se motive con lo que aprende porque es en esencia sencillo, en lecciones posteriores, es fundamental ir un paso más allá y comenzar a utilizar herramientas industriales tipo PLC.

-I: Sin embargo, lo que comentas implica una duplicidad de tiempos importante, ya que ARDUINO no se programa ni maneja como un PLC industrial. ¿Cómo pensáis solventar este problema?

-D: Este problema que mencionas, no es tal, de hecho es una oportunidad. No podemos acostumbrar al alumno a trabajar con una única herramienta, debemos aportar los conceptos generales que sean extrapolables a diferentes plataformas, ya que la industria y la tecnología cambian de forma constante. Como anécdota, te puedo decir que aquí en el centro trabajamos con PLCs de un fabricante alemán y hay una empresa en los alrededores -con la que el centro guarda una muy buena relación- que nos solicitó enseñar a los alumnos a programar PLCs de otro fabricante y cambiar los equipos del centro. Nosotros nos negamos en base a lo que ya he comentado, y es la propia empresa la que hace seis meses y, por diversos motivos internos, ha cambiado sus PLCs a los de nuestra marca. A la vista está que la decisión que tomamos fue, sin duda, acertada.

-I: Como sabéis, ARDUINO es una plataforma de Código Abierto tanto en su software de control como en el Hardware de las placas. ¿Creéis que este hecho es una ventaja añadida?

-D: En el nivel en el que pretendemos trabajar con los alumnos no creemos que el control sobre el código y el hardware nos vaya a aportar ninguna ventaja. Sin embargo, el hecho de que sea *Open Source* permite que los usuarios conozcan mucho más el producto y existan múltiples comunidades de debate e información al respecto; también hay tutoriales online y algún manual publicado. Este punto sí que tiene su interés puesto que permite al alumno autoformarse, tomar decisiones y avanzar en su proceso de aprendizaje sin necesidad de una tutorización continuada.

-I: Los productos de ARDUINO son muy variados, tanto en lo referente al software como al hardware. ¿Habéis realizado una selección de lo que utilizaréis?

-D: Aunque todavía estamos en fase de estudio de la herramienta, creemos que las placas con las que trabajaremos serán el modelo ARDUINO UNO, ya que es un modelo sencillo, de tamaño apropiado y con un número de entradas/salidas suficiente. Asimismo, estamos pensando en comprar vario *shields* de Ethernet para que los alumnos puedan conectar las placas a internet y trabajar con servidores web. Por otro lado y, dado el auge que la tecnología de los drones, pensamos que puede ser interesante adquirir unas placas *XBee* que trabajan con ARDUINO y sirven de emisor-receptor a largas distancias.

En cuanto a los programas de control de las placas, todavía no hemos investigado la opción que mejor se puede adaptar a nuestras necesidades, aunque el software estándar [ARDUINO IDE] nos puede ser suficiente.

-I: ¿Qué nivel de manejo de la herramienta ARDUINO tienen los profesores de los Ciclos Formativos que pretendéis involucrar?

-D: En ese sentido somos totalmente neófitos en este tema, ninguno de nosotros tiene experiencia previa trabajando con esta herramienta. Todo lo que conocemos se limita a la investigación previa que hemos realizado desde el departamento sobre el tema.

-I: ¿Tenéis algún plan preparado para la introducción de esta herramienta en el currículo de los Ciclos Formativos? ¿Cómo pretendéis hacerlo?

-D: La idea que desde el departamento se ha planteado es dividir la implantación de esta herramienta en dos cursos lectivos. En este curso (2016-2017) nos encargaremos de comprar algunas placas para que los docentes las estudiemos y realicemos algún proyecto sencillo. El curso posterior (2017-2018) confeccionaremos unas Unidades Didácticas para los alumnos de primer curso del Ciclo de Técnico en Mantenimiento y los de Mecatrónica Industrial para que comiencen a adquirir conceptos básicos de electrónica y programación. Posteriormente, todos los alumnos de estos ciclos estarán involucrados en el desarrollo de proyectos de diversa índole que incorporarán la tecnología ARDUINO para su realización.

-I: ¿Pensáis contratar algún servicio de formación para los docentes?

-D: En un inicio barajamos la posibilidad de contratar un formador externo para los docentes, sin embargo y, en vista de las posibilidades que las comunidades abiertas de ARDUINO presentan, apostamos por la autoformación durante el presente curso.

9.2 Anexo B: Selección del material

De forma previa al inicio del curso se realizó un estudio de los materiales necesarios, tanto en lo referente al hardware como al software necesario.

-Selección de la placa ARDUINO:

Para determinar qué ARDUINO se ajustaba mejor a las necesidades del curso se realizó un estudio comparativo en función del voltaje soportado, el número de entradas y salidas analógicas y digitales, así como las dimensiones y precio estimado (ver Tabla 2).

Tabla 2: Características de diferentes placas ARDUINO (Comohacer, 2014)

Nombre de la placa	Voltaje	E/S digitales	E analógicas	Dimensiones (mm)	Precio estimado (€)	Comentarios
ARDUINO UNO	5V	14	8	69 x 54	30	Placa de trabajo estándar. Mayor documentación.
ARDUINO MEGA	5V	54	16	102 x 54	45	Mayor número E/S.
ARDUINO NANO	5V	14	8	48 x 18	22	Excesivamente pequeño para el manejo en grupos.
ARDUINO DUE	3.3V	54	12	102x54	39	Dos puertos USB. Mayor rapidez.
ARDUINO YUN	5V	20	12	73 x 53	75	Wifi y lector de tarjetas MicroSd integrados.
ARDUINO LILYPAD	3.3V	9	4	φ50 mm	20	Sólo para diseñar wearables.

De acuerdo con las características analizadas, se observa que ARDUINO UNO aportaba las funcionalidades necesarias para iniciarse en el manejo de la herramienta, tenía un precio asequible y el tamaño era suficiente para que un operador inexperto la manejase.

-Selección del software de trabajo:

En cuanto al software, y en vista del análisis realizado (ver apartado 2.7) se decidió utilizar tanto el IDE oficial de ARDUINO para la creación de código como el programa Fritzing para realizar los esquemas de hardware. Se trata de dos programas sencillos e intuitivos para la iniciación con ARDUINO.

9.3 Anexo C: Cuestionarios de recogida de datos

9.3.1 Cuestionario 1: Autoevaluación de alumnos

Cuestionario de autoevaluación de alumnos para el curso de ARDUINO realizado en los ejercicios 2015-2016 y 2016-2017.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN DEL CURSO

“INTRODUCCIÓN A ARDUINO”

CICLO FORMATIVO	
Nombre	

Este cuestionario de autoevaluación consta de una serie de afirmaciones que deberás valorar con una X en una escala de 1 a 5. El valor 1 significa “estoy absolutamente en desacuerdo”, mientras un 5 “estoy totalmente de acuerdo”. En la última pregunta del cuestionario, deberás hacer una valoración global de la herramienta del 1 al 5, siendo 1 “no me ha gustado ARDUINO” y el 5 “me parece una herramienta muy interesante para empezar a programar”.

Por favor, tómate tu tiempo para reflexionar y responde con sinceridad, tus respuestas nos serán de gran ayuda para mejorar en años sucesivos. Si tienes cualquier duda pregunta a tu profesor, estará encantado de ayudarte.

	1	2	3	4	5
A. ARDUINO COMO RECURSO DIDÁCTICO					
A.1 ARDUINO PARA EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS					
A.1.1 Estructura básica: Entiendo el concepto estructural de un programa ARDUINO (<i>void setup()</i> y <i>void loop ()</i>)					
A.1.2 Variables: Entiendo el concepto de variable, así como la forma de declararla.					
A.1.3 Tipos de datos: Conozco los tipos de datos que existen y sus diferencias operativas (por ejemplo <i>int</i> , <i>long</i> , <i>float</i>)					
A.1.4 Operadores lógicos Conozco los tipos de operadores lógicos (NOT (!) AND (&&) OR ()) y la forma de programarlos en ARDUINO.					
A.1.5 Estructuras de condición: Conozco las estructuras <i>if</i> , <i>if...else</i> , su concepto y función dentro de un programa.					
A.1.6 Comando de ejecución <i>for</i> : Conozco las estructuras <i>for</i> , su concepto y función dentro de un programa.					
A.1.7 Comando de ejecución <i>while</i>, <i>do...while</i>: Conozco el comando <i>while</i> y su función dentro de un programa.					
A.1.8 Lectura de entradas digitales/analógicas: Conozco los comandos para la lectura de entradas analógicas y digitales (<i>analogRead()</i> , <i>digitalRead()</i>)					
A.1.9 Escritura de salidas digitales/analógicas: Conozco los comandos para la escritura de entradas analógicas y digitales (<i>analogWrite()</i> , <i>digitalWrite()</i>)					
A.1.10 Comunicación por Puerto Serie: Conozco el comando <i>SerialBegin()</i> para comunicar ARDUINO y PC.					

	1	2	3	4	5
A.2 ARDUINO PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS					
A.2.1 He podido realizar en primera persona todas las fases de diseño de un proceso automatizado (programación de la placa, volcado del programa, cableado y alimentación del hardware).					
A.2.2 He sentido miedo de poder dañar el equipo al trabajar con el hardware					
A.2.3 Me siento preparado para realizar un proyecto ARDUINO en solitario.					
A.3 ARDUINO PARA EL DESARROLLO DE ACTITUDES					
A.3.1 Las prácticas con ARDUINO han favorecido el trabajo en equipo.					
A.3.2 Dentro del equipo se han generado y debatido alternativas diferentes para la resolución de los problemas.					
A.3.3 Las prácticas con ARDUINO han permitido que las responsabilidades se repartan en función de la especialización y formación de cada uno de sus integrantes.					
B. ARDUINO COMO RECURSO MOTIVADOR					
B.1 El curso me ha parecido sencillo, así como el manejo de la herramienta.					
B.2 Creo que ARDUINO es una plataforma idónea para dar solución a problemas reales.					
B.3 Me gustaría adquirir un equipo ARDUINO y realizar proyectos personales.					
B.4 Me interesaría asistir un curso de ARDUINO más avanzado.					
C. ARDUINO COMO RECURSO TRANSVERSAL					
<i>En las prácticas desarrolladas con ARDUINO he tenido...</i>					
C.1...que realizar operaciones matemáticas para la resolución de un problema.					
C.2...que utilizar un recurso TIC (foros, catálogos on-line) para la resolución de un problema.					
C.3...que utilizar un idioma diferente al mío para la resolución de un problema.					
D. SOFTWARE UTILIZADO					
D.1 El IDE es un software sencillo de utilizar. Me he sentido cómodo@.					
D.2 El IDE permite identificar fallos en el código de programación de forma rápida e intuitiva.					
D.3 Fritzing es un software sencillo de utilizar. Me he sentido cómodo@.					
D.4 Los circuitos dibujados con Fritzing me han ayudado a visualizar mejor el circuito antes de pasar a construirlo.					
E. OTROS ASPECTOS GENERALES:					
E.1 El curso ha cumplido con los objetivos esperados.					
E.2 El material empleado (presentaciones, ejercicios, etc) me ha parecido adecuado.					
E.3 La duración del curso se ha adecuado al programa diseñado.					
E.4 El curso me ayudará a mejorar mi empleabilidad.					

EVALUACIÓN DE LA HERRAMIENTA	1	2	3	4	5
Mi calificación de la herramienta ARDUINO es de :					

¿Qué proyectos estarías interesado a realizar con ARDUINO? Propón tus ideas en el recuadro a continuación:

9.3.2 Cuestionario 2: Autoevaluación de profesores

Cuestionario de autoevaluación de profesores para el curso de ARDUINO realizado en el ejercicio 2015-2016.

CUESTIONARIO DE AUTOEVALUACIÓN DEL CURSO “INTRODUCCIÓN A ARDUINO”

DEPARTAMENTO

Este cuestionario de autoevaluación consta de una serie de afirmaciones que deberás valorar con una X en una escala de 1 a 5. El valor 1 significa “estoy absolutamente en desacuerdo”, mientras un 5 “estoy totalmente de acuerdo”. En la última pregunta del cuestionario, deberás hacer una valoración global del curso del 1 al 5, siendo 1 “no me ha gustado” y el 5 “me ha parecido muy interesante”.

A la hora de responder este cuestionario es importante que te pongas en la piel de tus alumnos y, según tu experiencia, valorar la herramienta ARDUINO. Por favor, tómate tu tiempo para reflexionar y responde con sinceridad, tus respuestas nos serán de gran ayuda para mejorar en años sucesivos.

	1	2	3	4	5
A. ARDUINO COMO RECURSO DIDÁCTICO					
A.1 ARDUINO PARA EL APRENDIZAJE DE CONCEPTOS					
A.1.1 Estructura básica: ARDUINO permite a los alumnos conocer la estructura básica de un programa (<i>void setup()</i> y <i>void loop ()</i>).					
A.1.2 Variables: ARDUINO permite a los alumnos conocer el concepto de variable y cómo declararlas.					
A.1.3 Tipos de datos: ARDUINO permite a los alumnos conocer los diferentes tipos de datos con los que trabajar (por ejemplo <i>byte, int, long, float</i>).					
A.1.4 Operadores lógicos: ARDUINO permite a los alumnos conocer y programar operadores lógicos (NOT (!) AND (&&) OR ()).					
A.1.5 Estructuras de condición: ARDUINO permite a los alumnos conocer y programar el comando <i>if, if...else</i> .					
A.1.6 Comando de ejecución <i>for</i> : ARDUINO permite a los alumnos conocer y programar el comando <i>for</i> .					
A.1.7 Comando de ejecución <i>while, do...while</i>: ARDUINO permite a los alumnos conocer y programar el comando <i>while, do...while</i> .					
A.1.8 Lectura de entradas digitales/analógicas: ARDUINO permite a los alumnos conocer la programación de entradas digitales y analógicas.					
A.1.9 Escritura de salidas digitales/analógicas: ARDUINO permite a los alumnos conocer la programación de salidas digitales y analógicas.					
A.1.10 Comunicación del dispositivo: ARDUINO permite a los alumnos conocer la manera de comunicar una placa programable y PC.					
A.2 ARDUINO PARA EL DESARROLLO DE PROCEDIMIENTOS					
A.2.1 Con ARDUINO, los alumnos realizarán en primera persona todas las fases de diseño de un proceso automatizado (programación de la placa, volcado del programa, cableado y alimentación del hardware).					
A.2.2 Con ARDUINO los alumnos no sentirán miedo de dañar el hardware en las prácticas.					
A.2.3 Tras el curso, los alumnos estarán preparados para diseñar proyectos ARDUINO en solitario.					
A.3 ARDUINO PARA EL DESARROLLO DE ACTITUDES					
A.3.1 La herramienta ARDUINO favorece el trabajo en equipo de los alumnos.					
A.3.2 La herramienta permite la generación y debate de alternativas diferentes para la resolución de los problemas.					
A.3.3 Las prácticas con ARDUINO permiten que los alumnos del equipo repartan responsabilidades en función de su especialización y formación.					
B. ARDUINO COMO RECURSO MOTIVADOR					
B.1 Pienso que el manejo de ARDUINO será sencillo para mis alumnos.					
B.2 Creo que ARDUINO es una plataforma idónea para dar solución a problemas reales.					
B.3 Creo que los alumnos estarían interesados en adquirir un equipo ARDUINO y realizar proyectos personales.					
B.4 Pienso que los alumnos estarán interesados en aprender el manejo de ARDUINO.					

	1	2	3	4	5
C.ARDUINO COMO RECURSO TRANSVERSAL					
En las prácticas con ARDUINO los alumnos tendrán...					
C.1...que realizar operaciones matemáticas para la resolución de un problema.					
C.2...que utilizar un recurso TIC (foros, catálogos on-line) para la resolución de un problema.					
C.3...que utilizar un idioma diferente al suyo para la resolución de un problema.					
D. SOFTWARE UTILIZADO					
D.1 El IDE es un software sencillo de utilizar, asequible para mis alumnos.					
D.2 El IDE permitirá a mis alumnos identificar fallos en el código de programación de forma rápida e intuitiva.					
D.3 Fritzing es un software sencillo de utilizar, asequible para mis alumnos.					
D.4 Los circuitos dibujados con Fritzing ayudarán a mis alumnos a visualizar mejor el circuito antes de pasar a construirlo.					
E. OTROS ASPECTOS GENERALES:					
E.1 El curso ha cumplido con los objetivos esperados.					
E.2 El material empleado (presentaciones, ejercicios, etc) me ha parecido adecuado.					
E.3 La duración del curso se ha adecuado al programa diseñado.					
E.4 El curso me ayudará a mejorar la empleabilidad de mis alumnos					

9.3.3 Cuestionario 3: Evaluación de alumnos

Cuestionario de evaluación de los alumnos, realizado durante los ejercicios 2015-2016 y 2016 y 2017.

CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DEL ALUMNADO **CURSO “INTRODUCCIÓN A ARDUINO”**

Tras identificar al alumno introduciendo su nombre, evalúe su desempeño en una escala del 1 (calificación de desempeño más baja) al 5 (máxima calificación de desempeño) de acuerdo con los identificadores expuestos.

<u>Nombre</u>	
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
	A.1.1 Estructura básica
	A.1.2 Variables
	A.1.3 Tipos de datos
	A.1.4 Operadores lógicos
	A.1.5 Estructuras condición
	A.1.6 Comando <i>for</i>
	A.1.7 Comado <i>while</i>
	A.1.8 Lectura entradas dig/an
	A.1.9 Escritura entradas dig/an
	A.1.10 Comunicación de placa
	A.2.1 Aplicación conceptos
	A.2.2 Temor en la ejecución
	A.2.3 Autosuficiencia
	A.3.1 Trabajo en equipo
	A.3.2 Alternativas
	A.3.3 Reparto de responsabilidades
	B.1 Dificultad
	B.2 Significación
	B.3 Pertenencia
	B.4 Repetibilidad
	C.1 Pensamiento matemático
	C.2 Recursos TIC
	C.3 Práctica idiomas
	D.1 IDE- Usabilidad
	D.2 IDE- Autoevaluación
	D.3 Fritzing-Usabilidad
	D.4 Fritzing- planificación

9.4 Anexo D: Proyectos ARDUINO propuestos

A continuación se presenta la lista de los proyectos propuestos por los alumnos en el cuadro destinado al efecto en el cuestionario 1 (ver apartado 9.3.1).

Tabla 3: Proyectos con ARDUINO propuestos por los alumnos

Proyecto propuesto	Número de alumnos
Construcción de un dron cuadricóptero	16
Termostato para encender la calefacción por <i>Whatsapp</i>	5
Construcción de una impresora 3D	9
Elaboración de un dosificador de comida para peces /perros	2
Construcción de un invernadero con riego automático y sensor de CO2	5
Regulación de un motor eléctrico	2
Construcción de una cerradura con contraseña	1
Construcción de un coche teledirigido por <i>bluetooth</i>	2
Diseño de una chaqueta con regulación térmica	1
Diseño de un bastón para invidentes con sensor de proximidad	1
Camiseta con LEDS que luzca en función de la música	2
Construcción de un brazo robótico imprimido en 3d y controlado por ARDUINO	1
Estación meteorológica con ARDUINO	1
Enfriador de placas de Peltier regulado por ARDUINO	1
Instalación de leds de colores controlada por ARDUINO	2
Proyecto de casa domótica	6
Sillón de simulación de conducción	2
Alarma antirrobo con ARDUINO	3
Reloj de leds	1

9.5 Anexo E: Ejemplo de actividad mediante ARDUINO

A continuación se presenta una actividad tipo a realizar mediante las placas electrónicas ARDUINO con el fin de ayudar al lector a contextualizar mejor el estudio desarrollado. En esta actividad además del enunciado, se presentará una posible solución y se analizará la metodología y fundamentos pedagógicos de la misma.

Enunciado:

La empresa de limpiezas FREGGER S.A. necesita realizar una medición de las dimensiones entre paredes (profundidad y ancho) de una fosa séptica con forma de paralelepípedo, de la cual ya conoce su profundidad (ver Figura 14). La empresa sabe que las distancias entre paredes son menores de 4000 mm. y mayores de 1000 mm. Debido a que dicha fosa está llena hasta la mitad de agua con productos potencialmente nocivos, es peligroso que una persona acceda a ella directamente. Para dar solución al problema se cuenta con un ordenador portátil, una placa ARDUINO UNO, cables de conexión y dos sensores: un sensor de ultrasonidos HC-SR04 y un sensor de infrarrojos Sharp GP2Y0A21YK.

Es importante resaltar que, debido a la humedad, las paredes de la fosa están continuamente cubiertas con una película de agua, incluso aquellas por encima del nivel de líquido.

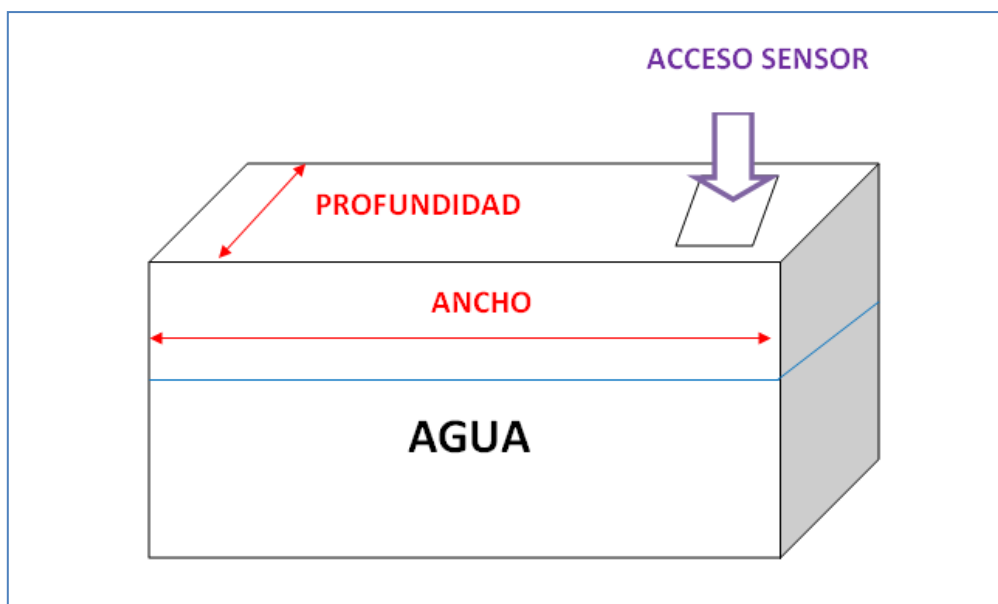


Figura 14: Croquis de la fosa séptica

Para dar una solución a este problema realice las siguientes tareas:

1. Busque información que le permita justificar el uso de uno de los dos sensores y ayúdese de su hoja de especificaciones técnicas para comprender su funcionamiento.
2. Elabore un esquema gráfico del prototipo electrónico que pretende diseñar mediante el software FRITZING.
3. Implemente el código de su controlador ARDUINO, mediante el software IDE.
4. Monte el sistema y verifique su funcionamiento conectándolo al PC.

Claves para la resolución:

La búsqueda propuesta en la pregunta 1 del presente ejercicio pretende que el educando utilice los medios a su alcance (internet) para poder realizar la selección correcta. De esta forma, tras el proceso de adquisición de información quedará claro que la tecnología que esta aplicación necesita es la de ultrasonidos, no pudiéndose utilizar la tecnología infrarroja debido a la presencia de agua que puede falsear los resultados por reflexión del haz. Una vez obtenida esta información, la hoja técnica del sensor (en inglés en Figura 16 y Figura 17) revela que la distancia de medida que este sensor ofrece es de 200 a 4000 milímetros, por lo que cumple con las necesidades del enunciado.

Para la resolución del esquema mediante el software Fritzing (pregunta 2), nos valdremos de la información de la hoja técnica consultada, que nos guiará a la hora de conectar el sensor a la placa. De esta forma los alumnos obtendrán esquemas similares al que se presenta en la Figura 15.

En cuanto al código de programación (pregunta 4), existen numerosas posibilidades. Cada alumno, en base a su estilo y conocimientos ideará una secuencia de acción diferente a partir de la hoja de especificaciones del sensor. En la Figura 18 se ofrece una de ellas con las principales líneas de código comentadas- versión modificada del código de Pablo Soriano (2014)-.

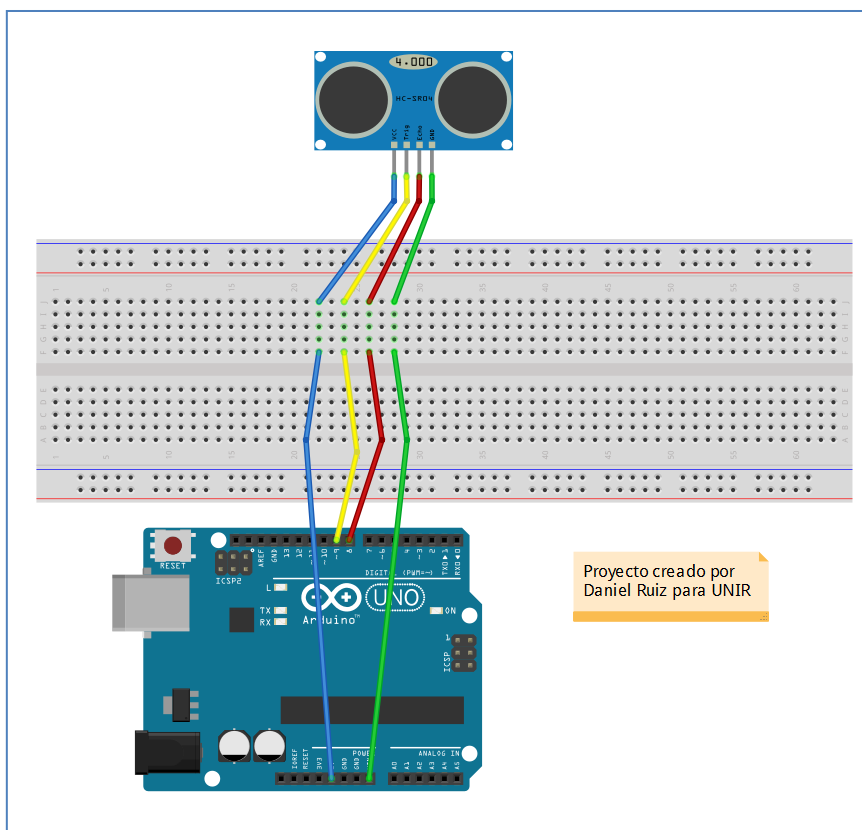


Figura 15: esquema del sistema electrónico mediante Fritzing

Comentarios:

Tal y como puede observarse, con este sencillo enunciado, orientado para alumnos con un nivel medio de manejo de la herramienta, se trabajan puntos relacionados con todos los ámbitos pedagógicos analizados durante el estudio. En primer lugar, en el ámbito conceptual (SABER) el ejercicio permite al alumno interiorizar conceptos diferentes de programación a la hora de implementar el código, actividad ésta que, junto al montaje final de la aplicación, se corresponderá con el ámbito ejecutivo (SABER HACER). Además, es un tipo de actividad que se presta al trabajo cooperativo, en el que grupos de 2-3 alumnos pueden trabajar conjuntamente, repartíéndose tareas y debatiendo formas de actuar y enfoques de solución diferentes (SABER SER).

Por otro lado, el problema está totalmente contextualizado, presenta una situación potencialmente real, lo que permite aprendizajes más significativos y motivadores para el alumno, que ve, en el estudio de una herramienta, una aplicación práctica.



Tech Support: services@elecfreaks.com

Ultrasonic Ranging Module HC - SR04

Product features:

Ultrasonic ranging module HC - SR04 provides 2cm - 400cm non-contact measurement function, the ranging accuracy can reach to 3mm. The module includes ultrasonic transmitters, receiver and control circuit. The basic principle of work:

- (1) Using IO trigger for at least 10us high level signal,
- (2) The Module automatically sends eight 40 kHz and detect whether there is a pulse signal back.
- (3) IF the signal back, through high level , time of high output IO duration is the time from sending ultrasonic to returning.

Test distance = (high level time×velocity of sound (340M/S) / 2,

Wire connecting direct as following:

- 5V Supply
- Trigger Pulse Input
- Echo Pulse Output
- 0V Ground

Electric Parameter

Working Voltage	DC 5 V
Working Current	15mA
Working Frequency	40Hz
Max Range	4m
Min Range	2cm
MeasuringAngle	15 degree
Trigger Input Signal	10uS TTL pulse
Echo Output Signal	Input TTL lever signal and the range in proportion
Dimension	45*20*15mm

Figura 16: Datos técnicos del sensor ultrasónico HC-SR04 1/2 (Micropik, 2013)



Figura 17: Datos técnicos del sensor ultrasónico HC-SR04 2/2 (Micropik, 2013)

```

/* Éste es un código creado por Daniel Ruiz para el Trabajo Fin de Master de UNIR*/
/*En primer lugar declaramos dos variables, la distancia a la pared de la fosa y el tiempo del ultrasonido*/
long distancia_a_pared;
long tiempo_ultrasonido;
/* Iniciamos la conexión con PC a 9600 baudios (estándar) y declaramos las entradas y salidas*/
void setup(){
  Serial.begin(9600);
  pinMode(9, OUTPUT); /*activamos 9 como salida del ultrasonido desde el sensor*/
  pinMode(8, INPUT); /*activamos 8 como entrada del eco del ultrasonido después de rebotar en el objeto*/
}
void loop(){
  digitalWrite(9,LOW);
  delayMicroseconds(10);/* establecemos 10 microsegundos de espera*/
  digitalWrite(9, HIGH); /* tras los 10 microsegundos el sensor envía el pulso sónico*/
  delayMicroseconds(10);/* este timing nos lo dice la hoja de especificaciones*/
  tiempo_ultrasonido=pulseIn(8, HIGH); /* Se mide el tiempo transcurrido desde el envío
a la recepción del pulso sónico*/
  distancia_a_pared= int(0.017*tiempo_ultrasonido); /*como el sonido se transmite a
0.034 cm/microsegundo, y se ha de dividir entre dos
(ida y vuelta del pulso sónico) se establece ésta fórmula para medir la distancia*/
  Serial.println("La distancia a la pared es de ");
  Serial.println(distancia_a_apared);
  Serial.println(" cm");
  delay(500);/* dejamos 0.5 segundos hasta la siguiente lectura*/
}

```

Figura 18: código de programación del sensor HC-SR04 para la aplicación propuesta